



bimestrale dell'ENEA
anno 58
luglio - ottobre 2012

Energia, Ambiente e Innovazione

4-5/2012 - Parte I



**Sicurezza
energetica**

**Emissioni
agricoltura**

**Terremoto della
Pianura Padana
Emiliana**



Energia, Ambiente e Innovazione

RIVISTA BIMESTRALE DELL'ENEA
ANNO 58 - N. 4-5 LUGLIO-OTTOBRE 2012

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: infoeai@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 mese di novembre 2012



Prodotto realizzato impiegando carta Symbol Freelifce certificata FSC

N. 4-5/2012 - Parte I

Indice

2 Editoriale

WV World view **6**

Ec Focus **22**

Materia oscura

22 **Molto rumore per (il) Nulla**
Emilio Santoro

Rifiuti urbani

24 **I rifiuti urbani in Italia: cosa dice il Rapporto dell'ISPRA**
Stefano Laporta

Emissioni climalteranti

27 **Emissioni di anidride carbonica in Cina. Tante, ma quante?**
Sergio La Motta

Reattori ibridi

30 **La terza opzione nucleare: il reattore ibrido**
Antonio Botrugno, Francesco Paolo Orsitto

Pp Primo piano **32**

Smart cities

32 **La roadmap delle Smart Cities**
Mauro Annunziato

Trasporto pubblico

43 **Obiettivi e strategie di un possibile rilancio del trasporto ferroviario di medio-lunga distanza in Italia**
Valentina Conti, Maria Pia Valentini

Fusione nucleare inerziale

53 **Aspettative dalle ricerche sulla fusione a confinamento inerziale**
Riccardo De Angelis

Servizi climatici

59 **La scienza ai tempi della crisi: l'informazione che serve al momento che serve**
Orietta Casali, Paolo Ruti

Ps Prospettive **64**

Idrocarburi non convenzionali

64 **Gas e petrolio non convenzionale, molto meno di una rivoluzione**
Davide Tabarelli

Energy security

70 **The role of regulators for energy security**
Carlo Crea

Sr Studi & ricerche **73**

Review & assessment papers

73 **The use of soil organic carbon as an indicator of soil degradation**
Riccardo Biancalani, Monica Petri, Sally E. Bunning, Mirella Salvatore, Francesco N. Tubiello

79 **The Carbon Footprint of Products: a powerful tool to support existing market dynamics in**
Daniele Pernigotti

Research papers

87 **Analysis of global emissions, carbon intensity and efficiency of food production**
Francesco N. Tubiello, Mirella Salvatore, Simone Rossi, Alessandro Ferrara

94 **Fundamentals of diffusion for optimized applications**
Sebastiano Tosto

Technical papers

108 **Mobility analysis by GPS data recorded on board of private cars**
Giancarlo Giuli, Massimo Mancini, Paolo Zampetti

115 **Regi Lagni: Revamping of the Wastewater Treatment Plant "Area Nolana" Without Service Interruption**
Raffaele Pica, Francesco Pasanisi, Carlo Tebano, Antonio Salluzzo, Gianpiero Cesàro

Rb Rubriche **123**

123 dal **Mondo**

124 dall' **Unione Europea**

126 dalle **Istituzioni nazionali**

126 dai **Giornali**

128 **Calendario eventi**



Le smart grid dell'acqua

Con i cambiamenti del clima la pressione sulle risorse idriche sarà sempre maggiore in gran parte di paesi del mondo; infatti gli effetti connessi all'aumento dell'intensità di fenomeni estremi, come alluvioni e siccità, si sommeranno a quelli determinati dalla crescita della popolazione mondiale e dalle esigenze di sviluppo economico e produttivo, compresa la produzione alimentare ed energetica.

Secondo i più recenti scenari di IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) e le valutazioni dell'Agenzia Ambientale Europea, in alcuni paesi industrializzati, come l'Italia, la pressione antropica (aumento degli emungimenti) e quella degli effetti dei cambiamenti del clima (riduzione delle disponibilità), possono condurre a un elevato livello di criticità con importanti conseguenze in termini economici, sociali e ambientali.

Non è quindi rinviabile una seria riflessione su come procedere per conseguire una gestione razionale delle risorse idriche che garantisca, anche nei nuovi scenari, le disponibilità d'acqua necessarie sia per gli usi idropotabili, sia per gli usi agricoli ed industriali, senza compromettere l'integrità e gli equilibri del sistema ambientale naturale.

Gli obiettivi sono chiari e già da tempo individuati e declinati nelle direttive comunitarie (2000/60 CE e 2007/60 CE): riduzione dell'inquinamento e protezione delle risorse idriche come risorsa naturale e fonte di vita per gli ecosistemi (e non solo quelli lacustri e fluviali); gestione sostenibile delle risorse idriche e in particolare gestione integrata dell'acqua per gli usi necessari allo sviluppo umano (e non solo quello economico); prevenzione delle conseguenze negative e dei danni derivanti dagli eccessi (alluvioni) e dalla mancanza d'acqua (siccità) che mettono a rischio sia l'ambiente naturale, che quello antropico (salute umana, insediamenti residenziali e di attività economiche, patrimonio culturale ecc). Obiettivi che occorre conseguire tenendo conto, come stabilito dalla Commissione UE (COMM2007/414 e Libro bianco sull'adattamento ai cambiamenti climatici), anche delle prospettive future di cambiamento del clima, cioè dei rischi aggiuntivi indotti dagli impatti dei cambiamenti climatici.

La situazione attuale italiana non è certo tranquillizzante.

Le stime correnti sulle necessità di investimenti per ristrutturare le reti idriche (soprattutto acquedotti), comprese le reti di fognatura e la depurazione delle acque reflue, convergono su importi per almeno 40 miliardi di euro. Le perdite di acqua dagli acquedotti sono valutate mediamente attorno al 30%, ma con punte, in alcune aree, superiori perfino al 60%.

A tali investimenti occorre sommare quelli per la messa in sicurezza idraulica ed idrogeologica del territorio nazionale, anch'essi valutabili in alcune decine di miliardi di euro; d'altra parte, in assenza di tali investimenti l'insufficiente prevenzione dei rischi legati al dissesto idrogeologico e la non corretta gestione del suolo comporterebbero ingenti e crescenti costi ogni anno per inseguire le diverse emergenze legate all'acqua e porre rimedio ai danni conseguenti sul territorio.

La riflessione da condurre non può e non deve essere sul "se" ma sul "come" investire per ottimizzare le risorse e i risultati.

Non vi è dubbio che un primo importante aspetto riguarda l'assetto organizzativo della gestione sostenibile delle risorse idriche che, come previsto dalle direttive, deve essere

Occorre una piattaforma tecnologica per la gestione intelligente ed integrata dell'acqua, non solo a livello di bacino idrografico, ma anche a livello di distretto idrografico (più bacini idrografici)



basata sulle unità geografiche ed idrologiche naturali, costituite dai bacini idrografici, a loro volta raggruppate ed interconnesse fra loro in un unico coordinamento territoriale integrato individuato nel “distretto idrografico”.

Prima si arriverà al definitivo superamento degli innaturali confini amministrativi, prima potranno essere ottimizzate le scelte di investimento.

In quest’ottica occorre superare anche un’altra tipologia di confini, ovvero quelli delle finalità degli investimenti: uno stesso investimento, ad esempio un nuovo invaso, può essere ottimizzato per cogliere risultati sia rispetto alla finalità della disponibilità dell’acqua che a quella della sicurezza idrogeologica. Occorre dunque una organizzazione della gestione dell’acqua che promuova una progettualità capace, ove possibile, di massimizzare i benefici sull’intero spettro degli obiettivi.

Tuttavia gli strumenti di tipo organizzativo a livello nazionale e territoriale, sebbene siano fondamentali, non sono gli unici applicabili per l’ottimizzazione delle risorse: una “governance” delle risorse idriche oggi può basarsi anche su nuovi e più avanzati strumenti di tipo tecnologico.

Le nuove tecnologie di cui attualmente disponiamo, come le ICT (*information and communication technologies*), i sistemi di telerilevamento terrestre e di osservazioni dallo spazio, le nanotecnologie e le nanobiotecnologie di controllo remoto degli acquiferi e degli ambienti idrologici naturali, i sistemi di analisi e di previsione meteorologica e idrometeorologica di eventi estremi, possono essere utilmente organizzate per permettere una gestione complessiva, equilibrata ed intelligente delle risorse idriche.

Se a questi sistemi aggiungiamo anche opportune reti di trasduttori (*smart transducer*) e di contatori intelligenti (*smart meters*) dislocati sugli acquedotti, sul reticolo irriguo e sui nodi principali del ciclo dell’acqua (prelievi e scarichi, invasi idrici e serbatoi, impianti di potabilizzazione, stazioni di pompaggio, depuratori, utenti ecc.), gestite adeguatamente da sistemi informatici, le Autorità competenti potrebbero disporre di uno strumento avanzato di programmazione e gestione in “tempo reale”, sia per conoscere la qualità e la quantità delle acque disponibili, compresi i bilanci idrologici, sia per coordinare in modo equilibrato i diversi usi dell’acqua ed intervenire sulle inefficienze, sia, infine, per predisporre per tempo le più opportune contromisure per la sicurezza idrogeologica del territorio in caso di alluvioni o la siccità.

Inoltre, tutte le persone interessate, dai singoli cittadini alle istituzioni, collegandosi via internet, potrebbero essere informati della situazione esistente e delle attività di gestione che vengono condotte sulle risorse idriche, favorendo così, da una parte, la partecipazione ed il coinvolgimento della popolazione, e, dall’altra parte, il controllo dei cittadini e degli “stakeholders” interessati.

Tutto ciò è possibile, se si organizza questo avanzato strumento di gestione, basandosi sul concetto delle “*smart grid*” e della generazione elettrica distribuita, concetto sviluppato in campo energetico e che, per analogia, potremmo definire “*smart water grid*”.

Nel settore elettrico il concetto di “*smart grid*” si è sviluppato insieme alle nuove tecnologie di generazione diffusa, in particolare da fonti rinnovabili; nel settore idrico la generazione diffusa, ovvero le sorgenti (o disponibilità) idriche distribuite, esiste naturalmente da sempre ed è quindi ancora più attuale ed evidente l’opportunità di realizzare una piattaforma tecnologica utile per una “*smart water management*”, cioè per la gestione intelligente ed integrata dell’acqua, non solo a livello di bacino idrografico, ma anche a livello di distretto idrografico (più bacini idrografici).

I vantaggi delle “*smart water grid*” sarebbero molteplici.

In primo luogo potrebbero contribuire a garantire a tutti i cittadini ed alle comunità territoriali lo stesso diritto di accesso all’acqua, bene comune, eliminando monopoli

localistici e privilegi precostituiti. Il riequilibrio delle disponibilità d'acqua nei diversi contesti geografici, con riferimento sia ai diversi ambiti territoriali sia ai diversi bacini, è fondamentale per evitare che l'acqua sia un diritto solo per chi ce l'ha.

In secondo luogo si potrebbe più facilmente ottimizzare la multifunzionalità delle infrastrutture idriche (come invasi, riserve idriche, stazioni di pompaggio ecc.) in relazione ai diversi usi (idropotabile, agricolo e industriale); la gestione intelligente anche nella interconnessione dei reticoli idrografici naturali ed artificiali sarebbe infatti di grande utilità per favorire soluzioni integrate, senza conflitti, ai problemi dell'utilizzo dell'acqua ed in particolare al ricorrente contrasto tra usi energetici ed agricoli.

In terzo luogo la stessa multifunzionalità delle infrastrutture idriche potrebbe essere efficacemente utilizzata ai fini della sicurezza del territorio e della prevenzione del rischio idraulico e del rischio idrogeologico; ciò non solo permetterebbe una importante riduzione degli investimenti necessari, ma soprattutto consentirebbe una forte anticipazione dei benefici, posto che i tempi di realizzazione delle *"smart water grid"* sarebbero molto più brevi rispetto a quelli di rilevanti investimenti infrastrutturali. In quarto luogo le *"smart water grid"* favorirebbero una gestione parsimoniosa ed efficiente delle risorse idriche nei diversi usi, compreso il riuso. In analogia con l'efficienza energetica, principale strumento della strategia energetica, le *"smart water grid"* sarebbero quindi un fondamentale strumento di "efficienza idrica" che deve essere il perno su cui fondare una strategia idrica per contrastare gli effetti della pressione antropica e dei cambiamenti del clima.

Infine, cosa non meno importante, sarebbe possibile giungere ad elevati livelli di trasparenza gestionale a partire dalle concessioni demaniali e dei canoni di concessione, fino alla bolletta dell'acqua e dei servizi di fognatura che gli utenti finali devono pagare.

Non si tratta di idee futuribili, ma di soluzioni tecnologiche che si stanno operativamente sperimentando ed attuando in diversi progetti avanzati, soprattutto in USA ed Australia, ma anche in altre parti del mondo come in Israele e, come casi studio, nelle grandi aree metropolitane asiatiche come Singapore, Hong Kong ed europee come Valencia. Si tratta di far tesoro sia delle esperienze che si conducono in altri Paesi, sia delle esperienze che si stanno effettuando in altri settori (come quelle in campo elettrico ed energetico). Dal punto di vista istituzionale le *"smart water grid"* dovranno quindi far parte di una strategia nazionale in materia di gestione delle risorse idriche che sia di riferimento e di coordinamento per tutti gli Enti ed Autorità (nazionali e locali) competenti in materia di acqua.

Attraverso il necessario e urgente recepimento delle direttive europee in materia, unitamente alle norme, già emanate, per l'attribuzione delle competenze regolatorie all'AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas) occorre costituire la base normativa per una nuova "governance" nazionale del settore idropotabile in grado di possedere l'affidabilità e l'autorevolezza indispensabili per attivare un grande piano di investimenti.

Già oggi, tuttavia, questo nuovo approccio ai problemi del settore idrico basato sull'innovazione tecnologica può essere applicato sulle azioni che quotidianamente sono chiamati ad esercitare i gestori dei Servizi Idrici Integrati, i Consorzi di irrigazione, gli Enti di pianificazione del territorio e di prevenzione dai rischi idrogeologici, con la partecipazione ed il coinvolgimento dei cittadini. Alcune iniziative, soprattutto nel Nord e nel Centro Italia, sono state in realtà già avviate dalle Autorità di bacino con risultati positivi; la loro diffusione e la loro integrazione può essere il primo importante passo verso l'obiettivo delle *"smart water grid"*.



COMPRA Verde

BUY GREEN

Forum Internazionale degli Acquisti Verdi

VI edizione

5 | 6

dicembre 2012

Milano

Palazzo delle Stelline

La più importante mostra-convegno
dedicata a **politiche, progetti,**
beni e servizi di Green Procurement
pubblico e privato

- incontri one to one
- convegni
- workshop formativi
- premi e iniziative speciali
- area espositiva

in contemporanea con

**IL SALONE
DEI LAVORI VERDI**

Segreteria scientifica e Relazioni istituzionali
Ecosistemi srl • tel. 06 68301407

Segreteria organizzativa
Adescoop-Agenzia dell'Economia Sociale s.c.
tel. 049 8726599

www.forumcompraverde.it

World View

Rio+20: il futuro che vogliamo non è stato ancora immaginato

L'approvazione del documento finale dal titolo "Il futuro che vogliamo" ha concluso il 22 giugno scorso la Conferenza sullo sviluppo sostenibile, la tanto attesa Conferenza "Rio+20", a 20 anni dalla Conferenza su ambiente e sviluppo tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992 che aveva posto le basi dello sviluppo sostenibile. La Conferenza è stata accompagnata da una serie di eventi collaterali (500 circa) svoltisi in parallelo fra loro e contemporaneamente ai lavori negoziali dei delegati. Si stima che abbiano partecipato complessivamente circa 50 mila persone, di cui 44 mila ufficialmente accreditati. I paesi partecipanti (191) sono stati rappresentati da 12 mila delegati circa e da 79 capi di Stato e di governo. "La più grande e affollata Conferenza delle Nazioni Unite mai tenuta nella storia delle Nazioni Unite" ha detto soddisfatta la Presidente brasiliana Dilma Rousseff a conclusione dei lavori. Tra fase negoziale preparatoria (dal 13 al 19 giugno) e fase politico-ministeriale (dal 20 al 22 giugno) la Conferenza è stata caratterizzata nei primi giorni

preparatori da intensi lavori per cercare di risolvere una serie di controversie trascinate per due anni nei lavori di preparazione con la produzione di un testo di base molto corposo (oltre 200 pagine), ma poco consensuale. Dopo quasi una settimana dall'inizio dei lavori, solo un terzo di questo testo di base aveva trovato un consenso quasi unanime e la Conferenza stava per fallire ancor prima di cominciare la sua sessione finale politico-ministeriale. Per recuperare in breve tempo il massimo consenso, la Presidente brasiliana della Conferenza ha prodotto il 18 giugno un nuovo documento in cui venivano eliminati tutti i punti di contrasto (circa tre quarti del testo base) rendendo il testo finale molto più breve ed esemplificato (meno di 50 pagine). Il nuovo testo riafferma i principi e rinnova gli impegni già presi in passato, su cui il consenso era scontato, ma non definisce per il futuro né obiettivi, né strategie, né alcun impegno, concreto da raggiungere. Per il futuro si limita a dare buoni consigli, rimandando la definizione di eventuali nuovi obiettivi, impegni

e azioni, così come di tutti i punti controversi cancellati, alle decisioni dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite a cominciare già dalla prossima sessione plenaria.

Questo testo, diventato il documento finale della Conferenza "Il futuro che vogliamo", è costituito da 283 paragrafi organizzati in sei sezioni. La maggior parte dei paragrafi (circa l'80% del documento) contenuti in 4 sezioni su 6, è di due tipi:

- paragrafi che riconoscono i problemi esistenti, soprattutto ambientali, oppure che esprimono preoccupazione per l'aggravarsi di tali problemi evidenziando la necessità di risolverli;
- paragrafi che riaffermano i principi dello sviluppo sostenibile decisi a Rio nel 1992 e nelle Convenzioni, accordi e protocolli successivi associati a Rio 1992 oppure che rinnovano gli impegni assunti dal 1992 in poi in tutti gli atti che discendono da Rio 1992.

Se questi paragrafi che ripercorrono il passato non aggiungono nulla di nuovo, le novità, invece, si trovano nelle due sezioni che riguardavano i temi centrali della conferenza: la *green economy* nel contesto dello sviluppo sostenibile e il quadro istituzionale per lo sviluppo sostenibile. Ma non si tratta di novità di rilievo, anche perché i paragrafi contenuti in queste due sezioni



affrontano i problemi abbastanza marginalmente dedicando appena il 6% del documento alla *green economy* e circa il 10% del documento al quadro istituzionale, considerato incluso in questo anche gli elenchi e le funzioni delle Istituzioni delle Nazioni Unite. Per quanto riguarda la *green economy* non vengono date definizioni. Si dice semplicemente che la *green economy* deve rientrare nei principi dello sviluppo sostenibile (già ampiamente riaffermati negli altri paragrafi), che deve essere coerente con le strategie e gli impegni già assunti (e ampiamente elencati negli altri paragrafi) e, infine, che deve essere consistente con le leggi internazionali, rispettando, in particolare, il principio di sovranità nazionale. In questo contesto, ogni paese è libero di scegliere quale approccio adottare per la *green economy* e quale strategia attuare, nel rispetto dei principi di sostenibilità sociale (anch'essi già menzionati in altri paragrafi). Per quanto riguarda il quadro istituzionale si danno, in pratica, dei buoni consigli. Si dice, infatti, che il riferimento istituzionale per lo sviluppo sostenibile deve integrare i tre aspetti della sostenibilità: quella economica, quella sociale e quella ambientale, deve integrare la cooperazione internazionale tra paesi sugli stessi obiettivi di sostenibilità e deve tener conto del quadro istituzionale esistente. Il quadro istituzionale esistente non è altro che la struttura delle Nazioni Unite: l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite come organo supremo di discussione e decisione, il Consiglio Economico e Sociale per

le politiche di sviluppo sostenibile, le analisi e valutazioni e il dialogo fra i popoli, i Forum politici di alto livello per le questioni di analisi tematiche e di proposte di azioni, l'UNEP come pilastro ambientale per lo sviluppo sostenibile, e, infine, le Istituzioni finanziarie internazionali, le Istituzioni governative e intergovernative regionali e locali. Il testo, infine, chiarisce esplicitamente che non si intendono definire obiettivi o azioni di sviluppo sostenibile, ma si rimandano le scelte ad un processo negoziale successivo che vedrà come protagonista decisionale l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite. Tuttavia, gli impegni volontari dei singoli Paesi sono benvenuti e incoraggiati. Anzi, i paesi, ma anche le istituzioni non governative, che intendono impegnarsi volontariamente possono trascrivere i loro impegni su un apposito registro istituito allo scopo. Ben diversi sono stati, invece, i risultati dei circa 500 eventi e manifestazioni collaterali, dove sono state concordate o avviate circa 700 proposte di progetti, suddivisi in collaborazioni bilaterali fra paesi o gruppi di paesi, progetti comuni nel settore industriale e produttivo privato, nuove attività imprenditoriali per lo sviluppo della *green economy*, nuove attività di ricerca e di innovazione tecnologica per l'uso efficiente delle risorse e la lotta alla povertà. Tutte queste azioni, qualora avessero un reale seguito operativo, comporterebbero nei prossimi anni la mobilitazione di risorse finanziarie per un totale complessivo di 513 miliardi, la maggior parte delle quali (il 62%) sarebbero

impegnate nel settore dell'energia sostenibile. Le rimanenti proposte progettuali sono state focalizzate su vari argomenti ma riguardano soprattutto: la riforestazione e la gestione sostenibile delle foreste, l'agricoltura sostenibile, lo sviluppo dell'imprenditoria femminile in Africa, il riciclaggio dei rifiuti, la formazione e lo sviluppo di "green jobs". Stati Uniti, Unione Europea, Cina, Giappone, Brasile, alcune banche internazionali si sono dichiarate disponibili a cofinanziare parte di queste iniziative. Tra gli eventi collaterali, di rilevante importanza è stato il Congresso, tenuto il 20 giugno, sulla Giustizia, la Governance e le Leggi per la sostenibilità dell'ambiente, dove sono stati affrontati non solo i problemi di diritto ambientale internazionale e di tutela delle risorse naturali, ma anche quelli dei diritti umani che in molti paesi del mondo non sono ancora attuati e non ultimi i problemi di corruzione che ostacolano l'avvio della *green economy*. Di non minore importanza anche il Convegno del 19 giugno sulle azioni per lo sviluppo sostenibile che gli imprenditori privati si sono impegnati ad attuare attraverso la produzione industriale a basso impatto ambientale, la commercializzazione di prodotti certificati e le diverse iniziative di produzione e consumo sostenibili. Se politici e negoziatori non sono riusciti ad immaginare il futuro che vogliamo, la società civile si è, invece, mossa cercando di definire le iniziative più adatte per un futuro che possiamo più realisticamente immaginare.

(Paola Molinas)



Acqua e quinoa, le priorità delle Nazioni Unite per il 2013

Il 2013 sarà l'anno dedicato dalle Nazioni Unite a due temi cruciali per lo sviluppo sostenibile (<http://www.un.org/en/events/observances/years.shtml>). Il primo riguarda la cooperazione internazionale per la gestione dell'acqua, una risorsa fondamentale per lo sviluppo socio-economico, ma soprattutto per la sicurezza alimentare di tutti i popoli, la salute umana, il benessere fisico e l'igiene. L'altro tema riguarda la quinoa, una pianta tipica della catena montuosa delle Ande, l'alimento base per le popolazioni andine da ben 5000 anni. Si tratta di un alimento piuttosto completo, che oltre fibre e minerali, come fosforo, magnesio, ferro e zinco, contiene, inoltre, grassi in prevalenza insaturi, ed è anche un'ottima fonte di proteine vegetali. Un piccolo seme, quindi, diventato testimone degli ecosistemi naturali di alta montagna e simbolo per la protezione della biodiversità, in tutti i suoi aspetti inclusi quelli sociali e culturali dei popoli della terra. Il merito va alle popolazioni indigene che, coltivando e tutelando la quinoa per la propria sicurezza alimentare, hanno dato un rilevante contributo non solo al mantenimento della biodiversità della catena delle Ande (e in generale del sud America), ma

anche al mantenimento della propria identità sociale e culturale. Ruolo che le Nazioni Unite hanno inteso evidenziare dedicando il prossimo anno a questa pianta custode della biodiversità e degli equilibri di ecosistemi tipici montani. A livello planetario però la sicurezza alimentare, oltre che da risorse come la quinoa, garanzia di sussistenza per alcune popolazioni, è legata sicuramente in primis all'acqua. Lo sviluppo socio-economico e la crescita della popolazione mondiale contribuiscono alla crescita della domanda d'acqua in tutto il mondo. Le risorse idriche accessibili invece tendono a essere sempre meno. Gli usi inappropriati e l'inquinamento delle acque sono le principali cause del degrado della loro qualità, alle quali va aggiunta la preoccupante riduzione dei volumi disponibili, dipendente dagli sprechi, ma imputabile anche ai cambiamenti del clima. Una gestione integrata delle risorse idriche, che promuova la protezione degli ecosistemi acquatici e l'ambiente naturale, il risparmio e l'uso efficiente dell'acqua e la prevenzione contro i rischi di siccità e alluvioni, non è più solo un problema a livello di bacini e distretti idrografici a carattere sub nazionale e nazionale. La gestione integrata delle risorse idriche è diventata ormai un problema internazionale, che ha bisogno di adeguate strategie e azioni di cooperazione tra gli Stati, al fine di evitare futuri conflitti per l'acqua. Verrebbe in tal modo

bloccato anche il peggioramento delle condizioni di vita di popolazioni che ancora oggi non hanno accesso all'acqua potabile. La situazione, infatti, appare preoccupante se si considerano gli scenari elaborati recentemente dall'OECD (<http://www.oecd.org/environment/watergovernanceprogramme.htm>) secondo cui, al 2050, la domanda d'acqua è destinata a crescere globalmente di circa il 55% rispetto all'anno 2000. La maggior crescita di domanda d'acqua verrà dall'industria manifatturiera (+400%) seguita dalla produzione di energia elettrica (+140%) e dagli usi civili dei nuovi insediamenti urbani (+130%), con pesanti conseguenze per l'ambiente naturale, ma anche per l'agricoltura e gli insediamenti umani rurali. Su agricoltura e produzione agroalimentare, però, è necessario fare un discorso a parte: secondo quanto emerso durante la "settimana mondiale dell'acqua" (Stoccolma,



26-31 agosto 2012, <http://www.worldwaterweek.org/?node=1530>), l'agricoltura è allo stesso tempo causa e vittima del depauperamento delle risorse idriche, poiché consuma attualmente mediamente il 70% delle risorse idriche mondiali, in un contesto in cui diminuiscono le risorse idriche disponibili, ma cresce l'esigenza di garantire cibo e sicurezza alimentare per una popolazione mondiale in aumento. Una soluzione sostenibile è quella nel cambiare radicalmente le modalità di uso dell'acqua lungo tutta la filiera alimentare, puntando sul risparmio e l'uso efficiente dell'acqua nelle pratiche irrigue, su sistemi di accumulo e conservazione dell'acqua, che hanno importanza prioritaria anche contro i rischi di siccità e di alluvioni e, infine, sul riciclo e il riuso dell'acqua depurata. Ne trarrebbero beneficio anche gli ecosistemi naturali acquatici e la biodiversità, oltre che la qualità e l'integrità delle risorse idriche. Se non si procede a una gestione sostenibile delle risorse idriche, oltre il 40% della popolazione mondiale vivrà in bacini idrografici affetti da gravi carenze idriche, carenze alle quali aggiungere anche un aumento di circa il 20% dei rischi di danno alla vita umana e di ben il 340% dei rischi di danno alle attività economiche. Percentuali che l'OECD stima per il 2050 e a cui i governi di tutto il mondo sono chiamati a riflettere.

(Caterina Vinci)

Ultima tornata di bandi europei per la ricerca, veri e propri investimenti per crescita e occupazione

Con un budget di 8,1 miliardi di euro ha preso il via l'ultimo e più nutrito giro di inviti a presentare proposte del maggiore strumento a sostegno della ricerca europea: una cifra "impressive" in tempi di crisi, un'opportunità unica se si considera anche che si tratta dell'ultimo ciclo di finanziamenti prima dell'anno di stallo legato alla transizione verso il nuovo Horizon 2020, che coprirà il periodo 2014-2020.

È importante sottolineare come il finanziamento sia da intendersi al netto della quota del portafoglio europeo della R&S dedicato a sostenere anche altri capitoli di spesa, quali la ricerca in campo di energia nucleare con il Programma Euratom (993 milioni di euro), o gli strumenti a sostegno delle iniziative tecnologiche congiunte con l'industria (751 milioni di euro). In occasione del lancio della nuova tornata di call, tanto le autorità europee che quelle nazionali hanno posto l'accento sul fatto che non si tratta di spese a fondo perduto ma di veri e propri investimenti a sostegno della crescita e dell'occupazione. Studi di impatto forniti dalla Commissione valutano l'effetto moltiplicatore dei fondi destinati alla ricerca e sviluppo tecnologico nei seguenti termini: ogni euro investito nel PQ genera un valore aggiunto a livello industriale con una scala che va da 1/7 a 1/14. Nel lungo termine poi, si stima che

i progetti finanziati dal Programma quadro creeranno 900.000 nuovi posti di lavoro, di cui 300.000 nel comparto ricerca.

Al centro della nuova chiamata per idee e progetti rivolta alla comunità scientifica, tematiche legate alla salute umana, alla protezione dell'ambiente, alle città intelligenti e gestione dei rifiuti. Più nel dettaglio, saranno messi a disposizione: 4,8 miliardi per le 10 priorità di *Cooperation*; 1,75 miliardi per la ricerca di frontiera; 963 milioni per la formazione dei ricercatori europei e 574 milioni per la creazione di nuove infrastrutture di ricerca e il potenziamento di quelle esistenti ritenute di interesse strategico. Le maggiori sfide identificate da Commissione e Stati membri si concentreranno nelle seguenti parole d'ordine: oceani per il futuro, acqua, materie prime, *smart cities*, energia sicura, pulita e sostenibile, ricerca sul cervello, resistenza anti-microbica, efficienza delle risorse bio. All'interno della tematica energetico-ambientale, l'attenzione verterà in primis sugli oceani, alla scoperta di quel 90% di biodiversità marina a tutt'oggi inesplorata e suscettibile di avere un importante potenziale in termini di applicazioni biotecnologiche. Un ulteriore volano riguarderà l'innovazione tecnologica legata alla gestione dell'acqua dolce, bene essenziale per la vita e materia prima

LA PAGELLA DELL'ITALIA	
Posizione italiana nella Innovation Union Scoreboard	15 su 27 PM (= paese moderatamente innovatore)
Target di intensità in R&S	1,53%
Numero totale dei partecipanti, contributo finanziario totale	7.098 partecipanti che ricevono un contributo pari a euro 2.092.564.888 nel FP7
Numero di proposte	40.242 (12,21% nella UE a 27)
Rateo di successo (media UE a 27 = 21,2%)	18,3%
Ranking nel numero dei partecipanti che firmano i contratti con la Commissione (UE a 27)	4
Ranking nella suddivisione del budget	4
Rapporti privilegiati di collaborazione	Germania, Gran Bretagna, Francia, Spagna, Olanda
Totale popolazione e percentuale rispetto alla UE a 27	60.626.442 (12,1% del totale popolazione UE)

Fonte: Commissione Europea

fondamentale. Infine, altre linee di ricerca cercheranno di assicurare all'Europa il mantenimento del livello del serbatoio di materie prime attualmente a disposizione – approvvigionamenti energetici inclusi – e un'economia più verde con conseguente riduzione delle emissioni di gas a effetto serra. Capitolo a parte quello dedicato a innovazione e coinvolgimento delle imprese nei progetti di ricerca grandi e piccoli. In particolare nei nuovi bandi le PMI, costola delle economie europee e in particolare di quella italiana, saranno poste sempre più al centro delle politiche di ricerca con misure a sostegno della loro partecipazione che dall'attuale auspicato 15% di budget allocato all'interno del programma *Cooperation*, potrebbe passare addirittura al 20% nel prossimo *Horizon 2020*.

Il bottino è ghiotto: i competitori agguerriti e l'Italia con i propri ricercatori, in stretta collaborazione con il mondo imprenditoriale, sono

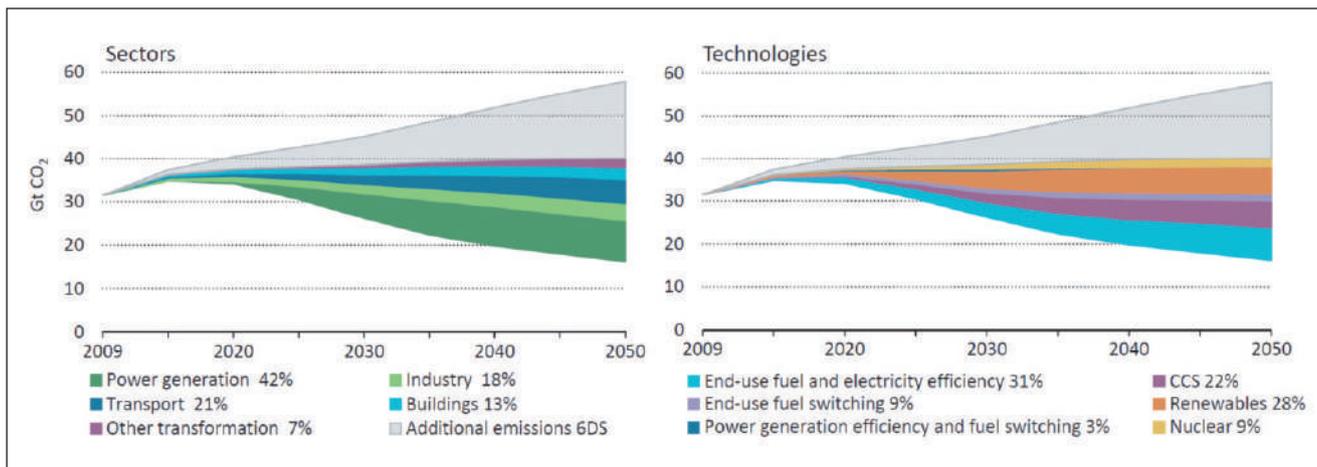
chiamati ad affilare le proprie armi per cercare di invertire la tendenza che, ormai quasi tradizionalmente, ci vede "contributori netti" al bilancio dell'Unione, con un differenziale di quasi 500 milioni di euro l'anno tra quanto versato nelle casse comunitarie e quanto ottenuto in termini di ritorno finanziario dai progetti di ricerca europei. L'impresa certo non è semplice, ma alcuni suggerimenti emergono dal dibattito attuale: prima fra tutti **lotta alla frammentazione**, cercando quindi di evitare l'ordine sparso delle proposte italiane in favore di progetti meno numerosi e più strutturati e di maggiore qualità scientifica e manageriale. In secondo luogo appare importante saper **coniugare solidità e originalità nei progetti**, come ha suggerito la vincitrice di un *grant "Ideas"* nel corso della conferenza di lancio tenutasi a Roma. Infine, *last but not least*, è importante imparare a esercitare in modo corretto ed efficace l'**attività di lobbying**,

al fine di influenzare il processo decisionale della Commissione, che porta alla pubblicazione dei bandi, in maniera trasparente e consapevole e con pochi chiari obiettivi concreti emersi dalla consultazione degli *stakeholder* nazionali pubblici e privati.

(Flavia Amato, Marina Leonardi)

Sostenibilità energetica:
occorrono scelte decisive
di innovazione tecnologica

Per raggiungere l'obiettivo della sostenibilità è necessario accelerare lo sviluppo e la diffusione di tecnologie per la decarbonizzazione del sistema energetico. È quanto sostiene l'Agenzia Internazionale per l'Energia nell'edizione 2012 del suo *Energy Technology Perspectives*. Secondo l'Agenzia,



Contributo dei settori e delle tecnologie energetiche nello scenario sostenibile dell'Agenzia (scenario 2DS rispetto al 4DS)
 Fonte: International Energy Agency – ETP 2012

infatti, i processi di innovazione in corso non procedono ad una velocità tale da garantire quella radicale trasformazione del sistema energetico che è condizione necessaria per la sostenibilità ambientale.

L'Agenzia, nel sottolineare l'insostenibilità del rapporto tra crescita economica, domanda di energia ed emissioni, mostra come uno scenario che non preveda ulteriori politiche e misure di intervento possa determinare al 2050 il raddoppio delle emissioni riscontrate nel 2009, con un conseguente aumento della temperatura media della terra di 6 °C (Scenario 6DS). Anche l'estensione al 2050 delle politiche e misure già annunciate dai principali Paesi (scenario 4DS) non consentirebbe comunque di raggiungere un obiettivo di sostenibilità per l'ecosistema, implicando un aumento della

temperatura della terra di 4 °C. Eppure, sostiene l'Agenzia nella sua analisi, un ampio ventaglio di tecnologie, anche già esistenti, sarebbe in grado di produrre una drastica riduzione delle emissioni sia del sistema di generazione che di uso finale dell'energia. Una evoluzione sostenibile è infatti quella descritta dallo scenario 2DS che identifica, con riferimento allo scenario 4DS, le traiettorie tecnologiche che consentirebbero, con l'80% di probabilità, di contenere in 2 °C l'incremento della temperatura al 2050 (vedi figura). L'Agenzia evidenzia, inoltre, come la gran parte delle tecnologie chiave per la transizione verso un sistema energetico a basse emissioni stiano attualmente facendo progressi troppo limitati per consentire di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità. Solo le tecnologie più mature per la produzione di energia verde, come idroelettrico,

biomasse, eolico onshore e fotovoltaico, si stanno sviluppando in maniera soddisfacente mentre altre tecnologie, come quelle per l'efficienza energetica, per la cattura e stoccaggio del carbonio e in parte anche l'eolico offshore e il solare termodinamico, stanno faticando ad affermarsi. In quest'ottica, risultano fondamentali gli investimenti pubblici in attività di ricerca e sviluppo, per la riduzione dei costi e il miglioramento dei rendimenti connessi alle tecnologie i cui costi si sono ridotti di circa due terzi rispetto agli anni ottanta. Quanto agli aspetti strettamente economici connessi ad una radicale trasformazione del sistema energetico, l'Agenzia dimostra nella sua analisi come gli investimenti nelle tecnologie siano ampiamente compensati dai vantaggi conseguenti alla riduzione della domanda di combustibili.

(Andrea Fidanza, Carlo Manna)



La nuova direttiva europea sull'efficienza energetica: risparmio, investimenti e occupazione

Si è concluso lo scorso 11 settembre l'iter legislativo per l'approvazione della direttiva europea in materia di efficienza energetica.

La nuova direttiva, che non contiene di per sé un obiettivo vincolante ma misure vincolanti da adottare che dovrebbero portare, secondo le stime, al 15% di risparmio energetico, ha l'obiettivo di aumentare l'uso efficiente dell'energia per ridurre del 20% i consumi energetici, con un risparmio valutato in circa 50 miliardi di euro l'anno.

Le principali misure previste riguardano:

- gli edifici pubblici dotati di impianti di riscaldamento o di raffreddamento, dove va aumentato l'isolamento termico procedendo a rinnovare annualmente il 3% delle pavimentazioni se l'area calpestabile supera i 500 mq; da luglio 2015 il rinnovo riguarderà anche le aree calpestabili superiori a 250 mq;



- le imprese energetiche di pubblica utilità, che devono raggiungere un risparmio energetico di almeno 1,5% per anno sul totale dell'energia venduta ai consumatori finali. Il calcolo del risparmio energetico aggiuntivo va effettuato sulla base della media dei consumi dei 3 anni precedenti l'entrata in vigore di questa direttiva. Possono invece essere escluse le vendite di energia per i trasporti;
- le grandi imprese che saranno obbligate, ogni 4 anni, ad audit energetici svolti in modo indipendente da esperti accreditati. L'inizio di questi cicli di audit deve avvenire entro tre anni dall'entrata in vigore di questa direttiva. Sono escluse dall'audit le piccole e medie imprese.
- gli strumenti di finanziamento, che devono favorire l'attuazione delle misure di efficienza energetica. Pertanto, gli Stati membri devono impegnarsi a facilitare la costituzione di questi strumenti finanziari.

L'approvazione finale di questa direttiva, avvenuta nel Parlamento Europeo con 632 voti favorevoli, 25 contrari e 2 astenuti, entrerà in vigore all'inizio di ottobre quando sarà pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale. Da quella data gli Stati membri avranno 18 mesi per

recepirla nella loro legislazione nazionale.

Analizzando la direttiva, ha detto Andrea Fidanza, esperto dell'ENEA in materia, si può notare che se da una parte consente di ridurre i costi, consentendo cioè di spendere meno in energia per avere gli stessi servizi o prodotti, dall'altra è in grado di mettere in moto investimenti su progetti verdi (per esempio, nel campo dell'edilizia o nel trasporto e nella distribuzione dell'energia da parte delle municipalizzate), che stimolino l'innovazione tecnologica in campo energetico e nuova occupazione, utilizzando anche i cofinanziamenti che l'UE mette a disposizione su queste tematiche. Inoltre, Andrea Fidanza ha voluto ricordare che l'efficienza energetica rappresenta quell'insieme di misure che più di ogni altra tecnologia energetica consentirà di transitare verso un sistema energetico e una economia a basse emissioni di carbonio. È la stessa Agenzia Internazionale per l'Energia che da anni mette in evidenza come circa la metà della riduzione totale delle emissioni che sarà possibile ottenere in uno scenario di sostenibilità globale, avverrà proprio grazie ad interventi di efficienza energetica, settore nel quale anche in Italia esistono enormi possibilità di crescita per le imprese e di risparmio energetico. La direttiva rappresenta quindi un passo fondamentale in questa direzione.

(Daniela Bertuzzi)

Italia primo mercato fotovoltaico al mondo nel 2011

È stato pubblicato anche quest'anno il "Renewables Global Status Report" (<http://www.ren21.net/default.aspx?tabid=5434>), da parte del REN21, il network mondiale per le politiche energetiche del 21esimo secolo che vede la partecipazione, nel comitato direttivo, del Ministro italiano per l'ambiente Corrado Clini. Il documento rappresenta un faro sui progressi fatti nel campo delle energie rinnovabili e fornisce una panoramica generale sullo stato di sviluppo dei mercati, dei settori industriali e sulle politiche di promozione implementate a livello mondiale.

Il rapporto mette in evidenza come le rinnovabili, grazie alla spiccata crescita avvenuta negli ultimi anni, siano arrivate nel 2010 a coprire il 16,7% dei consumi finali mondiali, di cui circa la metà grazie all'utilizzo della biomassa tradizionale e il resto attraverso l'utilizzo dalle più recenti tecnologie di produzione di energia verde. Nel 2011 nel settore elettrico gli impianti a fonti rinnovabili hanno rappresentato circa la metà dei 208 GW di nuova potenza complessivamente installata nel mondo (il 71% solo in Europa) e oltre un quarto della potenza cumulata, portando l'energia verde a rappresentare il 20,3% di tutta la produzione elettrica globale. Grazie

RENEWABLES 2012 GLOBAL STATUS REPORT

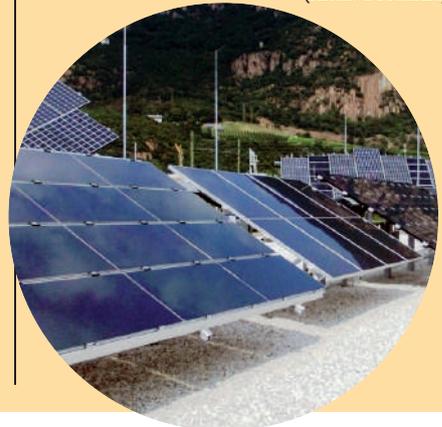


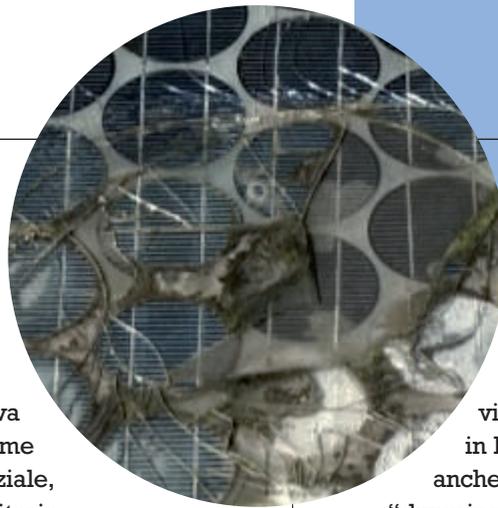
anche al recente calo del 50% del prezzo dei moduli, la fonte solare fotovoltaica è quella ad essere cresciuta più rapidamente nel corso degli ultimi cinque anni (2006-2011), registrando un aumento medio annuo della potenza installata pari al 58%, seguita dal settore solare termoelettrico (+37%) e da quello eolico (+26%).

Con riferimento agli investimenti globali nei settori delle fonti rinnovabili, nel 2011 si è registrata una crescita del 17% arrivando a quota 257 miliardi di dollari. Questa cifra corrisponde a sei volte l'ammontare del 2004 e quasi il doppio rispetto al 2007. Il solare fotovoltaico è la tecnologia che ha attirato le maggiori risorse, grazie soprattutto all'esplosione del mercato tedesco e italiano, arrivando a quota 147 miliardi di dollari che corrispondono a circa il doppio degli investimenti che sono stati destinati

al settore eolico. La Cina, con 52 miliardi di dollari, rappresenta nel 2011 il paese che ha investito maggiormente nei settori delle fonti rinnovabili ed è seguita, a breve distanza, dagli Stati Uniti (51 miliardi di dollari) e, più lontano, dalla Germania (31 miliardi di dollari). L'Italia occupa una posizione di primo piano nei settori dell'energia verde, essendo il quarto paese al mondo in termini di investimenti complessivi nel 2011, e nello stesso anno anche il primo mercato fotovoltaico al mondo. Nonostante ciò, le opportunità di crescita per il nostro paese offerte dai settori delle fonti rinnovabili rimangono ancora enormi, sia dal punto di vista delle installazioni, basti pensare ad esempio alle potenzialità di sviluppo delle rinnovabili termiche nel settore dell'edilizia, sia dal punto di vista della capacità manifatturiera, dove purtroppo la mancanza di opportune politiche di promozione ha sino ad oggi fortemente limitato lo sviluppo di un'industria nazionale.

(Andrea Fidanza)





I pannelli fotovoltaici tra i rifiuti elettronici della nuova direttiva europea

Con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale il 24 luglio è entrata in vigore, ma è diventata attuativa il 13 agosto 2012, la direttiva europea sui Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) 2012/19/EU che prevede l'adattamento delle legislazioni nazionali entro il 14 febbraio 2014, data così ravvicinata che potrà mettere in crisi molti Paesi per adeguarvisi.

Questa direttiva, che aggiorna la precedente normativa riguardante la raccolta e il riciclaggio delle sostanze pericolose di tipo elettrico ed elettronico (direttiva 2002/95/EC e 2002/96/EC), introduce diverse novità. La prima riguarda nuovi schemi sia di raccolta, in modo che i consumatori restituiscano i loro rifiuti elettronici senza essere gravati di spese, che di vincoli più severi riguardanti i processi di trattamento e riciclaggio di questo tipo di rifiuti. Viene, inoltre, esteso il campo di applicazione a tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche, compresi i pannelli fotovoltaici, e vengono fissati nuovi tassi di raccolta.

Inoltre, nelle nuove apparecchiature elettroniche i materiali particolarmente tossici o pericolosi, come piombo, mercurio, cadmio, cromo esavalente e altri, dovranno essere sostituiti con materiali alternativi più sicuri.

Nella direttiva si fissano come obiettivo iniziale, in fase transitoria, quello del recupero al 80% e del riciclaggio al 75%, salvo alcune specifiche eccezioni, mentre a regime si dovrà raggiungere un recupero del 85% e un al riciclaggio del 80% del materiale elettrico ed elettronico commercializzato in Europa. In particolare, è stato definito un nuovo modo di calcolare il volume di rifiuti, che non verrà più espresso in kg per abitante ma in quantità di RAEE raccolti a seconda del volume di prodotti tecnologici immessi nel mercato nei 3 anni precedenti. Utilizzando il vecchio metodo di calcolo questo significa che l'Italia dovrà passare da una media pro capite di 4,2 kg ai circa 7,5 richiesti entro il 2016 e ai 10 kg/ab nel 2019. Il nuovo testo rafforza, inoltre, il sistema di vigilanza e il controllo per contrastare il traffico clandestino e illegale di rifiuti elettronici che ha assunto dimensioni allarmanti in Europa. Sfuggono al controllo, infatti, circa tre quarti dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche prodotte in Europa, mentre per quelle raccolte e di cui si ha notizia solo un terzo è stato adeguatamente trattato e riciclato, gli altri due terzi finiscono in parte nelle discariche e in parte riciclati al di fuori dell'Europa con sistemi di riprocessamento inadeguati o al di fuori degli standard europei. Il materiale elettronico così ricavato

viene poi reimpresso in Europa, creando anche problemi di "dumping" ambientale ed economico. La nuova direttiva punta anche alla prevenzione della produzione di rifiuti elettronici e attraverso il loro riutilizzo, riciclaggio e altre forme di recupero, alla riduzione del volume dei rifiuti da smaltire. Inoltre, considera il recupero di alcuni materiali presenti nei rifiuti elettronici una vera fonte di ricchezza, come nel caso delle cosiddette *terre rare*. La loro rarità è data dal fatto che, a prescindere dall'esistenza di giacimenti sfruttabili, sono realmente estratti in pochi paesi del mondo. Le terre rare appartengono, tra l'altro, al gruppo di 14 elementi considerati critici dall'Unione Europea, anche perché la scarsità determina un cospicuo innalzamento del loro costo. La nuova direttiva – afferma Claudia Brunori, esperta ENEA in materia – ha l'intento primario di rafforzare le potenzialità di recupero e riciclaggio dei RAEE in Europa rivedendo e correggendo alcuni meccanismi nella filiera dei RAEE, sulla base delle esperienze acquisite nell'implementazione della prima direttiva. La raccolta e il recupero dei RAEE, oltre a limitare il danno ambientale derivante da un loro smaltimento non appropriato, costituisce per l'Europa una delle maggiori opportunità di approvvigionamento di risorse e materie prime ad elevato valore aggiunto.

(Daniela Bertuzzi)



Estrarre l'acqua dall'umidità del vento

L'eolico può rendere disponibile acqua potabile in zone del mondo in cui questa risorsa indispensabile scarseggia. Un particolare sistema messo a punto da un'azienda francese vede assemblati in un corpo unico (la navicella) un generatore eolico e un'apparecchiatura per la condensazione dell'umidità. Si chiama "Eole Water", il progetto e il nome di una start-up francese con sede a Saint Tulle, nell'Alta Provenza (<http://www.eolewater.com>). L'idea di base è semplice, spiega Giacomo Arsuffi, esperto dell'ENEA nel settore eolico: si sfrutta lo stesso fenomeno che provoca l'appannamento dei parabrezza dell'auto: il vapore d'acqua presente nell'aria umida posto a contatto con una parete più fredda condensa, producendo acqua. In questo caso, una frazione dell'aria che investe il generatore eolico è trascinata all'interno del dispositivo dove, attraversando un condensatore la cui superficie è mantenuta a bassa temperatura da un sistema di refrigerazione alimentato dal generatore eolico stesso, viene raffreddata fino al punto di rugiada. Il calore sottratto è ceduto all'ambiente da un radiatore provvisto di ventola e posto in coda alla navicella. Il liquido raccolto passa attraverso un sistema di filtraggio e purificazione e viene successivamente re-mineralizzato

per l'uso come acqua potabile. Il generatore eolico produce almeno un 25% di energia elettrica in più rispetto a quella necessaria per estrarre l'acqua dall'aria umida e può quindi servire come fonte di energia elettrica aggiuntiva per l'area interessata.

Poiché serve solo il vento, il sistema può essere installato anche in località remote e operare senza altre infrastrutture di supporto, con minimo impatto ambientale. In molti casi l'installazione si troverà in zone desertiche e caratterizzate da condizioni estreme, sono quindi previste la protezione contro la sabbia, che potrebbe danneggiare le parti meccaniche, e la possibilità di mettere in sicurezza il generatore in caso di tempeste e uragani. Un'installazione pilota, con un generatore eolico da 30 kW, è stata realizzata ad Abu Dhabi, ottenendo una produzione di almeno 500 litri di acqua potabile al giorno. Una volta messo a punto, e nelle

condizioni ideali di velocità del vento (almeno 15 km/h), di umidità dell'aria e temperatura ambiente, il sistema potrà produrre secondo i suoi ideatori oltre mille litri di acqua potabile al giorno. Unico punto critico da affrontare nell'immediato futuro è rappresentato dai costi, che devono essere sufficientemente bassi per consentire il ricorso a questo tipo di soluzione. Valutazioni devono anche scaturire da confronti con altre possibili alternative per fornire acqua in quantità significative in zone in cui questa scarseggia e non è adeguata alle esigenze vitali. Come rileva Giacomo Arsuffi, la tecnologia proposta è interessante sia perché rende possibile la produzione di acqua potabile in assenza di pozzi o sorgenti e in modo del tutto autonomo, sia perché abbina all'eolico una forma di accumulo, rappresentata dall'acqua stessa prodotta, svincolando così il consumo dall'aleatorietà della fonte energetica.

(Antonino Dattola)

Oceano Artico caldo?

Sì, a giudicare dal plancton tropicale

Dopo i batteri tropicali che vivono nel Mar Baltico causando un aumento rapido dei casi di infezioni tropicali nei paesi del Nord Europa, si scopre ora che anche il plancton tropicale ha raggiunto i mari subpolari artici. Per la prima volta sono state

scoperte specie tropicali di zooplancton che vivono e proliferano nelle acque dell'Oceano Artico di fronte alle coste norvegesi. Lo hanno annunciato ricercatori americani, norvegesi e russi che partecipano ad un progetto di ricerca della Columbia University,



dopo aver pubblicato i risultati delle loro ricerche sul *Journal of Micro Palaeontology* (volume 31, n. 2, luglio 2012, pgg. 139-158). Lo zoo-plancton trovato appartiene alla specie “radiolaria”, costituita da organismi microscopici che tendono ad aggregarsi tra di loro formando figure simili a piccole conchiglie e si nutrono di micro-alghe e di batteri. I campionamenti in mare risalgono al 2010, quando una nave oceanografica polare norvegese intraprese una serie di ricerche marine nelle acque dell'Oceano Artico a nord-ovest dell'arcipelago delle isole Svalbard, a circa metà strada tra l'Europa e il Polo Nord. Nell'esaminare successivamente in laboratorio i campioni di acqua prelevati, i ricercatori hanno scoperto con sorpresa questo zoo-plancton tropicale che aveva differenti dimensioni e in diverse fasi di sviluppo. Lo zoo-plancton non solo aveva invaso le acque dell'Artico, ma aveva trovato anche le condizioni dell'ambiente marino adatte alla sua proliferazione, nonostante le apparenti condizioni proibitive di quelle aree polari. I ricercatori hanno così dedotto che sicuramente lo zoo-plancton è stato trasportato dalla corrente del Golfo, ma il fatto che specie tropicali potessero sopravvivere nelle acque dell'Artico rappresenta un'evidente indicazione che le acque marine artiche si sono riscaldate e che l'ecosistema artico è in condizioni favorevoli anche alla proliferazione di micro-organismi tropicali. Potrebbe trattarsi di un ciclo periodico del

riscaldamento marino polare indotto da forti impulsi di acqua calda proveniente dalla Corrente del Golfo che riesce a penetrare nell'Artico, perché, dicono i ricercatori, ci sono stati casi precedenti nei secoli scorsi come testimoniano gli studi sui sedimenti marini.

Le verifiche condotte hanno, però, mostrato che la temperatura media di tutta l'area dell'Artico (e non solo quella interessata dalla corrente del Golfo) è aumentata di 5 °C in questi ultimi 60 anni. Questo equivale a dire che c'è stato un tasso di riscaldamento pari a ben 0,83°C per decennio, ovvero 8,3 °C per secolo, un incremento, questo, elevatissimo pari a circa 10 volte di più della media globale. Si deve, pertanto osservare che le condizioni termiche marine sono tali che anche impulsi più intensi della corrente del Golfo, che in passato avrebbero avuto durata limitata, ora si trovino nella condizione di poter persistere molto più a lungo nel tempo. “Anche se non vi è assoluta certezza di una correlazione tra invasione del plancton tropicale e riscaldamento del clima” – hanno osservato i ricercatori ENEA sui cambiamenti climatici – “i risultati di questa ricerca sono compatibili con gli effetti dei cambiamenti climatici e ambientali in corso. Occorreranno ovviamente conferme successive per verificare se si tratta di un episodio effettivamente isolato oppure di una nuova situazione dell'Artico”.

(Daniela Bertuzzi)

Infezioni tropicali ... anche al Nord Europa

Nei paesi baltici del Nord Europa sono in aumento i casi di infezioni gastroenteriche (compreso il colera), causati da vibrioni, batteri gram negativi che vivono in ambienti acquatici caldi delle aree tropicali, che stanno proliferando a causa del riscaldamento climatico globale e in particolare delle acque marine. Sono questi i risultati, abbastanza sconcertanti, di una ricerca pubblicata sul fascicolo del 22 luglio 2012 di *Nature Climate Change*, secondo cui un gruppo di ricercatori americani, britannici, spagnoli, finlandesi e svedesi ha reso noti i risultati di una ricerca sperimentale sulle infezioni da batteri gram negativi, e in particolare da vibrioni, mettendo in correlazione i dati epidemiologici con le temperature marine del mar Baltico. Tra il 1982 e il 2010 la temperatura del Mar Baltico è aumentata a un tasso di riscaldamento compreso tra 0,63 e 0,78 °C per decennio, valori molto elevati che corrispondono a innalzamenti di temperatura tra 6,3 e 7,8 °C per secolo, molto di più di quello che le più pessimistiche valutazioni hanno previsto su scala secolare al 2100, cioè per la fine di questo secolo. Con il riscaldamento del Mar del Nord i ricercatori hanno



documentato le emergenze da infezioni gastrointestinali provocate da vibrioni e hanno trovato che il tasso di aumento di tali infezioni è stato quasi doppio rispetto al tasso di riscaldamento marino. Più precisamente, per ogni grado °C di aumento della temperatura, le infezioni sono aumentate di 1,93 volte.

La proliferazione di questi batteri sarebbe anche dovuta alla diminuzione della salinità del mare, causata da piogge più frequenti e abbondanti che hanno ridotto il contenuto di sale negli estuari e nelle zone umide costiere.

Secondo i ricercatori, il motivo di un ritmo così elevato di crescita delle infezioni rispetto al tasso di aumento della temperatura del mare è legato molto probabilmente alle maggiori opportunità, rispetto al passato, che le popolazioni baltiche locali hanno di trascorrere le vacanze estive nelle loro aree costiere e nel loro mare, e quindi di fare il bagno nel Mar Baltico più caldo, ma anche inquinato da batteri vibriologici.

È forse la prima volta che si documenta un effetto sanitario così importante, come quello di infezioni tropicali in migrazione al nord, causato dai cambiamenti del clima in regioni così settentrionali, definite in passato temperate (oltre i 30° di latitudine) o addirittura fredde (oltre i 50° di latitudine).

(Daniela Bertuzzi)

Un tuffo nelle acque dell'Oregon per un bagno super-eccitante

Gli amanti del caffè potrebbero apprezzare una bella nuotata nel mare delle coste dell'Oregon, perché quelle acque marine contengono caffeina. Un gruppo di ricercatori della Washington State University e dell'Università di Portland ha infatti scoperto questo strano inquinamento da caffeina, compiendo uno studio sperimentale che ha analizzato le acque marine lungo 14 aree costiere dello Stato dell'Oregon, nel nord ovest degli USA e di 7 corsi d'acqua adiacenti. I risultati di questa ricerca sono stati pubblicati sul numero di luglio del *Marine Pollution Bulletin* con il titolo: "Occurrence and concentration of caffeine in Oregon coastal waters" (volume

64, n. 7, pagine 1417-1424).

L'inquinamento marino costiero dell'Oregon varia da 8,5 a 44,7 nanogrammi per litro, e caratterizza le aree costiere industrializzate o urbanizzate ma anche le aree non popolate e allo stato naturale. Le concentrazioni di caffeina non derivano da scarichi inquinanti in mare, ma variano in correlazione con le maggiori o minori portate dei fiumi che trasportano al mare acque contaminate con concentrazioni medie di oltre 152 nanogrammi per litro, cioè da oltre tre fino a venti volte superiori ai valori marini. I ricercatori hanno accertato che i livelli di inquinamento da caffeina non sono collegati alla maggiore o minore presenza di popolazione residente sulle aree esaminate o alla maggiore o minore efficienza di depurazione delle acque di fognatura, ma sono direttamente collegati



ai fenomeni di ruscellamento del suolo (in occasione di forti piogge) e secondariamente al malfunzionamento dei depuratori quando, in occasione di piogge molto intense, il sistema di depurazione va in "overflow", scaricando, senza depurare, le acque in eccesso rispetto alla portata massima dell'impianto. Questo significa, dicono i ricercatori, che la caffeina è contenuta soprattutto nel suolo e che va a finire nei corsi d'acqua soprattutto a seguito di dilavamento del suolo ad opera di piogge intense o alluvionali. L'inquinamento delle acque marine costiere dell'Oregon è, quindi, collegato quasi esclusivamente alla contaminazione del suolo dell'entroterra e non alla presenza di scarichi incontrollati industriali o urbani.

Da dove proviene tutta la caffeina contenuta nel suolo? La caffeina, come è noto, è presente oltre che nel caffè, in molte bevande di uso comune e in molti prodotti farmaceutici. Ma non a tutti è noto che è contenuta anche in pesticidi, insetticidi e fitofarmaci che sono usati in agricoltura. E l'uso eccessivo di pesticidi e fitofarmaci, oltre che di fertilizzanti, nell'agricoltura intensiva è la prima causa di inquinamento del suolo, oltre che delle falde acquifere. D'altra parte, alcune piante (come il caffè, il cacao, il the, il guaranà ecc.) producono caffeina come loro difesa naturale, essendo la caffeina, un insetticida

e un antiparassitario contro insetti e micro-organismi a loro dannosi. Anche se i livelli riscontrati non sono letali per gli ecosistemi marini, alcune specie di molluschi e di crostacei sono molto sensibili alla caffeina e ne potrebbero subire gli effetti tossici negativi. Per gli animali marini superiori, non ci dovrebbero essere conseguenze di rilievo, ma, in ogni caso non è illogico pensare che la caffeina potrebbe avere effetti eccitanti o ansiogeni sugli animali, analoghi a quelli che si manifestano sugli esseri umani (è comunque una sostanza stupefacente).

La contaminazione delle acque marine costiere da caffeina non è solo un problema dell'Oregon. Inquinamento da caffeina è stato riscontrato anche in altre parti del mondo, come il mar del Nord, il Mediterraneo, oltre che in altre aree costiere americane come le coste nord occidentali sul Pacifico

Più piogge e meno ozono: in aumento rischi di patologie oculari e cutanee?

Secondo le valutazioni condotte già da qualche decennio dall'IPCC ONU (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), i cambiamenti del clima possono portare a effetti anche disastrosi sull'intero pianeta.

tra Seattle e Vancouver (Puget Sound), nel porto di Boston nel Massachusetts, e nelle aree marine costiere della Florida (Baia di Sarasota).

"Anche se nei pesticidi, ma non in tutti, è contenuta della caffeina", ha commentato Massimo Iannetta, direttore dell'Unità Tecnica dell'ENEA sullo Sviluppo Sostenibile e l'Innovazione del Sistema Agro-Industriale, "precedenti studi avevano trovato una correlazione tra presenza di caffeina e presenza di enterococchi nelle acque reflue. Pertanto è probabile che l'origine della caffeina in mare sia dovuta ai malfunzionamenti degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, malfunzionamenti che avvengono quando ci sono piogge eccezionali, con sversamenti che poi vanno nel suolo dilavato dalla pioggia o direttamente nei corsi d'acqua che vanno al mare".

(Caterina Vinci)

Ora i ricercatori dell'Università di Harvard hanno documentato che tra gli effetti potenzialmente devastanti ci sono anche i danni alla salute pubblica. È stata, infatti, trovata una correlazione tra cambiamenti del clima e diminuzione dell'ozono stratosferico, con conseguente aumento della radiazione ultravioletta al suolo. E questo aumento significa maggiori rischi di patologie oculari, quali la cataratta, e patologie cutanee,



compresi i melanomi (tumori della pelle).

Le ricerche condotte da ricercatori americani della Harvard University nella stratosfera sopra gli Stati Uniti, i cui risultati sono stati pubblicati sul numero di *Science on line* del 26 luglio scorso (<http://www.sciencemag.org/content/early/2012/07/25/science.1222978.abstract>), hanno mostrato che i potenti temporali estivi associati a nubi a forte sviluppo verticale (cumuli nubi) e gli altri fenomeni termo convettivi violenti che interessano tutta la troposfera sono capaci di “bucare” uno strato denominato “tropopausa” e iniettare vapore d’acqua nella stratosfera la quale, nelle normali condizioni, è assolutamente secca. I fenomeni meteorologici che comprendono il ciclo dell’acqua, come l’evaporazione, la formazione delle nubi, le precipitazioni atmosferiche, la nebbia ecc., avvengono tutti nella troposfera (la bassa atmosfera che si estende fino a circa 12 km di altezza). La stratosfera (alta atmosfera) è separata dalla troposfera da uno strato intermedio, la tropopausa, che impedisce gli scambi d’aria tra alta e bassa atmosfera. Di conseguenza, nella stratosfera non esistono fenomeni meteorologici, ma solo forti correnti aeree che viaggiano da ovest verso est e che, sulle zone polari, s’invorticano per formare i cosiddetti vortici polari stratosferici.

Il vapore d’acqua che va a finire nella stratosfera iniettato

da potenti temporali causa la trasformazione delle pre-esistenti molecole alogenate (cioè a base principalmente di cloro e di bromo) da composti chimici stabili a specie chimiche reattive, cioè radicali liberi, capaci di distruggere le molecole di ozono stratosferico e di trasformarle in molecole di ossigeno. Poiché, a causa dei cambiamenti climatici, è in aumento l’intensità di fenomeni termo-convettivi estremi (generati da eccessivo riscaldamento dei continenti), come sono appunto i temporali di notevole potenza che avvengono nei mesi estivi alle medie latitudini, questo significa che le perdite di ozono stratosferico saranno sempre più consistenti, soprattutto nella stagione estiva, e di conseguenza sempre maggiori saranno i livelli di allarme per i crescenti flussi della pericolosa radiazione ultravioletta che giunge al suolo.

Finora, il problema della riduzione dello strato di ozono stratosferico si poneva solo sulle aree polari, che sono disabitate. Questa ricerca ha ora mostrato che, se sugli Stati Uniti lo strato di ozono si è ridotto a causa di fenomeni convettivi estremi, analoghe riduzioni possono avvenire in altre zone temperate continentali fortemente surriscaldate, come quelle europee e asiatiche. E dato che Stati Uniti non sono disabitati, così come non lo sono le aree continentali dell’Europa e dell’Asia, il rischio sanitario appare molto elevato, rispetto alle aree polari e lo

diventerà ancor più in futuro: un rischio, questo, finora inaspettato. Quantunque non sia possibile stabilire quanti nuovi casi di tumore alla pelle possano derivare dall’aumento della radiazione ultravioletta al suolo, non c’è dubbio che il problema esiste realmente e che sia stato finora sottovalutato. Ma non è solo un problema di salute. Anche molte piante, come i cereali, sono sensibili alla radiazione ultravioletta che, oltre a causare modifiche alla fotosintesi clorofilliana, può provocare imprevedibili mutazioni genetiche.

Come è stato fatto notare dai ricercatori ENEA sui cambiamenti climatici, il ruolo del vapore d’acqua assieme all’azoto, come catalizzatore (cioè come promotore e acceleratore) di una serie di reazioni chimiche distruttrici dell’ozono, era stato già osservato nella stratosfera artica e antartica, per la presenza sia di intensi vortici polari, che di nubi madreperlacee. Alle medie e basse latitudini (cioè nelle zone temperate e tropicali) poiché le correnti stratosferiche non sono perturbate e il vapore d’acqua è assente, si pensava che processi analoghi non potessero teoricamente accadere o fossero del tutto improbabili.

(Daniela Bertuzzi)





Se trattiamo la storia come la scienza... nasce la cliodinamica

Analizzare e prevedere eventi storici, ora si può. Un professore dell'Università del Connecticut esperto di dinamiche delle popolazioni: Peter Turchin, in un articolo pubblicato nel fascicolo di luglio del *Journal of Peace Research* (v. 49, pag. 577-591), ripreso dalla rivista *Nature* del 1 agosto (v. 488, n. 7409) ha esaminato l'evoluzione delle instabilità politiche avvenute negli USA tra il 1780 e il 2010. L'analisi del database, nel quale sono stati archiviati circa 1.600 eventi di violenza politica, atti di terrorismo, insurrezioni popolari, sommosse ecc., ha evidenziato un trend che prevede, nell'anno 2020, un periodo di violenze politiche e di instabilità negli USA. Ma, come è arrivato a questa conclusione? Mediante la cliodinamica, la scienza che studia le dinamiche

degli eventi storici (Clio era la musa della storia nella mitologia greca) e che si basa su un sistema di opportuni modelli matematici. Con i modelli di cliodinamica utilizzati sui 230 anni di dati analizzati, lo studioso ha ricavato le diverse componenti cicliche della serie storica (analisi delle frequenze spettrali) ed in particolare un'oscillazione secolare con due picchi di marcata stabilità socio-politica, una nel 19° secolo e l'altra nel 20° secolo. Sovrapposta a questa oscillazione secolare, c'è un'oscillazione più breve con periodo di circa 50 anni i cui picchi sono centrati sul 1870, il 1920 e il 1970. Questi picchi sono, invece, caratterizzati da un'alta densità di eventi di violenza politica, corrispondenti alla forte instabilità politica esistente negli stessi anni. La correlazione tra picchi di violenza e forte instabilità politica era stata trovata per gli ultimi due secoli, anche se con periodi di oscillazione diversi, in precedenti studi condotti su altri popoli europei, come quello russo, quella francese e quella britannico. L'oscillazione cinquantennale evidenziata per gli USA avrà un nuovo massimo di violenze politiche attorno al 2020. Ecco perché, secondo Turchin, gli USA

andranno incontro alla scadenza di questo decennio a una situazione di instabilità socio-politica simile probabilmente a quella del 1970. Questa previsione, però, è confutata dagli storici che sono scettici sulla capacità della cliodinamica di studiare comportamenti umani collettivi con metodi scientifici. La cliodinamica è una scienza relativamente recente. È nata circa 10 anni fa ad opera di alcuni ricercatori, prevalentemente russi (anche Peter Turchin è di origine russa), che si sono posti il problema di capire perché le grandi civiltà del passato come quella greca, quella egizia, quella romana o altre, hanno avuto una fase di crescita, di massimo splendore e poi una fase di decadenza fino al crollo. Le spiegazioni proposte dagli storici sono tantissime (fino a 200 nel caso dei romani), spesso in contrasto fra loro, ma tutte logiche e plausibili secondo i presupposti su cui si basano. Tante spiegazioni equivalgono a nessuna spiegazione. Il problema è che non si conoscono le complesse relazioni e inter-relazioni fra tutte le variabili sociali, economiche, politiche e istituzionali che erano in gioco nelle dinamiche evolutive di quei popoli. Questa mancanza di conoscenze non ci permette di stabilire i nessi di causa-effetto e di retroazione tra effetti e cause li hanno generati e, di conseguenza, non ci permettono di individuare i motivi più probabili





di decadenza e di crollo, ma solo di ipotizzare spiegazioni plausibili. Giambattista Vico, da filosofo, aveva osservato già tre secoli fa che la storia, con i suoi “corsi e ricorsi”, alterna fasi di progresso e fasi di decadenza che si ripetono, nel senso che ciò che si presenta di nuovo nella storia successiva è paragonabile per analogia a ciò che si è già manifestato nella storia del passato. Per Peter Turchin e gli altri ricercatori fondatori della cliodinamica, la storia, come per Giambattista Vico, rappresenta la scienza delle cose fatte dall'uomo e, allo stesso tempo, rappresenta l'evoluzione nel tempo dei comportamenti collettivi dei popoli artefici della loro storia. Studiare la storia con metodo scientifico e capire il perché di fasi cicliche ha una sua logica.

La cliodinamica si basa su un insieme integrato di modelli matematici, capaci di simulare la dinamica di sistemi complessi, come sono i sistemi umani, utilizzando l'esperienza e le metodiche degli studi ecosistemici e dei cicli ecologici. Se negli ecosistemi la base di partenza è la catena trofica, nella cliodinamica la base di partenza è la catena storica, una catena basata su quattro elementi di base: la struttura demografica (la popolazione e lo sviluppo demografico), la struttura socio-economica (la struttura sociale e le attività di sviluppo

economico), la struttura dello Stato (la forma di Stato nazionale e l'organizzazione delle istituzioni) e infine la struttura politica (la stabilità o instabilità politica del governo o dei governanti). Ciascuna di queste variabili può essere misurata, con certi livelli di confidenza, in vari modi: capacità economiche, capacità militari, stato di salute, livelli di istruzione, servizi sociali, distribuzione della ricchezza e della povertà ecc. Questo sistema di modelli matematici, applicato preliminarmente ad alcune civiltà passate, ha dimostrato l'esistenza di varie oscillazioni con diverse frequenze. Le oscillazioni di lungo periodo (plurisecolari) mostrano che le società sono inizialmente stabili perché egualitarie, dove domanda e l'offerta di lavoro sono bilanciate e la cooperazione è massima. Con la crescita della popolazione e lo sviluppo socio economico, la struttura della domanda e dell'offerta di lavoro (ma anche di beni e servizi) cambia e destabilizza lentamente, ma inesorabilmente, gli equilibri socio-politici. Elementi principali di destabilizzazione diventano, a questo punto, le élite sociali e i centri di potere che sorgono sempre più numerosi e che entrano in conflitto fra loro. Oltre un certo limite di conflittualità, la struttura politica e istituzionale che rappresentava le condizioni

di equilibrio, si sfalda portando al collasso tutto il sistema socio-economico e politico. Dopo il collasso, si ricomincia da capo con una nuova società egualitaria. Sovrapposto a questo ciclo di lungo periodo, ve ne sono altri con frequenza maggiore ma di rilevanza sul breve termine, come, per esempio, il ciclo padre figlio: i padri partecipano alla vita politica e rispondono con violenza alle ingiustizie sociali, i figli invece vivono dell'eredità conquistata dai padri, ma nella più completa abulia politica. La generazione successiva dei nipoti ricomincia il ciclo. La cliodinamica è, per ora, solo una sfida che considera la storia come oggetto di indagine scientifica per acquisire le conoscenze sulle dinamiche di evoluzione dei sistemi umani. Ma, come dicono gli esperti ENEA sui sistemi complessi, la domanda di attualità che ci poniamo ora, dopo la Conferenza di Rio+20, è la seguente: la cliodinamica sarà in grado di diventare un valido supporto alla “green economy”, che ha come finalità anche quella di eradicare la povertà che affligge tanti popoli della Terra e di ridurre le disparità tra popoli ricchi e popoli poveri nell'accesso all'acqua, all'energia, al cibo, alle cure sanitarie e agli altri obiettivi di sostenibilità economica e sociale posti dalle Nazioni Unite?

(Caterina Vinci)



MATERIA OSCURA

Molto rumore per (il) Nulla

La materia oscura è stata ipotizzata dalla attuale teoria cosmologica basata sul Big Bang per spiegare la formazione delle galassie e degli ammassi di galassie in tempi brevissimi, ma anche la rotazione delle galassie e la deviazione della luce su scala cosmica. La materia oscura si manifesta attraverso i suoi effetti gravitazionali, ma non è direttamente osservabile. Finora, però, non sono state trovate prove della sua esistenza. I recenti studi sulla nostra galassia non hanno trovato alcuna traccia di “materia oscura”, neanche attorno al sole che, secondo la teoria, dovrebbe essere ampiamente circondato da materia oscura. Qui di seguito il commento di un esperto

■ Emilio Santoro

Siamo a “sigma 5”. Cioè a dire che il rapporto tra il numero di eventi di segnale e la radice quadrata del numero di eventi di fondo ha raggiunto quota 5, il grado di “scoperta”. In parole più semplici, il segnale degli eventi è cinque volte l'errore sul fondo. Di che stiamo parlando, con un incipit che rimanda al bel romanzo di Kurt Vonnegut “Mattatoio 5”? Ma del bosone di Higgs, già trattato su queste pagine. Dunque, l'inafferrabile è stato intrappolato. Accanto alla pistola fumante trovata a dicembre dello scorso anno, è stato rinvenuto anche il proiettile, e senza doverlo cercare fuori dalla ristretta area illuminata della lunga strada buia. E per produrlo, c'è stata necessità di creare un opportuno... “mattatoio” per protoni. Siamo contenti. Tutti coloro che avevano sudato freddo intorno alle sorti del Modello Standard possono tirare un sospiro di sollievo. Il campo di Higgs che attribuisce massa alle particelle e che dà consistenza al nostro universo sembra esistere davvero.

C'è però qualcosa che non torna del tutto. Una sorta di sassolino nella scarpa, un fastidio di fondo non molto ben definito ma irritante. Vediamo perché.

Nell'universo c'è un trucco. Simile al gioco delle tre carte. Già da tempo più di qualcuno grida all'imbroglio perché le leggi naturali, le stesse costanti fondamentali,

sembrano avere struttura e valori *giusti* per l'affermazione della vita: una loro impercettibile deriva farebbe saltare il “tavolo da gioco”, anzi, non avrebbe mai consentito di giocare (*principio antropico*). Ma questo è un altro discorso, torniamo alle tre carte. I sofisticati palloni sonda e i satelliti che nel tempo hanno dato del cosmo un'immagine sempre meglio definita (COBE, BOOMERANG, WMAP e di recente PLANCK), partendo dall'analisi dell'eco fossile del Big Bang che permea tutto lo spazio – chiamata radiazione cosmica di fondo (CMB) – hanno scoperto una realtà davvero inquietante: tutto ciò che vediamo, di cui abbiamo esperienza diretta e indiretta, rappresenta un misero e mortificante 4% del Tutto. E per Tutto, intendo dire proprio Tutto.

E il resto? Il rimanente 96% è impenetrabile e sconosciuto, comunque racchiuso in un “sistema” che conterrebbe universalmente tutti gli altri! Si tratta evidentemente di un aspetto poco chiaro, misterioso. Oscuro. E, infatti, con pochi sforzi di fantasia, si sono meglio circoscritti i contorni di questa strana imperscrutabilità: il 73% sarebbe rappresentato da “energia oscura” e il rimanente 23% da “materia oscura”. Per oscura non si intende semplicemente la sua non visibilità, bensì l'esistenza di qualcosa di non (ancora) rilevabile, forse *materia esotica* (definizione certo ben più... intrigante!). Ma, noi, che conosciamo Wittgenstein e vogliamo abusare del suo pensiero in libertà, sappiamo che su ciò di cui non si è in grado di parlare, si dovrebbe tacere (“nulla dire se non ciò che può dirsi”). In pratica, non

■ Emilio Santoro
ENEA, Unità Tecnica Tecnologie e Impianti per la Fissione e la
Gestione del Materiale Nucleare

sappiamo niente e possiamo solo fare supposizioni. Ecco però la doccia fredda. Due ricerche indipendenti, la prima delle quali pubblicata in aprile dal *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society* (vol. 432 2, pag. 93 e seg.) e l'altra più recente condotta presso l'osservatorio astronomico europeo in Cile: ESO (European Southern Observatory), pubblicata nel fascicolo di maggio di *The Astrophysical Journal* (Moni Bidin et al., 2012, ApJ 751 30) e disponibile anche on-line (<http://iopscience.iop.org/0004-637X/751/1/30/>), risolverebbero il problema alla radice, almeno per ciò che concerne la materia oscura: semplicemente, e con buona pace di Wittgenstein, la materia oscura non esisterebbe affatto! Cioè a dire che dell'85% di ciò che dovrebbe esistere sotto forma di materia nella sua totalità, parte oscura e parte "conosciuta", *brutalmente non ci sarebbe alcuna traccia!* E allora? Già prima era un problema cercare di capire da cosa fosse composta quella strana materia, ma almeno si sapeva che qualcosa dovesse esserci. Ma ora? Come si spiegherebbe la necessità di chiarire l'esistenza di qualcosa che non esiste? Siamo molto vicini allo sgradevole sentimento dell'horror vacui.

Negli anni ottanta, Alan Guth spiegò con una famosa teoria che *l'universo è un enorme pasto gratis*. Nel senso che quello che esso ora è, lo si deve a un processo di *inflazione* (senza voler affermare che anche l'universo abbia avuto *in passato* problemi... economici) grazie al quale, immediatamente dopo il Big Bang, tredici miliardi e settecentotrenta milioni di anni fa, esso s'è gonfiato in molto meno di un batter d'occhio moltiplicando le sue dimensioni per un fattore 10^{26} (come se una punta di spillo diventasse la nostra Galassia istantaneamente, per intenderci), aumentando al contempo anche il contenuto della propria energia interna. E tutto questo grazie proprio a una interazione iniziale, a 10^{-35} secondi dopo in Big Bang, con un particolare campo di Higgs. Si può dire che il principio antropico derivi proprio da questa interazione. L'attribuzione "teologica" data al bosone scoperto avrebbe allora più giustificazione in tal senso: noi saremmo il frutto evolutivo di quella interazione. Ma se tutto è un pasto gratis, chi o cosa è stato così ingordo da divorare questo benedetto 85% di materia totale che tanto serviva a far quadrare i conti?

Viviamo un paradosso: abbiamo scoperto la particella

che dà conto dell'esistenza della materia, ma questa globalmente rappresenta solo un misero 4% del tutto! Sembra di recitare un famoso detto: *"Io ti indico col dito la luna e tu guardi il dito."* Ecco, tutti noi abbiamo guardato, stiamo guardando il dito. E la luna? Dov'è la luna? Dov'è *l'altra* materia?

Si cercava quest'ultima attorno alle galassie, un po' come la pasta (forse al... *nero* di seppia?) dentro a un piatto (perdonate la prosaicità del paragone, ma una galassia somiglia tanto a un piatto, anzi, a due piatti sovrapposti, come a tener caldo il *contenuto*...). È però francamente difficile immaginare progredite civiltà aliene che si siano comportate come Alberto Sordi nel film *Un americano a Roma*, il famoso Nando provocato da un appetitoso piatto di pasta, tanto per mantenere la metafora. È suggestivo ma fuorviante pensare che la materia oscura, così ingloriosamente sparita, abbia fatto la fine del macarone distrutto perché più appetibile di un'improponibile porcheria pseudo-alimentare americana.

In definitiva, anche l'universo ha – adesso sì – il suo bel carico di problemi "economici", che però sarebbe difficile imputare a Grecia, Spagna o Italia, per ricadere nella più povera e attuale metafora terrestre. La domanda viene spontanea: la legge naturale è superiore a quella degli uomini? O vogliono farci credere che siamo responsabili di ciò che, pur nel nostro piccolo, riusciamo a riflettere addirittura nell'economia *universale*? Certo, sarebbe bello immaginare che la materia già di per sé oscura del nostro debito pubblico possa non esistere come quella che avrebbe dovuto permeare il cosmo! È più consolante pensare a un'altra teoria di "unificazione", che considera l'informazione come essenza ultima e vera della realtà (bit): il *paradigma olografico*, che ci vede come proiezioni bidimensionali esistenti sulla superficie dell'universo. Con questa teoria, la terza dimensione e la gravità sarebbero soltanto delle *proprietà emergenti*. Nient'altro che illusioni. E allora via! Di che preoccuparci? Forse anche la materia oscura è soltanto un'illusione. Forse l'universo shakespearianamente è fatto davvero *della stessa materia dei sogni*.

Converrebbe ragionare così anche sul nostro debito oscuro, perché altrimenti, di questo passo nella morsa della crisi, il vero macarone tenderà a sparire sempre di più dalle nostre tavole, facendoci provare un doloroso e inaccettabile *horror vacui*... di stomaco.



RIFIUTI URBANI

I rifiuti urbani in Italia: cosa dice il Rapporto dell'ISPRA

Secondo l'ultimo Rapporto Rifiuti Urbani dell'ISPRA, con dati elaborati fino al 2010, la produzione di rifiuti in Italia aumenta quando cresce il PIL. In progresso la quota della raccolta differenziata (35% dei rifiuti raccolti), ma ancora distante dal target del 55% fissato per il 2010: solo il Nord si avvicina a tale valore.

Ancora alto lo smaltimento in discarica (46%), soprattutto nel Centro-Sud, dove rappresenta ancora la realtà dominante.

Essenziale un cambiamento culturale: la riduzione della produzione dei rifiuti e dello smaltimento in discarica non devono dipendere solo dalla crisi economica ma piuttosto dalla sensibilità e dal comportamento virtuoso di ogni cittadino e delle istituzioni

■ Stefano Laporta

Anche quest'anno, come ormai da diversi anni, l'ISPRA, ha presentato a Roma uno dei suoi Report d'eccellenza, il Rapporto Rifiuti Urbani edizione 2012, che mostra tendenze – relative all'anno 2010 – in parte scontate e in parte inattese.

Dando uno sguardo alla situazione dell'Unione Europea, i 27 Stati membri hanno prodotto, nel 2010, circa 252,5 milioni di tonnellate di rifiuti urbani, circa 2,7 milioni di tonnellate in meno (1,1%) rispetto all'anno precedente. Si conferma, dunque, il trend che porta alla diminuzione della produzione di rifiuti urbani, iniziato nel 2008.

I valori della produzione pro capite dei rifiuti urbani mostrano una notevole eterogeneità: si passa da 304 kg/abitante per anno in Lettonia a 760 kg/abitante per anno a Cipro (quest'ultimo dato può essere spiegato dalla considerevole componente di popolazione fluttuante legata ai flussi turistici).

Il valore pro capite riferito all'UE 27 è di 503 kg/abitante per anno (-1,4% rispetto al 2009). Dall'analisi dei dati emerge una netta differenza tra i "vecchi" Stati membri (UE 15) e i "nuovi" (per "nuovi" si intendono i 12 Stati entrati a far parte dell'Unione a partire dal 2004), con questi ultimi caratterizzati da valori di produzione pro capite decisamente più contenuti rispetto ai primi (352 e 542 kg/abitante per anno rispettivamente per i nuovi e i vecchi Stati membri). Sempre nel 2010, i dati relativi alla gestione ci consegnano il seguente quadro: circa il 38% dei rifiuti urbani gestiti nei 27 Stati membri è smaltito in discarica; circa il 22% è avviato ad incenerimento, mentre circa il 25% e circa il 15% sono, rispettivamente, avviati a riciclaggio e compostaggio (incluso in quest'ultima voce anche le quantità avviate al trattamento anaerobico della frazione biodegradabile). Ma veniamo a noi. La nota dolente: la produzione dei rifiuti urbani in Italia cresce, tra il 2009 e il 2010, dell'1,1% circa, attestandosi a poco meno di 32,5 milioni di tonnellate; tale crescita si osserva in tutte le macroaree geografiche: +1,9% circa per il Centro, +1,3% circa per il Nord e +0,4% circa per

■ Stefano Laporta
Direttore Generale di ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

il Sud. Inversione di tendenza, dunque, rispetto al precedente anno, dove si era rilevata un contrazione della produzione dei rifiuti urbani (-1,1% rispetto al 2008), ma dato coerente con il trend degli indicatori socio-economici, quali PIL e spese delle famiglie. Tra il 2009 e il 2010, infatti, l'incremento della produzione dei rifiuti urbani, rilevato su scala nazionale, si accompagna ad un aumento sia del PIL (+1,3%), sia delle spese delle famiglie (+1%). Ciò detto, mi sento di affermare che l'Italia è perfettamente in linea con Paesi "analoghi" non per dimensioni ma per dati socio-economici quali Francia, Spagna, Gran Bretagna. Assume un particolare significato, in questo contesto, la regola secondo cui "nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma": un'opportunità che la raccolta differenziata offre per dare nuova vita al rifiuto, in alternativa all'ancora troppo corposo – seppur in calo – ricorso alla discarica come forma di smaltimento, anche se sono consolanti i dati che continuano ad attestare, anche nel 2010, il trend di crescita della raccolta differenziata, che raggiunge il 35,3% della produzione totale dei rifiuti urbani, a fronte del 33,6% circa del 2009. Il totale dei rifiuti urbani raccolti in modo differenziato si attesta, nell'ultimo anno, a oltre *11,4 milioni di tonnellate*. Anche se con quattro anni di ritardo viene, dunque, conseguito l'obiettivo fissato dalla normativa per il 31 dicembre 2006 (35%). Ma noi siamo al 2012 e appaiono ancora distanti non solo i target relativi al 2009 (50%) e 2011 (60%), ma ancor più quelli fissati per il 2007 (40%) e il 2008 (45%).

La situazione della raccolta differenziata risulta ancora notevolmente diversificata a livello di macroarea geografica. Il Nord, infatti, pur non raggiungendo ancora l'obiettivo fissato dalla normativa per l'anno 2009, si colloca, nel 2010, ad una percentuale pari al 49,1%, mentre il Centro e il Sud si attestano a tassi pari, rispettivamente, al 27,1% e 21,2%.

In termini di quantitativi, si rileva, tra il 2009 ed il 2010, un incremento pari ad oltre 240 mila tonnellate nel Nord (+3,5%), una crescita di oltre 230 mila tonnellate nel Mezzogiorno (+11,9%) e un aumento di quasi 200 mila tonnellate nel Centro (+11,1%). Tali incrementi portano il valore della raccolta differenziata delle regioni settentrionali a poco meno di 7,3

milioni di tonnellate, e quelli del Sud e del Centro rispettivamente a quasi 2,2 milioni di tonnellate e poco meno di 2 milioni di tonnellate.

Le Regioni capofila nella differenziata, risultano, nell'anno 2010, Veneto e Trentino Alto Adige, con tassi pari al 58,7% e 57,9%. Nel Centro, la regione Marche fa registrare un consistente incremento (9,5 punti), raggiungendo una percentuale del 39,2%, la Toscana si attesta al 36,6% (35,2% nel 2009), l'Umbria sfiora il 32% mentre nel Lazio si osserva una percentuale del 16,5%.

Al Sud, oltre al rilevante progresso della Sardegna (dal 19,8% del 2006 al 44,9% del 2010), un'ulteriore crescita si registra per la Campania, la cui percentuale di raccolta differenziata si attesta, nel 2010, al 32,7% circa (29,3% nel 2009 e 19% nel 2008). Pur se in lieve aumento, ancora inferiore al 10% risulta la percentuale di raccolta differenziata della Sicilia (9,4%).

Verona, tra le città con più di 200 mila abitanti, vince come provincia che raggiunge i maggiori livelli di raccolta differenziata, con una percentuale pari al 47,6%, seguita da Torino con il 42,6% circa. Genova e Roma superano la soglia del 20% con percentuali pari, rispettivamente, al 26,2% e 21,1%. Tutti e tre i Comuni della Sicilia, Palermo, Catania e Messina, si attestano, nell'anno 2010, al di sotto del 10% di raccolta differenziata, con tassi rispettivamente pari al 7,4%, 5,6% e 3,8%.

Nel 2010, i rifiuti complessivamente inviati ad incenerimento negli impianti autorizzati al trattamento di Rifiuti Urbani (RU), frazione secca e CDR (Combustibile Derivato dai Rifiuti), ammontano a *5,2 milioni di tonnellate*, di cui 3 milioni di RU indifferenziati, circa 1,3 milioni tonnellate di frazione secca da trattamento meccanico biologico e circa 903 mila tonnellate di CDR. Gli impianti operativi sono 50. La maggior parte è ubicata nel Nord Italia (56%) e, in particolare, in Lombardia ed Emilia Romagna con 13 e 8 impianti, rispettivamente. Nel Centro operano 13 impianti, di cui 8 in Toscana, 4 nel Lazio ed 1 nelle Marche. Gli altri 9 impianti sono localizzati in Campania (1), Puglia (2), Basilicata (1), Calabria (1), Sicilia (1) e Sardegna (2).

Gli impianti di incenerimento dotati di sistemi di

recupero energetico elettrico hanno trattato oltre 3,4 milioni di tonnellate di rifiuti, recuperando circa 2,2 milioni di MWh di energia elettrica. Gli impianti dotati di cicli cogenerativi con la produzione sia di energia elettrica che termica, hanno trattato 2,2 milioni di tonnellate di rifiuti con un recupero di oltre 1,5 milioni di MWh di energia elettrica e 1,2 mila MWh di energia termica.

La discarica si conferma ancora come la forma più diffusa di smaltimento dei rifiuti urbani, nonostante sia l'opzione meno adeguata dal punto di vista ambientale. Nel 2010 risultano smaltite in discarica 15 milioni di tonnellate di rifiuti (pari al 46% di quelli complessivamente prodotti). Rispetto al 2009, si rileva una riduzione del 3,4% (pari a 523 mila tonnellate) che interessa tutte le aree del Paese e, in particolare, il Nord (-4,7%) ed il Centro (-4,2%); nel Sud si rileva una flessione del 2,1%.

Riduzioni nello smaltimento in discarica si evidenziano in tutte le regioni ad eccezione di Lombardia (+15%), Trentino Alto Adige (+11%), Umbria (+23%), Basilicata (+4%) e Sicilia (+3%). La Lombardia, nonostante l'incremento rilevato, costituisce la regione con la minor quota di rifiuti urbani smaltiti in discarica (pari all'8% del totale prodotto). Ottimi risultati, in termini di riduzione dello smaltimento, sono raggiunti in Friuli Venezia Giulia (15% dei rifiuti prodotti), in Veneto (19%), Emilia Romagna e Trentino Alto Adige (29%).

Nelle regioni del Centro-Sud, in molti casi, la discarica rappresenta ancora la forma di gestione prevalente. Solo in Toscana (43%), in Campania (48%) e Sardegna (41%) si registrano percentuali al di sotto del 50%. In Sicilia (93%), Molise (84%) e Basilicata (83%) il ricorso allo smaltimento in discarica rimane ancora la forma prioritaria di gestione dei rifiuti.

In Campania, grazie all'incremento della raccolta differenziata (+ 32,7% nel 2010) ed all'entrata in funzione, a pieno regime, dell'inceneritore di Acerra, per la prima volta, negli ultimi dieci anni, tutti i rifiuti prodotti sono stati destinati ad impianti di trattamento senza il ricorso allo stoccaggio delle ecoballe che, nell'anno di riferimento, ha interessato solo 9 mila tonnellate.

Il Lazio, con oltre 2,5 milioni di tonnellate di rifiu-

ti, rappresenta la regione che smaltisce in discarica la maggiore quantità di rifiuti urbani. La provincia di Roma smaltisce quasi 1,9 milioni di tonnellate di rifiuti, di cui oltre 1,3 milioni nel solo Comune di Roma.

Diminuisce di 18 unità il numero delle discariche che hanno smaltito RU, che passano dalle 229 del 2009 alle 211 del 2010. Di queste, 85 sono localizzate al Nord, 46 al Centro ed 80 al Sud.

Quanto ci costa gestire i rifiuti urbani? Nel 2009 i rifiuti sono costati in media agli italiani 143,94 euro a persona. I Comuni con più di 50 mila abitanti pagano di più, circa 162,71 euro pro capite, mentre i piccoli centri al di sotto dei 5 mila abitanti spendono mediamente 106,40 euro a persona.

In media il costo di gestione del servizio di igiene urbana è cresciuto del 4,1% rispetto al 2008.

In termini percentuali, sul costo totale per abitante (€/abitante) il costo per lo spazzamento e il lavaggio (CSL) incide per il 15,2%. Il costo della raccolta indifferenziata (CRT) incide per il 43,4%, mentre il costo della raccolta differenziata (CRD) incide per il 21,2%.

I costi specifici di gestione per kg di rifiuto ammontano a 18,4 eurocentesimi/kg per la gestione dei rifiuti indifferenziati, a 15,1 eurocentesimi/kg per la gestione della frazione differenziata. Se si considerano anche gli altri costi associati al servizio di igiene urbana il costo per kg ammonta a 26,6 eurocentesimi/kg.

La percentuale di copertura dei costi di gestione del servizio di igiene urbana con i proventi derivanti dalla tassa per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani e/o dalla tariffa è passata dall'83,9% del 2001 al 92,4% del 2009.

Questi, come detto, sono dati relativi all'anno 2010; volendo azzardare una previsione, la riduzione della produzione di rifiuti urbani, in Italia come in Europa, subirà necessariamente nei prossimi anni un calo, che sarà fisiologico e dovuto alla crisi economica che si sta vivendo a livello mondiale, anche se ritenendo che questo calo non debba essere legato a motivi economici, bensì vorrei poterlo ascrivere alla sensibilità e al comportamento virtuoso di ogni singolo cittadino. ●



EMISSIONI CLIMALTERANTI

Emissioni di anidride carbonica in Cina. Tante, ma quante?

La riduzione delle emissioni di gas serra e di quelle di anidride carbonica in particolare, fissate dai processi negoziali nazionali ed internazionali legati alla mitigazione dei cambiamenti climatici, presuppone un solido sistema di monitoraggio, reporting e verifica delle emissioni. A che punto è tale sistema? Il recente caso della notevole discrepanza tra dati nazionali e provinciali in Cina, evidenziato sulla rivista *Nature*, ha sollevato il problema del livello di affidabilità dei dati utilizzati per il conteggio delle emissioni

■ Sergio La Motta

L'articolo pubblicato sulla rivista *Nature* il 10 giugno scorso, dal titolo "The gigatonne gap in China's carbon dioxide inventories"¹, ha messo in evidenza l'esistenza di una discrepanza tra gli inventari cinesi di emissioni di CO₂ elaborati partendo da statistiche energetiche su base nazionale e su base provinciale. La discrepanza evidenziata è tutt'altro che trascurabile nel periodo analizzato, ovvero dal 1997 al 2010; in particolare, nel 2010, essa ammontava a 1,4 Gt di CO₂, corrispondenti a circa il 30% delle emissioni cinesi ed equivalenti alle emissioni dell'intero Giappone, ovvero del quarto Paese maggior emettitore di CO₂ al mondo.

Queste analisi mettono in evidenza la necessità di un corretto monitoraggio degli inventari dei Paesi emergenti al fine di ottenere dei dati di precisione e accuratezza accettabili e comunque paragonabili a quelli forniti dai Paesi sviluppati. La necessità di avere un solido sistema di monitoraggio, reporting e verifica delle emissioni, non soltanto per i Paesi emergenti ma anche per i Paesi industrializzati, è una diretta conseguenza dei processi negoziali nazionali ed internazionali legati alla mitigazione dei cambiamenti climatici; un tale sistema è, infatti, alla base di un qualunque processo di valutazione delle politiche di mitigazione dei Paesi firmatari la Convenzione sui Cambiamenti Climatici².

I risultati degli studi

I dati sulle statistiche energetiche in Cina vengono raccolti, compilati, validati e pubblicati dal National Bureau of Statistics (NBS) che provvede a definire i format per le rilevazioni statistiche a livello provinciale. Gli uffici statistici provinciali effettuano le rilevazioni sul territorio, compilano i format e li inviano al NBS per la validazione finale e la compilazione degli inventari nazionali. L'ufficio statistico nazionale pubblica ogni anno i bilanci energetici nazionali e provinciali.

Gli autori dello studio in oggetto hanno provveduto a elaborare gli inventari delle emissioni di anidride carbonica sulla base dei bilanci energetici pubblicati dal NBS e applicando le linee guida dell'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC)³.

I risultati dell'analisi effettuata sono sintetizzati nella figura 1 nella quale sono messi in evidenza le differenze tra gli inventari effettuati su base nazionale e quelli effettuati su base provinciale.

Dalla figura 1 è possibile notare che le emissioni calcolate sulla base delle statistiche energetiche provinciali sono sistematicamente più elevate rispetto a quelle

■ Sergio La Motta
 ENEA, Unità Tecnica Modellistica Energetica Ambientale

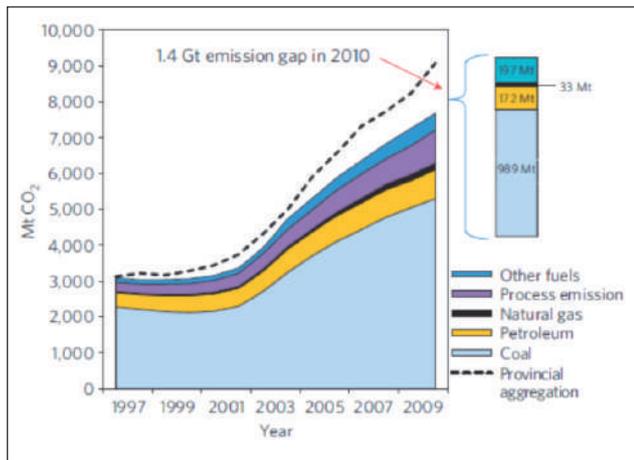


FIGURA 1 Le emissioni di CO₂ in Cina dal sistema energetico per il periodo 1997-2010, differenze tra le rilevazioni nazionali e provinciali

calcolate da statistiche energetiche su base nazionale; la differenza non è costante nel tempo e raggiunge il suo massimo nell'anno 2010, in cui tale differenza risulta essere di 1,4 Gt di CO₂; la maggior parte di questo gap, circa il 71%, è dovuto alle differenze statistiche dei dati relativi all'uso del carbone.

La spiegazione ufficiale fornita dal NBS è che la discrepanza tra le due valutazioni sia dovuta ad una differenza tra i fattori di conversione energetica utilizzati a livello nazionale e a livello provinciale. Questa spiegazione, tuttavia, lascia spazio a qualche dubbio visto che, se fosse vera, non ci dovrebbe essere differenza tra le statistiche energetiche nell'uso del carbone espresso in termini fisici, ovvero in unità di peso, ed

invece questo non sembra essere il caso, infatti, come è possibile evincere dalla figura 2, il consumo di carbone nel 2010 risulta essere di 3.163 Mt secondo le statistiche nazionali e di 3.910 secondo le statistiche provinciali con una differenza di circa 750 Mt che, secondo l'opinione di chi scrive, dimostrerebbe, inoltre, che la differenza delle emissioni sarebbe addirittura sottostimata.

Gli autori dello studio propongono due possibili cause alla base della discrepanza osservata, una di carattere tecnico-economico ed una seconda di tipo politico. Per quanto riguarda la prima causa, gli autori puntano il dito soprattutto sulle piccole imprese che, secondo la loro valutazione, non disporrebbero né di un appropriato registro dei dati e né di personale sufficientemente addestrato alla compilazione dei questionari per le rilevazioni statistiche. La presenza di queste piccole imprese energetiche sarebbe stata in rapida crescita in questo ultimo periodo specialmente nelle province meno sviluppate economicamente e i loro consumi energetici sarebbe stati in qualche modo contabilizzati nelle statistiche provinciali ma sarebbero sfuggite alle statistiche nazionali che hanno un solido contatto soprattutto con le imprese di grandi dimensioni.

Per quanto riguarda la seconda causa, gli autori evidenziano che gli uffici statistici in Cina, sia quelli nazionali che quelli provinciali, non sono politicamente autonomi e sono spesso forzati da altre agenzie governative a fornire dati che in qualche modo si adeguino ai differenti scopi politici. In particolare, per quanto riguarda le autorità provinciali, le loro performance sono in genere valutate dal raggiungimento di obiettivi di crescita economica e quindi di aumento dei consumi energetici, mentre lo Stato centrale, avendo assunto obiettivi, dichiarati alla COP di Copenhagen, di miglioramento dell'efficienza carbonica, sarebbe "naturalmente" spinto a sottostimare i consumi energetici specialmente relativi all'uso del carbone.

Conclusioni

La discrepanza osservata tra le emissioni di CO₂ dal sistema energetico cinese contabilizzate su base nazionale e provinciale ha, se verificata, delle importanti conseguenze sia a livello nazionale che a livello mon-



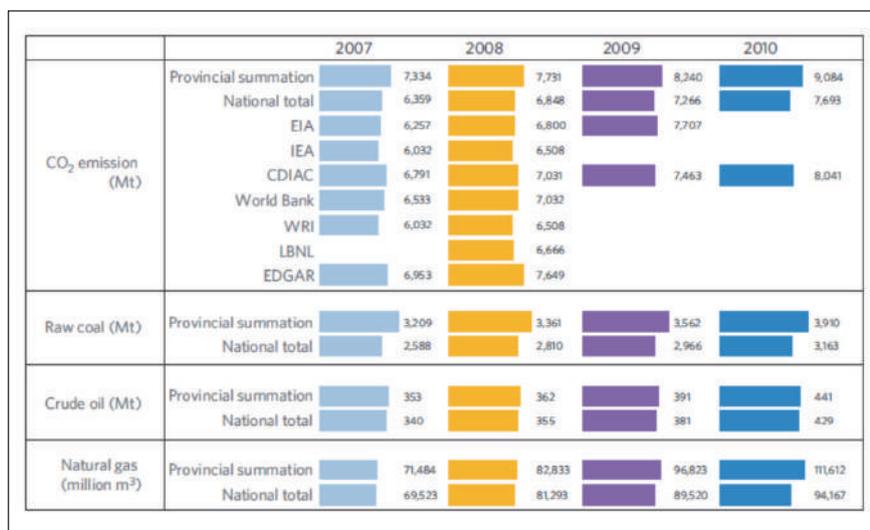


FIGURA 2 Emissioni di CO₂ in Cina da varie fonti e consumi energetici espressi in unità fisiche nel periodo dal 2007 al 2010

diale. Come prima cosa la quantificazione delle emissioni mondiali di CO₂ sarebbe affetta da un errore di oltre il 5% e questo porterebbe a una non precisa taratura dei modelli climatici e a una cattiva comprensione di tutto il ciclo del carbonio con conseguenze piuttosto rilevanti sulla qualità degli input che il sistema delle ricerca in campo climatico può dare al sistema politico al fine di meglio fronteggiare il fenomeno dei cambiamenti climatici.

Un'altra conseguenza relativa all'incertezza dei dati di emissioni cinesi è che risulta molto più difficile l'allocatione delle responsabilità tra Stati sulla pressione sul sistema climatico e quindi risulta più problematico definire accordi internazionali equi di obiettivi quantificati di riduzione delle emissioni per il periodo post 2020. Inoltre, questa situazione rende praticamente impossibile la implementazione di un sistema di *cap and trade* delle emissioni che la Cina stessa sta pianificando tra le sue province, infatti, la implementazione di un tale sistema richiede un monitoraggio, reporting e verifica delle emissioni particolarmente accurato sia a livello provinciale che a livello centrale.

Per quanto riguarda l'affidabilità di questo studio c'è però da osservare che gli autori sembrano essere più esperti di scienza del territorio che esperti nel settore energia; inoltre, anche la bibliografia utilizzata sembra essere in alcuni punti non molto aggiornata, special-

mente quando parlano di piccole imprese nel settore del carbone, citano due lavori abbastanza datati (Sinton 2001 e Price del 2002) mentre sembrerebbe, da altre fonti⁴, che dal 2009 la Cina abbia chiuso molte piccole aziende del settore del carbone.

Alla base della discrepanza osservata potrebbe anche esserci un problema di doppio conteggio a livello provinciale. Potrebbe essere successo, ad esempio, che una società madre che controlla numerose filiali, abbia comunicato agli uffici statistici provinciale i suoi consumi ma, allo stesso tempo, anche le società controllate abbiano fatto lo stesso inducendo nell'errore di doppio conteggio il personale, sicuramente poco addestrato, degli uffici provinciali. Per tutte queste ragioni e vista la rilevanza della problematica sollevata, sarebbe molto interessante per gli uffici di statistica cinesi approfondire quanto affermato nell'articolo al fine di quantificare il livello di precisione dei dati pubblicati.

note

1. <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate1560.html>
2. <http://climatepolicyinitiative.org/publication/tracking-emissions-and-mitigation-actions-mrv-systems-in-china-germany-italy-and-the-united-states/>
3. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/inv1.html>
4. Fonte: Yu Yuqing, ufficio di Pechino del Climate Policy Initiative.



REATTORI IBRIDI

La terza opzione nucleare: il reattore ibrido

Nel workshop “Fusion for Neutrons & Sub-critical Fission (FUNFI)” tenuto a Varenna dal 12 al 15 settembre, circa 60 ricercatori UE, USA, Cina, India e Russia hanno fatto il punto della situazione sullo stato di avanzamento della ricerca in campo nucleare, e sono stati discussi vari concept-design di reattori ibridi. Il workshop è stato organizzato dal Centro Internazionale ‘Piero Caldirola’ per la Promozione della Scienza, in collaborazione con il Centro Ricerche ENEA di Frascati e il CNR (Istituto di Fisica del Plasma Milano).

Qui di seguito le spiegazioni ed i commenti di due esperti che hanno partecipato.

■ Antonio Botrugno, Francesco Paolo Orsitto

In questi anni viviamo un rapido aumento della domanda energetica mondiale prevalentemente legato allo sviluppo dei paesi dell’area asiatica e il graduale aumento del costo dell’energia da fossili dovuto all’aumento dei costi di estrazione. Molte stime indicano che il fabbisogno energetico mondiale passerà dall’attuale 250 MBDOE (milioni di barili di petrolio equivalente) al giorno a circa 350 MBDOE nei prossimi 20 anni (una crescita del 40%). In questo scenario appare evidente che la produzione di energia su larga scala svolgerà un ruolo fondamentale per lo sviluppo futuro e per gli equilibri geopolitici del pianeta. I paesi tecnologicamente avanzati puntano da tempo su una produzione di energia diversificata su varie sorgenti con una alta percentuale di energia da fissione nucleare. Con lo sfruttamento di circa 440 centrali a fissione, 31 Paesi producono circa il 15% del fabbisogno mondiale di energia elettrica (ma una percentuale ben più alta del loro fabbisogno nazionale! ad esempio in Francia la produzione di energia nucleare copre oltre il 75% dei consumi). Altre e più performanti centrali sono attual-

mente in costruzione: nel 2011 l’Iran ha acceso il suo primo reattore, mentre la Cina costruisce tre nuove centrali ogni anno.

La soluzione della fissione nucleare incontra da sempre la forte opposizione ambientalista, recentemente amplificata e avallata dal disastro di Fukushima dell’11 marzo 2011. *Indubbiamente i problemi legati alla produzione di energia da fissione non possono essere ignorati e sono principalmente legati alla produzione di scorie radioattive a lunga vita media.* La radiotossicità di alcuni isotopi prodotti rimane infatti al di sopra dei valori di radioattività naturale per un milione di anni; esiste inoltre il rischio di proliferazione nucleare durante i processi di arricchimento del combustibile e di riprocessamento delle scorie, e il rischio ambientale dovuto alla possibilità di contaminazione di una ampia area geografica. Tanto che il neo presidente francese Hollande ha ipotizzato nelle sue promesse elettorali una riduzione dal 75% al 50% del contributo nucleare al fabbisogno energetico francese entro il 2025.

Una soluzione definitiva a questi problemi è promessa dalla fusione nucleare, una fonte di energia pulita, sicura, potenzialmente illimitata. Il combustibile di un reattore a fusione è costituito da una miscela di deuterio e trizio, mentre il prodotto della reazione è l’elio. Oltre a non produrre scorie radioattive la centrale a fusione non ha i problemi di sicurezza di una centrale

■ Antonio Botrugno, Francesco Paolo Orsitto
ENEA, Unità Tecnica Fusione

a fissione perché il processo non avviene all'interno di una reazione a catena, e si arresta appena le condizioni si discostano da quelle di funzionamento del reattore. La fusione si presenta come una soluzione di lungo termine: sembra infatti che altri 50 anni occorreranno prima del passaggio all'applicazione e allo sfruttamento commerciale dell'energia da fusione. Attualmente la via più promettente è quella dei reattori di tipo tokamak: il reattore sperimentale ITER è in fase di costruzione a Cadarache (Francia).

Tra le possibili alternative per la produzione di energia su larga scala, è tornata recentemente alla ribalta negli ambienti scientifici un'idea degli anni 50 del premio Nobel Hans Bethe. Si tratta di un reattore ibrido a fissione-fusione. Questa soluzione risolve molti dei problemi della fissione e grazie ai recenti progressi della ricerca sulla fusione sembra attualmente attuabile con progetti a medio termine, inferiori ai 10 anni. Il motivo che giustifica l'accostamento delle due reazioni è che queste sono complementari, le reazioni di fusione sono ricche di neutroni mentre le reazioni di fissione sono ricche di energia. Nel reattore ibrido le reazioni di fusione deuterio-trizio nel plasma termoneucleare producono poca energia ma molti neutroni a 14,1 MeV, questi inducono reazioni di fissione nel mantello fissile amplificando la produzione di energia fino ad un fattore di guadagno (Q) complessivo dell'intero sistema pari a 30-50.

Tecnicamente si tratta di un reattore con un plasma termoneucleare sotto il punto di ignizione, cioè con un fattore di guadagno della fusione inferiore ai valori richiesti per la produzione di energia ($Q \ll 30$, in pratica $Q \approx 1-3$), affiancato da un mantello fissile sotto il valore di massa critica (con un fattore di moltiplicazione effettivo $k_{\text{eff}} \ll 1$) cioè incapace di autosostenere le reazioni di fissione. Con un reattore ibrido si eliminano i principali problemi della fusione nucleare, sia quelli di tipo fisico legati alla stabilità di un plasma con alto Q , sia quelli di tipo tecnologico legati allo sviluppo di materiali in grado di sostenere grossi flussi neutronici proprio perché i neutroni prodotti dalla fusione sono utilizzati dal materiale fissile.

Inoltre si eliminano molti problemi dei reattori a fissione. La sorgente indipendente di neutroni permette di bruciare il materiale fissile in maniera più efficace,

quindi le scorie prodotte hanno tempi di decadimento molto inferiori a quelli delle scorie di un reattore a fissione. Nel mantello è possibile usare materiale fissile ma anche materiale fertile, come uranio naturale e torio, quindi senza la necessità di processi di arricchimento, oppure è possibile utilizzare gli scarti del combustibile di un reattore a fissione evitando il riprocessamento delle scorie radioattive; tutto ciò riduce notevolmente i rischi di proliferazione nucleare. Inoltre il reattore ibrido opera con materiale fissile al di sotto della massa critica, ciò elimina completamente i rischi di esplosione o di fusione del nocciolo.

Sebbene l'idea di inglobare un reattore a fusione in uno a fissione può sembrare bizzarra e un azzardo in termini di sicurezza, gli studi condotti dimostrano la fattibilità del progetto. Nel panorama mondiale la Cina, che ha urgenti problemi di reperimento di sorgenti energetiche, ha già iniziato un rilevante programma di sviluppo di reattori ibridi. Inoltre l'India ha iniziato uno studio concettuale di un reattore ibrido che utilizza come sorgente di neutroni un tokamak con $R=4,4$ m, campo magnetico $B=5,4$ T (dimensioni vicine a quelle di ITER), da utilizzare con il ciclo di fissione del torio. È emerso inoltre che molti concept-design di reattori ibridi si basano su macchine la cui tecnologia è praticamente acquisita, mentre altri richiedono solo una piccola estrapolazione dell'odierna tecnologia. I reattori ibridi sono quindi una soluzione già percorribile, e l'energia prodotta potrebbe essere sfruttata per usi civili nel medio termine (10 anni). Per questo motivo i reattori ibridi si propongono oggi come i candidati più credibili per la soluzione del problema dell'energia su larga scala e di quello delle scorie radioattive di lungo termine.

Per gli sviluppi futuri della ricerca sicuramente i vari progetti di ricerca e sviluppo sui reattori ibridi potranno supportare lo sviluppo separato di entrambe le tecnologie: fissione e fusione. Nell'ambito di studi futuri, si potrebbe prevedere la possibilità di modificare alcuni esperimenti attualmente dedicati alla fusione e ormai poco rilevanti per il progresso scientifico, in esperimenti sul concetto di ibrido. In futuro potrà essere possibile affiancare un reattore ibrido ad uno di pura fissione, ciò potrebbe diminuire in modo consistente il costo del kilowatt nucleare. ●

La roadmap delle Smart Cities

Rendere “smart” le città significa sottoporle a un insieme coordinato di interventi che mirano a renderle più sostenibili dal punto di vista energetico-ambientale, per la qualità dei servizi assicurati ai cittadini, per la partecipazione sociale indotta, per i nuovi servizi offerti e le iniziative economiche innescate. I programmi europei e le iniziative nazionali, qui descritti, assicureranno una spinta propulsiva alla realizzazione di città sostenibili

■ Mauro Annunziato

La definizione di Smart Cities

A partire dalle prime definizioni di *smart cities*^[1] (Giffinger ed al., 2007), e ^[2] (Hollands ed al., 2008) si sono succedute molte definizioni del termine che, proprio per il carattere multidisciplinare che l'argomento riflette, risente di diversità di linguaggi ed obiettivi. Per questo non è possibile dire che esista ad oggi una definizione univoca universalmente riconosciuta.

In termini sintetici, le molte definizioni di *smart cities* sottintendono un insieme coordinato di interventi che mirano a rendere le città più sostenibili. Innanzitutto da un punto di vista energetico-ambientale, attraverso scelte e tecnologie che permettono di risparmiare energia, di utilizzare energia rinnovabile sia nelle nostre case quanto nelle strade; da un punto di vista funzionale, assicurando qualità dei servizi urbani nel rispondere alle richieste degli utenti e nello svilup-

pare capacità di adattamento. Ma la sostenibilità è intesa anche nella qualità stessa della vita a partire dallo sviluppo della partecipazione sociale, elemento fondante del “senso di comunità” (“smart communities”) e nell'indotto produttivo collegato ai nuovi servizi. Infine la sostenibilità è intesa anche nel senso di capacità della città di pianificare una crescita coordinata, preservare un corretto rapporto con il verde, reagire in modo coordinato e flessibile alle emergenze ambientali come a quelle dovute ad attività umane, garantire la sicurezza sotto tutti i punti di vista. Per realizzare questo “collante” tra tante tematiche si fa ampio utilizzo di tecnologie ICT (informazione e telecomunicazione) e soprattutto di “intelligenza” e di capacità di progettazione sistemica, da cui l'aggettivo “smart”. Tale integrazione poggia infine sulla capacità di costruire “modelli di business” che possono auto-sostenersi economicamente combinando risparmi energetici, offrendo nuovi servizi e condividendo infrastrutture ICT fra molte applicazioni.

Il contesto europeo di riferimento e le iniziative nazionali

Una delle spinte più forti allo sviluppo delle *smart cities* a livello europeo viene dallo *Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)* che identifica le *smart cities* come una delle sette priorità di investimento assegnando una stima di investimento di 10-12 MLD di euro ^[3] (COM (2009) 519) alla Smart City Industrial Initiative. Tale contesto risente della finalizzazione energetica anche se il tema energetico è trattato in modo molto ampio (edifici, fonti rinnovabili, reti urbane di varia natura, trasporti ecc.). Un altro versante che sta producendo notevole movimento, in particolare sulla scena italiana, è l'*Agenda Digitale* (COM (2010) 245 del 26 agosto 2010) per cui il decreto del Ministro dello Sviluppo Economico del 1 marzo 2012, ai sensi del decreto-legge del 9 febbraio 2012, n. 5 art. 47, istituisce la Cabina di Regia della Agenda Digitale Italiana (ADI).

Nel 2010, sotto la spinta del Set Plan, si è formato il consorzio europeo *European Energy Research Alliance (EERA)*, ^[4] che ha lo scopo di acce-

■ Mauro Annunziato
 ENEA, Unità Tecnica Tecnologie Avanzate
 per l'Energia e l'Industria

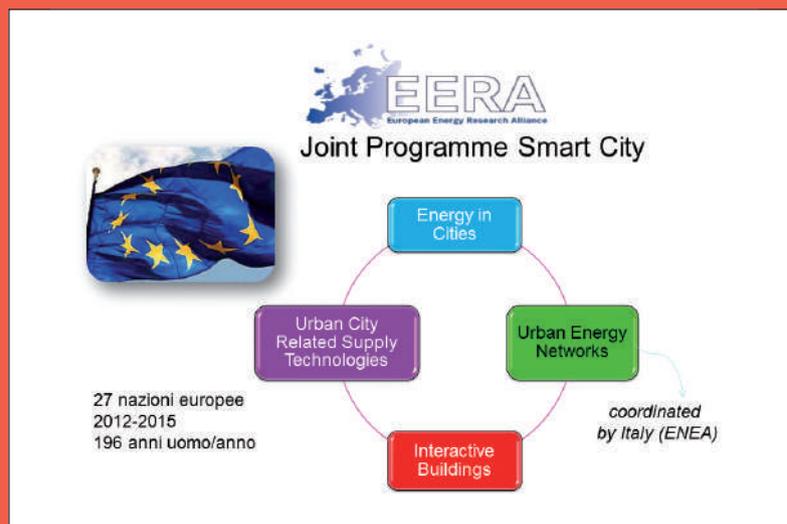
lerare lo sviluppo delle nuove tecnologie per l'energia attraverso la creazione e l'implementazione di Joint Research Programmes allo scopo di rafforzare, espandere ed ottimizzare le capacità di ricerca sui temi dell'energia. Il consorzio EERA, fondato inizialmente da dieci istituzioni nazionali, ha via via raccolto la rappresentanza di tutti i paesi dell'Unione Europea. Il consorzio si è articolato in un certo numero di gruppi di lavoro tematici. In novembre 2012 è stato approvato e lanciato il *Joint Programme Smart Cities*. Il Joint Programme Smart Cities al momento è la rete di ricerca più importante in Europa su questa tematica, contando su circa 200 anni uomo per anno per i prossimi 4 anni a partire dal 1 gennaio 2012. Il Programma è stato articolato in quattro area di lavoro:

- Energy in Cities (Coordinato da AIT, Austria);
- Urban Energy Networks (Coordinato da ENEA, Italia);
- Interactive Buildings (Coordinato da SINTEF, Norvegia);
- Urban City Related Supply Technologies (Coordinato da TNO, Olanda).

In ambito italiano, sotto l'egida del Joint Programme Smart City, è stato creato un network di ricerca formato da 12 istituti di ricerca (tra cui ENEA, CNR e le principali università italiane) e quattro aziende (ENEL, Telecom, Ericsson, Luccioni). Questo network è coordinato da ENEA. Tali enti di ricerca si stanno integrando, come gruppo tematico operante sulle Smart Cities, nel contesto di una rete di ricerca italiana più ampia (*AIREN*) connessa alla rete europea EERA.

Accanto al Joint Program Smart City e sempre sotto l'ombrello del SET PLAN, si sta sviluppando la rete industriale europea. La *Smart City Stakeholders Platform* lanciata nel 2012, riunisce i principali attori industriali al fine di aggregare le richieste di finanziamento verso la comunità europea intorno a tematiche condivise. Tale iniziativa è molto importan-

te dal punto di vista dello sviluppo delle filiere europee in quanto non è pensabile che la *smart city* possa essere "fornita chiavi in mano" da una azienda ma si tratta di definire standard e regole per la costruzione di mosaici molto complessi prodotti da vaste filiere industriali. In Italia si sta formando una rete industriale organizzata da Confindustria che ha



costruito insieme ad ENEA ed RSE una *Task Force sulle Smart Cities* (avviata nel 2012) di cui più avanti viene illustrato il contenuto.

Il terzo versante che si sta sviluppando è quello degli Stati membri. La *Smart City Member State Initiative* avviata nel 2012, unisce i 27 Stati membri e si prefigge lo scopo di mettere in condivisione strategie di sviluppo della *smart city* e le esperienze effettuate nei vari paesi. È uno strumento di collegamento tra governi e realtà di ricerca e per questo si collega con il Joint Programme Smart City di EERA. Il lavoro della MS Initiative si sta concentrando nella analisi dei progetti principali in corso nei vari stati nella elaborazione di un sistema di valutazione dei progetti stessi.

Su uno spettro più ampio rispetto ai temi energetici si collocano una serie di iniziative di carattere sociale che vengono riferite ancora ai temi delle *smart cities*. Il Joint Programming Initiative *Urban Europe*, partecipato da Stati membri ed associati, converge su iniziative di ricerca coordinata che siano in grado di contribuire allo sviluppo della forma urbana in tempi di cambiamento globale. L'approccio - integrativo ed interdisciplinare - è di tipo orizzontale sui temi (4 pilastri) della economia, della società, dei trasporti e dell'ecologia in modo da consentire la ricucitura dei temi attinenti alla città in una visione che promuova le interazioni tra ricercatori, *policy-maker*, imprese e società civile determinando un approccio innovativo e *impact-oriented*. *Urban Europe* pone come prioritaria l'esplorazione dei 4 pilastri dello sviluppo ur-

bano in un orizzonte temporale di ampio respiro (2020-2050), delineando un JPI il cui intento è quello di produrre risultati di ricerca in grado di sostenere la creazione di aree urbane europee dove l'elevata qualità degli standard rendano gradevoli i luoghi in cui vivere e lavorare al fine di consentire all'Europa di diventare una guida per lo sviluppo urbano.

Uno dei versanti più attivi in Europa è sicuramente quello delle città. Il *Covenant of Mayors (Patto dei Sindaci)* ha avuto in Italia un grande successo (2038 Comuni aderenti su un totale di 4043 in Europa) dimostrando una grande sensibilità delle amministrazioni locali verso i temi della efficienza energetica e delle fonti rinnovabili. Tale organizzazione, sostenuta in Italia da molte associazioni di Comuni e Provincie (tra cui ANCI ed UPI) sta avvicinandosi sempre più alle tematiche della *smart city* perché si intravede nell'approccio sistemico, la strategia più significativa di trasformazione coordinata della città nella direzione dello sviluppo sostenibile.

Nel panorama delle città di grandi dimensioni alcune stanno giocando un ruolo pionieristico molto importante tra cui va citata sicuramente Genova (che ha vinto diversi progetti europei sulle *smart cities*), Torino, Bari, Firenze e L'Aquila che hanno già avviato programmi di sviluppo *smart city*. Molte altre stanno avviando in questi mesi progetti significativi su cui cercare finanziamenti.

Infine va citata l'intensa azione governativa che ha visto in questi mesi porre al centro della azione di governo il tema della *smart city* dove è stato avviato un programma di ricer-

ca di circa 1 miliardo di euro (MIUR, Bandi *PON REC, Cluster Industriali*). Si tratta di una poderosa spinta mobilizzatrice ispirata al principio dello stimolo della offerta sulla base di progetti di filiera di ampie dimensioni e mirati non tanto alla tecnologia ma alla applicazione urbana. Il bando *PON REC* appena concluso ha generato più di 100 idee progettuali. Si tratta di un portafoglio di idee che non potrà essere interamente finanziato, né manifesterà elevata qualità in tutti i progetti, ma nel suo insieme rappresenta una spinta alla costruzione progettuale anche in preparazione dei bandi europei previsti all'interno del contenitore di ricerca *Horizon 2020* dove il tema *smart cities* sarà molto ben rappresentato e la competitività europea sarà molto elevata.

I paradigmi della Smart City

L'approccio olistico della *smart city* ha stimolato lo sviluppo di nuovi paradigmi che si sono affiancati a quelli più consolidati della efficienza energetica e dello sviluppo sostenibile. In particolare tali paradigmi tendono ad armonizzare lo sviluppo sostenibile con una crescita della partecipazione sociale ("smart communities") e della sostenibilità dello stesso contesto urbano. Nella maggior parte dei casi tale opportunità viene colta attraverso un avanzato utilizzo delle tecnologie ICT e della connettività.

Ciò che differenzia l'approccio "smart city" rispetto al passato è quello di vedere in una unica cornice tanti aspetti che fino ad oggi sono stati affrontati separatamente.

Si pensa alla città come ad un insieme di reti interconnesse, quali la rete dei trasporti, la rete elettrica, la rete degli edifici, la rete della illuminazione, la rete delle relazioni sociali, la rete della pubblica illuminazione, dell'acqua e dei rifiuti e così via. L'integrazione di tali reti in un disegno coordinato è quella che rende possibile nuovi servizi impensabili fino al decennio scorso ed apre possibilità di trasformazione progressiva della città.

Uno degli aspetti centrali si focalizza sulla idea che il cittadino possa partecipare attivamente alla modellazione progressiva della città sui propri bisogni (*"user produced city"*). Questa idea si basa evidentemente su una accezione dinamica, elastica ed evolutiva della città in cui la pressione evolutiva sia fondata sulla continua interazione dei cittadini. La realizzazione di questo concetto è tutt'altro che semplice poiché richiede alcuni passi fondamentali: 1) che il cittadino possa avere la possibilità di una facile interazione; 2) che esista una infrastruttura sensoristica, ICT e modellistica in grado di raccogliere in tempo reale il bisogno e predire la richiesta del cittadino; 3) che esista la possibilità di riarticolare i servizi in modo dinamico per far fronte alla richiesta. Quest'ultimo punto è forse il più impegnativo perché implica servizi flessibili ma è la chiave di volta per mettere in moto il meccanismo della *"resource on demand"* ossia fornire il servizio esattamente nel luogo, nel tempo e nella intensità richiesta. È questo il punto di contatto fra tematiche energetiche e tematiche sociali perché indubbiamente l'ascolto del cittadino ne stimola la

partecipazione; la accuratezza nello spendere le risorse è la via per l'efficienza energetica (si pensi alle applicazioni di *"energy on demand"*, *"mobility on demand"*, *"lighting on demand"*). È inoltre il punto di convergenza di aspetti legati alla replicabilità dei progetti in quanto uno degli elementi base che insieme alla vendita dei nuovi servizi, ne permettono il ritorno economico e quindi rendono realisticamente definibile l'intervento come *"modello"* per la trasformazione della città.

Questo insieme di aspetti tecnologici potrebbero essere definiti come le tecnologie *"abilitanti"* per lo sviluppo della *"City 2.0"*. Questo termine, mutuato dal *"web 2.0"*, sta ad identificare un valore collettivo che si crea sulla base della interazione di tante persone. Questo necessita di una capacità di creare il contesto urbano e sociale adatto a favorire l'evoluzione della città e richiede pertanto una vera e propria capa-

cià di *"urban designer"* inteso non soltanto dal punto di vista infrastrutturale ma anche funzionale. Si tratta di una figura professionale che si sta sviluppando in questi anni ma ancora non è stata codificata dal punto di vista teorico.

Il tema delle nuove tecnologie e dei nuovi servizi non può essere trattato in modo neutro ma va affrontato in una prospettiva diversa da quanto successo finora con le tecnologie ICT. Dal punto di vista sociale, l'impatto di tali tecnologie è stato controverso e la grande promessa del miglioramento della qualità della vita grazie alla grande disponibilità di informazione è stata parzialmente attenuata da una tendenza all'isolamento che è andata di pari passo con l'allentamento della relazione tra uomo ed ambiente e la crescita della complessità della vita di tutti i giorni. Questo aspetto può essere ascritto ad un atteggiamento individuo-centrico dove le relazioni



persona-società, persona-persona e persona-Sé sono alterate dalla dinamica del possesso di beni materiali, potere ed immagine sociale. Paradossalmente in un'era dominata dalla nuova connettività, l'uomo sembra più isolato di prima e più confinato all'interno di stereotipi consumistici.

Molte delle tecnologie ICT, di cui abbiamo assistito all'avvento, hanno grandi potenzialità nel rinforzare la coesione sociale (il telefono, la radio, la televisione, le automobili, i cellulari, i giochi elettronici, internet, l'amministrazione digitale), eppure l'uso o meglio l'ab-uso che ne viene fatto oggi ha in molti casi deviato dalla potenzialità originaria. Tutto sembra rispondere ad una richiesta sociale di "tecnologia per l'assenza" ossia di tecnologie che spingono la persona ad "assentarsi" dalla realtà che li circonda attraendone desiderio e tempo aldilà di ogni ragionevole aspettativa. Passare molte ore davanti ai programmi spazzatura o ai videogiochi con molti utenti web o nelle chat non ha più il senso dell'intrattenimento o dello scambio ma semmai produce distacco fisico dalle altre persone e da se stessi scivolando in una sorta di realtà virtualizzata con una sempre più profonda assimilazione degli stereotipi consumistici e globalizzati uguali in buona parte del mondo.

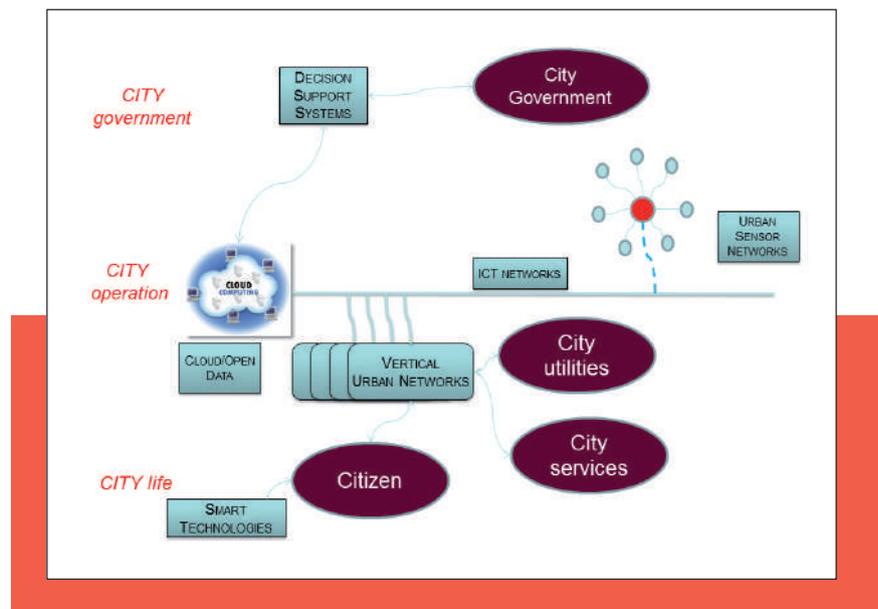
A questo si contrappone il "modello glocal" ossia una corretta armonizzazione dei modelli globali con la rivalutazione delle specificità, identità e ricchezza dei modelli locali^[4] (Zygmunt Bauman, 2005). In questo senso il termine "smart communities" è in grado di evocare il recu-

pero e valorizzazione della identità locale senza porla in conflitto con i modelli globali. Le tecnologie ICT sono state ancora poco valorizzate al livello locale eppure è a questo livello che potrebbero giocare un ruolo molto importante per aumentare la partecipazione sociale ed il "senso di comunità". A questo livello la connettività assume un valore fondamentale, quello di avvicinare la relazione virtuale a quella fisica, facendo in modo che anziché surrogare il contatto fisico ne rappresenti un ampliamento. È questo il concetto della "città ibrida" ("Hybrid City"^[5]) (Streitz, 2010) in cui la dimensione virtuale e quella reale sono molto più interconnesse da un punto di vista spaziale e relazionale.

Da queste premesse risulta evidente come l'opportunità che si sta creando è quello di un insieme di tecnologie ICT espressamente orientate alla soddisfazione di reali bisogni

dell'uomo ed al miglioramento della qualità della vita nello spazio urbano. Per questo, tali tecnologie vengono indicate come "human oriented technologies" dirette verso lo sviluppo della espressione, comprensione e soddisfazione del bisogno immediato e della partecipazione ed inclusione sociale.

Nello spazio urbano è possibile creare nuovi modelli di interazione persona-ambiente che potrebbero avere la specifica finalità di creare scambio, coesione, informazione in contesti ibridi tra incontro fisico ed incontro nella rete virtuale. Molti oggetti urbani attualmente mono-funzione possono divenire multifunzionali. I lampioni della illuminazione pubblica possono diventare intelligenti ed ospitare sistemi multisensoriali (traffico, qualità dell'aria, sicurezza, attività) così come chioschi, fermate e paline dell'autobus o panchine ("interactive city").



Perfino gli edifici pubblici possono essere dotati di una “pelle interattiva” per permettere comunicazione a distanza, dare informazioni, creare punti di incontro o di supporto sociale o di creazione collettiva. Il sistema della mobilità sembra avere nelle corde automobili e mezzi pubblici non inquinanti che dialogano tra loro e con le strutture stradali.

Nello spazio domestico le “smart homes” promettono “smart appliances” (efficienti e con capacità di interazione coordinata nella abitazione), supporto per la conduzione energetica della abitazione, supporto per la sanità della persona (e-health) e per le fasce di popolazione più deboli (anziani, malati) mentre negli uffici i temi energetici si fondono con un livello di comfort garantito.

A livello di città sistemi di supporto alle decisioni poggiati su reti di monitoraggio possono garantire molto più efficacemente la sicurezza e la funzionalità delle reti urbane, una migliore capacità di pianificazione, mentre servizi flessibili (illuminazione pubblica, trasporto, *smart grids*, acqua, rifiuti, rete del gas) potranno generare risparmi energetici ed utilizzo di fonti rinnovabili secondo il principio della “resource on demand”. Infine le infrastrutture per la connettività potranno giuocare ruoli significativi sia a livello di maggiore partecipazione del cittadino alle scelte della città attraverso l’evoluzione del rapporto tra cittadino e Pubblica Amministrazione (i.e. l’e-government) e sia a livello locale sviluppare le comunità smart a livello di quartiere e di condomini

stesso creando il contesto di scambio per il recupero della identità storica e l’emersione dei nuovi movimenti culturali.

In generale il paradigma dello sviluppo sostenibile può essere la chiave di volta perché, per sua natura, mira a ricostruire attenzione e cura nel rapporto tra - persona ed ambiente -. Aggregare a questo paradigma forme di attenzione e cura per il rapporto tra - persona e città - e - persona e comunità - è quindi una logica adiacenza come lo stesso rapporto tra - persona e persona -. Si tratta di forme di relazione da ascrivere alla attenzione verso un “patrimonio comune”.

Tale percorso non è immune da pericoli e per cui occorre fare molta attenzione e sviluppare un senso critico rispetto alle tecnologie utilizzate, poggiando sempre tali analisi sulla base di una reale accettazione sociale. Tra i pericoli più importanti c’è sicuramente il grande tema della gestione dei dati. Una gestione poco attenta e lasciata senza regole normative di garanzia, liberamente in mano ad aziende private ovvero con tecnologie insufficienti di protezione, può generare invasione dello spazio privato, profilazione dell’utente a scopi commerciali non esplicitati e violazione del diritto alla privacy. Un secondo tipo di pericoli è implicito nel fatto che l’integrazione tra reti urbane di diversa natura, se realizzata con tecnologie insufficienti rischia di introdurre criticità della infrastruttura ossia guasti e malfunzionamenti che si propagano da una rete all’altra bloccando la città. Infine un terzo tipo di pericolo è insito nella scarsa replicabilità dei

progetti su scala cittadina, sia per motivazione di ordine tecnico (i.e. per scarsa interoperabilità), di accettazione sociale o del mercato e sia per impossibilità di avere un bilancio economico corretto tra investimenti e ritorni economici. Tratteremo più estesamente tale pericolo nel successivo paragrafo. La esplicitazione di tali pericoli dovrebbe comunque indurre a comprendere che il mestiere dello “smart city designer” sarà piuttosto articolato e multidisciplinare dovendo cogliere opportunità di sviluppo ma anche dovendo evitare le molte trappole di cui tale cammino è cosparso.

La roadmap della Smart City e la metrica progettuale

Errori che spesso vengono fatti in tema di *smart city* è quello di collocare la realizzazione delle *smart cities* su tempi molto lunghi (30 anni) ovvero su tempi molto brevi (3-5 anni) assumendo di fatto le attuali innovazioni settoriali come esempi di interventi di *smart city*. Occorre abbandonare tale idea ed immaginare che la *smart city* sia piuttosto una *roadmap* con obiettivi e progetti diversi realizzabili ogni 2-3 anni. Ognuno di questi “progetti tipo” sarà caratterizzato da soluzioni tecnologiche che dovranno essere sviluppate, dimostrate su piccola scala ed infine estese all’intera scala urbana quando (e se) avranno raggiunto la maturità tecnica sociale ed economica verificata dal dimostrativo. Trattandosi di una stratificazione temporale di interventi è necessario che il piano complessivo sia ben definito al-

meno sulle “regole di ingaggio” di nuovi progetti. Occorre cioè fissare delle regole di *interoperabilità* tra i progetti, dell’accesso, proprietà e protezione dei dati, di parametri di valutazione dei risultati.

In questa prima fase di sviluppo delle *smart cities* la progettazione è stata invece piuttosto convulsa generando una fioritura di molti progetti di natura diversa e con soluzioni tecnico-economiche alternative.

Nella maggior parte delle volte si tratta di progetti settoriali, operanti cioè soltanto su una specifica applicazione verticale e con tecnologie “chiuse”. Generalmente si assiste ad una progettazione iniziale molto ambiziosa che va via via riducendo i propri obiettivi nella fase realizzativa fino a diventare una lieve variante rispetto all’approccio tradizionale per mancanza di fondi o tecnologie. In altri casi si assiste allo sviluppo di dimostratori mol-

to interessanti ma con costi tali da rendere impossibile qualsiasi replicazione a meno di ingenti finanziamenti da fondi di ricerca.

È quindi di fondamentale importanza sviluppare una capacità di “lettura” a priori dei progetti e dei loro risultati. Sviluppare tale capacità di lettura implica la definizione di una metodologia di valutazione, ossia una vera propria metrica del progetto. Su questo tema ENEA, in una task force con Confindustria e RSE, cui partecipano anche componenti del mondo finanziario e delle municipalità, sta sviluppando una metodologia formale di seguito brevemente descritta.

“Prendere le misure” ad un progetto di *smart city* significa innanzitutto rappresentare un insieme di punti di vista che corrispondono ai diversi attori coinvolti nel progetto. In prima approssimazione possiamo identificare questi attori principali:

- l’*end user* che in generale sono la

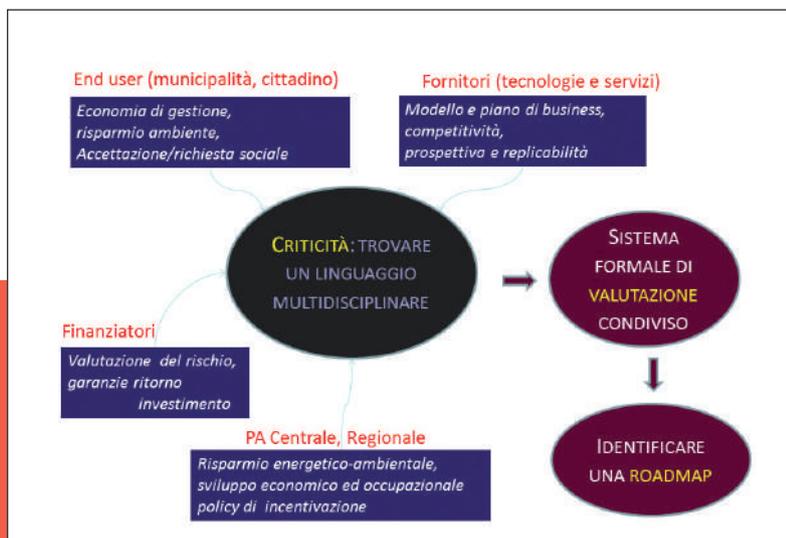
municipalità ed il cittadino ma possono anche includere attori privati (utilities urbane, aziende, ...)

- le aziende che implementano il progetto e gestiscono la infrastruttura realizzata
- il sistema di finanziatori del progetto
- l’amministrazione centrale e locale che realizza una policy.

Ognuno di questi attori inserisce “interessi” che è necessario formalizzare in indicatori o “descrittori” (“key performance index”) che possono essere qualitativi o quantitativi. In sintesi tali indicatori possono essere raggruppati nei seguenti insiemi:

1. descrizione delle finalità, delle scale territoriali e degli *stakeholder* del progetto
2. descrizione delle tecnologie di riferimento utilizzate
3. descrizione del “valore energetico ed ambientale”
4. descrizione del “valore sociale”
5. descrizione degli aspetti economico-finanziari (inclusi costi, tempi di ritorno degli investimenti, flussi di cassa ed analisi di rischio)
6. descrizione delle prospettive di mercato.

Tale approccio può essere utilizzato a tutti i livelli, sia dalle municipalità nella pianificazione degli interventi in relazione alle proprie specificità, sia dalle aziende per comprendere la competitività ed attrattività della loro offerta, sia dal sistema finanziario per dirigere i propri finanziamenti, sia dal sistema della ricerca per collocare nel percorso di innovazione i propri risultati ed infine dall’amministrazione centrale e regionale. In questo ultimo caso un sistema di valutazione formale



è essenziale per perseguire una strategia basata non più sul componente ma sul “progetto” e che quindi richiede una nuova capacità di selezione del progetto più efficace ed una capacità di creare un “osservatorio” per il monitoraggio dei progetti in corso e dei risultati che si vanno producendo.

L'utilità di tale approccio è insito nel metodo di valutazione dei “dimostratori”. Il dimostratore è generalmente considerato un passo essenziale nella *roadmap* affinché il progetto possa dimostrare la sua maturità in condizioni reali. Al momento esistono esempi interessanti di città che si stanno avviando a diventare “smart” (Amsterdam, Malaga, Londra, Seoul, Mazdar, Boulder Colorado, Kochi, Santander, Malta, Saragozza, Parades e diverse altre), ma non è ancora possibile dire che esista, in Italia o all'estero, un esempio integrato di città *smart*, per la quale occorrerà attendere molti anni ancora dati gli investimenti in gioco e le ambizioni tecnologiche infrastrutturali. Si possono, tuttavia, identificare realizzazioni dimostrative che a) realizzano alcune funzioni *smart* su una specifica rete a scala cittadina o b) realizzano ed integrano un gruppo di progetti “hot spot” su porzioni limitate della città. Tali azioni dimostrative risultano spesso frammentarie in quanto sviluppano soluzioni parziali non esportabili sul mercato se in uno specifico dominio ristretto. È quindi di fondamentale importanza che l'analisi degli indicatori di valutazione possa essere fatta ex-ante e confrontata con il calcolo più realistico fatto ex-post. Occorre valutare cioè la

maturità del progetto a compiere il passaggio successivo, ossia quello di adottare la soluzione sviluppata quale modello per una replicazione di massa, cosa assai più difficile ed il rischio ricorrente è che il dimostratore rimanga un oggetto isolato.

Nella analisi di scenario progettuale che ENEA sta sviluppando, tali descrittori vengono utilizzati per descrivere i principali “archetipi progettuali” ossia tipologie di progetti ricorrenti definiti come “business case”. Per ognuno dei quali vengono definiti un certo numero di “archetipi progettuali”. Dall'analisi dei dati quantitativi degli indicatori calcolati per i vari progetti emerge un quadro complessivo che permette di “collocare” il tipo progettuale nello spazio degli indicatori. In relazione delle priorità assegnate ai vari indicatori (che dipendono dall'attore che promuove o finanzia o realizza o commissiona il progetto) è possibile articolare delle scelte progettuali su una base metodologica più solida.

Conclusioni

L'entusiasmo con cui il tema delle *smart cities* è stato accolto dalle città, dal mondo della ricerca e della pianificazione europea, cui ha fatto seguito la risposta delle aziende e delle amministrazioni centrali è forse il trend tecnico-sociale più interessante degli ultimi anni. Ma la direzione di sviluppo è ancora convulsa e non esente da rischi, le soluzioni integrate ancora indefinite, i modelli di business innovativi ancora soltanto sul pia-

no delle possibilità senza un reale aggancio al mondo economico-finanziario.

Per rendere l'idea di quello che si sta verificando potremmo fare ricorso alla metafora biologica: stiamo assistendo ad una sorta di esplosione cambriana della biodiversità (della *smart city*) cui seguirà necessariamente una fase di selezione naturale (dei progetti), dove la pressione evolutiva è nel valore che tali progetti sviluppano e nei costi e rischi associati. Tale processo è molto dispendioso ed il rischio concreto è che ci sia un abbandono dopo i molti fallimenti che verranno. La migliore strategia in questo caso è quella di sviluppare, accanto ai progetti tecnologici ed industriali, una capacità di lettura del progetto ex-ante, da un valido sistema di osservazione durante lo sviluppo del progetto e di una capacità di lettura dei risultati ex-post al fine di guidare il processo evolutivo per ottenere la massima efficacia col minor numero di errori.

Tali valutazioni non possono essere fatte da un insieme omogeneo di *stakeholder* ma devono basarsi su tavoli condivisi in cui i punti di vista delle città e del cittadino, della ricerca, dell'industria, degli operatori finanziari e della amministrazione centrale siano presi in considerazione con uno sforzo sinergico nel creare un linguaggio ed un sistema di parametri condivisi. È questo ancora un aspetto molto interessante della “*smart society*” che si va creando, e forse il primo passo necessario della *smart city*: quello di una “connettività” molto più intensa tra i vari segmenti della società. ●

- [1] Giffinger R., Kraman H., Fertner C., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., & Meijers E. (2007). Smart Cities - Ranking of European medium-sized cities. Vienna: Centre of Regional Science.
- [2] Hollands R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? City, 12 (3).
- [3] Il SETPLAN europeo: http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/set_plan_en.htm; Technology Roadmap: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2009:1295:FIN:EN:PDF>.
- [4] European Energy Research Alliance (EERA): www.eera-set.eu.
- [5] Bauman Zy, Globalizzazione e glocalizzazione, Armando editore 2005.
- [6] Streitz Norbert A., Comunicazione 30.09.2010, Convegno Fondazione Bordini, Roma. http://www.fub.it/files/Slide_Streitz_300910.pdf
- [7] Calabrese F., Colonna M., Lovisolo P., Parata D., & Ratti C. (2007). Real-Time Urban Monitoring Using Cellular Phones: a Case-Study in Rome. Boston: MIT SENSEable City Laboratory working papers.
- [8] Caragliu A., Del Bo C., & Nijkamp P. (2009). Smart Cities in Europe. Amsterdam: VU University Amsterdam.
- [9] Zaragoza Milla Digital. (n.d.). Settembre 17, 2010, da Zaragoza Milla Digital: http://www.milladigital.org/ingles/01_quees.php
- [10] Komninos, N. (2002). Intelligent cities: innovation, knowledge systems, and digital spaces. New York: Spon Press.
- [11] World Health Organisation. (2007). Growth reference 5-19 years. Retrieved September 30, 2010, from World Health Organisation: http://www.who.int/growthref/who2007_height_for_age/en/index.html
- [12] Lo Sviluppo della Smart City (novembre 2011, Atti della Conferenza Forum Green City Energy, maggio 2011). Ed. Boccaccio-Passioni.
- [13] Architettura Produttiva: principi di progettazione ecologica. A cura di Marialuisa Palumbo, 2012 Maggioli Ed.

Lo schema della Smart City

La maggior parte dei progetti e delle discussioni emerse sulla scena internazionale possono essere ricondotti ad uno schema della città composto di tre livelli. Al primo livello troviamo la tematica del **“City Government”** dove risiede tutto il sistema di governo e di decisioni sulla città. Coinvolge la tematica della sicurezza, del monitoraggio dei rischi (cibo, ambiente), dei servizi al cittadino (e-Government), della pianificazione dello sviluppo urbanistico e trasportistico della città. Le metodologie più significative a questo livello sono i sistemi di supporto alle decisioni. Ciò implica la capacità di monitorare ed elaborare tutte le variabili in gioco e disporre di una ampia serie di modelli tra loro collegati (energia, ambiente, trasporti, alimentazione) che permettono di avere una “fotografia” aggiornata di ciò che sta succedendo, predire gli effetti immediati (per la gestione delle emergenze) e quelli a lungo termine, dare orientamenti sulle possibili scelte. Attualmente si usa un termine per definire questo insieme di sensoristica e modellistica che va sotto il nome di “Living Labs”. L'importanza di tale approccio è quello di tenere insieme l'intero corpo di dati e modelli per travasarli da una tematica all'altra data la notevole intercorrelazione tra i vari aspetti della città.

Il secondo livello può essere definito come **“City Operation”** ed include tutti gli aspetti per la gestione real time delle reti e servizi urbani. Include quindi le reti per la distribuzione della energia elettrica e gas, la rete degli edifici, la rete viaria e trasportistica, la rete della illuminazione pubblica, dell'acqua e dei rifiuti, la rete per la comunicazione digitale e telefonica, la rete per la sicurezza. Per ognuna di queste reti esistono attori (city utilities) che operano per la corretta gestione delle reti e delle loro funzionalità. L'approccio della smart city è quello di predisporre una infrastruttura urbana che sovrintende a tutte le reti. Tale infrastruttura è composta da sensor networks nella scena urbana (ma anche negli edifici e veicoli), sistemi di trasmissione dei dati, un insieme di server per la raccolta, elaborazione e redistribuzione dei dati (open data, cloud computing) verso le applicazioni verticali delle varie utilities di gestione delle reti. Con questa architettura le utilities sono in grado, diversamente dal passato, di operare sulla base di dati relativi alla domanda della risorsa (“resource on demand”) collegandosi a domini adiacenti che influiscono sulla domanda del bene (i.e. illuminazione pubblica e traffico) condividendo tra tutti i costi della infrastruttura.

Il terzo livello è quello che può essere definito **“City Life”**. È l'insieme di servizi che utilizza il cittadino nella vita di tutti i giorni e coinvolge la sfera della vita sociale. È qui che viene giocata maggiormente la tematica delle smart communities. Parliamo di accessibilità alla informazione, trasparenza e coinvolgimento nelle decisioni di sviluppo della città, partecipazione, integrazione ed inclusione sociale. Alcuni temi sono di particolare importanza quali sanità, educazione, cultura, sicurezza, privacy. Le tecnologie coinvolte sono spesso sistemi di connettività evoluti tra cittadino e città, tra cittadino e strutture, tra cittadino e cittadino. Tale comunicazione può avvenire nel contesto urbano (smart phone, tablet pc, urban interaction) o nel contesto di edifici (smart homes, smart appliances, scuola digitale, e-health, ..)

Domanda e offerta nazionale sulle Smart Cities

La domanda più significativa viene oggi dalle municipalità, stimolate da un nuovo approccio alla trasformazione urbana che vede dialogare l'ente locale direttamente con la comunità europea come è il caso significativo del "Covenant of Mayors". La domanda si differenzia in relazione alla dimensione ed alla vocazione cittadina. Nel caso delle grandi città, l'interesse verso queste tematiche e la realizzazione di progetti pilota "Smart City" è in rapida crescita. L'obiettivo è lo sviluppo di un modello di città innovativa, sostenibile e capace di attrarre investimenti. La domanda è quindi orientata sia alla realizzazione di infrastrutture urbane che di nuovi servizi ed è fortemente "innovation driven".

Vi sono già ambiti ben riconoscibili di questa nuova tendenza delle grandi municipalità: progettare e realizzare vere e proprie "centrali di controllo digitale della città" (es: il "cruscotto urbano"), reti elettriche innovative e rinnovabili, funzionalizzazione delle reti energetiche urbane al servizio della mobilità (es. lo "smart lighting" per l'integrazione di illuminazione pubblica e mobilità), nuovi edifici pubblici ad alta efficienza fino alla dimensione di interi quartieri sostenibili. Anche il turismo, che è una delle linee economiche principali nel nostro paese, è al centro di idee e di innovazione, sia sul versante della mobilità urbana, dei centri storici, sia sulla definizione di nuovi servizi per la fruizione e la salvaguardia delle opere d'arte.

Nel caso delle medie e piccole città l'attenzione è rivolta alla riduzione delle principali fonti di spesa in particolare verso sistemi efficienti ed innovativi per la gestione dell'illuminazione pubblica, all'efficientamento del patrimonio pubblico edificato, all'integrazione di sorgenti di energia rinnovabili, ma anche al miglioramento della partecipazione del cittadino. In tutti gli approcci si sottolinea la necessità di coniugare innovazione e competitività. In questi casi, i limiti di spesa imposti dal Patto di Stabilità richiedono ai Comuni il ricorso a forme di finanziamento; gli investimenti e dunque le innovazioni devono conseguentemente avere tempi di ritorno dell'investimento limitati, a differenza delle grandi città per le quali è possibile promuovere progetti a medio termine con tempi di ritorno più lunghi. Queste diversità possono essere un vantaggio sul piano della metodologia di approccio al problema; le piccole città prediligono quindi una progettualità legata ad aspetti più concreti e competitivi (infrastrutture abilitanti, efficienza energetica, solido business model) mentre in combinazione con grandi centri urbani è possibile formulare progetti di sviluppo più ambiziosi, che integrino le tecnologie esistenti ma che siano anche proiettati verso orizzonti più innovativi necessari alla gestione di scenari più complessi.

L'offerta nazionale si sta articolando sotto la spinta di grandi player che, di fatto, integrano sistemi di PMI per l'erogazione di nuovi servizi; tra queste grandi imprese spiccano le aziende di utilities del settore elettrico e delle reti ICT. Tra le più attive sono quelle del mondo delle reti elettriche, quelle provenienti dal mondo delle reti di comunicazione e quelle provenienti dal mondo della informatica e consulting. Ad oggi solo alcuni grandi player (Telecom, IBM, ENEL) presentano una offerta "smart city" più consolidata ad un livello interessante di integrazione nel tessuto urbano energetico e nel settore dell'e-government. Molte le aziende produttrici di "sistemi verticali" e di componenti: i settori più coinvolti sono quelli della illuminazione pubblica, della automazione, della domotica, degli elettrodomestici smart, dell'automotive e mobilità (tra cui pubblica ed elettrica), della elettronica e sensoristica, degli impianti di climatizzazione ed infine del mondo delle costruzioni sostenibili. Infine un ruolo importante giocano le ESCO, le multi-utilities, le aziende di global service ed i gestori di servizi urbani. Molte di queste aziende stanno integrando *smart services* all'interno della loro offerta e fungono da veicolo delle tecnologie smart prodotte dalle aziende di cui si è accennato sopra.

L'offerta dell'ENEA sulle Smart Cities

L'ENEA è particolarmente attiva nel contesto della ricerca delle smart cities, su cui da alcuni anni ha lanciato progetti di ricerca e progetti applicativi. ENEA è inserita nelle principali reti europee e nazionali della ricerca sulle *smart cities* in alcuni casi con ruoli molto significativi (coordinamento del Programma "Urban Energy Networks" del Joint Programme Europeo sulle Smart Cities). Di seguito viene delineata brevemente la mappa delle competenze ENEA sul tema delle smart cities.

Modellazione e Pianificazione della città. Nell'area del city modelling l'ENEA può mettere in campo soluzioni avanzate ICT per la modellazione e simulazione delle reti energetiche, delle relazioni tra clima ed energia, della rete di trasporto ed in generale dello sviluppo della città. Il modelling assolve sia alla funzione previsionale che a quella di design per lo sviluppo e la crescita e quindi tali metodi, unitamente alle metodologie di gestione ambientale ed alle analisi di scenario sono importanti ai fini del supporto decisionale necessario alle attività di pianificazione.

Reti Urbane. Questo settore, più applicativo, ha a che fare con lo sviluppo di tecnologie verticali sui differenti network, vitali alla città ed alla loro integrazione. Qui si concentra la gran parte delle competenze ENEA che presidia sia le infrastrutture urbane necessarie ad abilitare i servizi smart (reti di sensori, infrastrutture di comunicazione, piattaforme ICT, computation intelligence) e sia nelle applicazioni verticali più importanti che vanno dalle reti elettriche (generazione diffusa, distribuzione, gestione intelligente delle utenze elettriche come la illuminazione pubblica o la mobilità elettrica) alla rete della mobilità, alle reti termiche, alle reti di edifici ed infine alla gestione delle risorse ambientali (acqua, sottosuolo, qualità dell'aria, rifiuti). In questo contesto l'approccio è misto, da un lato sistemico per la capacità di sviluppare tecnologie per modellare, progettare e gestire le singole reti e, dall'altro, componentistico per la capacità di sviluppare quei componenti strategici che abilitano i singoli sistemi alle funzioni smart o in generale alla integrazione a livelli superiori o con altre reti.

Edifici intelligenti. Nel settore degli edifici intelligenti concorrono tutte le tecnologie per la costruzione efficiente ed eco-sostenibile degli edifici, la gestione efficiente dell'utilizzo dell'energia, le tecnologie domotiche avanzate per il risparmio abitativo e l'interazione del singolo nucleo con la comunità. In questa area l'ENEA è presente con le capacità di progettare, simulare dinamicamente e gestire in modo ottimizzato edifici di nuova generazione (ecobuildings, smart buildings) o riconfigurare edifici esistenti anche affrontando le complesse tematiche degli edifici storici. In questo settore l'approccio è in parte sistemico ma ad un livello inferiore (sottosistema) rispetto ai due casi sopra citati ed in parte concentrata sullo sviluppo di componenti.

Tecnologie di produzione energetica per il tessuto urbano. Il settore delle Tecnologie di produzione energetica per il tessuto urbano (Supply Technologies) è principalmente rivolto alla componentistica per le varie tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili utilizzabili nel contesto urbano. L'ENEA in questo settore è presente con capacità di sviluppo, modellazione e qualificazione di prototipi, tra cui pompe di calore, solare termico e termodinamico, fotovoltaico intelligente, celle a combustibile, modellazione di sistemi di poligenerazione.

Società intelligente. Nel settore Smart Society rientrano le nuove tecnologie per la realizzazione dei nuovi spazi di relazione sociale, culturale, i servizi per la governance e la Pubblica Amministrazione, nuovi servizi per la salute (e-health), il turismo e per i Beni Culturali. La presenza dell'ENEA in questo settore è più rarefatta e concentrata piuttosto nei Beni Culturali e nella gestione dei rischi ambientali ed alimentari, mentre poco ancora è presente in alcuni settori significativi delle *smart cities* quali i temi della e-governance e della interazione cittadino-città.



Obiettivi e strategie di un possibile rilancio del trasporto ferroviario di medio-lunga distanza in Italia

Il completamento della rete ad Alta Velocità/Capacità offre la possibilità di rilanciare il trasporto ferroviario interregionale nel nostro Paese, con molte positive ricadute in termini di risparmio energetico, salvaguardia del clima e dell'ambiente, aumento della sicurezza e riduzione della congestione urbana ed extraurbana. Ma per far ciò sono necessarie azioni di potenziamento e miglioramento dei servizi ferroviari, veloci e non, attraverso una revisione degli orientamenti della spesa pubblica nel settore trasporti e della ripartizione di costi e benefici fra i diversi attori in gioco

■ Maria Pia Valentini, Valentina Conti

La modalità ferroviaria è caratterizzata da un'elevata efficienza energetica del trasporto come si evince dai grafici sottostanti ricavati incrociando i dati di consumo energetico con quelli di traffico¹, passeggeri e merci. A livello medio nazionale, sulle

relazioni di medio-lunga distanza, il treno consuma circa la metà di un'autovettura² e un terzo dell'aereo, per unità di traffico prodotta; nel caso del trasporto merci, il rapporto fra consumo su ferro e consumo su gomma scende a meno di 0,20. Validi competitori del treno, in

termini di consumi energetici, sono invece i servizi di trasporto collettivo extraurbano che impiegano bus e pullman e, per le merci, le navi che effettuano trasporto container, in entrambi i casi grazie ad un favorevole rapporto fra tara e capacità di carico e a un buon coefficiente di utilizzazione. Il trasporto di merci via mare effettuato con navi di tipo traghetto³, invece, è fortemente penalizzato sia da un'offerta di stiva molto ridotta rispetto a quella delle navi container di pari stazza sia da una minore utilizzazione media, al punto che i rapporti fra i valori di consumo specifico si invertono, risultando di gran lunga favorevoli al treno (ma non al trasporto su gomma).

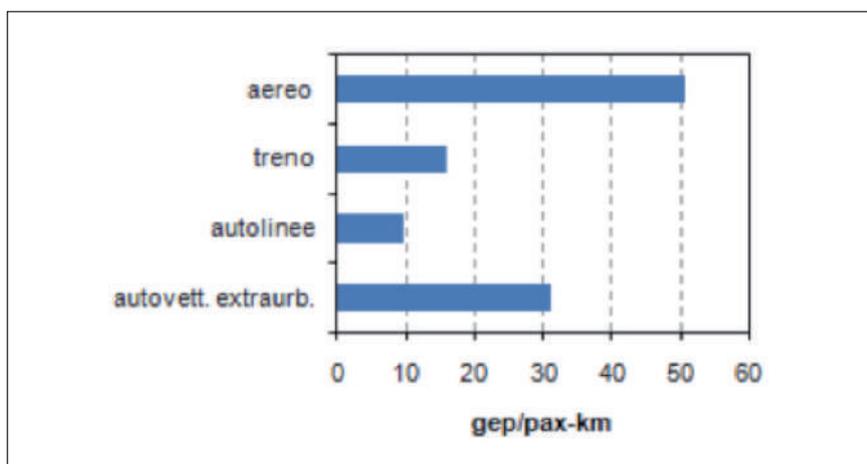


FIGURA 1 Consumo specifico del trasporto passeggeri in ambito extraurbano per modalità di trasporto (anno 2009)
Fonte: elaborazione dati ISPRA e CNIT

■ Maria Pia Valentini, Valentina Conti
ENEA, Unità Tecnica Efficienza Energetica

I vantaggi del trasporto su ferrovia non si limitano al solo risparmio energetico ma riguardano altri aspetti quali inquinamento atmosferico, effetto serra, congestione e sicurezza, come evidenziato già dai risultati di analisi condotte a livello Europeo e nazionale, primi fra tutti il progetto comunitario ExterneE Transport [1] che ha contribuito in maniera determinante a creare una consapevolezza delle importanti differenze nei costi sociali generati dalle cosiddette esternalità delle diverse modalità di trasporto, a definire e diffondere le metodologie di calcolo di tali costi⁴ per una migliore valutazione delle alternative in fase di realizzazione dei progetti e di gestione del sistema. In Italia, la prima importante iniziativa per porre a confronto le modalità di trasporto sotto il profilo dei costi esterni è da considerarsi lo studio realizzato dagli Amici della Terra per conto di Ferrovie dello Stato in più edizioni fra il 1998 e il 2005 [2];

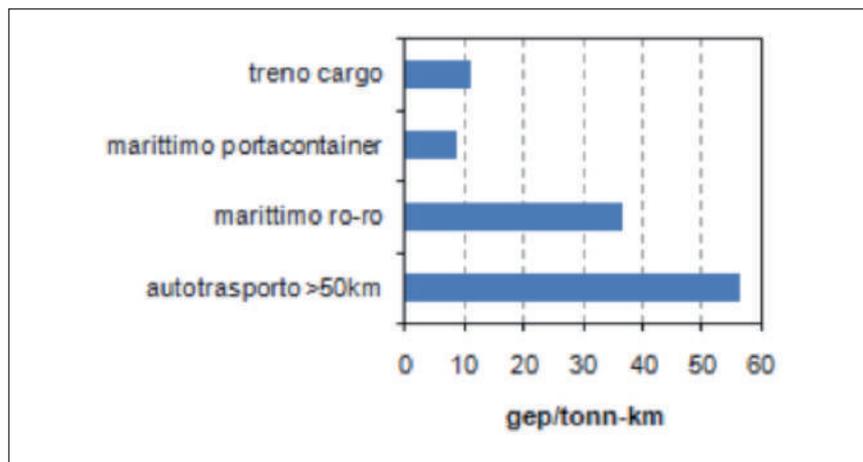


FIGURA 2 Consumo specifico del trasporto merci in ambito extraurbano per modalità di trasporto (anno 2009)
Fonte: elaborazione dati ISPRA e CNIT

nell'ultima edizione si legge che, per l'anno 2003, i costi esterni totali⁵ della mobilità in Italia, ad esclusione di quella per vie d'acqua, sarebbero ammontati a oltre 40 miliardi di euro e di questi solo poco più di 0,5 miliardi sarebbero stati imputabili al trasporto ferroviario (pari a poco più dell'1% del totale);

più del 40% dei costi delle esternalità della ferrovia sarebbero da attribuirsi ai danni provocati dal rumore mentre l'inquinamento atmosferico avrebbe pesato per il 22%, la congestione (perditempo) per il 18%, le emissioni di gas serra per l'11% mentre solo il 6% sarebbe stato attribuibile all'incidentalità. In

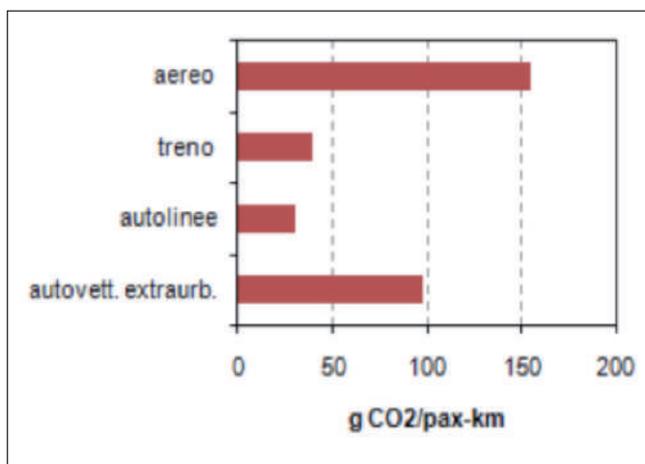


FIGURA 3 Emissioni specifiche di CO₂ del trasporto passeggeri in ambito extraurbano per modalità trasporto
Fonte: elaborazione dati ISPRA e CNIT

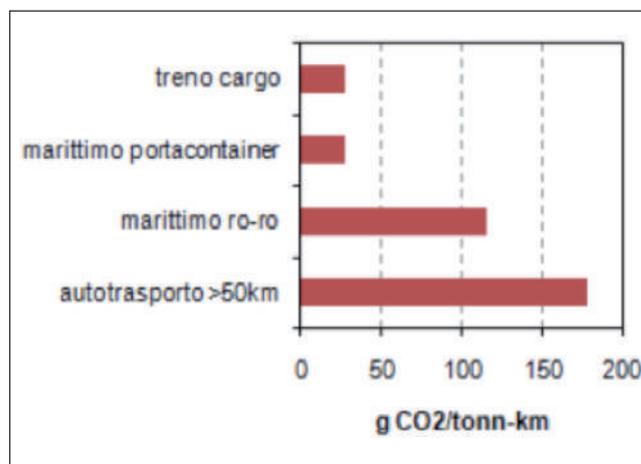


FIGURA 4 Emissioni specifiche di CO₂ del trasporto merci in ambito extraurbano per modalità trasporto
Fonte: elaborazione dati ISPRA e CNIT

valori unitari, il trasporto ferroviario avrebbe comportato costi pari a 0,72 e a 0,62 eurocent rispettivamente per ogni passeggero-km e per ogni tonn-km prodotti, a fronte di valori sino a otto volte più elevati nel caso del trasporto stradale.

Secondo le nostre stime relative all'anno 2009 (Figure 3 e 4), in termini di emissioni specifiche di CO₂ le prestazioni del trasporto ferroviario risultano ancor più vantaggiose, nel confronto con le altre modalità, di quanto non si verifichi in termini di consumi energetici; ciò è da attribuirsi all'impiego dell'energia elettrica come principale fonte di alimentazione, che presenta un valore del rapporto fra anidride carbonica prodotta ed energia consumata più basso di quello dei combustibili fossili a cui ricorrono le modalità non ferroviarie. Ciononostante, anche in termini di gas serra, le prestazioni migliori rimangono attualmente appannaggio dei pullman e delle navi portacontainer, rispettivamente per

il trasporto passeggeri e per quello merci. Tuttavia, stante il costante processo di decarbonizzazione della produzione di energia elettrica in Italia, grazie ad un maggior ricorso alle fonti rinnovabili, in un futuro non lontano, il treno potrebbe risultare il mezzo di trasporto a minori emissioni di gas serra in assoluto⁶. Anche nel caso delle emissioni inquinanti, il trasporto ferroviario è favorito dall'impiego di energia elettrica da rete che, sempre di più, ricorre a fonti rinnovabili pulite. Si osservino infatti i valori delle emissioni unitarie di ossidi di azoto⁷ per le varie modalità di trasporto sulle distanze medio-lunghe (Figure 5 e 6): quelli del trasporto ferroviario sono in assoluto i più bassi nell'ambito delle modalità di trasporto passeggeri extraurbano e risultano confrontabili con quelli del trasporto marittimo containerizzato⁸ di medio-lunga distanza. Bisogna tuttavia sottolineare che il potere inquinante del trasporto marittimo e del tra-

sporto stradale, anche nelle forme maggiormente efficienti, è più elevato di quello ferroviario in termini di emissioni di particolato fine e, nel caso della modalità marittima, di ossidi di zolfo, per non parlare degli effetti nocivi della navigazione sulla qualità delle acque marine. Nel complesso, quindi, si può affermare che il trasporto ferroviario è il meno inquinante fra tutte le possibili modalità motorizzate.

I dati medi nazionali sin qui esposti sono suscettibili di un'ampia variabilità in relazione alla scelta del veicolo, alle specifiche condizioni di traffico e di carico. Secondo i risultati di uno studio effettuato da ENEA nel 2009 su incarico di FS SpA per effettuare un confronto delle emissioni medie di CO₂ delle possibili alternative modali su alcune specifiche relazioni di traffico passeggeri e merci⁹, uno spostamento effettuato con treni di tipo Eurostar su relazioni ad Alta Velocità lungo la direttrice nord-sud comporta

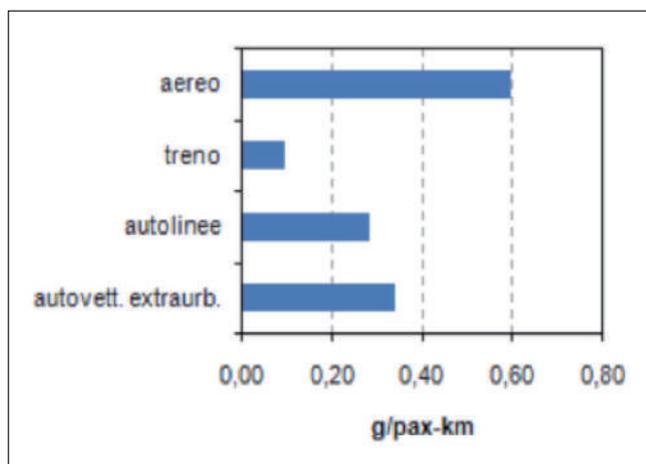


FIGURA 5 Emissioni specifiche di ossidi di azoto del trasporto passeggeri in ambito extraurbano per modalità trasporto
Fonte: elaborazione dati ISPRA e CNIT

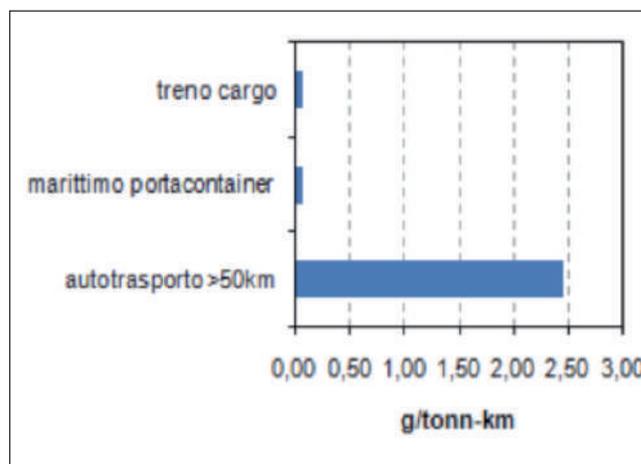


FIGURA 6 Emissioni specifiche di ossidi di azoto del trasporto merci in ambito extraurbano per modalità trasporto
Fonte: elaborazione dati ISPRA e CNIT

	Costo a vita intera (Mld €)	Coperture disponibili (Mld €)	Avanzamento al 31.12.2011 (Mld €)
Nodi	2,5	2,5	1,0
Alta Velocità/Alta Capacità TO-MI-NA	32,0	28,3	28,0
Completamento rete Alta Velocità/Alta Capacità	8,3	1,9	0,2
Totale principali interventi in corso	42,8	32,7	29,2

(*) Comprende progetti da realizzare attraverso lotti costruttivi

(**) In corso di attivazione il Project Financing per il completamento delle opere

TABELLA 1 Le principali opere in corso
Fonte: Ferrovie dello Stato italiane

minori consumi ed emissioni per unità di traffico prodotta rispetto allo stesso spostamento effettuato con treni di tipo Intercity; infatti, a fronte di una velocità più elevata, che generalmente gioca a sfavore delle prestazioni energetiche ed ambientali del trasporto, i servizi ferroviari ultrarapidi sono favoriti da coefficienti di utilizzazione molto elevati che riducono sensibilmente le emissioni per passeggero trasportato. C'è da osservare, tuttavia, che sulle relazioni dove non siano effettuati servizi di Alta Velocità c'è da attendersi che i treni ordinari viaggino più carichi migliorando le proprie prestazioni energetiche. Nel complesso le emissioni di CO₂ prodotte dal treno sono risultate sempre molto più basse di quelle delle due principali modalità di trasporto alternative sulle medio-lunghe distanze, l'auto privata e l'aereo. Infatti, mentre ad un viaggiatore che utilizzasse il treno sulla tratta Napoli-Milano sarebbero imputabili 31 kg di CO₂ emessi in atmosfera, lo stesso viaggiatore che impiegasse l'aereo produrrebbe emissioni quattro volte superiori e se utilizzasse l'auto privata emetterebbe il doppio rispetto al treno.

Attuali linee di tendenza del trasporto ferroviario in Italia

Negli ultimi venti anni lo Stato italiano ha investito massicciamente per realizzare la rete ad Alta Velocità/Alta Capacità (AV/AC), che è ormai ad un buon livello di avanzamento, con la dorsale Nord-Sud da Torino a Salerno completa, a parte qualche intervento ancora necessario sui nodi. Secondo i dati forniti nell'ultimo Piano Industriale (2011-2015) di Ferrovie dello Stato, per l'intera opera sono stati già spesi circa 28 miliardi di euro, a fronte di un costo complessivo previsto di circa 40 miliardi (Tabella 1).

Ad oggi l'estensione della nuova rete assomma a circa 670 km (Tabella 2) cui vanno aggiunti i 250 km della tratta Roma-Firenze (Direttissima), attiva già dalla fine degli anni 70; il completamento prevede la realizzazione/completamento delle tratte Treviglio (MI)-Padova (188) e Milano-Genova (terzo valico - 53 km).

I servizi ad Alta Velocità realizzati fra i maggiori centri urbani rendono competitivo il treno rispetto all'auto privata e all'aereo non solo sul piano delle prestazioni energetiche ed ambientali, come precedentemente

esaminato, ma anche sul piano delle performance del trasporto. I valori riportati nella Tabella 3 mostrano la riduzione dei tempi di viaggio ottenuta dai servizi ad Alta Velocità rispetto a servizi di tipo convenzionale.

Inoltre, il potenziamento della capacità complessiva del sistema infrastrutturale ferroviario consente di svolgere più agevolmente anche i servizi ordinari del trasporto regionale e quelli merci. Secondo alcune autorevoli stime (E. Cascetta, D. Gentile¹⁰ - Figura 7), grazie alla capacità resa disponibile sulle linee storiche sarebbe possibile

Anno	Tratte Alta Velocità attivate (km)
2005	180
2006	84
2007	52
2008	211
2009	145
2010	0
2011	0
2012	0
Totale	672

TABELLA 2 Estensione della rete dell'Alta Velocità
Fonte: www.rfi.it

Tratta	Tempi attuali sulla rete storica	Tempi su nuove linee	Riduzione % dei tempi per effetto delle nuove linee
Torino-Milano	1h-30'	1h-03'	-30,0%
Milano-Venezia	2h-43'	1h-25'	-48%
Milano-Bologna	1h-42'	1h-05'	-36,3%
Milano-Roma	4h-30'	2h-45'(*)	-38,9%
Torino-Napoli	8h-30'	5h	-41%
Bologna-Firenze	60'	37'	-38,3%
Roma-Napoli	1h-45'	1h-10'	-33,3%
Roma-Bari	4h-30'	3h	-33%
Napoli-Bari	3h-40'	2h	-45%

(*) no-stop Roma Tiburtina-Milano Rogoredo

TABELLA 3 Riduzione dei tempi per effetto delle nuove linee ad Alta Velocità/Alta Capacità
Fonte: Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane

raddoppiare l'offerta dei treni pendolari che potrebbero assumere la caratteristica di veri e propri servizi di "metropolitana regionale" se si migliorasse l'accessibilità della rete attraverso nuove stazioni in prossimità dei centri più popolosi, con investimenti piuttosto contenuti

e di elevato valore aggiunto. Con riferimento alle merci, per attrarre la domanda potenziale sarebbe necessario porre maggiore attenzione alla qualità dei servizi offerti, che dovrebbero puntare a una maggiore velocità commerciale e affidabilità.

D'altro canto, già secondo gli studi di fattibilità economica della rete ad Alta Velocità la possibilità di migliorare i servizi ordinari era annoverata fra i benefici conseguibili dalla realizzazione dell'opera ed essenziale a ricompensarne i costi. Tuttavia, passati ormai tre anni dal completamento della dorsale Salerno-Torino, si deve registrare purtroppo una riduzione della domanda soddisfatta dal modo ferroviario rispetto ai livelli del 2000, come mostrato nei grafici di Figura 8.

La flessione della domanda su ferrovia non si giustifica solo attraverso l'andamento complessivamente negativo della mobilità per effetto della crisi economica, considerato che sono in calo anche le quote modali (Tabella 4)¹¹ contraddicendo sia gli obiettivi comunitari sia con le aspettative interne.

Approfondendo l'analisi per il trasporto passeggeri, si riscontra con sorpresa che a pilotare l'andamento negativo, con una flessione pari al 25,1% dal 2000 al 2010, è proprio il segmento della media-

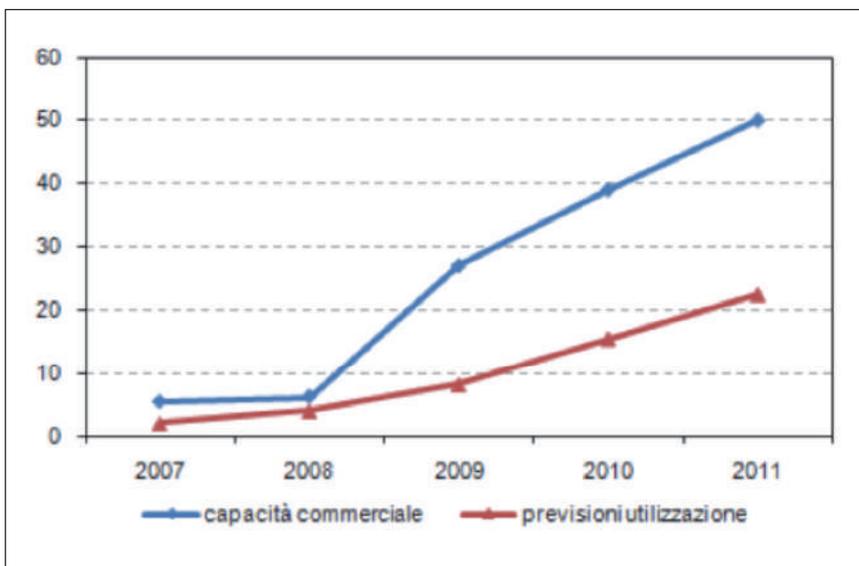


FIGURA 7 Capacità commerciale e previsioni di utilizzazione sulle linee Alta Velocità/Alta Capacità

Fonte: E. Cascetta, D. Gentile¹⁰

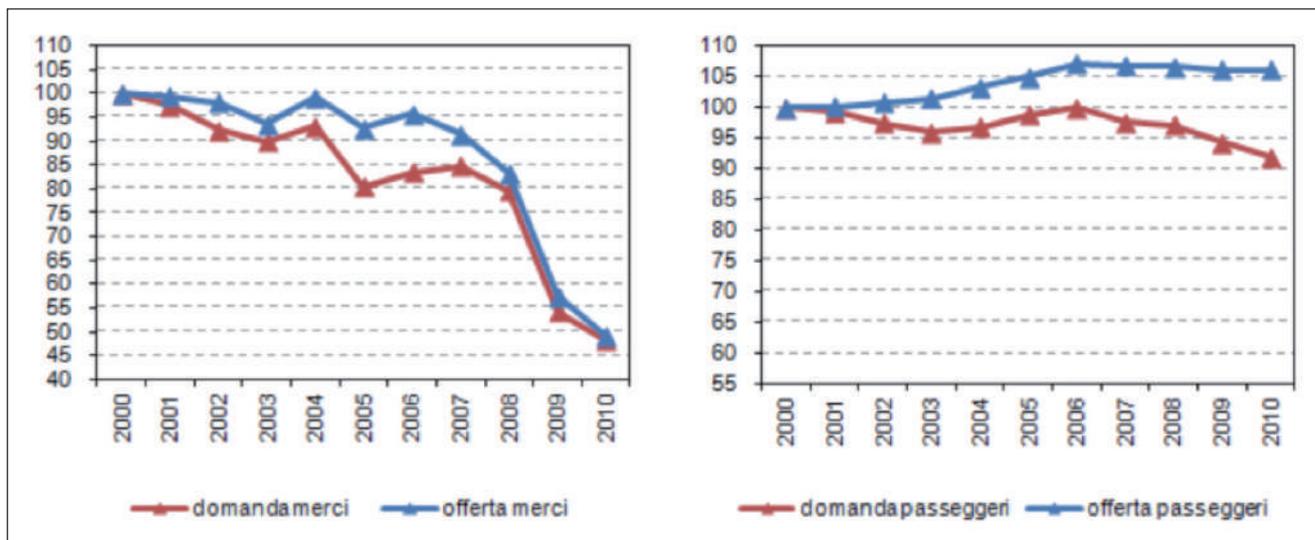


FIGURA 8 Andamento passeggeri e merci (base 2000) del trasporto ferroviario
Fonte: elaborazione dati CNIT

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Merci	11,4%	10,3%	9,6%	9,1%	9,5%	9,1%	9,4%	9,3%	8,9%	6,6%	5,7%
Passeggeri	8,2%	7,9%	7,7%	7,7%	7,5%	7,4%	7,2%	7,0%	7,1%	7,0%	6,9%

TABELLA 4 Share modale del trasporto ferroviario sul totale del trasporto di medio-lunga distanza dal 2000 al 2009 (in pax/tonn-km)
Fonte: elaborazione ENEA su dati CNIT e ISPRA

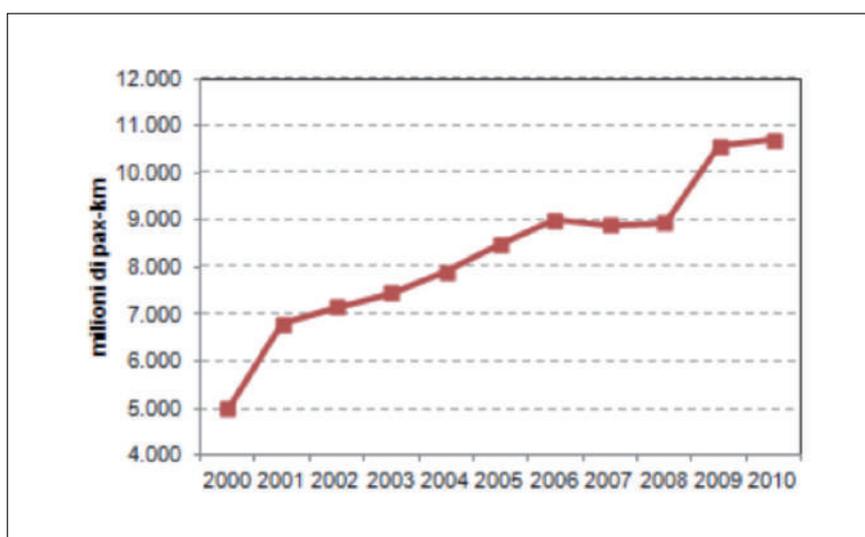


FIGURA 9 Andamento domanda dell'Alta Velocità
Fonte: elaborazione dati CNIT e E. Cascetta, D. Gentile¹⁰

lunga percorrenza¹², su cui invece dovrebbe incidere positivamente l'attivazione dei servizi ad Alta Velocità. In effetti secondo i dati di FS, i servizi a mercato, costituiti soprattutto dai collegamenti AV, stanno "reggendo" bene sia le contromisure della concorrenza aerea sia la contingenza economica sfavorevole, come dimostrano i grafici delle Figure 9 e 10.

Nel nuovo regime di libera concorrenza del mercato dei servizi ferroviari introdotto dalle direttive comunitarie dal decennio scorso, i servizi ad Alta Velocità sulle relazioni nord-sud del nostro Paese rappresentano un *business* tale per

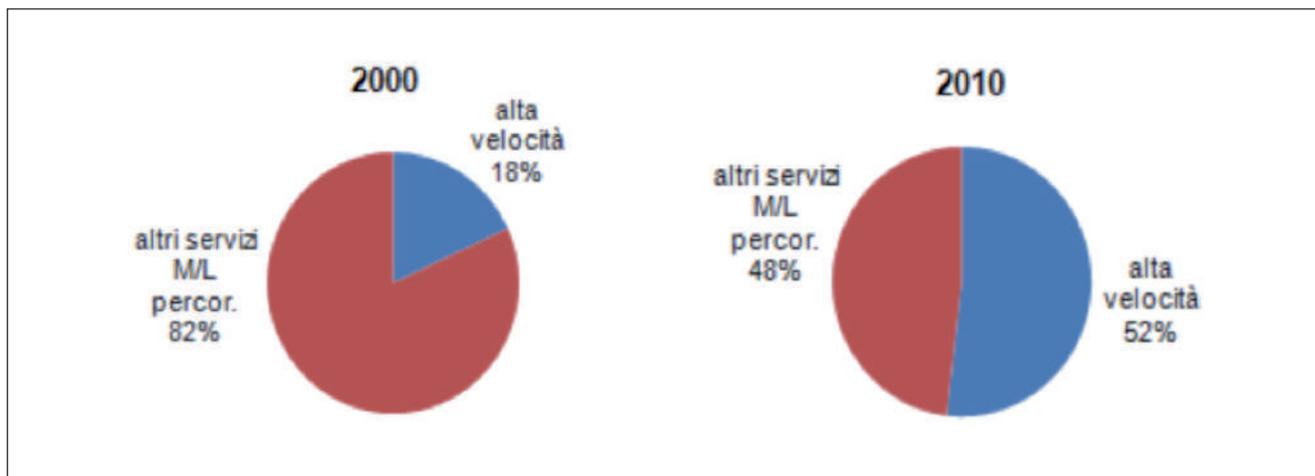


FIGURA 10 Ripartizione domanda passeggeri di media-lunga percorrenza
Fonte: elaborazione dati CNIT

cui cominciano ad affacciarsi sulla piazza italiana altri investitori, nazionali ed esteri, disposti a lanciare la sfida a Trenitalia¹³. Ciò non potrà che giovare all’utenza che vedrà aumentare le proprie possibilità di

scelta e la qualità dei servizi offerti, a prezzi sempre più competitivi anche rispetto a quelli praticati dalle compagnie aeree *low-cost*¹⁴. Evidentemente, però, il successo dei servizi AV non è sufficiente a

colmare le perdite di traffico subite dagli altri segmenti di traffico passeggeri di lunga distanza. C’è da chiedersi allora come mai gli italiani si stiano nel complesso disaffezionando al treno come mezzo di trasporto interregionale, nonostante che l’evenienza del caro petrolio stia giocando a sfavore delle alternative stradale ed aerea.

Una delle più probabili risposte è da ricercarsi nei valori del grafico di Figura 11, che mostra come la flessione complessiva della domanda sulle lunghe distanze segua quella della corrispondente offerta di treni e sia speculare all’aumento delle tariffe praticate per quel segmento.

Esaminando i dati di dettaglio dell’esercizio di Trenitalia si verifica facilmente che i tagli sull’offerta viaggiatori di medio/lunga percorrenza sono tutti concentrati sui servizi “universali contribuiti”¹⁵ ossia quei servizi che non sono in grado di garantire la propria redditività e

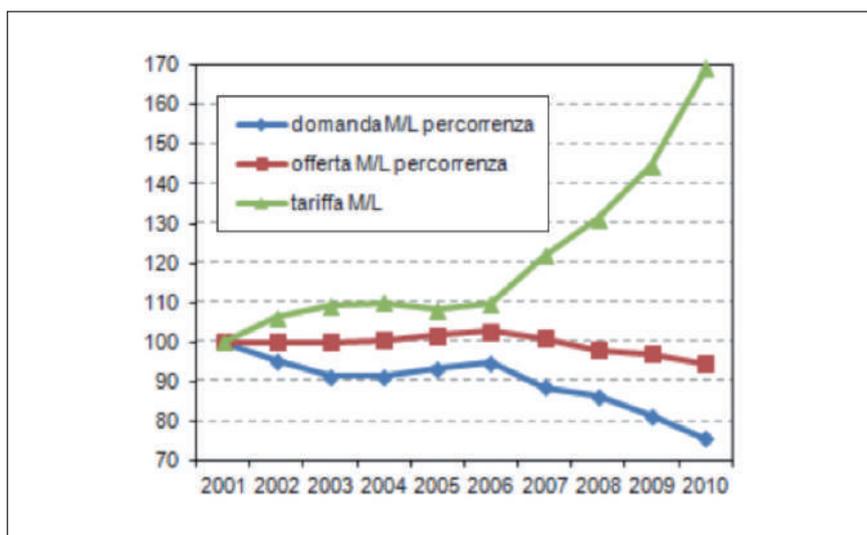


FIGURA 11 Andamento tariffe, domanda e offerta treni media e lunga percorrenza Trenitalia
Fonte: elaborazione dati CNIT

quindi, in quanto ritenuti di pubblica utilità, sono sovvenzionati dallo Stato attraverso un contratto di Servizio stipulato da Trenitalia SpA con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

In effetti, il nuovo corso delle strategie di offerta e di tariffazione, insieme a drastici tagli sui costi di gestione e di esercizio, ha consentito alla nostra più importante impresa ferroviaria, dopo decenni di “buco”, di conseguire e sopravanzare il pareggio di bilancio.

Ma proseguendo in questa direzione che ne sarà dei servizi sulle relazioni di traffico medio/lunghe non appetibili commercialmente? È davvero possibile rinunciare a questa quota di mercato che attualmente produce poco meno della metà di tutta la domanda nazionale di media e lunga percorrenza e, nello stesso tempo, conseguire quel riequilibrio modale che renderebbe il nostro sistema di trasporto più “green” ed al passo

con gli obiettivi posti dalla stessa Comunità Europea¹⁶? D’altro canto, fino a che punto è lecito spingere la sovvenzione pubblica in favore di questi servizi?

Tutte queste domande devono trovare risposta attraverso un’accurata analisi dei costi e dei benefici per la collettività nelle diverse opzioni strategiche alternative.

Certamente non si può continuare ad ignorare gli appelli dell’Antitrust che da tempo ribadisce la necessità di servirsi delle procedure di gara per l’affidamento dei servizi universali al fine di minimizzare i costi della collettività e garantire una migliore qualità dell’offerta, auspicando al contempo una più chiara distinzione fra servizi “a mercato” e servizi “contribuiti”, per evitare che risorse pubbliche destinate al servizio contribuito siano utilizzate per servizi aperti alla concorrenza¹⁷. La stessa Authority sottolinea che nel nostro Paese il finanziamento pubblico in favore

del trasporto ferroviario è più basso che in altri Paesi europei in cui il treno assume un peso maggiore nell’acquisizione della domanda e propone in merito di attivare un meccanismo di compartecipazione al finanziamento dei servizi non profittevoli da parte di quelle imprese ferroviarie che producono utili attraverso l’esercizio dei servizi a più elevata redditività.

Per un altro verso, l’ultimo Libro Bianco Comunitario ribadisce la necessità che il sistema di tariffazione dei trasporti rifletta la composizione dei costi operativi e delle esternalità; a tal proposito, il Parlamento Europeo ha approvato nel settembre 2011 l’ultima versione della Direttiva Eurovignette sulla tassazione a carico dei veicoli pesanti adibiti al trasporto merci su strada per l’uso della rete TEN-T e delle autostrade: essa prevede un aggravio dei pedaggi stradali per coprire i costi prodotti dall’inquinamento acustico ed atmosferico

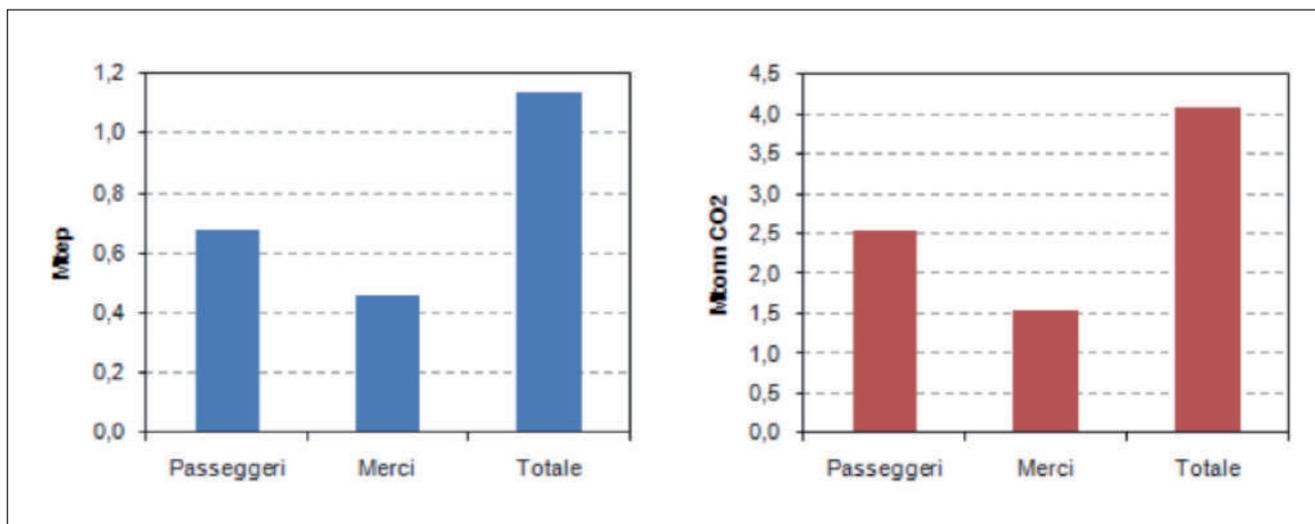


FIGURA 12 | Analisi scenario 2030: risparmio energetico (in Mtep) e riduzione delle emissioni di CO₂ (in Mt)

	Risparmio energetico e riduzione emissioni				Incidenza su trasporto stradale extraurbano 2009			
	Consumi (Mtep)	CO ₂ (Mtonn)	NOx (tonn)	PM (tonn)	Consumi	CO ₂	NOx	PM
Passeggeri	0,7	2,6	10.788	735	2,7%	3,4%	3,1%	3,8%
Merci	0,5	1,5	52.816	3.304	1,8%	2,1%	15,1%	17,0%
Totale	1,1	4,1	63.605	4.039	4,5%	5,5%	18,2%	20,8%

TABELLA 5 Analisi scenario 2030: benefici energetico-ambientali in valori assoluti e relativi

e per scoraggiare l'impiego delle infrastrutture più congestionate. Se tale principio fosse applicato su più vasta scala si libererebbero risorse economiche per il sostegno alle modalità di trasporto meno inquinanti; tuttavia questo tipo di misure meriterebbe un attento approfondimento nella fase di recessione economica in corso e andrebbe accompagnato da una profonda revisione del sistema dei sussidi e delle tasse applicati ai diversi settori del trasporto.

Come possibile contributo ad una più ampia analisi costi-benefici, nel successivo paragrafo viene fornita una stima dei benefici energetici ed ambientali ottenibili da un rilancio del trasporto su ferro.

Scenari di rilancio del trasporto ferroviario in Italia, benefici energetici ed ambientali

Nell'ultimo Libro Bianco "Roadmap to a Single Transport Area"¹⁸ la Commissione Europea pone precisi obiettivi di riequilibrio modale: entro il 2030, il 30% del trasporto merci su strada di distanza superiore ai 300 km dovrebbe essere spostato sulle modalità ferroviaria e marittima nel loro complesso ed entro il 2050 la maggior parte del trasporto passeggeri sulle medie

distanze dovrebbe avvenire per ferrovia.

Partendo da queste indicazioni, è stata effettuata una stima del risparmio energetico e della riduzione delle emissioni nocive che potrebbero essere conseguiti nel 2030 se gli obiettivi comunitari fossero raggiunti per il caso italiano (Figura 12).

Le assunzioni alla base della stima sono che:

- la domanda complessiva di trasporto nazionale al 2030 si attesti sui livelli del 2007, anno precedente alla crisi economica tuttora in atto¹⁹;
- il 30% del traffico merci stradale su distanze superiori ai 300 km venga spostato per la metà su ferro e per l'altra metà su mare²⁰;
- il traffico ferroviario acquisisca dalle modalità stradale e aerea, nella misura di 45 Mpax-km e di 5 Mpax-km rispettivamente, un traffico pari a quello registrato su ferro nel 2007;
- per tutte le modalità di trasporto considerate (strada, ferro, aereo, mare), da oggi al 2030 i consumi e le emissioni specifici si riducano di circa 20 punti percentuali²¹.

Il risparmio energetico ottenibile nel complesso si aggirerebbe intorno a 1,1 Mtep/anno, a fronte di

una riduzione delle emissioni di gas serra pari a circa 4,1 M tCO₂/anno, valori di tutto riguardo in quanto corrispondono a circa il 5% degli attuali consumi e a quasi al 6% delle attuali emissioni di CO₂ del trasporto extraurbano su gomma (Tabella 5). Molto più consistente, in termini percentuali, la riduzione degli inquinanti locali, grazie al contributo dello *shift* modale del trasporto merci dalla strada alla ferrovia e alla navigazione marittima; il trasporto merci su gomma, infatti, è responsabile di una quota consistente di emissioni di ossidi di azoto e di particolato, per effetto dell'utilizzo pressoché esclusivo del gasolio come carburante e per un più basso livello delle prestazioni dei veicoli rispetto a quelli utilizzati per il trasporto passeggeri.

Altri benefici tutt'altro che trascurabili sono attesi in termini di decongestionamento della rete stradale e di maggiore sicurezza del trasporto, che vanno sommati a quelli energetici e ambientali.

Naturalmente questi risultati richiedono che sia operato un ulteriore sforzo finanziario per valorizzare la risorsa infrastrutturale esistente e di prossimo completamento, con un valore aggiunto degli investimenti ancora necessari che si suppone estremamente elevato. ●

bibliografia

- [1] Ministero dei trasporti e delle infrastrutture, Roma, 2012, "Conto Nazionale delle Infrastrutture e dei Trasporti. Anni 2010-2011", Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- [2] E. Cascetta, D. Gentile, La "metropolitana d'Italia" per il rilancio del trasporto ferroviario. Ruolo e prospettive del sistema Alta Velocità/Alta Capacità.
- [3] Amici della Terra, 2006, I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia – V Rapporto.
- [4] ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2011.
- [5] ISPRA, Trasporto su strada. Inventario nazionale delle emissioni e disaggregazione provinciale 2011.
- [6] RFI: www.rfi.it
- [7] Ferrovie dello Stato italiane: www.fsitaliane.it
- [8] Ministero Sviluppo Economico, 2011, "Bilancio energetico nazionale 2010".
- [9] A. Donati, Dal modello "tutto auto" verso un sistema di mobilità sostenibile. I difficili numeri di una necessaria riconversione.
- [10] European Commission, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung – IER
- [11] Universität Stuttgart, Germany. ExternE, External Costs of Energy.
- [12] Bocconi CERTeT, febbraio 2011, Scenari e Prospettive del Sistema ferroviario italiano nel contesto di liberalizzazione europea.

note

1. I valori nei grafici delle Figure 1 e 2 si riferiscono all'intero ciclo di vita di combustibile, comprendendo quindi anche le emissioni relative alle fasi di produzione e distribuzione dell'energia.
2. Il valore di carico ipotizzato in questo caso è di 1,7 pax/auto.
3. I valori riportati nel grafico della Figura 2 sono relativi alla media di due importanti rotte marittime nazionali, Palermo-Genova e Catania- Ravenna.
4. Limitatamente al cambiamento climatico e all'inquinamento atmosferico; per le altre categorie di esternalità la metodologia di calcolo dei costi sociali è stata definita da altre successive iniziative comunitarie come i progetti UNITE, DIEM, NewExt.
5. Con riferimento alle voci incidentalità, congestione, inquinamento atmosferico, rumore ed effetto serra.
6. A parità delle altre condizioni.
7. Le concentrazioni di ossidi di azoto in città sono spesso soggette a sforamenti dei limiti imposti dalla normativa comunitaria a tutela della salute umana; nel contesto extraurbano, tuttavia, l'effetto da prendere in considerazione è piuttosto capacità di creare le condizioni per la formazione di ozono troposferico, gas ad effetto serra.
8. In questo caso, essendo le stime estrapolate mediante l'impiego dei software on-line ECOPASSENGER ed ECOTRANSIT, mancano del dato relativo al trasporto mediante navi traghetto, che non è incluso fra le opzioni di calcolo dei codici; tuttavia si tratta di valori superiori a quelli delle navi container.
9. La stima delle emissioni di CO₂, è stata effettuata prendendo in considerazione i traffici effettivi nel 2008, il reale programma di esercizio, e le diverse tipologie di vettori ferroviari utilizzati nelle tratte oggetto di studio ossia la Roma-Venezia e la Napoli-Milano per il trasporto di lunga distanza, tutte le tratte metropolitane afferenti ai nodi di Roma e Milano per quanto riguarda il trasporto di breve raggio; per il trasporto merci sono state analizzate le relazioni Genova-Rotterdam e Palermo- Berlino.
10. E. Cascetta, D. Gentile, La metropolitana d'Italia per il rilancio del trasporto ferroviario. Ruolo e prospettive del sistema Alta Velocità/Alta Capacità, 2007.
11. Si osservi che nella Tabella 4 non è compresa la domanda servita da imprese ferroviarie diverse da Trenitalia senza che, tuttavia, ciò modifichi il senso dell'analisi.
12. Nello stesso periodo il trasporto regionale ha fatto registrare un aumento di 15,9 punti percentuali.
13. Specularmente FS SpA controlla da un anno Netinera, una Compagnia ferroviaria che nei prossimi anni lancerà la sfida alla Deutsche Bahn sui servizi a mercato in Germania.
14. In merito a questo aspetto giova sottolineare che nel periodo 2000-2009 la modalità aerea ha incremento i passeggeri-km di circa il 40%, anche grazie alla politica dei voli low-cost.
15. I cosiddetti Obblighi di Pubblico Servizio, OPS.
16. Nell'ultimo Libro Bianco sui Trasporti si pone l'obiettivo di acquisire alla ferrovia, entro il 2050, la maggior parte del trasporto passeggeri sulle medie distanze.
17. Comunicato Stampa dell' Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato, 1 giugno 2009.
18. COM(2011) 144 final del 28 marzo 2011.
19. Si tratta di un'ipotesi prudenziale, rispetto alle ultime previsioni della DG Energia effettuate nel 2009 e contenute nel rapporto EU Energy Trend to 2030 (2010).
20. Per il trasporto marittimo è stato ipotizzato l'utilizzo esclusivo di navi portacontainer (e non anche di navi traghetto).
21. Per quanto riguarda il trasporto su strada, sono attesi effetti di efficientamento del parco autovetture grazie ai target di emissione specifica sui veicoli di nuova commercializzazione introdotti dal regolamento 443/2009 e all'adozione di nuovi provvedimenti comunitari per il parco autocarri; inoltre la progressiva introduzione dei nuovi standard emissivi (EURO VI-VIII) garantirà migliori prestazioni in termini di emissioni nocive, in particolare di PM e NOx. Per quanto riguarda il trasporto ferroviario, sono prevedibili misure di risparmio energetico da parte degli operatori del settore e una maggiore efficienza dei processi di produzione dell'energia elettrica; per il trasporto marittimo l'IMO sta introducendo parametri di efficienza delle navi e le Compagnie di Navigazione sono sempre più attente ad adottare misure operative di contenimento dei consumi per ridurre l'impatto del caro-petrolio; per il trasporto aereo, infine, sono attese positive ricadute sull'efficienza energetica e ambientale per l'inclusione di tale settore all'interno dei meccanismi di Emission Trading dei gas-serra (Dir. 101/2008), anche se per il momento relativi solo ai traffici internazionali.





Aspettative dalle ricerche sulla fusione a confinamento inerziale

Produrre energia per impieghi civili dalla fusione nucleare è un importante obiettivo della ricerca energetica mondiale. Nella fusione a confinamento inerziale plasmi di interesse fusionistico sono prodotti mediante l'implosione di piccole quantità di combustibile che restano compresse per inerzia alcuni nanosecondi prima di disgregarsi. Affinché nel periodo di confinamento la reazione di fusione si inneschi, diverse difficoltà scientifiche e tecnologiche devono essere superate. Quest'articolo presenta una panoramica sulle varie problematiche e sullo stato dell'arte

■ Riccardo De Angelis

Stato e prospettive della fusione termonucleare controllata

Lo sfruttamento dell'energia prodotta da reazioni di fusione nucleare è uno degli obiettivi fondamentali della ricerca energetica mondiale. L'abbondanza e la diffusa disponibilità del combustibile, una miscela di deuterio e trizio (D-T), isotopi dell'idrogeno, limitano costi e semplificano le strategie di approvvigionamento. Rispetto alle centrali nucleari a fissione, sono rilevanti i vantaggi in termini di sicurezza intrinseca e minori quantità di prodotti radioattivi. D'altro canto la complessità della realizzazione di un reattore a fusione ha causato notevoli ritardi rispetto alle ottimistiche previsioni del secolo scorso. Infatti, se la produzione di reazioni di fusione in modo non controllato o per scopi scientifico-tecnici è alla portata delle conoscenze attuali, la possibilità di realizzare impianti per la produzione di energia per uso civile non è ancora dimostrata. Per

definire il progetto di un reattore è necessaria la sperimentazione su macchine complesse e lo sviluppo di nuove tecnologie con tempi e costi di realizzazione non indifferenti. Grazie alle conoscenze maturate negli ultimi decenni, sono in corso di realizzazione progetti dimostrativi dell'effettiva produzione di energia; sono inoltre in fase di definizione i progetti di proto-reattori, con distribuzione di energia nella rete elettrica, che opereranno prevedibilmente nella seconda metà del secolo.

L'approccio fondamentale per la fusione termonucleare controllata consiste nel produrre plasmi (gas ionizzati ad alta temperatura) nei quali le reazioni tra i nuclei di deuterio e trizio possano avvenire "spontaneamente" a causa dell'elevata energia d'interazione tra le particelle; queste, fondendosi, producono nuclei di elio (particelle α) e neutroni di alta energia. Per produrre un numero di reazioni sufficientemente elevato, occorre che la temperatura del plasma sia almeno di 150 milioni di gra-

di e che il prodotto della sua densità per il tempo di confinamento (tempo caratteristico durante il quale si riesce a contenerne l'energia), sia superiore ad un determinato valore (criteri di Lawson). I due approcci di ricerca allo stato più avanzato utilizzano *metodi di confinamento diversi: magnetico e inerziale*.

Nel primo caso, grazie alle sue proprietà elettriche, il plasma è confinato e riscaldato mediante correnti e campi magnetici esterni e con sistemi di riscaldamento addizionale a radiofrequenza e fasci di particelle. Il compito di dimostrare la possibilità di produzione di energia da fusione mediante confinamento magnetico di plasmi è affidato al tokamak ITER, attualmente in costruzione, per il quale si stima una energia prodotta di 500 MW con un guadagno $Q=10$

■ Riccardo De Angelis
ENEA, Unità Tecnica Fusione

rispetto a quella immessa. I plasmi di ITER saranno caratterizzati da una densità massima di 10^{14} particelle/cm³ e tempi di confinamento di alcuni secondi, la macchina opererà in regime quasi continuo (durata della scarica di 1.000 s) e volumi di plasma di 840 m³. Oltre a verificare le leggi di scala che hanno portato alla definizione delle caratteristiche del suo plasma, ITER dovrà anche servire da banco di prova per i materiali di prima parete, che dovranno sopportare carichi termici di 20 MW/m² e flussi neutronici di 10^{17} n s⁻¹m⁻².

Nel *confinamento inerziale* vengono prodotti plasmi di interesse fusionistico attraverso l'implosione di piccole quantità di combustibile, senza altro meccanismo di confinamento. Le densità richieste sono molto maggiori rispetto al confinamento magnetico, 10^{25} particelle/cm³ (migliaia di volte quelle dei liquidi), ma il tempo di confinamento è molto breve (il tempo di disgregamento del plasma compresso e non soggetto ad alcun sistema di confinamento è di alcuni nanosecondi) [1].

Nei due casi il prodotto del tempo di confinamento per la densità del plasma avrà valori simili (questo prodotto viene chiamato "parametro di confinamento" del plasma).

Il confinamento inerziale

Le elevate compressioni richieste possono essere ottenute irraggiando piccole capsule sferiche che racchiudono il combustibile. La deposizione di energia e la formazione di un plasma in espansione sul guscio esterno induce per reazione l'implosione del combustibile interno e la formazione di

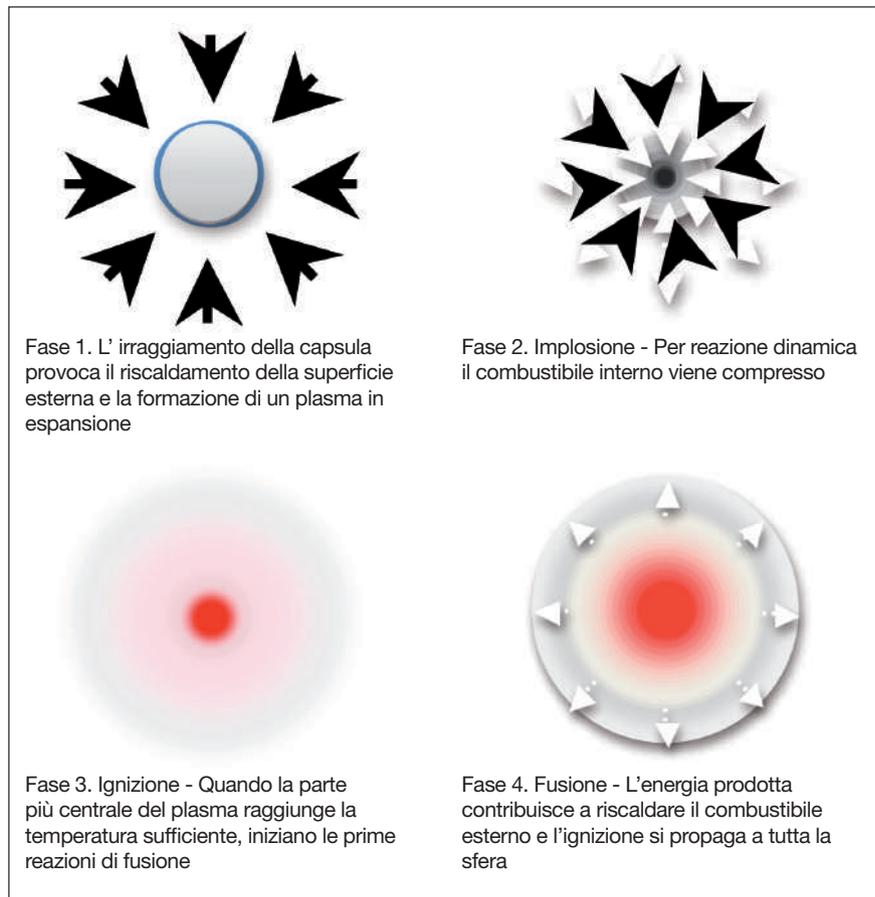


FIGURA 1 Fasi del processo di compressione

un plasma caldo e denso nel quale possono avvenire le prime reazioni di fusione. L'energia prodotta contribuisce a propagare l'innesco a tutta la massa di combustibile.

Le fasi del processo sono schematizzate nella Figura 1.

Il rilascio di energia avviene sotto forma di particelle α e di neutroni. L'energia prodotta da 1 grammo di combustibile D-T (3.4×10^{11} J/g) è già così grande che non potrebbe essere rilasciata senza danni nella camera di un reattore. Affinché il processo possa essere controllato

ogni capsula avrà una massa di pochi milligrammi, in tal modo l'energia rilasciata in ogni implosione è relativamente piccola. Un reattore della potenza di 1 GW richiede il bruciamento di circa 10 capsule al secondo.

La sorgente di irraggiamento

Per creare un plasma alle temperature necessarie per la fusione, partendo da una capsula contenente 5 milligrammi di D-T, sarà necessario fornirle alcuni MJ di energia. Con-

siderando il diametro tipico della sfera di alcuni millimetri e il tempo d'implosione di pochi nanosecondi, per l'irraggiamento sarà necessaria una sorgente (driver) che possa focalizzare energie così elevate su dimensioni e tempi così brevi. I principali studi sperimentali sulla fusione inerziale si basano sull'utilizzo di laser di potenza. Il successo di questa linea è legato allo sviluppo tecnologico delle sorgenti laser e al raggiungimento di alte prestazioni non solo riguardo all'energia massima prodotta ma anche relativamente ad altri parametri quali l'efficienza di conversione elettro-ottica, il numero totale di fasci, l'uniformità del singolo fascio, l'efficienza di conversione ad armoniche superiori, la frequenza di ripetizione, l'energia contenuta nello spot focale ecc. L'efficienza dei laser a stato solido è passibile di notevoli miglioramenti con il passaggio dalla tecnologia di pompaggio ottico delle barre di

amplificazione del fascio mediante diodi laser; infatti i diodi possono emettere principalmente nelle bande di lunghezza d'onda effettivamente utili al pompaggio e con migliore direzionalità. A titolo di esempio, il progetto concettuale del reattore americano LIFE prevede di raggiungere un'efficienza del laser superiore al 15%. L'utilizzo di diodi laser apre anche la strada alle alte ripetibilità d'impulso, indispensabili per un reattore.

Una parte importante dell'impegno tecnologico riguardante i laser per la fusione è costituita dai componenti ottici, tra cui esempi significativi sono i cristalli convertitori di armonica (da infrarosso a ultravioletto) e le già citate barre di amplificazione. Le potenze in gioco sono tali che per evitare danni ai componenti è necessario espandere i fasci a dimensioni di decine di centimetri, per distribuirne la potenza su una superficie maggiore, e ricorrere a

elementi ottici enormi. Tutti i componenti ottici sono mantenuti in ambienti con elevato grado di pulizia per evitare danneggiamenti indotti da impurità.

Possibili alternative per i driver per la fusione inerziale sono costituite da acceleratori di ioni pesanti, acceleratori di ioni leggeri e laser ad elettroni liberi. I vantaggi di ogni singolo metodo dipendono da vari parametri: qualità di accoppiamento con i bersagli, efficienza, frequenza di ripetizione, costi ecc.

Schemi di irraggiamento

L'efficienza con la quale l'energia del laser è trasferita al bersaglio è determinata dalle condizioni di "accoppiamento" laser-bersaglio e dai processi idrodinamici durante la fase d'implosione. Vi sono due principali schemi d'irraggiamento[2]:

a) *Irraggiamento diretto* - la luce laser è focalizzata direttamente sul bersaglio e assorbita in un sottile strato di materiale leggero esterno. Per migliorare la penetrazione attraverso il plasma denso, la radiazione del laser di potenza (generalmente infrarossa) è convertita a lunghezze d'onda minori (ultravioletto) mediante l'uso di cristalli non lineari (DKDP). Con irraggiamento diretto ed utilizzando dei triplicatori della frequenza del laser si possono ottenere efficienze di accoppiamento laser-target fino all'80% [3], ma la stabilità dell'implosione è sensibile alle non uniformità del fascio e della superficie del bersaglio. L'utilizzo di lastre ottiche che uniformino il profilo del

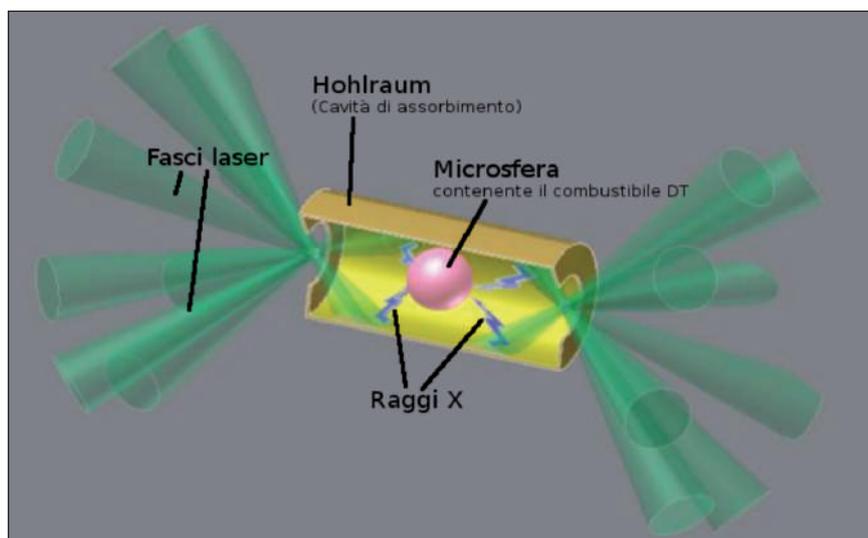


FIGURA 2 Schema di irraggiamento indiretto

fascio può essere rilevante per migliorare la qualità dell'irraggiamento;

- b) *Irraggiamento indiretto* - il laser non illumina direttamente il bersaglio ma la parte interna di un piccolo cilindro metallico che diviene un emettitore di raggi X e a sua volta illumina la capsula di DT posta al suo interno (Figura 2). Questo metodo ha efficienze di accoppiamento inferiori al precedente ma, garantendo maggiore uniformità, migliora la stabilità dell'implosione e fornisce maggiori efficienze idrodinamiche.

Schemi di ignizione

Lo schema meglio conosciuto ('Hot Spot Ignition'), prevede la compressione uniforme del combustibile, ad opera del laser, fino al raggiungimento della temperatura d'ignizione nella zona centrale del plasma. Sono allo studio anche schemi diversi per i quali si prevede un maggiore guadagno di energia.

Nella 'Fast Ignition' [5], i fasci del laser principale producono solo una pre-compressione del combustibile che, prima del raggiungimento della massima densità, è irraggiato da un fascio laser di altissima potenza (alcuni petawatt). Ciò provoca l'innesco delle reazioni di fusione in una piccola parte del combustibile e la rapida propagazione alla massa rimanente. L'accoppiamento efficace di questo impulso con il plasma denso richiede una complessa manifattura del bersaglio e un suo preciso posizionamento angolare.

Nella 'Shock Ignition' [6] l'irraggia-

mento avviene in due fasi: la prima parte dell'impulso produce una compressione lenta e stabile fino a raggiungere il punto di stagnazione dell'implosione, in questo istante si aumenta la potenza dell'impulso laser in modo da generare una onda d'urto che, propagandosi all'interno del plasma, genera la compressione finale e l'ignizione. Rispetto allo schema precedente si ha il vantaggio di utilizzare un unico impianto laser.

Guadagno dei bersagli

Lo sviluppo dei bersagli è uno dei punti chiave per il confinamento inerziale. La composizione e la geometria dei bersagli sono progettate in modo da ottenere la massima stabilità e il minor aumento di entropia durante la fase implosiva. Simulazioni numeriche, associate all'andamento temporale dell'irraggiamento, permettono di stimare il rapporto tra l'energia nucleare prodotta e quella in ingresso (Target Gain).

In generale i migliori risultati di un'implosione si ottengono disponendo il D-T in forma solida criogenica su un sottile guscio sferico che circonda il rimanente D-T in forma gassosa. Un guscio più esterno (ablattore) ha la funzione di assorbire la luce laser e di creare il plasma che espandendosi comprime il combustibile.

Complessivamente solo una piccola frazione dell'energia del laser viene trasferita all' 'hot spot' (<10%) ma, quando l'ignizione viene raggiunta e propagata a tutto il combustibile, quella prodotta dalla fusione può essere più di 1.000 volte maggiore.

Tecnologia dei bersagli

L'ablattore è generalmente un materiale a bassa densità di alcuni μm spessore. Le dimensioni del guscio di D-T (tipicamente di alcuni millimetri di raggio e decine di μm spessore) sono calcolate per ottenere velocità d'implosione $> 3 \cdot 10^7$ cm/s. Nel caso di riscaldamento indiretto, i bersagli devono essere contenuti in cilindretti metallici di pochi millimetri di raggio (hohlraum). La complessità cresce ulteriormente nel caso di target per la 'fast ignition', vista la necessità di avere una parte della microsfera attaccata a un piccolo cono metallico che permette la penetrazione del fascio di altissima potenza verso la zona interna a maggior densità (Figura 3).

Un accurato controllo della finitura del bersaglio è necessario per evitare che le imperfezioni superficiali costituiscano il seme di instabilità. Inoltre i bersagli dovranno avere la necessaria robustezza per evitarne la rottura durante il trasporto verso la camera, che richiede elevate velocità e precisione.

Quanto detto rende un'idea della complessa manifattura del bersaglio. L'installazione per la fabbricazione dei bersagli di un reattore dovrà essere in grado di fornire almeno 500.000 bersagli al giorno riempiti della miscela D-T con un costo individuale di 0,2 \$ (circa 10.000 volte inferiore a quello dei prototipi attuali). Una stima del 2004 [4] indica un costo per l'impianto di fabbricazione e controllo dei bersagli di circa 100 M\$ (per l'irraggiamento diretto).

L'inserzione dei target avviene per mezzo di un complesso braccio

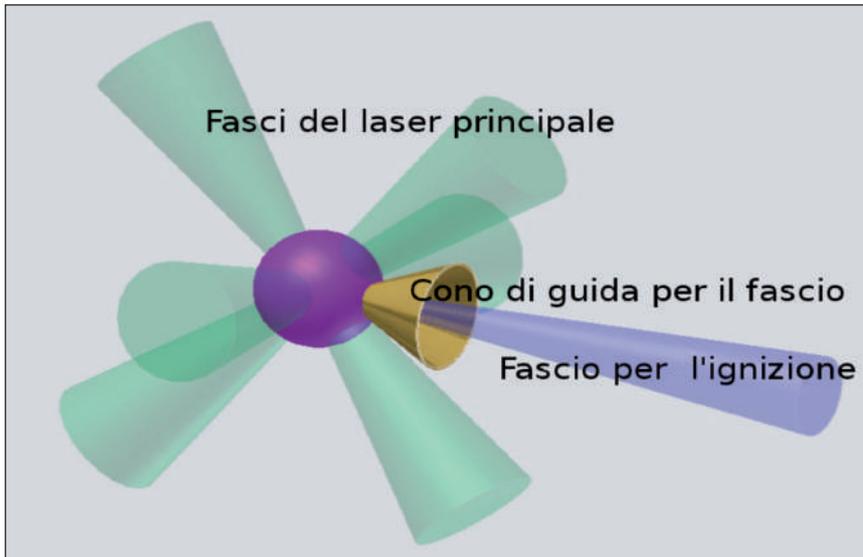


FIGURA 3 Schema di irraggiamento per l'ignizione veloce

criogenico che permette di mantenere il bersaglio alla temperatura di 18,5 °K e di regolarne la posizione entro pochi μm .

Risultati recenti

Negli Stati Uniti è in corso la National Ignition Campaign, che si propone la dimostrazione dell'ignizione mediante riscaldamento indiretto, utilizzando l'impianto NIF (National Ignition Facility, LLNL, CA). Per la campagna sperimentale, iniziata nel 2010, sono ora disponibili tutti i 192 fasci laser che illuminano il bersaglio con una potenza di 525 TeraWatt, corrispondente a circa 1.875 MegaJoule di luce blu. Le implosioni di bersagli di D-T criogenico, rivestiti da ablatori multistrato, hanno prodotto risultati prossimi a quanto richiesto per l'ignizione in termini di densità areale ($\rho R=1,2 \text{ g/cm}^2$), densità massima della misce-

la ($\rho_{\text{fuel}} \approx 850 \text{ g/cm}^3$), pressione del plasma ($P \approx 150 \text{ Gbar}$), Temperatura della cavità bersaglio ($T_{\text{hohlraum}} \approx 300 \text{ eV}$) e velocità di implosione ($v_{\text{imp}} > 370 \text{ km/s}$). Con una produzione di $\approx 10^{15}$ neutroni da fusione per sparo si è a meno di un fattore 10 dal regime di plasmi dominati dalla produzione di particelle α . I ricercatori della NIF ritengono che in queste condizioni si debba solo proseguire con un paziente lavoro di ottimizzazione operando sulla forma temporale dell'impulso laser, la geometria dei bersagli, il materiale e lo spessore dell'ablato, al fine di ottenere il miglior controllo della fase d'implosione e la riduzione delle instabilità.

Diagnostiche

La misura delle grandezze fisiche d'interesse per la fusione a confinamento inerziale pone richieste

stringenti. Molte grandezze devono essere misurate con risoluzioni temporali di pochi picosecondi e fornire dettagli spaziali su scale micrometriche. La presenza di forti flussi neutronici e radiativi rende le condizioni ambientali molto ardue per i sistemi sperimentali. Diagnostiche ottiche, basate sulla spettroscopia e interferometria nella regione visibile dello spettro, sono utilizzate per misurare la velocità d'implosione del target, la quantità di luce non assorbita, l'insorgenza d'instabilità durante la compressione. Dati di fondamentale importanza sull'irraggiamento del target e sulle temperature raggiunte dal plasma, provengono da immagini e spettri a raggi X.

Le prestazioni fusionistiche di un target (numero di reazioni prodotte, temperatura ionica, istante di massima produzione, densità areale, rapporto tra fusioni D-T e D-D) sono ricavate principalmente dalle misure dei neutroni emessi il cui spettro è misurato con diverse tecniche. Immagini neutroniche rendono anche conto della qualità del centro del plasma all'ignizione. Nella campagna fusionistica della NIF ci si aspetta di produrre fino a $5 \cdot 10^{19}$ neutroni [7].

Esperimenti attuali e futuri

Le richieste sull'energia e sulla simmetria e uniformità d'irraggiamento inducono ad architetture del laser su numerosi fasci, che rendono grandiosi gli apparati sperimentali. Il progetto americano NIF ha recentemente iniziato le operazioni su tutti i suoi 192 fasci ognuno

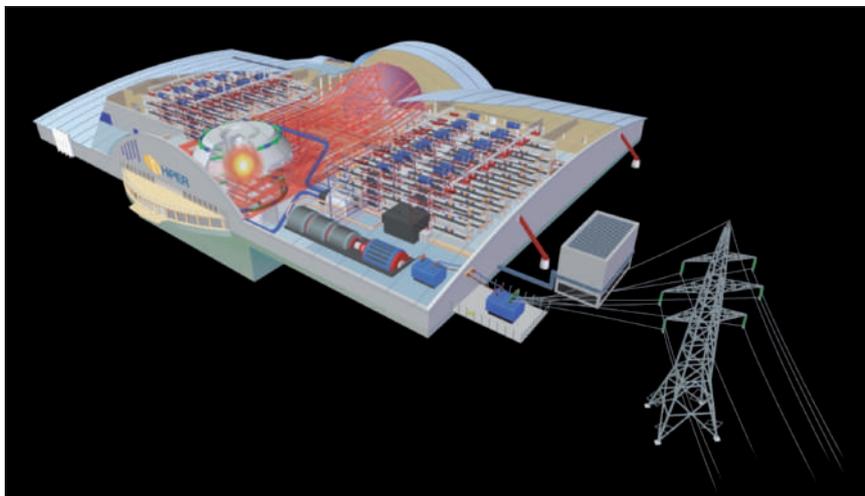


FIGURA 4 Progetto concettuale di HiPER per la ricerca su schemi di ignizione avanzati

dei quali trasporta un'energia di 21 kJoule infrarossi e di 10 kJoule dopo la conversione in ultravioletto. Il progetto francese LMJ (Laser Megajoule), che entrerà in operazione nel 2014, avrà 176 fasci ai quali sarà associato il laser di alta potenza PETAL. Il costo di questi progetti è rispettivamente di 5,5 M\$ e 6,6 M€. Per il progetto del reattore LIFE si prevedono 384 fasci. LIFE costituirà un prototipo di reattore commerciale a fusione (o ibrido), nel quale saranno sottoposte a test anche soluzioni operative sulla trasmissione di potenza, sull'alta temperatura di esercizio, la rimozione dei residui dei target, la produzione di trizio per successivi utilizzi etc. alla frequenza di 15 spari al secondo. Il Giappone prevede di dimostrare la fattibilità di un reattore basato sulla 'fast ignition' entro il 2030 attraverso il programma FIREX. In Cina è in corso di sviluppo un analogo progetto che prevede la costruzione finale del laser SG-IV da 1,4 MJ.

In Europa è in corso il progetto di HiPER (High Power Laser for Energy Research), per la ricerca su schemi di ignizione avanzati, che mira a costi più contenuti per le strutture e a una maggiore flessibilità per l'impiego in studi di fisica di base e applicata.

A differenza degli altri grandi progetti NIF e LMJ, che sviluppano in prevalenza programmi militari, il progetto dell'Unione Europea avrà unicamente finalità civili e affiancherà lo studio della materia in condizioni di temperatura e pressione estreme, d'interesse in astrofisica e altro, a esperimenti d'interesse energetico [8], [<http://www.hiper.org/>].

Il programma di ricerca fusionistico si propone lo studio di bersagli ad alto guadagno ($G=150$) utilizzando il riscaldamento diretto e lo schema di 'fast ignition' e mantiene comunque la massima flessibilità per potersi adattare agli sviluppi della ricerca. Lo sforzo tecnologico sarà

rivolto a ottenere laser di efficienza elevata 7% ed elevata ripetibilità.

Il laser utilizzato per la compressione avrà un'energia complessiva di 250 kJ suddivisa in 60 fasci ai quali si aggiungerà un impulso di circa 100kJ in 10 ps.

Il progetto concettuale e la fase preparatoria di HiPER (Figura 4) sono stati completati nel 2011. È prevista una fase di definizione della durata di 2 anni ed una fase di costruzione con una previsione di completamento nell'anno 2020.

Partecipano al progetto HiPER 10 Paesi europei, cui si aggiunge la collaborazione di USA, Canada, Corea del Sud, Giappone e Cina. ●

bibliografia

- [1] S. Atzeni and J. Meyer-ter-vehn, *The Physics of Inertial Fusion* (Oxford University Press) 2004
- [2] J. D. Lindl, R. L. McCrory, and E. M. Campbell. Progress toward ignition and burn propagation in inertial confinement fusion. *Physics Today*, September 1992, pag 32
- [3] M. D. Rosen. The physics issues that determine inertial confinement fusion target gain and driver requirements: A tutorial. *Phys. Plasmas* 6, 1690 (1999); <http://dx.doi.org/10.1063/1.873427>
- [4] D.T. Goodin et al 2004. A cost-effective target supply for inertial fusion energy. *Nucl. Fusion* 44 S254 doi:10.1088/0029-5515/44/12/S17
- [5] Max Tabak et al. Ignition and high gain with ultrapowerful lasers. *Phys. Plasmas* 1, 1626 (1994); <http://dx.doi.org/10.1063/1.870664>
- [6] L. J. Perkins, R. Betti, K. N. LaFortune, and W. H. Williams. Shock Ignition: A New Approach to High Gain Inertial Confinement Fusion on the National Ignition Facility. *Physical Review Letters* 103.045004 (2009) doi:10.1103/PhysicalReviewLetters.103.045004
- [7] V. Yu. Glebov et al. Development of nuclear diagnostics for the National Ignition Facility. *Review of Scientific Instruments* 77, 10E715 (2006) doi: 10.1063/1.2236281
- [8] S. Atzeni, D. Batani, L. A. Gizzi, HiPER: un laser europeo per studi di fusione inerziale. *Il Nuovo Saggiatore*, Vol. 23, No. 2-3, pp. 64-75 (2007)

La scienza ai tempi della crisi: l'informazione che serve al momento che serve

La *World Meteorological Organisation* ha creato nel 2009 la *Global Framework for Climate Service*, una struttura sovranazionale che, una volta definiti i finanziamenti e la governance, fornirà servizi climatici. In altre parole, fornirà informazioni utili e previsioni scientifiche a governi, organizzazioni o singoli per gestire i rischi associati alla variabilità e al cambiamento climatico e le misure di adattamento. Il Congresso straordinario organizzato a ottobre dalla *World Meteorological Organisation* costituisce una tappa fondamentale per la realizzazione di questa struttura. In questo articolo due ricercatori ENEA spiegano in dettaglio cosa farà e come opererà questa organizzazione, accennando anche alle attività europee e italiane nel settore dei servizi climatici

■ Orietta Casali, Paolo Ruti

Con la creazione nel 2009 del *Global Framework for Climate Service* (GFCS), il *World Meteorological Organisation* (WMO) ha dato il via ad un importante processo mondiale avente lo scopo di formare una struttura sovranazionale in grado di consentire una migliore gestione dei rischi associati alla variabilità e al cambiamento climatico e delle misure di adattamento attraverso lo sviluppo e l'inserimento di informazioni e di previsioni scientifiche nelle attività di programmazione, nelle politiche e nelle pratiche a scala *globale, regionale e nazionale*.¹

Con il *XVI Congresso Mondiale di Meteorologia*² tenutosi nel giugno 2011, al WMO è stato richiesto di svolgere un ruolo leader nel sollecitare i Governi a partecipare alla

creazione di questo sistema globale per favorire il collegamento di tutte le risorse disponibili, colmare le lacune e fissare le criticità. È stato costituito un *Task Team* per condurre una ricognizione del lavoro di un ampio numero di gruppi di esperti da consultare per sviluppare un piano di attuazione e stabilire le regole di *governance* del GFCS. Sono state già coinvolte importanti organizzazioni nazionali e internazionali affinché inseriscano nei loro piani e programmi di lavoro gli obiettivi del GFCS. Il piano dettagliato di attuazione del GFCS, i termini finanziari e il suo sistema di *governance* verranno presentati al *Congresso Straordinario del WMO che si terrà in ottobre*.

L'assunto di base dal quale il WMO è partito per l'avvio del GFCS pog-

gia sulla convinzione che la quantità di dati e d'informazioni acquisite dai ricercatori è sottoutilizzata. Al contrario, l'enorme mole di conoscenza prodotta dagli esperti mondiali potrebbe contribuire a ridurre le perdite economiche e a evitare disastri umanitari derivanti dagli eventi estremi e nel lungo termine dal cambiamento climatico.

Cosa sono i servizi climatici

Il *Climate Service* è stato definito come il processo di fornire informazioni utili ai governi, alle organizza-

■ Orietta Casali, Paolo Ruti
ENEA Unità Tecnica Modellistica
Energistica Ambientale

zioni o ai singoli per la *gestione dei rischi climatici* e delle *opportunità climatiche*.³

Lo spirito che sottende il concetto di servizio climatico, designa dunque il desiderio della comunità scientifica di interagire più strettamente con rilevanti settori economici e di rendere disponibili le informazioni e i dati accumulati nel corso del tempo a *potenziali utilizzatori* al fine di programmare al meglio le attività in vari settori, dall'agricoltura, la pesca, il turismo, all'energia, contribuendo a rispondere adeguatamente alla crisi climatica ed economica.

Non da ultimo, la filosofia sulla quale poggia il concetto dei *Climate Services* è ispirata dall'opportunità da parte della scienza di adeguarsi alle istanze dettate dalla crisi economica che richiedono di rivedere l'impostazione della ricerca stessa e dei criteri di allocazione delle risorse, da quelle economiche a quelle umane.

Ad oggi, i servizi climatici sono più carenti proprio dove sono più necessari e cioè nei paesi in via di sviluppo più vulnerabili alla variazione e ai cambiamenti climatici. Questo comporta considerazioni etiche che ruotano intorno al concetto di equità.

I settori maggiormente interessati sono: l'agricoltura, la gestione idrica, la salute, la pianificazione territoriale, l'energia, il mare, l'edilizia, il turismo, la gestione dei disastri, e il settore assicurativo.

Un servizio climatico deve essere composto da dati attendibili, tratti dai database nazionali e internazionali, in parametri quali: *temperatura,*

precipitazioni, vento, umidità del suolo e condizioni oceaniche.

Per essere efficace, un'informazione climatica deve essere preparata e fornita agli utenti nei modi idonei alle loro esigenze. Per esempio un prodotto può includere dati, riassunti delle statistiche, delle previsioni e dei suggerimenti. Può essere semplice come per esempio la media delle precipitazioni per una località, o elaborata come l'analisi dei rischi climatici passati e futuri a livello nazionale.

È il quadro di riferimento temporale la discriminante tra i *Servizi Climatici* e i *Servizi Meteorologici*. Questi ultimi forniscono una descrizione del tempo nel breve periodo, cosa accade ora e come evolve il tempo nei prossimi giorni, qualche volta fino a due settimane. Invece i Servizi Climatici sono collegati agli schemi complessivi delle condizioni nel lungo termine, sia sulle decadi passate, sia sui prossimi mesi o anni o decenni a venire.

I prodotti compresi nell'ampio concetto di Servizio Climatico, oggi possono essere i *dati climatici*, i *prodotti di dati climatici*, e i *servizi climatici*. Ognuno di questi indica cose diverse.

I dati climatici sono una serie di misure di variabili climatiche, come la temperatura o il vento.

I *prodotti di dati climatici* sono il risultato di un'analisi o di un processo di dati climatici, e comprendono mappe di medie di precipitazioni, medie di velocità e di direzione del vento di un dato sito, o una previsione delle precipitazioni per i mesi futuri. Alcuni prodotti di dati

possono anche includere dati non climatici, come il tipo di suolo o le condizioni agricole.

Per *informazione climatica* si intende un concetto più generale per ogni combinazione di dati, prodotti di dati, conoscenza o suggerimenti di esperti.

Un *Servizio Climatico* può essere definito come il processo di fornire informazioni e prodotti climatici, che coinvolgono interazioni tra un *fornitore* e un *utente*, insieme ai mezzi di accesso e di processo delle informazioni. Un esempio semplice di un servizio climatico è quello che vede un agricoltore (*utente*) che riceve previsioni stagionali sulle precipitazioni o sulla siccità (*informazione*) dalla sua organizzazione meteorologica e idrologica nazionale (*fornitore*).⁴





Le organizzazioni meteorologiche e idrologiche svolgono una posizione chiave nei servizi climatici per il ruolo centrale che rivestono in azioni di sicurezza pubblica e la responsabilità delle osservazioni meteorologiche. I loro dati sul tempo rappresentano fonti vitali per gli archivi climatici. Le raccolte dati e le descrizioni climatiche generalmente sono prodotte dai servizi meteorologici nazionali. Lo sviluppo dei servizi climatici non si limita alla fornitura dei dati, ma all'elaborazione dell'informazione per gli utenti finali. Se l'IPCC risponde all'esigenza di una valutazione complessiva della conoscenza scientifica prodotta a livello mondiale sui complessi temi legati al sistema climatico, e il suo operato ha, perciò, una grande valenza anche nell'aumento della

consapevolezza pubblica, tuttavia non risponde all'esigenza di fornire il dato e l'informazione puntuale al momento giusto, e all'utente giusto su questioni che riguardano i settori specifici dell'operare umano che potrebbero essere influenzati dai cambiamenti climatici e dalla variabilità climatica.

Il GFCS ha lo scopo di rafforzare la produzione, la disponibilità, la diffusione e l'applicazione di previsione e di servizi della scienza climatica. Il suo obiettivo è lo sviluppo e la fornitura di informazioni scientifiche e previsioni climatiche per la gestione dei rischi ai fini dell'adattamento alla variabilità e al cambiamento climatico. Non è stato creato soltanto per affrontare il tema del cambiamento climatico, ma esso riveste un ruolo rilevante nell'assistere i decisori politici e nelle misure di risposta, soprattutto per i paesi in via di sviluppo, innanzitutto migliorando la raccolta e la disponibilità di dati ed informazioni climatiche e rafforzando la capacità di adattamento dei paesi.

Il GFCS deve essere visto come un nuovo quadro mondiale coordinato globalmente comprendente principalmente le istituzioni che sono già impegnate nella produzione e nell'utilizzo di informazioni e di servizi. Questo quadro sarà dunque costruito sulle esperienze e sulla capacità di organizzazioni già esistenti, operanti a livello nazionale.

Cosa farà e come opererà la struttura

Cinque aree comporranno il GFCS:

1. Osservazione e Monitoraggio,
2. Ricerca,
3. Modellistica e Previsioni,
4. Sistemi per lo scambio di informazioni,
5. Rafforzamento delle capacità istituzionali.

Le idee fondamentali che sottendono il *Global Framework for Climate Services* vertono principalmente sul fatto che i governi, le industrie e le comunità devono essere posti in grado di gestire i rischi climatici e che nuovi livelli di cooperazione sono necessari per raggiungere questa capacità a livello globale.

Componenti innovative del GFCS sono l'*User Interface Platform*, ovvero un forum per promuovere e sviluppare l'interesse da parte degli utenti, il *Climate Services Information System*, una rete per scambiare dati e prodotti, l'*Observation and Monitoring* per raccogliere dati climatici da sistemi nazionali e internazionali; *Research Modelling and Prediction*, per sviluppare e comunicare nuova conoscenza e la *Capacity Building* per supportare lo sviluppo di tutte le parti del quadro.

Tra le sfide principali per il successo del GFCS, e vi è quella di identificare le organizzazioni più rappresentative per presentare gli interessi degli utenti.

L'*User Interface Platform* sarà molto probabilmente modellata sulla base dei meccanismi di rete esistenti tra le associazioni internazionali per varie professioni, i settori commerciali e le organizzazioni non governative, i cui membri sono per lo più attori nazionali.

Il *Climate Services Information System* ha lo scopo di fornire un meccanismo globale affidabile per scambiare informazioni climatiche



tra le agenzie nazionali in tempo reale. Lo scopo ultimo è fornire agli utenti le informazioni di cui hanno bisogno nel loro lavoro quotidiano di gestione del rischio climatico. Il sistema sarà basato sulle reti di comunicazione esistenti e in particolare quelle gestite dai servizi meteorologici e idrologici, gli operatori satellitari, e gli istituti di ricerca. Tra le sfide future si possono annoverare la realizzazione di accordi intergovernativi e di protocolli tecnici per permettere lo scambio dei dati e gli standard tecnici da applicare.

I *beneficiari* principali saranno le comunità e le industrie vulnerabili alle variazioni climatiche e in particolare le comunità povere dei paesi in via di sviluppo soggette alla siccità, alle inondazioni, ai cicloni tropicali e ad altre condizioni estreme. I settori principali coinvolti sono: l'agricoltura, la salute, le risorse idriche, il turismo, il trasporto ecc. Tra i beneficiari dei servizi climatici vanno incluse le istituzioni pubbliche responsabili delle politiche e dei programmi nazionali e sociali: salute, edilizia, programmazione del territorio, gestione ambientale e dei disastri. Per esempio l'informazione climatica è essenziale per la regolamentazione dell'uso del territorio e la protezione ambientale e per l'identificazione di criteri di costruzione per evitare il crollo degli edifici. Inoltre, si avvarranno dei servizi climatici le istituzioni responsabili della programmazione agricola e della fornitura idrica, nella gestione sociale degli impatti economici dovuti alla siccità. I programmi per la protezione dalla

malaria già si avvalgono delle informazioni climatiche.

I manager commerciali e cittadini si avvarranno dei servizi climatici perché devono affrontare situazioni complesse concernenti la localizzazione di industrie e di aree residenziali e investire nelle infrastrutture e nella gestione delle fluttuazioni stagionali e delle crisi nel fornire o richiedere energia, acqua o cibo.

Il GFCS comprenderà al suo interno tre gruppi principali: i governi, le organizzazioni tecniche e i rappresentanti di utenti dei settori vulnerabili alla variazione e al cambio climatico.

I settori ad alta priorità sono: *acqua, salute, riduzione dei rischi di disastri, agricoltura.*

Nel corso dei prossimi dieci o venti anni il GFCS sarà implementato progressivamente e questo comporterà la creazione di accordi con circa 200 governi, la partecipazione di centinaia di organizzazioni, lo sviluppo di molte competenze tecniche.

Il GFCS sarà attuato soprattutto dalle organizzazioni già coinvolte nei servizi climatici: i Servizi Meteorologici e Idrologici Nazionali, altre agenzie governative, enti di ricerca ecc. Inoltre saranno coinvolte le organizzazioni collegate ai gruppi di utenti e le popolazioni vulnerabili. Il Segretariato avrà la sua sede a Ginevra presso il WMO.

La ricerca europea e italiana sui servizi climatici

A livello regionale e nazionali ci sono varie iniziative che s'inseriscono nella linea avviata dal WMO.

In questo lavoro porteremo alcuni esempi.

L'Unione Europea sta orientando i suoi sforzi all'interno del processo del WMO. Infatti, con il Settimo Programma Quadro, nell'ambito del Programma Ambiente della Commissione Europea, sono stati già finanziati due progetti che si inquadrano nelle prospettive del GFCS: il progetto ECLISE (coordinato dal KNML, Olanda) e CLIM-RUN (coordinato dall'ENEA, Italia).

Il progetto *ECLISE: Enabling Climate Information Services for Europe*⁵ della durata di tre anni (2011-2013) ha lo scopo di avviare i primi passi verso la realizzazione di un Servizio Climatico Europeo.

Ricercatori, in stretta collaborazione con gli utenti, svilupperanno e dimostreranno i servizi climatici locali a supporto delle politiche di adattamento ai cambiamenti climatici.

Il progetto intende fornire servizi climatici a regioni europee vulnerabili al cambiamento climatico, organizzati a livelli settoriali: città, risorse idriche, difesa delle coste e produzione di energia.

Il progetto ECLISE definirà in termini concettuali come sviluppare in futuro un Servizio Climatico Pan-Europeo, basato sulle esperienze locali e il coinvolgimento ampio di decisori politici europei e stakeholders.

Il progetto *CLIM-RUN: Climate Local Information in the Mediterranean region Responding to Users Need* (2011-2014)⁶ della durata di tre anni che vede l'Italia, con l'ENEA (Unità Tecnica Modellistica Energetica Ambientale), con il ruolo di coordinatore è strategico per immettere non solo l'Italia ma anche l'Europa

nella giusta direzione nei rapporti con i paesi della sponda sud del Mediterraneo, il nord Africa in particolare. Il consorzio comprende un partner tunisino, istituzioni appartenenti ai principali paesi europei che si affacciano nel mediterraneo e istituzioni del Nord Europa, oltre ad un partner statunitense.

L'obiettivo principale di CLIM-RUN è lo sviluppo di un protocollo per applicare nuove metodologie, modelli e strumenti migliorati adatti a fornire informazioni dettagliate a livello locale agli utenti.

Il progetto ha l'obiettivo di offrire servizi climatici ai differenti attori nei settori dell'energia, del turismo, e a quelli coinvolti dal rischio incendi. L'area d'interesse è il Mediterraneo, e le zone naturali prese in considerazione saranno le regioni montuose, le aree costiere e le isole. Il carattere di "servizio" di CLIM-RUN rappresenta la sua peculiarità rispetto ai progetti di ricerca sui cambiamenti climatici in generale. Si prefigge, infatti, di fornire informazioni sul clima a scala regionale e locale attraverso un approccio *bottom up*, coinvolgendo fin dall'inizio gli *stakeholders*. Il progetto è al suo secondo anno di attività e al suo interno sono stati già selezionati i casi studio per vari settori identificati e tenuto i primi incontri con gli attori locali attraverso vari sistemi sociologici: questionari, interviste, seminari specifici, a stretto contatto con gli esperti climatici.

Il ruolo delle informazioni climatiche, dalle previsioni agli scenari contribuirà a creare opportunità di adattamento nei settori considerati.

Informazioni precise e dettagliate sul clima attuale possono essere utili per molte applicazioni, come ad esempio la caratterizzazione di statistiche sul vento per gli impianti fotovoltaici.

Per terminare, non può che essere auspicabile che il raggiungimento di un sistema globale integrato in grado di fornire le informazioni utili e l'armonizzazione di metodi, strumenti, e tecniche tra le varie esperienze sui servizi climatici, dal globale al nazionale avvenga in termini rapidi, e che possa essere avviato il tante volte richiamato dialogo tra le discipline e con (e tra) i diversi settori economici e produttivi, e che l'umanità possa essere sempre più attrezzata a ridurre le perdite in termini di vite umane e in termini di perdite economiche derivanti dal fattore clima. ●

bibliografia

- http://www.wmo.int/pages/gfcs/index_en.php
- http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/congress/index_en.php
- Climate Knowledge for Action: A Global Framework for Climate Services, World Meteorological Organisation, 2011
- <http://www.eclise-project.eu>
- www.climrun.eu
- <http://www.gip-ecofor.org/gicc/?q=node/311>

note

1. http://www.wmo.int/pages/gfcs/index_en.php
2. http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/congress/index_en.php
3. Climate Knowledge for Action: A Global Framework for Climate Services, World Meteorological Organisation, 2011.
4. Climate Knowledge for Action: A Global Framework for Climate Services, World Meteorological Organisation, 2011.
5. <http://www.eclise-project.eu>
6. www.climrun.eu





Gas e petrolio non convenzionale, molto meno di una rivoluzione

Declino rinviato per gas e petrolio? Parrebbe di sì, grazie alle riserve non convenzionali scoperte negli ultimi anni in diversi Paesi. Ma, avverte in questo articolo il Presidente di NE Nomisma Energia, un noto esperto di economia delle fonti di energia, solo Stati Uniti e Canada saprebbero tramutare queste riserve in risorse sfruttabili. Preoccupano anche gli effetti ambientali delle tecnologie per la loro estrazione

■ *Davide Tabarelli*

L'estate del 2012 sarà ricordata negli USA come la più calda degli ultimi 50 anni, con ondate di siccità che hanno investito gran parte del paese creando qualche problema alle compagnie attive nella produzione di gas e petrolio da riserve non convenzionali. Per fare un pozzo a Eagle Ford, nel profondo Texas dove è esplosa la produzione da argille, occorre qualcosa come mezzo milione di litri di acqua, 500 metri cubi, mentre la successiva attività di fratturazione, ne richiede normalmente altri 20 milioni. Il costo pagato negli anni passati agli agricoltori della zona per l'acqua estratta dai loro pozzi, oscillava intorno a 15 centesimi di dollaro per litro, mentre l'estate scorsa ha raggiunto i 30 centesimi di dollaro per litro. Più a nord in Pennsylvania, dove si trova il grande bacino Marcellus, le autorità hanno bloccato i permessi per pescare acqua da alcuni fiumi. Un autoarticolato può trasportare circa 30 metri cubi e le compagnie sono state costrette a portarla da zone lontane, fino a 150 chilometri, moltiplicando il traffico di veicoli pesanti.

Quello dell'acqua è solo l'ultimo dei problemi, di carattere ambientale o economico, sollevati dall'impetuosa, ma ingombrante, crescita della produzione di idrocarburi, soprattutto gas, da riserve non convenzionali negli Stati Uniti. Il fenomeno viene spesso dipinto dalla stampa, e diffuso nell'immaginario collettivo, come una rivoluzione che potrebbe cambiare i futuri scenari dell'energia, prima negli USA, poi nel resto del mondo. Per ora, però, è confinato negli USA, dove le potenzialità

sono state troppo gonfiate, complice il solito ottimismo della finanza, mentre nel resto del mondo farà molto fatica a decollare. La dipendenza americana da importazioni di energia, grazie alle nuove tecnologie, è scesa a meno del 20% nel 2012, minimo da oltre vent'anni, complice anche la debolezza dei consumi. Tuttavia, non potrà mai sparire, in particolare quella più delicata del petrolio, attualmente al 60% dei consumi. Nel resto del mondo il carbone, la fonte più economica e più inquinante, potrà essere solo in parte sostituita dal gas nella generazione elettrica, ma non verrà interrotta la sua continua crescita, né l'annesso problema dell'aumento delle emissioni di CO₂. In maniera meno evidente, invece, il boom dello shale gas evidenzia la grande capacità dell'industria americana di fare innovazione e nuova tecnologia, seguendo una tradizione che ha origini lontane e che fa parte di un più vasto fermento economico che riguarda tutto il mondo e tutte le riserve, dai greggi pesanti dell'Orinoco o del Canada, alle riserve nelle acque profonde dell'Artico, dai greggi non convenzionali di Bakken nel North Dakota, al gas convenzionale di fronte alle coste del Mozambico. Queste sono notizie positive, perché, piaccia o no, il petrolio e il gas continueranno a lungo a coprire gran parte dei consumi

■ **Davide Tabarelli**
Presidente di NE Nomisma Energia

mondiali di energia, con una quota che potrà scendere solo leggermente dall'attuale 55% del totale di oltre 12 miliardi di tonnellate equivalenti petrolio (tep).

I giacimenti non convenzionali sono da sempre conosciuti e si trovano in rocce dove il gas, o il petrolio, è disperso in basse quantità, in fessure molto piccole non collegate fra loro che, fino a qualche anno fa, non potevano produrre perché i costi erano troppo alti. Quasi tutto il petrolio e il gas consumato nel mondo, 6,5 miliardi tep ogni anno, giunge da giacimenti tradizionali, dove il movimento della crosta terrestre ne ha concentrato enormi quantità ad altissime pressioni in rocce porose le cui fessure, che intrappolano il fluido, sono fra loro collegate. Basta arrivare nel giacimento con un pozzo ed immediatamente la differenza di pressioni fra la superficie, intorno ad una atmosfera, e il sottosuolo, fino a oltre 800 atmosfere, spinge verso l'alto il fluido. Nei giacimenti non convenzionali, occorre andare a prendere il gas o il petrolio, prima fratturando la roccia, per creare collegamenti fra le fessure, e poi iniettare acqua con composti chimici per trasportarli fuori. Già questa breve descrizione dà un'idea dell'invasività del procedimento, aspetto importantissimo in un'industria che deve sempre più fare i conti con la percezione che la gente ha di queste attività.

Esistono vari tipi di gas non convenzionali, ma i più importanti sono tre, gli idrocarburi da argille (*shale*), quelli da carbone (*coal bed*) e quelli da sabbie o arenarie compatte (*tight gas*). Altri gas non convenzionali, sono quelli da idrati, quelli da giacimenti carboniferi profondi oltre i 6 mila metri, quelli da rifiuti, quelli presenti nelle falde acquifere. È sui primi tre che si sta concentrando la crescita negli ultimi anni negli Stati Uniti. Il gas non convenzionale è quello che causa di esplosioni nelle miniere di carbone, quello che origina fuochi naturali studiati da sempre nell'antichità. Negli USA il primo pozzo da argille è registrato nel 1921 nello Stato di New York, dove si trova la formazione Marcellus, la prima ad ospitare le nuove produzioni. In Italia, uno dei primi paesi in Europa a sfruttare in maniera industriale il gas, la produzione parte negli anni '30 proprio con lo sfruttamento di modeste quantità di gas di superficie in giacimenti non convenzionali nella Pianura Padana, in particolare nel Polesine, e nell'Appennino Tosco Emiliano, sfruttando i gas in argille scagliose. Uno dei primi

gasdotti costruiti in Italia è del 1939 e andava da Pietramala, vicino alla Futa, a Firenze portando per 55 chilometri il gas compresso ottenuto da pozzi di superficie, tuttora esistenti, censiti e operativi per piccole quantità di metano non convenzionale.

Negli USA numerose condizioni, difficilmente ripetibili all'estero, hanno favorito l'innovazione e una di queste è la grande conoscenza geologica del sottosuolo dove in passato, per produrre petrolio e gas convenzionale, sono stati perforati oltre 3 milioni di pozzi che hanno permesso di disegnare mappe geologiche dettagliatissime. Delle formazioni di gas di argilla si sapeva da decenni, ma, salvo qualche tentativo senza risultato, non si era riuscito a ottenere gran che. Una delle aree dove si è perforato di più da sempre è quello che va dallo Stato di New York e si estende su tutta la Pennsylvania, dove si fa risalire folkloristicamente nel 1859, la nascita dell'industria moderna del petrolio. È qui che si trova il bacino di Marcellus, la prima formazione *shale* dove si sono concentrati i tentativi e dove nel 2005, con un pozzo della Range Resources, è ufficialmente partita la prima produzione economica da argille. Da lì è stato un continuo boom, con nuove aree esplorate e con l'applicazione delle nuove tecnologie di fratturazione. Queste a loro volta sono partite da un'altra, meno recente, la perforazione orizzontale, una delle innovazioni storiche dell'industria intervenute a metà degli anni '80 grazie all'ingegneria dei pozzi e allo sviluppo di materiali più resistenti. I giacimenti di tutto il mondo e le relative formazioni geologiche, seguono l'andamento naturale della crosta terrestre che si estende orizzontalmente, ma per oltre un secolo i pozzi potevano essere fatti solo verticalmente, dall'alto verso il basso senza alcuna deviazione. Questo obbligava a dover moltiplicare le perforazioni di superficie per potere seguire l'estensione orizzontale del giacimento, portando a una proliferazione di torri di perforazione come si vedono ancora dalle immagini di Baku in Azerbaijan. Oggi, con pozzi che a una certa profondità cominciano a deviare e diventano orizzontali, si riesce a seguire l'estensione fisica del giacimento senza dovere spostare le strutture di superficie. Ciò, già 30 anni fa, favorì un balzo della produttività dei giacimenti tradizionali. Nelle strutture non convenzionali, che si estendono per migliaia di chilometri, una volta raggiunta la formazione che

contiene il gas, il pozzo da verticale diventa orizzontale e prosegue per decine di chilometri. Da questo pozzo principale, poi, partono le fratturazioni a raggio, per distanze dell'ordine di decine di metri, che vanno a creare fessure nelle rocce attraverso l'iniezione di acqua ad altissima pressione, mista a sabbia e altri composti chimici.

Una caratteristica fondamentale del gas da argille è che si trova disperso in formazioni estese per centinaia di chilometri e che non devono essere cercate. I giacimenti tradizionali, invece, sono delle trappole dove il gas o il petrolio è stato ammassato nel corso di milioni di anni. Sono nascoste, devono essere cercate e per natura possono essere molto complesse e difficili da studiare. Nei giacimenti di argille, invece si sa che per migliaia di chilometri le formazioni contengono gas e non esiste alcuna incertezza di carattere geologico. Così la formazione di Marcellus, ha una lunghezza di oltre 1.000 km e 250 di larghezza, con un'estensione di 250.000 km² (l'Italia ha una superficie di 300.000 km²). Si trova ad una profondità oscillante da pochi metri, fino a 1200 metri e il suo spessore va da qualche metro fino a quasi 300 metri. La variabilità all'interno delle strutture è molto contenuta. Il rischio geologico tipico delle ricerche tradizionali, sparisce nei giacimenti non convenzionali. La perforazione diventa così un'attività industriale normale, con rischi nettamente inferiori rispetto alle perforazioni tradizionali.

La produzione negli Stati Uniti di *shale gas* è iniziata intorno al 2005, mentre quella da carbone o sabbie compatte è meno recedente. Il forte aumento degli ultimi anni è concentrato sullo *shale gas*, che nel 2012 raggiungerà il 24% degli oltre 650 miliardi metri cubi di gas prodotti (l'Italia, in condizioni normali, consuma circa 80 miliardi metri cubi in un anno e ne produce 10), balzo che ha permesso agli USA di tornare ad essere il primo produttore mondiale.

Nel 2011 la produzione totale americana è tornata sopra il massimo storico già raggiunto nel 1973 (figura 1), quando l'enorme sforzo sulla perforazione per cercare petrolio, condotta in maniera intensiva grazie alla protezione dei prezzi interni, consentì anche la crescita della produzione di gas. L'alto livello già raggiunto allora evidenzia due aspetti importanti: il primo è la forte dipendenza delle attività del gas da quelle del

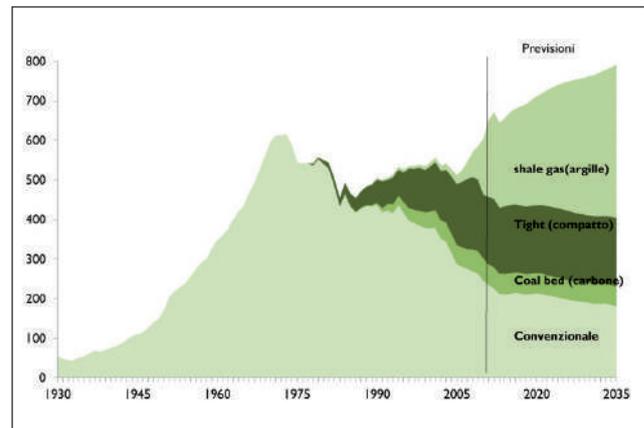


FIGURA 1 Produzione di gas negli Stati Uniti (miliardi di metri cubi)

petrolio, e questo ha creato quel contesto favorevole per l'innovazione che è sfociato nel boom dello *shale*; il secondo concerne il fatto che la rete del gas, indispensabile per trasportare le nuove produzioni, è stata sviluppata da decenni e oggi arriva in ogni punto degli Stati Uniti, dove vicino può essere esplorata qualche nuova formazione.

Un'attività industriale caratterizzata da tale boom non poteva non generare forti controversie circa l'impatto ambientale, aggravato dal fatto che riguarda lo sfruttamento di una risorsa del sottosuolo su vaste aree, con un massiccio impiego di acqua. Negli USA, il problema della contaminazione delle falde acquifere è stato fino ad ora discusso prevalentemente nelle aree ad alta concentrazione di popolazione, come nello stato di New York, del New Jersey e del Maryland, dove sono stati bloccati nuovi permessi fino a quando non verranno date regole più severe. Nel resto del paese, gli enormi spazi attenuano la rilevanza del problema. In effetti i consumi di acqua sono enormi, fino a 1000 volte i volumi necessari per unità di energia prodotta dai giacimenti convenzionali. Qui la trappola geologica ha confinato il gas in formazioni dove si trova concentrato ad altissime pressioni e basta una perforazione per far sì che fuoriesca ad enorme velocità. Nei giacimenti non convenzionali occorre l'acqua per fratturare le rocce e poi per trasportare fuori il gas. Per fare questo all'acqua vengono aggiunti sabbia e altri composti, che variano da normali disinfettanti, per impedire la forma-

zione di batteri e di acido solfidrico, a diluenti, come svariati polimeri, per trasportare meglio gli idrocarburi. Normalmente si può stimare del totale volume di fluidi iniettati, un 90% sia acqua, un 9% sabbie o polvere di ceramiche e l'1% additivi. Ovviamente i problemi maggiori sono sugli additivi.

L'acqua viene pompata generalmente da fiumi, laghi, mare, mentre altre volte vengono sfruttati pozzi realizzati appositamente in acquiferi che sono sopra le rocce che poi produrranno gas. Altre volte viene trasportato da maggiori distanze, contribuendo ad aggravare l'altro problema, molto visibile, del traffico di veicoli pesanti nell'area. I circa 20 milioni di litri di acqua che un pozzo impiega, costituiscono una frazione minima, dell'ordine del 5%, rispetto a numerose altre attività industriali o agricole che fanno un uso dell'acqua più intenso. Normalmente l'acqua usata rimane nel sottosuolo per circa l'80% del totale, mentre quella che esce, una volta bonificata, viene iniettata nel sottosuolo oppure rilasciata nei fiumi, e qui il livello di contaminazione può essere soggetto a varie interpretazioni, con anche questioni di scorie radioattive.

L'estrazione di acqua dagli strati più superficiali, fino a 200-300 metri, può causare fenomeni di subsidenza o addirittura di microsismicità, diversamente da quello che può originare la vera e propria fratturazione nelle argille. Il timore è che i numerosi pozzi effettuati che trivellano in lungo e in largo le formazioni, finiscano per rilasciare sostanze chimiche nell'acqua che si trova in superficie. In realtà questa è un'ipotesi remota, in quanto i giacimenti normalmente si trovano a profondità maggiori degli acquiferi da dove si preleva l'acqua potabile e questi sono separati da strati di centinaia e centinaia di metri di rocce che sono permeabili e non lasciano passare nulla. Tuttavia, le pressioni sulle compagnie stanno crescendo e dal 2011 sono costrette a rilasciare, con diverso dettaglio nei vari Stati, informazioni sulla composizione chimica degli additivi.

A quello dell'acqua è collegato il fenomeno, più percepito che reale, dei terremoti di lieve entità. Si tratta sempre di possibilità di favorire eventi che sono già in corso e che hanno intensità limitata, raramente percepibile in superficie dalle popolazioni. Un altro problema riguarda l'uso di terreno, quello necessario per fare le piazzole su cui operano le macchine. Pur sfruttando

la perforazione orizzontale, l'estensione delle aree da perforare è talmente grande da necessitare diversi spostamenti dei pozzi su piazzole che normalmente superano i tre ettari, contro aree inferiori del 50% per le piazzole dei pozzi tradizionali. La differenza è che da una piazzola su un giacimento tradizionale, una volta scoperto, è possibile estrarre volumi di gran lunga superiori, fino a 50 volte in più. Le attività di trasporto su camion delle attrezzature e dell'acqua comportano un fitto traffico di veicoli con diverso impatto in base alla densità di popolazione della regione.

Un importante aspetto nel favorire le nuove perforazioni, riguarda la legislazione mineraria statunitense, in particolare il fatto che il proprietario del terreno dove vengono effettuate le perforazioni riceve direttamente le *royalties*, a volte abbondanti. Nel resto del mondo, invece, finiscono allo Stato o, come avviene in Italia, agli organi amministrativi del territorio, regioni o comuni. I contadini della Pennsylvania o quelli del Texas hanno tutto l'interesse ad accogliere positivamente le nuove compagnie e a prendersi cura del problema di come cacciare via, a volte con il fucile Winchester, le associazioni di ambientalisti. Lo stesso si applica per l'acqua che spesso viene venduta dagli stessi agricoltori alle compagnie.

Questioni meno ambientali e più tecniche stanno ridimensionando l'ottimismo sullo *shale*, in primo luogo per ragioni legate proprio alla geologia, ovvero al rischio che quello che si stima vi sia sotto terra poi nella realtà non esista. Lo scorso 23 agosto 2012 l'Ufficio Geologico degli Stati Uniti, punto di riferimento per l'industria mineraria mondiale, ha stimato ufficialmente le risorse di shale gas del bacino di Marcellus negli USA in 2300 miliardi di metri cubi, l'80% in meno di quanto indicato in precedenza dal ministero dell'energia, che ha dovuto immediatamente adeguarsi con qualche imbarazzo. È pur vero che la precedente stima ufficiale fatta nel 2002 indicava volumi recuperabili per non oltre 70 miliardi di metri cubi. In maniera simile, l'International Energy Agency dell'OCSE, dopo aver trionfalmente annunciato nel 2010 *un'era d'oro del gas* grazie a questi giacimenti non convenzionali, ha dovuto recentemente aggiustare il tiro, parlando di *regole d'oro per potere superare gli ostacoli* al loro sfruttamento, dimezzando sostanzialmente le stime delle riserve mondiali recu-

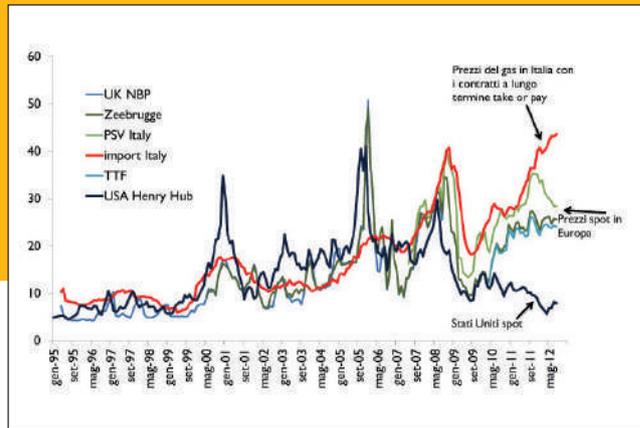
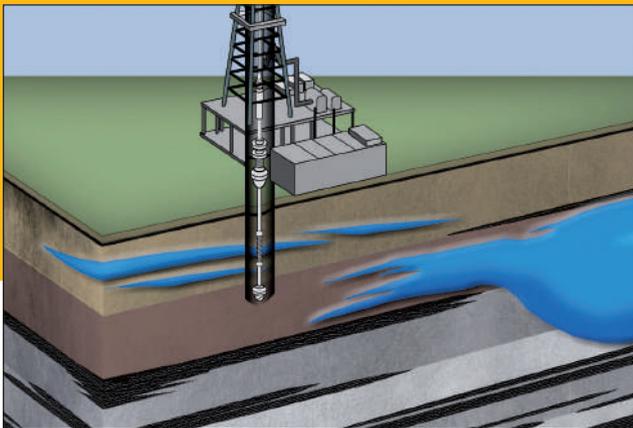


FIGURA 2 Prezzi del gas naturale (€/cent/m³)

perabili da oltre 800 trilioni, a 460 trilioni metri cubi, valore che rimane ingente, pari alle riserve convenzionali di gas tradizionale.

Di eccesso di ottimismo sembra aver peccato anche la finanza americana, sempre entusiasta nel trovare facili occasioni di guadagno, magari gonfiando le potenzialità delle varie industrie, siano queste quella della *dot economy*, di internet o dell'energia. Di recente le società del gas non convenzionale stanno avendo problemi con le autorità di controllo per avere fatto stime troppo ottimistiche sui livelli di potenziale estrazione. Più importante è il fatto che i prezzi del gas sono scesi verso 10 centesimi di € per metro cubo, contro valori 4 volte superiori nel 2008. Questi non sono sufficienti per ripagare i costi, che nella migliore delle ipotesi oscillano intorno ai 20 centesimi. La caduta dei prezzi, salutata da tutti i consumatori come la prova del successo della supposta rivoluzione, è stata in realtà in gran parte dovuta al crollo della domanda interna, originata a sua volta dalla recessione economica, che ha investito tutto il manifatturiero americano che consuma parecchio gas (figura 2).

L'ampia forchetta fra i bassi prezzi del gas americani e quelli alti in Europa, sia spot che quelli legati ai prezzi del petrolio nei contratti a lungo termine, gonfia le aspettative anche nel vecchio continente circa la supposta facilità di importazione di gas dagli USA via nave. Si avrebbe così il duplice positivo effetto di portare i nostri prezzi, oggi vicino a 40 centesimi per metro cubo, verso i 10 centesimi di quelli americani, e

al contempo si ridurrebbe la dipendenza da importazioni da Nord Africa e dalla Russia. Emerge una certa superficialità con la quale si sta affrontando in Europa il perenne problema della nostra dipendenza da importazioni dall'estero di gas, in particolare dalla Russia, che però va aumentando, nonostante i miti delle rinnovabili, dell'efficienza energetica e recentemente dello *shale gas*. In Europa il gas americano non arriverà nei prossimi anni e quello che consumeremo giungerà sempre dai tradizionali fornitori, con la Russia al primo posto.

Quello del gas non convenzionale rimane un'importante cambiamento, ma è per il momento confinato agli Stati Uniti dove si sta dispiegando per ragioni difficilmente ripetibili all'estero. Deriva da uno spesso tessuto industriale del petrolio e del gas che non esiste nel resto del mondo e che conta centinaia di migliaia di imprese che da sempre sperimentano quotidianamente nuove soluzioni per spremere più petrolio e gas dal sottosuolo. Da queste sono partite delle iniziative, considerate folli inizialmente dalle compagnie petrolifere, per lo sfruttamento diverso della perforazione orizzontale attraverso la fratturazione.

La fratturazione nel resto del mondo incontra ostacoli difficili da superare. In Europa occidentale, dove la sensibilità ambientale è da sempre superiore a quella americana, di fatto non è possibile nemmeno ipotizzare la fratturazione del sottosuolo, in quanto minaccerebbe le falde acquifere e potrebbe causare micro terremoti. Per il momento solo Francia e Bulgaria l'hanno vietato.

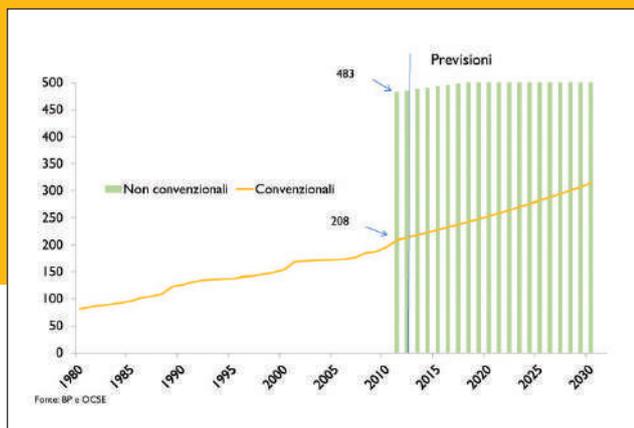


FIGURA 3 Riserve mondiali di gas (triloni di m³)

Nella realtà l'impatto è probabilmente insignificante, ma l'ossessione per l'ambiente degli europei, oggettivamente in aree ben più densamente abitate delle praterie americane, impedisce qualsiasi ipotesi di sviluppo. Nell'Europa dell'est, dove le questioni ambientali, per il momento, contano meno, difficoltà riguardano la scarsa conoscenza del sottosuolo e regole circa le concessioni e le *royalties* troppo complicate. In Cina, che ha un disperato bisogno di gas per contenere l'incremento del più inquinante carbone, si stima che le riserve siano enormi, di 25.000 miliardi metri cubi di gas non convenzionale. Tuttavia, la produzione non è semplice, mancano competenze tecniche, la conoscenza del sottosuolo è scarsa, le disponibilità di acqua è insufficiente, la rete gas non è presente e i prezzi del gas, fissati dallo Stato, sono troppo bassi rispetto ai costi.

A livello mondiale, nonostante un probabile ridimensionamento, le potenzialità delle riserve non convenzionali di gas sono significative, dell'ordine di 2,5 volte quelle convenzionali, anche queste però in costante aumento, nel 2011 al nuovo record di 208 triloni di metri cubi (figura 3). Le riserve di gas convenzionale sono attese durare 59 anni, con quelle non convenzionali, la loro durata sale oltre i 150 anni. Con l'attenzione concentrata sugli *shale gas*, passa un po' inosservato il fatto che tutta l'industria della produzione di gas e petrolio sta compiendo innovazioni di portata storica. Queste riguardano la perforazione in acque sempre più profonde oltre i 3000 metri di profondità, l'esplorazione nel mar Artico,

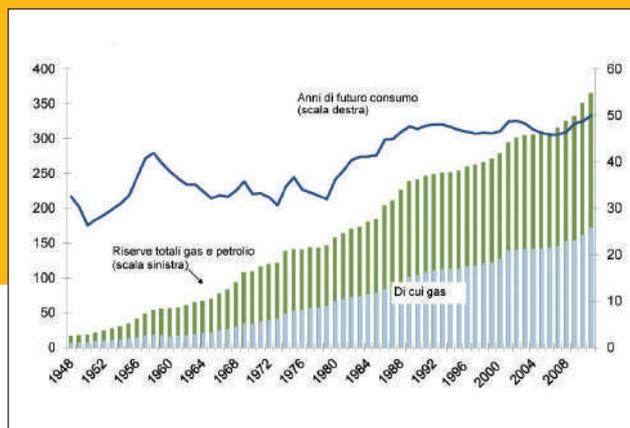


FIGURA 4 Riserve mondiali di petrolio e gas convenzionali 1948-2011 (miliardi di tep e anni di futuro consumo)

lo sviluppo del petrolio non convenzionale negli USA, derivazione questa degli sviluppi del gas, lo sfruttamento dei giacimenti pesanti di petrolio, una maggiore produttività dei pozzi nei giacimenti convenzionali. Che l'industria del petrolio nella fase produttiva goda di ottima salute è testimoniato più in generale dalla costante crescita delle riserve totali di gas e petrolio e della loro durata in anni di futuro consumo, cifra che per la prima volta nel 2012 raggiungerà i 50 anni con un valore delle riserve di oltre 350 miliardi tep (figura 4). Importante è il fatto che potenziali nuove riserve nel mondo vengono stimate fra i 300 e i 1.000 miliardi tep, e solo un quarto di queste sono riserve non convenzionali simili allo *shale gas*. Una grossa partita, meno discussa, si gioca nelle acque profonde e sui giacimenti di petrolio pesante. Il contributo dello *shale gas* è più fragoroso, ma è limitato ad un 10% delle riserve aggiuntive degli ultimi anni, mentre da esso dipende molto della credibilità dell'industria petrolifera nel prossimo futuro. Questa continuerà per molto tempo a garantire la copertura di gran parte della domanda mondiale di energia, grazie a continua innovazione e grandi investimenti. L'impatto sull'ambiente, in tutte le fasi, sarà sempre più dibattuto, certamente per la crescente sensibilità della gente che vive vicino agli impianti, ma anche per la maggiore problematicità delle nuove produzioni. Per questo, lo sforzo dovrà essere anche nello spiegare, meglio di quanto fatto in passato, la complessità, le capacità e l'importanza dell'industria.

The role of regulators for energy security

Security of supply debated at the global level at the 5th World Forum of Energy Regulators: the latest Report of the ICER-WG1 Chairman and former Secretary General of the Italian Regulatory Authority for Electricity and Gas

■ Carlo Crea

The security of energy supply has been discussed during the 5th World Forum of Energy Regulators (WFER V), held this year in Quebec City, Canada. As Chairman, within ICER-International Confederation of Energy Regulators, of the VWG1 dedicated to Security of Supply Issues, I had the opportunity to present the report *Role of Energy Regulators in guaranteeing Reliability and Security of Supply - National, Regional and Global Dimensions*, dealing with the role of energy regulation in addressing security of supply issues with a particular focus on the promotion of investments.

This report is the outcome of a 3-year project carried out with the participation of worldwide Regional and National Regulatory Authorities and coordinated by MEDREG, the Association of Mediterranean Regulators for Electricity and Gas.

The Report also mirrors the precious inputs obtained through the far-reaching contacts and interaction which ICER established with some of the world's most influential financial and multilateral institutions involved in the sector: EBRD, Energy Charter, IDB, IEA, UNECE, VLPGO, World Bank.

The Report highlights in 6 chapters and 13 annexes the diverse energy resource endowments, energy supply policies and regulatory framework of the countries members of the eleven Regional Regulatory Authorities (RRAs), which participated in the activities of VWG-1. Many of these countries are already, or are becoming, highly dependent on external energy supplies.

The principal findings in the energy structure of RRAs as reported in the Report regard:

- a) the large disparities in the size of RRA energy supplies;
- b) the presence of dominant countries in most RRAs;
- c) major differences in the structure of the RRA energy systems;
- d) large variation in import dependence of the RRAs;
- e) huge diversities in the energy systems of the countries within each RRA.

In that respect the report underlines how the weight of individual RRAs in the global energy system will change significantly over the coming two decades: the strongest increase in energy consumption will concern the regions under SAFIR (South Asia Forum for Infrastructure Regulation), MEDREG (Mediterranean Association of Energy Regulators) not members of CEER (Council of European Energy Regulators), AFUR (African Forum for Utility Regulators) & RERA (Regional Electricity Regulators Association of Southern Africa) and EAPIRF (East Asia and Pacific Infrastructure Regulatory Forum), whilst CEER and NARUC (the USA national association representing the State Public Service Commissioners) will maintain their current levels of consumption.

In the chapter *Evaluation of the Risks for Security of Supply*, the Report reveals that no region as a whole in the world appears to be under irremediably severe

■ Carlo Crea

Former Secretary General of the Italian Regulatory Authority for Electricity and Gas, CEER Vice-President and President ICER Virtual Working Group - Security of supply

International Confederation of Energy Regulators (ICER)

The International Confederation of Energy Regulators (ICER) is a voluntary framework for cooperation between Regional Associations of energy regulators from around the globe. Its aim is to improve public and policy-maker awareness and understanding of energy regulation and its role in addressing a wide spectrum of socio-economic, environmental and market issues.

Members of ICER are: ARIAE (Latin America), AFUR and RERA (Africa), CAMPUT (Canada), CEER (EU), EAPIRF (East Asia Pacific), ERRA (from Mongolia to Saudi Arabia), MEDREG (Mediterranean countries), NARUC (USA), OOCUR (Caribbean countries), SAFIR (Asia) and the regulators of Australia (AEMC) and China.

Italy is represented by AEEG, member of MEDREG and CEER.

re risk of supply interruptions, though a number of countries in certain regions run high levels of risk of either technical or geopolitical nature.

Risks have been evaluated considering two classical indicators:

- *the Herfindhal - Hirschman index (HHI)*, which measures the degree of diversification of imported energy sources:
- *the Risky External Energy Supply (REES) index* which, in addition, takes into account the political and governance risks of fuel exporting countries.

However, these indexes take no account of the importance of a given fuel in a country's energy system. For this reason the assessment was based on two further indexes:

- HHIA and REESA, which take into account the share of a given fuel in total primary energy consumption;
- and
- HHIB and REESB, which take into account the share of net imports of the fuel in total primary energy consumption.

The Report proposes also an *Overview of Energy Supply Emergencies*. Though the vast majority of energy supply interruptions are caused by natural events and

human error, seemingly a significant number can be attributed to poor or inadequate regulatory oversight and regulation of energy supplies, resulting in inadequate investments in capacity expansion, network development and maintenance.

One of the results of the Report shows, indeed, that energy infrastructure development on a regional scale can offer substantial cost reductions through economies-of-scale in investments and synergies in the use of shared resources.

Moreover, the energy sector reform is indispensable to attract private investments, without which many regional projects are difficult to finance.

Therefore, independent regulatory authorities are necessary for creating an effective regulatory environment which guarantees:

- the definition and application of adequate regulations,
- the enforcement of standard technical rules,
- capabilities for monitoring anti-competitive behaviour,
- effective communication and adequate dispute resolution mechanisms.

A significant conclusion to be drawn from the Report is the importance of regional integration as a means of increasing security of supply. The most important message learned at all stages of development of regional energy infrastructure projects is the need to accompany capacity expansion and cross-border trade with adequate forms of sector restructuring, institutional and regulatory reform.

The specific competences of energy regulators have been analysed on the basis of the results of a dedicated survey about Security of Supply (SoS) submitted to regulators from all over the world. A primary aim of the Survey was to examine the energy regulators' perception of three key SoS issues:

1. The risks for security of supply
2. The management of supply emergencies
3. Medium- and long-term preventive measures.

Regarding the first point (risks for SoS), the overall perception of regulators is that low levels of risk to SoS, current and future, exist for all fuels.

Regarding the second point (management of supply emergencies), the survey results suggest that selec-

tive rationing is the measure used more often to address supply interruptions in practically all RRAs.

As for the third point (preventive measures), three measures emerged as the most chosen:

- the promotion of investments in new infrastructure projects
- efficient operation of energy markets
- reducing demand through energy conservation and efficiency.

The Report examines the topic of *Regulatory Governance in a Global Setting*. As a matter of fact, in an increasingly global world regulatory best practices gain importance, not only in the development of cross border projects but also when conceiving import/export projects for the transport of energy over large distances crossing multiple borders.

In this respect, the Report highlights that:

Good regulation means:

- to ensure investor participation and reasonable Rate-of-Return
- to protect consumers
- to favour achievement of policy objectives.

Bad regulation implies:

- failure to adopt adequate tariff methodologies and quality standards
- setting inappropriate benchmarks causing divergences between costs and prices.

However, the *Regulator is almost powerless* when there are:

- poorly designed market structures
- inconsistent government policies
- scarce independence from governments
- macroeconomic crisis conditions.

As a conclusion it could be affirmed that Regional Regulatory Associations can play an important role in the achievement of Security of Supply in the world arena, by encouraging their member National Regulatory Authorities to attain greater compatibility in the regulation of energy in their respective countries.

The World forum of Energy Regulators appreciated the following outcomes of the Report, namely:

- energy sector reform is needed to enhance market efficiency: indispensable to attract private investments;
- regulatory independence is a key prerequisite to enable market reform;

- harmonisation of rules on a regional scale must be achieved to facilitate cross border projects;
- cross-border coordination between regulatory bodies should be established to achieve effective regulation of projects of regional scope;
- best practice exchange is essential, particularly in the development of cross-border projects.

On the basis of the analysis and of the discussions on the security of supply issue, the World Forum of Energy Regulators has been the appropriate occasion to present some basic recommendations for Governments, particularly asked to: unbundle generation/transmission/distribution/supply functions; provide guarantees on projects development; simplify and speed up authorisation procedures; recognise the role of energy regulation as distinct from government energy and social policy; endow regulators with stable responsibilities and an appropriate level of independence and autonomy.

Finally, the Report addresses also some recommendations to energy Regulators, in particular: clearly recognising the impact of their decisions on energy security; ensuring that their decisions promote investments in infrastructure; working towards the harmonisation of rules with those of neighbouring countries; improving the monitoring of quality of supply and reliability standards and, last but not least, supporting domestic energy resource development and end-use efficiency.

After the presentation, during the session of WFER V, chaired by Mrs Lise Duquette, President of CAMPUT (Energy Regulators and Utilities of Canada), an in-depth discussion by the participants followed: they have appreciated the indications of the Report, particularly on how regulators can help to ensure security of supply by encouraging investment in infrastructure while protecting the public interest as well as debating on the financial risks and challenges for developing markets, the renewed interest in long-term contracts terms and specific issues related to cross-border projects in regulatory oversight, funding and cost allocation.

The discussion on this crucial issue will continue to be part of the public debate involving all the stakeholders and decision makers worldwide. ●



The use of soil organic carbon as an indicator of soil degradation

Soil degradation has drawn great attention in soil and land studies over the last decades. The status of soils has been usually analyzed according to their components, focusing on their physical and chemical properties and their changes. However, only recently there have been attempts to aggregate the information into the single concept of soil health, identifying the capability of soil to support the present land use. A healthy soil is in equilibrium with the cover it supports. When this equilibrium is broken, the soil health deteriorates and the soil degrades. The organic carbon content in the soil (SOC) has been proposed to be used as an indicator of the soil health level. Whilst SOC is surely very significant for such assessment, it should not be taken as a comprehensive indicator for all the aspects of soil health

■ *Riccardo Biancalani, Monica Petri, Sally E. Bunning, Mirella Salvatore, Francesco N. Tubiello*

Uso del carbonio organico come indicatore del degrado del suolo

Il degrado del suolo ha suscitato notevole interesse negli studi dei tipi di suoli e terreni. Lo stato del suolo viene solitamente analizzato sulla base dei componenti e, in particolare, delle proprietà fisico-chimiche e le loro eventuali alterazioni. Tuttavia, recentemente si è assistito a tentativi di aggregazione delle informazioni nel concetto unico di salute del suolo, con il quale si intende la capacità del suolo di sostenere l'effettivo uso del terreno. Un suolo sano è in equilibrio con lo strato di copertura che supporta: quando tale equilibrio si rompe, la salute del suolo si deteriora causandone il degrado. Il contenuto di carbonio organico nel suolo (SOC) è stato proposto come indicatore per quantificarne lo stato di salute. Se il SOC è certamente molto importante per tale valutazione, tuttavia non dovrebbe essere considerato come indicatore complessivo per tutti gli aspetti della salute del suolo

Soil has drawn a large/substantial share of attention in land degradation studies compared to vegetation/biodiversity and water resources. Indeed, the original definition of the phenomenon of land degradation was described as the loss of soil productivity and also the GLASOD approach focused exclusively on soils. Although the status of soil depends on several factors, the concept of soil health has been proposed to provide a holistic indicator or index of the condition of the soil in a given

- **Riccardo Biancalani, Mirella Salvatore, Francesco N. Tubiello**
FAO, Climate Energy and Tenure Division, Natural Resources Management and Environment Department
- **Sally E. Bunning**
FAO, Land and Water Division, Natural Resources Management and Environment Department
- **Monica Petri**
FAO, Plant Production and Protection Division, Agriculture and Consumer Protection Department

situation. This soil health concept has been recently developed by the LADA¹ project implemented by FAO (Nachtergaele et al., 2011), and has been proposed as one of the impact indicators in the context of the UNCCD reporting process (Orr, 2011). In this regard, the status of soil health is derived from soil properties that are matched with the actual land use and management practices, so that the concept of soil health reflects the human-soil ecosystem interrelations which determine the soil condition and its dynamics.

However, given the difficulties linked to the assessment of a wide range of indicators of soil health, steps are being taken by several actors, including the GEF, to identify the soil organic carbon as the key single indicator of soil health. Soil is the main pool of organic carbon on Earth, hosting about 1500 Gt of OC, a quantity that is greater than the combined atmospheric and vegetation pools (Lal, 2004). Soil Organic Carbon (SOC) is also a fundamental determinant of fertility, contributing to the biological, chemical and physical aspects of the soil and its capability to sustain plant growth.

During the LADA project, a global study was carried out considering a number of characteristics of land and soil, chosen as indicators of the ecosystem services that land can provide. Some 34 global datasets have been used to collate the information needed to assess and map the indicators of land/ecosystem status and trends. Those indicators have been organized in six main aspects or determinants – biomass, soil, water, biodiversity, economic and social – and indexed in order to create a harmonized representation of the information. In conducting the assessment, both the actual status of the land and the degradation trend have been considered for each of the six aspects. The six aspects have been organized in a radar diagram with six axes to depict the summary result (Figure 1). This paper will focus only on the soil, hence considering only one of the six aspects or indexes of land condition.

Soil health status

The status of soil health has been assessed according to the capability of the soil to support the actual land use. So, it has been considered that a soil under natural vegetation tends to be in equilibrium with its cover,

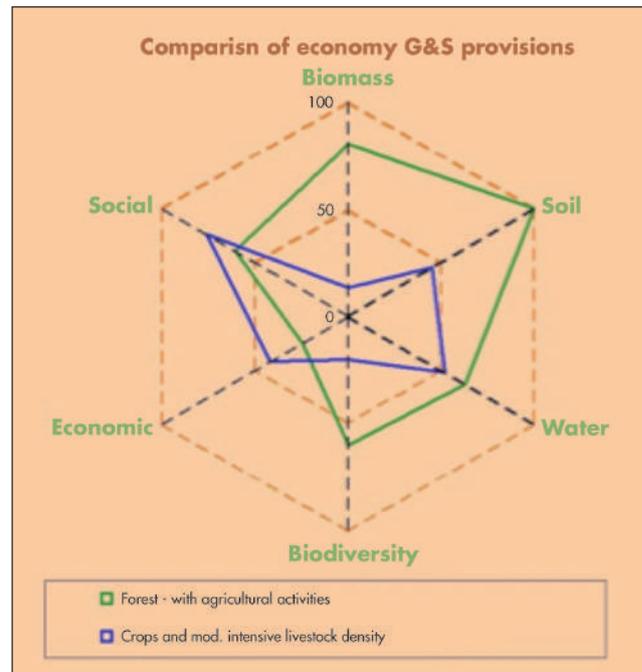


FIGURE 1 Radar diagram of land ecosystem services

and can be consequently assumed to be in good health compared to a soil under human influence which may be degrading, stable or improving depending on the land use and management practices. Soils under agriculture have been classified on the basis of a management factor, calculated according to the Global Agro-ecological Zoning principles (GAEZ) and based on the ratio of actual yield compared with the Maximum Attainable Yield (the latter calculated on the basis of the status of natural resources). (Fischer et al., 2002). Soils under pastoralism have been classified according to the estimated amount of livestock. A preliminary map of the status of soil health is provided in Figure 2.

Soil Degradation Trends

The trend of soil degradation has been assessed by giving a qualitative evaluation to some degradation processes that have been identified as the most important variables that are at the same time possible to evaluate worldwide as global data currently exist. Physical and chemical processes have been considered separately. These

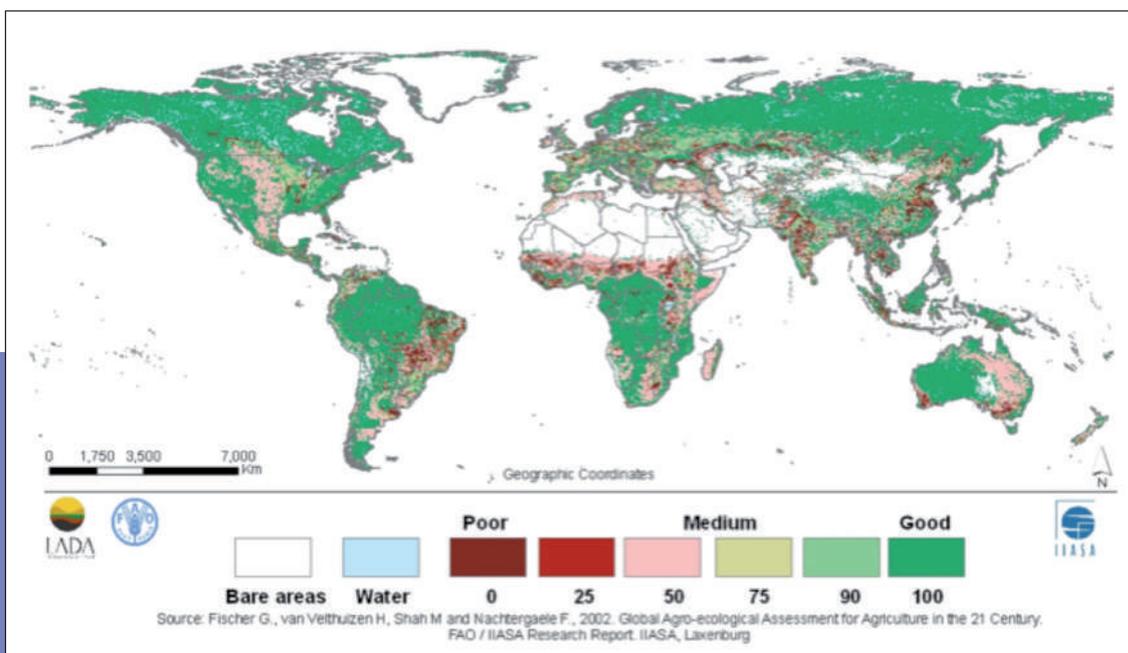


FIGURE 2 Soil health status for present land use

are influenced by soil biological processes, however, global data is not available on soil biodiversity and soil biological function.

Main Degradation Processes Affecting the Physical Characteristics of Soils

Several degradation processes affect the physical characteristics of the soil and its capability of providing ecosystem services. Three major aspects of the physical well being of soils are (a) sealing and crusting (b) erosion by both water and wind, and (c) compaction.

(1) **Soil sealing and crusting.** Soil sealing refers to the artificial covering of the soil surface so that it becomes impermeable to water. It is prevalent in cities and roads, and can be considered an entirely artificial condition. Soil crusting is another phenomenon at the surface of the soil, resulting from the impact of raindrops on the soil surface. It depends on soil texture, aggregate stability, topography and rainfall characteristics (Valentin et al, 2004, Gardner et al, 1999). Although crusting is due to natural processes, soil management factors influence the possibility of

its formation in cultivated soils. Crusting reduces the infiltration rate of water, and constitutes an obstacle to the emergence of seedlings.

(2) **Soil erosion.** Erosion by water is probably the most well known and “popular” aspect of soil degradation, and the most researched one. In the case of water erosion, it may result in substantial loss of topsoil due to sheet or rill erosion or severe landscape deterioration by gullies and ravines, all contributing to sedimentation downstream and the silting up of dam reservoirs. Wind erosion is prevalent in exposed drylands and may result in substantial movements of soil across the landscape, resulting in sand deposits and mobile dunes that may smother arable lands and dust storms that deposit the finest particles even thousands of kilometres from the source. Not all effects of soil erosion are negative locally and they may indeed improve downstream soil fertility, as it is the case in the large rivers deltas that would not exist without erosion in the upland mountains. Nonetheless, accelerated wind and water erosion cause substantial degradation of farmland and loss of productivity on



sloping lands, and most of the displaced soil and nutrients end up in rivers or dams to be finally largely lost in the sea. Extensive research on soil erosion by water has been carried out and formulas exist allowing the prediction of the soil loss as a function of slope, soil type, rainfall, effective land cover and protecting practices (Wischmeier and Smith, 1978). On the contrary, wind erosion is much more difficult to estimate due to the lack of global base data.

- (3) **Soil compaction** is mostly caused by high livestock densities in dry grassland areas that trample the soil and to mechanisation in agriculture, mainly due to repetitive hoeing and ploughing that results in a compacted layer or hard pan at hoe/plough depth and the traffic of heavy machinery for planting, harvesting and other operations. The effects on soil health are variable depending on soil moisture, texture and mineral composition, but they often result in the creation of impermeable soil layers at, or close to the surface – impeding infiltration and causing runoff and erosion – and in reduced porosity, both affecting water retention/availability to plants and preventing roots from penetrating the soil and, hence, plants to grow.

Main Degradation Processes Affecting the Chemical Properties of Soils

Soil health can also be damaged and degraded through chemical processes. Three major aspects of chemical soil degradation are soil nutrient mining, salinization and pollution.

(i) Soil Nutrient mining

Nutrient depletion of soils is a widespread soil degradation phenomenon that can occur as a consequence of soil erosion, since it is the topsoil, in which generally most soil nutrients are present, that is eroded first. One important additional cause are poor management practices such as slash and burn and other subsistence agricultural practices that do not replenish the nutrients taken out of the soil by the crops.

(ii) Soil pollution

Soil health is also affected by the presence and accumulation of toxic substances that may be associated with very high agricultural input and management levels. For instance cadmium toxicity is related to high

phosphorus applications, while the use of excessive amounts of N-fertilizer or untimely applications in regard to rainfall, irrigation and the stage of the crop often leads to nitrate pollution of groundwater.

(iii) Soil salinization

Excess salinization occurs generally because of inadequately managed or maintained irrigation systems, particularly in arid and semi-arid areas. The inappropriate use of salty water and the tendency to cover a large area with limited quantity of available water are common causes of salinization. Indeed, in soils prone to salinization due to high evaporation rates and upward concentration of salts due to capillarity, large amounts of irrigation water are required to not only meet crop requirements but also leach out collected salts from the root zone.

Soil Improvement

Whilst poor land management practices are the main cause of soil degradation – due, for example, to soil disturbance, poor vegetative cover, decline in soil organic matter and nutrients, and so forth –, good management can improve the status of a degraded soil in terms of its bio-physical and chemical properties and functions. Sustainable Land Management practices that are appropriate for a given agro-ecological and socioeconomic context are instrumental in maintaining and improving soil health. Of particular importance in terms of soil ecosystem function and resilience is the management and conservation of the organic carbon content in croplands, grazing lands and forests.

Overall Soil Health Processes

The overall soil health degradation rating is derived by cumulative assessment of the above processes, which determine the extent and degree of soil degradation or soil improvement processes. The global results are given in Figure 3.

Land Degradation and Organic Carbon

Although in many cases soil degradation processes cause a decrease in the content of organic carbon in the soil (SOC), this is an aspect that cannot be generalized. In fact, while the physical processes described above may all create the conditions for a decrease in the SOC

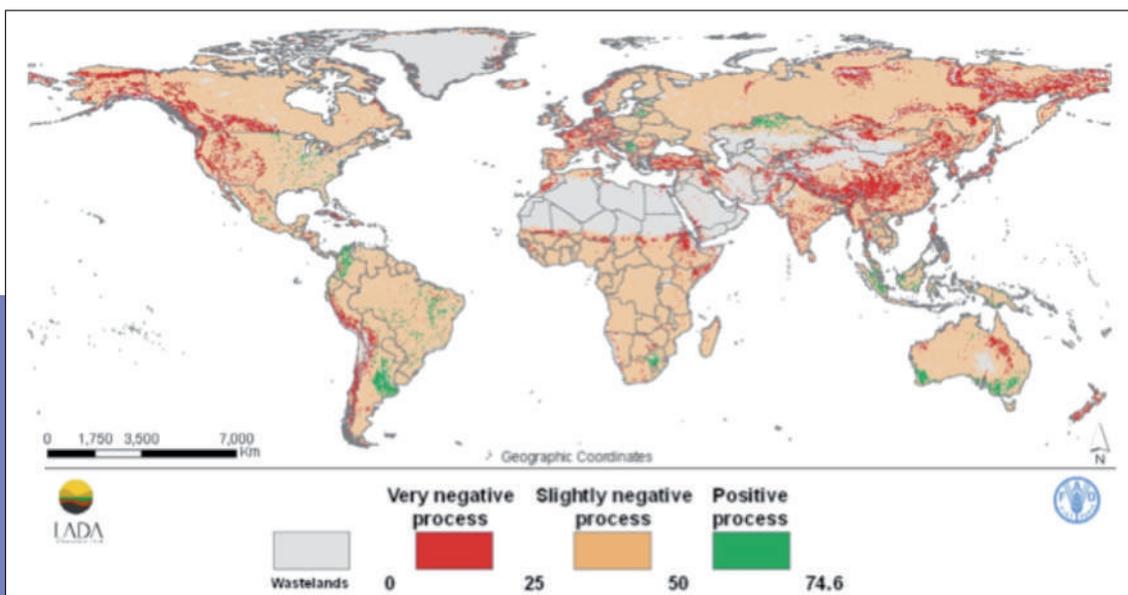


FIGURE 3 Soil health trend

content, chemical degradation can occur also in soils with a high SOC content.

Also, the amount of SOC cannot be used as an indicator for comparison among different types of soil. A healthy soil in a semi-arid environment may well have a lower SOC content than a degrading organic soil in a humid boreal environment. Hence, rather than the absolute content, two parameters should be considered: the change of SOC content over time and the difference between the actual SOC and the maximum possible SOC in the given conditions. While the former is a matter of measurement capacity at a given scale, of soil samples or proximal sensing (such as infrared spectroscopy), the latter has been the subject of the carbon gap study carried out by FAO in 2007. According to the study, “soil carbon gap” indicates situations where soil carbon levels are currently low but medium-to-high technical potential for sequestration exists, depending on soil type, climate, soil moisture and land cover conditions (FAO 2007). The same study reports that around 30 percent (4.7 million km²) of the land characterized by medium-to-high potential for carbon sequestration is located in areas where agricultural production is practised, representing 15 percent of total croplands as defined by GLC 2000. Approximately one quarter of this area is located in Asia and one-quarter in Africa.

The utilization of the Soil Organic Carbon as an indicator or proxy for land degradation is appealing, but needs to be specified and contextualized.

First, the sole focus on SOC is not comprehensive in terms of health or condition of the soil. Pollution and salinization through human activities can occur in soils with high content of organic carbon. Soil organic matter is the food for soil organisms and determines both the soil biodiversity and the associated soil biological functions. Moreover, soil biological processes can break down soil contaminants. However, the relationships are not widely researched or understood and are very complex (type of contaminant, pedaphic and climatic factors, etc).

The soil organic carbon content depends on the rates of decomposition and replacement of the organic material, or in other words the soil carbon balance in terms of SOC sequestration and CO₂ emissions.

SOC content may also be affected by other degradation types, like erosion or compaction. The SOC content determines the availability of nutrients and the retention of soil moisture, which is also affected by the soil pH (chemical reaction), which is influenced by natural and human factors like, e.g., mineral composition, leaching by rainfall, fertilization).

Different soils have different levels of carbon, which cannot be easily changed as SOC can be added but this

is likely to then cause an increase in the soil biological activity and respiration of CO₂. So, a map of the content of organic carbon could not be equalized to a map of soil degradation, and not even to a map of soil health. In fact, even if all soil on Earth would be in its pristine state, there would be still wide differences in its SOC content in different locations, under different climatic conditions and upon different bedrocks.

Even the change in SOC content cannot be considered as a final determination of the actual soil health status and degradation process. In fact, when a soil is already heavily depleted, and possibly under intensive agricultural use, its content in SOC may not diminish anymore. However, still it may be subject to physical degradation, like erosion or compaction, and it is actually more likely to degrade due to the loss of organic cements and the pulverization by livestock or farm machinery. SOC can be divided into fractions, with a stable fraction and labile fractions that are affected by management practices.

Measurement of soil organic carbon is more complex than it may appear, due to high levels of spatial variation, changes in SOC content with soil depth, and uncertainty of predictive models. Although, of course, there are well established laboratory techniques, the measurement of SOC in the field is far less precise, and would need the support of laboratory backup. At large scale, spectrographic technologies based on remote sensing and modelling using field sampling are being increasingly used and seem to provide rather reliable results for SOC. However, they tend to be used to reflect the situation in the top 30 cm or so of the soil profile. Until these measurements and models are more widely used and validated in the wide range of agro-ecological contexts, it may be difficult to use this important parameter of soil health as an indicator of land degradation or improvement at large scale, at the global or national level.

Conclusions

The concept of soil health is very useful to evaluate the capability of the soil to provide ecosystem services in relation to its present land use. Although soil degradation is a complex phenomenon, where many factors are involved, the need has been expressed by some international actors – and specifically by the GEF – of

identifying one single indicator of the capability of soil to provide global environmental benefits. The content of organic carbon in the soil has been proposed as a measurable indicator to this end. However, a distinction needs to be made among different ES, in particular between production and regulatory services, when dealing with soil health assessment. In fact, while SOC can be a good indicator of the capability of soil in regulating the carbon cycle, it is a less specific indicator of productivity, as this depends heavily on other natural factors and management practices.

As often happens when dealing with land degradation assessment, the use of SOC as a single indicator will depend essentially on the ultimate purpose of the assessment itself, but it should not be considered as the overall indicator for all aspects of the degradation process. ●

Acknowledgements

We thank the Governments of Germany and Norway for their generous funding of “Monitoring and Assessment of GHG Emissions and Mitigation Potential from Agriculture,” FAO Trust Fund Projects GCP/GLO/GER/286 and GCP/GLO/NOR/325.

We thank Ms. Maisa Tapio-Bistrom for supporting our work within the FAO MICCA Programme.

1. Land Degradation Assessment in Drylands – www.fao.org/nr/lada

references

- FAO (2007), *The State of Food and Agriculture*, Rome
- Fischer, G., van Velthuisen, H., Shah, M., and Nachtergaele, F., (2002). *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results*; IIASA-FAO
- Gardner, C.M.K., Laryea, K.B., Unger, P.W., (1999). *Soil physical constraints to plant growth and crop production*. FAO Land and water division. Rome
- Lal, R. (2004): Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security, *Science*, Vol. 304
- Nachtergaele, F., Petri, M. & Biancalani, R. (2011). Land Degradation. In: Lal, R. & Stewart, B.A., *World Soil Resources and Food Security Advances in Soil Sciences*, Taylor and Francis, CRC Press
- Orr, B.J. (2011). Scientific review of the UNCCD provisionally accepted set of impact indicators to measure the implementation of strategic objectives 1, 2 and 3. UNCCD, Bonn.
- Valentin, C., Rajot, J. L., Mitja, D., (2004). Responses of soil crusting, runoff and erosion to fallowing in the sub-humid and semi-arid regions of West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104, 2
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. (1978). “Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning.” *Agriculture Handbook No. 537*. USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC.



The Carbon Footprint of Products: a powerful tool to support existing market dynamics in favour of a low carbon economy

The international political negotiation on climate change shows that a top-down approach is not the only way to effectively fight the anthropogenic climate change: also the market can substantially contribute. The existing mechanisms (ETS, CDM and JI) and the carbon tax have been able to generate a new economic value through the carbon price but it shall be considered only the first step towards this direction. Another important economic contribution is expected by the CFP, with its capacity to create new dynamics between producers and consumers. A fair implementation is needed to fully exploit the CFP opportunity, to carefully take into consideration risks of any possible market distortion, in order to facilitate the creation of a low carbon path, both in developed and developing countries.

A specific interest is expected by the food sector, where the CFP may play a central role to facilitate the promotion of low-distance consumption, also known as “0 km supply”

■ *Daniele Pernigotti*

La Carbon Footprint dei Prodotti (CFP): uno strumento potente a supporto delle dinamiche di mercato a favore di un'economia a bassa emissione di carbonio

Le trattative politiche internazionali sul cambiamento climatico mostrano come l'approccio calato dall'alto non sia l'unico modo per combattere efficacemente il cambiamento climatico antropogenico: anche il mercato può contribuire in maniera sostanziale. I meccanismi esistenti (ETS, CDM e JI) e la tassa sul carbonio hanno generato un nuovo valore economico mediante l'attribuzione di un prezzo al carbonio, ma sarà solo il primo passo in questa direzione. Un altro importante contributo economico è atteso dalla CFP per la sua capacità di creare nuove dinamiche tra produttori e consumatori.

Per valorizzare appieno l'opportunità offerta dalla CFP di tener conto di tutti i rischi di qualunque eventuale distorsione del mercato, al fine di facilitare la creazione di un percorso a bassa emissione di carbonio sia nei paesi industrializzati sia in quelli in via di sviluppo, è necessario che venga applicata correttamente.

Un interesse particolare è previsto nel settore alimentare, dove la CFP può avere un ruolo chiave per facilitare la promozione del consumo dei prodotti cosiddetti “a km zero”

A top-down approach is not enough

Climate change seems to be a problem of eyesight defect. On the one side scientists may be considered

■ **Daniele Pernigotti**

Italian delegate to ISO/TC 207/SC7/WG2, National Coordinator of UNI WG on GHG



“far-sighted”, as they concentrate on what it will probably happen far from now, in the next decades or, more likely, at the end of the century. That will happen when it is virtually certain that nobody among who is writing or reading this article will have the opportunity to experience the correctness of any climate model projection.

On the other side, politicians are strongly affected by myopia, considering that they generally focus their attention on what it may happen during the few years of their mandate or, in the worst case, on the results of daily polls¹.

Out of focus in between, there is the destiny of billions of people, partially responsible of global warming with their behaviour as well as affected by the consequences of the ongoing changes.

In 2009, during the preparation of COP15, the former UNFCCC Executive Director, Mr. Yvo de Boer, repeated as a mantra that the solution for the climate crisis had to be found right there in Copenhagen because “there is not a Plan B”². Nonetheless, the call for a deeper commitment of the Parties did not work and the plan A failed without excuses³.

Today, the three-year track of the Durban Platform⁴ (which was agreed last year) roughly reproduces the aim of the two-year Bali Road Map (2007) and it seems very similar to the kind of Plan B mentioned by Mr. Yvo de Boer.

The hope is to achieve plan B: that would be enough to stop the most dangerous consequences of climate change by maintaining the increase in temperatures below 2° C. Observing the negotiation process of the latest years, it is easier to find difficulties rather than a substantive will to move together towards a global, ambitious, effective and comprehensive international agreement .

In the meanwhile, CO₂ emissions are continuously registering new records, year after year (30.6 billion of tons in 2010⁶, 31.6 in 2011⁷) such as its concentration in the atmosphere, today close to the symbolic threshold of 400 ppm. The discussion about the Arctic Pole is now more oriented to who has the right and how to use its more easily achievable natural resources⁸, rather than if the ice surface reduction should worry the planet. In the media, the extreme weather events are nowadays becoming almost a normal and accepted condition.

In this framework, there is no doubt that an international agreement is fundamental but not enough to solve climate change⁹.

The market is already moving

It is not possible to apply an effective solution to climate change without a deep and extensive involvement of people in their double role of citizens and consumers. The first kind of involvement is necessary to create the fundamental bottom-up pressure needed to foster any government towards an ambitious global deal.

Consumers are equally important to facilitate the drastic change in the market dynamics in order to realize the revolution expected in the next years.

Something has already started to change in the last decade. The Emission Trading Scheme (ETS) operating from 2005 in the EU, together with the Clean Development Mechanism (CDM) and the Joint Implementation (JI) under the UNFCCC umbrella, introduced the CO₂ as a new economic value¹⁰. At the beginning of May, with almost unanimity, an ETS was approved also in South Korea¹¹: in this way the country exceeded the tactical moment existing in Asia, where Japan and China are slowly moving forward on this topics, but avoiding to do the first step in order to control what has been done by the respective big economical competitors. The voluntary movement of China in this area is however interesting, taking into account that it is not part of the group of countries formally committed under the Kyoto Protocol (KP) with greenhouse gas (GHG) targets reduction. In fact, a pilot ETS should be implemented in six provinces of China by 2013 as well as at the national level by 2015¹². According to Bryony Worthington and Terry Townshend,¹³ the reasons why China is moving towards ETS are threefold: to maintain social cohesion through a sustainable growth; since command and control policies applied to date do not stimulate innovation nor encourage enterprises; and, finally, because after the 2011 Durban Conference, China knows that it is expected to take part in an international agreement to cut global emissions from 2020.

In Australia the situation is more complicated:¹⁴ the attempt to introduce ETS was one of the main reasons which pushed Kevin Rudd to resign in favour of the par-

ty's colleague Julia Gillard. She moved straight towards the ETS, despite the strong opposition of the important national lobby of the coal industry¹⁵. The aim is to introduce ETS after 3 or 5 years from the launch of the carbon tax¹⁶. The law has been approved in November 2011¹⁷ and a new tax will be on place from July 2012 with a value of A\$23 (almost €19) per ton of CO₂. An ETS is already on place in New Zealand too, from July 2010¹⁸. The carbon tax has also been discussed for quite a long time in the EU. France renounced to its carbon tax when the project was already announced¹⁹ because the government was worried that competitiveness might possibly sink²⁰. Ireland introduced a carbon tax of 4c a litre in 2010²¹. Italy is ready to introduce a carbon tax of a not yet defined value, included between 4c and 24 c²².

For many countries (i.e., Norway, Australia, New Zealand) the availability to commit for more ambitious targets in the UNFCCC context is subject to the availability of a market-based mechanism²³.

The Norwegian climate policy is based on the principle to put a price on emissions, through economy-wide measures. From 2013, about 80% of emissions in Norway will be covered by economic instruments (CO₂ taxes or emissions trading).

The same applies to the Switzerland, which approved a legislation in December 2011, for the 2013-2020 period, setting several instruments, such as a CO₂ levy on fuels used for energy and an ETS for large industries. A new market-based mechanism has been agreed in the UNFCCC context, although modalities and procedures are yet to be elaborated and a decision is expected by the end of 2012.

The existing and evolving ETS and carbon tax at the international level are confirming the prospect of a growing and extensive CO₂ price, which gives extra value to the investments in energy efficiency and facilitates the introduction of low carbon technologies and solutions.

The actual development of the Carbon Footprint of Products

A further and powerful market mechanism is growing very fast with regard to products at the international

level, acting on the important producer-consumer relationship.

The crucial importance of the Carbon Footprint of products (CFP) is found in the capacity to condense in a single number the GHG emissions arising from the entire life cycle of a product. Through this tool the producers may have a double set of advantages: internally, they achieve a detailed description of the amount of GHG emitted in the product life cycle, mainly linked to its energy content, besides knowing in which phases this happens. The "external" advantages are probably even more attractive, based on the possibility to use the CFP as the preferred way to communicate the product's climate characteristics to clients.

This is exactly what consumers are increasingly looking for at the international level, with the awareness that their purchase choices have a central role in the market dynamics in order to address the transition to a low-carbon economy. The idea that, in the near future, there will be a great spread out of information about the CFP, also has a strong potential to increase the consumers' awareness related to choices and behaviours in daily life.

In June 2012 more than 27.000 products have obtained the CFP Carbon Trust certification in 21 countries²⁵. Different national schemes for CFP have been created in several countries, such as UK, Japan, Sweden, Korea and Thailand, and it is expected that several more will be developed in the next few years.

Also in Italy the situation on this topic is changing very quickly and the Minister of the Environment, Mr. Corrado Clini, is showing particular attention to the CFP as may be understood by the creation of a pilot project involving 22 different products of large use (Table 1). It is not excluded that the forthcoming months may lead to the creation of a National scheme of CFP.

All these examples of strong attention already achieved in so many countries may be explained only taking into account the combination of opportunities for producers and consumers and the consequent possibility to create new market dynamics among these actors. Nevertheless, a single international standard reference is still missing.

Organization	Product
Caseificio Amiata	Portion of seasoned cheese Pecorino Toscano DOP
Suncover	Special roller blinds
Bauxt Blindate	Reinforced door “Plank” of Bauxt
San Benedetto	Bottled mineral water and soft drink
Lete SpA	Mineral waters Lete and Sorgesana
COOP Italia	Several groceries and bulk goods
Latteria Montello	Cheese dairy products
Distretto Latte Lombardo	Milk
Cantine San Marco Srl	Products of winery San Marco
CISPA	Bottling and distribution of beer
Rolli Alimentari SpA	Production of frozen groceries
Eridania	Sugar
Azienda Agraria Seggiano di Paolo Fantozzi	Truffle sauce and balsamic vinegar
Granarolo	Products of Granarolo brand
Agricola Castello Monte Vibiano Vecchio	Olive oil
Grafiche Bovini	Comic book
Sorrento Sapori e Tradizioni	Pizza
Ar Alimentare SpA	Frozen bakery product distributed by AR
Gruppo Millepiani	Elevator “Planet”
Ecor NaturaSi SpA	Groceries of NaturaSi
Al.TRAI	Dairy products
Graficart	Art book
Distretto del Mobile Livenza	Three types of wooden furniture
Emilceramica	Ceramic tiles

TABLE 1 Different products of large use involved in the Italian pilot project

An international standard by summer 2013

The first reference document on CFP has been the PAS 2050, published in 2008 by BSI, the British Standardization Institute. Technically speaking this is not a standard but a Public Available Specification. The difference between the two levels of documents is mainly related to the involvement of stakeholders in the development process and the time needed to complete and publish them. Both kinds of documents may introduce specifications and requirements and, probably for this reason, now everyone calls the PAS 2050 a CFP “standard”.

The choice to develop a PAS has been related to the

awareness of an already existing market request for this kind of tool. Therefore, the “time” factor has been considered crucial for the success of the project and, as a matter of fact, the PAS 2050 has been produced only in one year. Carbon Trust – a private company created in 2001 by the UK government to foster low-carbon technologies and solutions – and DEFRA – the UK Environmental Agency – promoted the document. The revision published in 2011 has been sponsored by different actors, all part of the UK national departments: DECC (Department for Environment and Climate Change) and BIS (Department for Business, Innovation and Skills), together with DEFRA²⁶. This is a

Approval	Disapproval
Australia	Argentina
Austria	Armenia
Bangladesh	Bahrain
Brazil	Canada
Costa Rica	China
Cuba	Colombia
Finland	Ecuador
France	Egypt
Indonesia	Germany
Israel	Ghana
Italy	India
Japan	Mexico
Jordan	Pakistan
Kenya	Russian Federation
Korea	Singapore
Lebanon	Spain
Malaysia	Trinidad and Tobago
Mauritius	Vietnam
Netherlands	
New Zealand	
Norway	
Portugal	
Senegal	
South Africa	
Sweden	
Switzerland	
Thailand	
Tunisia	
Turkey	
United Kingdom	
USA	
Zimbabwe	

TABLE 2 Ballot result on ISO/DIS 14067

clear evidence of the UK Government's attention to the market opportunity for the CFP.

Also in 2011 the PAS 2050 revision has been published and another CFP reference document has been issued

by WRI (World Resources Institute) and WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). The publishing of both documents has been delayed with regard to the original time schedule due to the focus that the two processes reserved to the ongoing decision on ISO 14067. The high level of attention to this standard is justified by the awareness that this will become the main standard reference, once published. However, the development path towards the ISO standard is not so easy. In the past there have been more stops to its mandatory development steps (WD, CD, DIS and FDIS), documented by the three revisions of the Working Draft and the three revisions of the Committee Draft. Nowadays, the balloting to move from DIS to FDIS failed with a 33% of negative vote against the maximum accepted threshold of 25% (Table 2)²⁷ forcing to a second DIS 2 stage.

A tool facilitating low-carbon economy rather than building up trade barriers

Why such an important and expected standard is finding all these difficulties in its development, being forced to repeat time after time the same development steps (WD and CD) and then failing the ballot from DIS to FDIS? Probably there exist some internal causes in ISO because this process has not always been managed in an effective way. However, the main reasons are related to the number and importance of different interests, rather than lobbies, acting around this topic. It is normal to expect that any powerful tool may generate big opportunities as well as big risks. There is no doubt that ISO 14067 will play a very powerful role in the international market and the level of pressure influencing the Standard's text and its requirements becomes evident.

There are, for example, different expectations on ISO 14067 among fossil and palm oil companies, concrete and wood industries, or the view of the consumers and the industrial associations. Yet, probably one of the most crucial factors that will decide the future success of the Standard is its potential role in the market relation between developed and developing countries. For a deeper understanding of this area of interest it might be useful to describe a couple of examples.



The first one is already 5 year old. In 2007 Tesco, the big UK retail company, decided to evaluate the CFP of a set of products. Among them, there were flowers produced in Kenya. The most important contribution of the CFP on these flowers was connected with the aircraft transportation. For this reason, Tesco decided to halve the amount of flowers supplied by Kenya. A broad discussion followed these decisions in the UK, due to another kind of considerations, such as the role of agriculture for a sustainable development path in Kenya²⁸ or technical considerations about the environmental impact evaluation during the cold season, when the flowers coming from the Netherlands have a CFP 5 times as bigger as the African one²⁹, due to the additional energy input for their cultivation in greenhouses.

Anyhow, the Kenya Flower Council called for a risk of creation of trade barriers³⁰.

Probably this situation forced the developing countries to ask and obtain the introduction of the requirement to report separately the aircraft emissions in the current version of the ISO 14067, despite the complete absence of technical reasons to treat this emission differently than the ones arising from sail and road transportation.

The other crucial example happened before the Oslo meeting in June 2011, when a decision had to be taken on the possible upgrade of the ISO 14067 CD2 to the DIS level.

In the official balloting before the meeting, Egypt voted to move the document from CD to DIS. After that,

Country	Comments
Pakistan	This again brains back the prospects of using ISO standard on CFP, namely ISO 14067 as a trade barrier
Russia	The standard can be used for differentiation of the goods and services on the base of their carbon footprint with further application of non-tariff barriers to an import of “ecologically dirty” goods (services), and also for application of the differentiated rates of import duties on the goods ... For the Russian export the negative influence would affect the decrease in competitive ability of power- intensive goods...
Trinidad and Tobago	Due to the fact that Trinidad and Tobago is a two-island state, all of our product exports have to be shipped to receiving consumer countries either via sea or air. The current standard has included transportation processes as part of the CFP process. This could penalise countries that are relatively distant from their main markets and that depend on international transport for the export of their products and services. This effectively places developing countries at a disadvantage when exporting and will skew the CFP in favour of those countries with a shorter transportation route
Bahrein	The draft with its current content will cause negative economic impact on Kingdom of Bahrain’s main exports.
Mexico	We should consider WTO principles very carefully so as to avoid technical barriers to trade.
Armenia	SARM (Armenian Standardization Body) has discussed the ISO/DIS 14067 with BIS (Indian Standardization body) and fully supports and agree to the comments presented below.
China	Propose to change from the requirement standard into a guidance document
Vietnam	The publication of this international standard would be contrary to the international regime under the UNFCCC, which lays down differentiated responsibilities for developed and developing countries...
Pakistan	...standards would be published as a requirement standard which would than be used as a tool for imposition of non tariff barriers (NTBs) by members who incorporate this standard in their technical regulation by differentiating products on the basis of their carbon footprint
Colombia	The scope of this standard shall be stated that this document shall be not certifiable and that it specifies principles and guidelines for studies to quantify and communicate CFP, hence the Colombian committee suggests to develop this document as a Guideline or PAS

TABLE 3 Examples of some comments received on ISO/DIS 14067 and discussed at the Bangkok meeting in June 2012, dealing with the trade barrier problem. Bold fonts are introduced by the author

the India Foreign Minister wrote a letter to the Egyptian Foreign Minister to claim for the positive vote of the Mediterranean country. It is really unusual, almost surely the first time in the environmental sector, that such a high level politician takes part directly in an ISO technical process.

As a consequence, Egypt expressed a negative vote in the following ballot in June 2012 (to decide if moving the DIS to FDIS), although it is possible that additional causes contributed to this change of position. Informal confirmation of a broader lobby activity from India pushed other countries to decide for a negative vote. For example, Armenia expressed, with its negative vote, full support to the Indian position³¹ and, on the “secondary data” item, India and other three countries expressed exactly the same comment. The large majority of negative votes from other countries were justified by the concern that ISO 14067 would have created a new kind of trade barrier (Table 3).

To give an answer to this concern, in the same month, at the Bangkok meeting, a specific clause was been proposed (4. Application) in the ISO/DIS2 14067, improving the previous Oslo’s version³² and specifying that the standard *shall not be adopted or applied in a manner that results in barriers to trade that contradict WTO requirements*, aiming at solving the developing countries’ opposition.

Carbon will play an important role in future markets

The CFP is, therefore, just in the middle between the risk to facilitate the creation of an unattended trade barrier and the strong need to use the market potentiality to build up the needed pressure from the bottom, in order to complement (or substitute, in the worst case) the necessary international top-down new political deals.

As a matter of fact, bottom-up and top-down approaches have a complementary role and the hurdle of politically achieving an international deal may force some countries to ask for the introduction of different kinds of market tools. In this respect, the choice of Mr. A. Montebourg, the France Minister of Industrial Renewal, to introduce a carbon tax on goods imported

from outside Europe should be understood³³. This was thought in order to balance the European situation with other developed countries, whereas the absence of any commitment on GHG reduction may generate a different structure of costs for goods’ production hence creating a clear market distortion.

The possibility to create trade barriers is therefore deeply connected with the existence of strong, comprehensive and effective international agreements.

Within this framework, the possible role of CFP as trade barrier should be considered more connected with external factors and political choices rather than with technical characteristics, such as requirements introduced in an ISO standard.

Global and local food

The CFP may play an important role in the food sector to facilitate the development of local markets as possible alternative of the globalization. This may generate large discussions on the implication of this case in terms of lack of economic opportunities, but it is fundamental to always keep in mind the dimension of the challenge that climate change is asking to face.

This implies that strong changes in consumer behaviours are not more deferrable. Just last year, on the occasion of the ISO meeting in Toronto to develop the ISO 14067, in a restaurant a maitre served me a bottle of water produced less than 100 km from my house in Italy. And this happened in a country that does not have any problem of water availability. How is it possible to imagine 50% of global GHG reduction by 2050 (compared with 1990) without changing this kind of market pattern? This personal experience could be probably replicated for large part of the food sector, where the main contribution of foods and beverages to CFP may be due to their long transportation distances.

In order to reduce the importance of this kind of GHG global emissions and to promote local agriculture, several movements promoting the “0 km products” approach in the food sector were initiated in the last years. In this context, the CFP could play an important role to support with objectivity this evolution that started to be part of the market dynamics before the idea of CFP was launched.

A radical change from the globalization to the localization approaches may seem today unlikely considering the actual market dynamics. Reality is also expected to change radically in the next years to build up an effective answer to the anthropogenic global warming, and it is very likely that what today seems impossible in few years may become simply the reality.

Conclusion

The high level of attention paid to the development of the CFP standard ISO 14067 shows the important role this document will have at the international level when published. Some developing countries are worried that the new standard may create undesired trade barriers but this seems to be related more to the international political negotiation than to the content of a technical standard. The ISO 14067 development process has been largely delayed, as evidence of the large level of existing interests, but it does not seem possible it will fail considering that other CFP standards are already present in the market. The CFP will probably play a key role, particularly in the food sector, where it may objectively support the already existing dynamics in favour of the local agriculture production.



notes

1. Daniele Pernigotti – Il clima; Giunti Editore, 2011
2. Yvo de Boer - There is no Plan B; Financial Times, 2/12/2009
3. Daniele Pernigotti – Il fallimento, il prezzo della Cina; Unità, 20/12/2009
4. Daniele Pernigotti - Durban: some progress, vastly outpaced by global warming; Planetnext, 19/12/2011
5. Daniele Pernigotti - Climate Change – CO₂ spikes, remedial action slumps; Planetnext, 29/05/2012
6. Muriel Boselli - IEA sees record CO₂ emissions in 2010; Reuters, 30/05/2011
7. IEA - Global carbon-dioxide emissions increase by 1.0 Gt in 2011 to record high; www.iea.org, 24/05/2012
8. William Marsden – Fools Rule; Kindle Edition, 2011
9. Daniele Pernigotti – Carbon Footprint; Edizioni Ambiente, 2011
10. Daniele Pernigotti – Come affrontare i cambiamenti climatici; Il Sole 24 Ore Editore, 2007
11. Meeyoung Cho - South Korea approves carbon trading scheme; Reuters, 02/12/2012
12. Reporting by David Stanway; Editing by Ed Lane - China planning emissions trading in 6 regions; Reuters Africa (Point Carbon), 11/04/11
13. Bryony Worthington and Terry Townshend - Emergence of Asian-Pacific emissions trading hub; The Korea Herald, 13/05/2012
14. Malcolm Farr - Kevin Rudd handed double-dissolution trigger as Senate rejects Emissions Trading Scheme again; the Telegraph, 2/12/2009
15. Gemma Daley - Australia's coal miners plot against Gillard's carbon trade plan; Business Day, 7/07/2011
16. Alastair Morphet - Carbon tax - Australia's approach; Business Live, 13/04/2011
17. Australia Senate backs carbon tax; BBC, 8/11/2011
18. www.climatechange.govt.nz/emissions-trading-scheme
19. Angelique Chrisafis - Sarkozy launches carbon tax to help 'save the human race'; the Guardian, 10/09/2009
20. Lizzy Davies - Nicolas Sarkozy under fire after carbon tax plan shelved; the Guardian, 23/03/2010
21. Carbon tax comes into effect today; Irish Examiner, 1/05/2010
22. Paolo Vignando - La carbon tax pilastro del prelievo ambientale; Il Sole 24 Ore, 23/04/2012
23. UNFCCC Technical Paper - Quantified economy-wide emission reduction targets by developed country Parties to the Convention: assumptions, conditions, commonalities and differences in approaches and comparison of the level of emission reduction efforts; FCCC/TP/2012/2, 8/05/2012
24. UNFCCC Decision 2/CP.17 – Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention; FCCC/CP/2011/9/Add.1, 11/12/2011
25. <http://www.carbontrust.com/client-services/footprinting/certification>; 10/06/2012
26. Daniele Pernigotti – Carbon Footprint; Edizioni Ambiente, 2011
27. ISO/TC 207/SC 7/WG 2 N379 – Balot result on ISO DIS 14067 – Disapproved; 15/06/2012
28. Riungu C. e Redfern P. - UK minister backs Kenya flower exports; Daily Nation, 15/02/2007
29. Editoriale - Let's Compare Carbon Footprints; Human Flower Project, 16/02/2007
30. Redfern P. e Kang W. - Kenya: UK Retailer's Move to Cut Farm Exports; Daily Nation, 24/01/2007
31. ISO/TC 207/SC 7/WG 2 N382 – Revised collated comments on ISO/DIS 14067; 18/06/2012
32. ISO/TC 207/SC 7/WG 2 N371 – ISO/DIS 14067 (E) Official version; 18/01/2012
33. Frédéric Simon - France plans to revive EU carbon tariff; the Guardian, 18/05/2012.



Analysis of global emissions, carbon intensity and efficiency of food production

Greenhouse gas (GHG) emissions from agriculture, including crop and livestock production, forestry and associated land use changes, are responsible for a significant fraction of anthropogenic emissions. Using data from a new GHG global database developed at FAO, we focus on global indicator trends in the agriculture sectors, in relation to the carbon intensity of key food commodities. In particular, we find that the carbon intensity of meat and milk production decreased significantly over the period from 1961 to 2010, largely due to increases in animal productivity. At the same time, agricultural emissions nonetheless increased by 1.6% annually, reaching 5.4-5.8 Gt CO₂ yr⁻¹ in 2010

■ *Francesco N. Tubiello, Mirella Salvatore, Simone Rossi, Alessandro Ferrara*

Analisi delle emissioni globali di gas serra, intensità di carbonio ed efficienza della produzione alimentare

Le emissioni di gas serra (GHG) dovute a pratiche agricole come, ad esempio, la produzione di raccolti e gli allevamenti di bestiame, la silvicoltura e gli usi del terreno associati, sono responsabili di una importante frazione di emissioni antropogeniche. Utilizzando i dati di un nuovo database globale di emissioni GHG sviluppato alla FAO, riportiamo i risultati di un'analisi globale sulla intensità di carbonio di alcuni prodotti alimentari chiave. In particolare, si è riscontrato che l'intensità di carbonio della produzione di latte e carne è diminuita considerevolmente dal 1961 al 2010, principalmente grazie all'aumento della produttività animale. Durante lo stesso periodo, le emissioni agricole sono comunque cresciute dell'1,6%, raggiungendo 5,4-5,8 Gt CO₂ yr⁻¹ nel 2010

Greenhouse gas emissions (GHG) from agriculture, forestry and other land uses (AFOLU) are characterized by large uncertainties, due to several issues. These include, first, gaps in assessing and analyzing critical activity data such as the information related to cropland, grassland and forest management, as well as livestock dynamics and input statistics. Secondly, the biophysical processes responsible for GHG emissions are either poorly understood, requiring

too detailed spatial and temporal information and processing, or a combination of both, resulting in large

■ *Francesco N. Tubiello, Mirella Salvatore, Simone Rossi, Alessandro Ferrara*
FAO, Mitigation of Climate Change in Agriculture Programme, Natural Resources Management and Environment Department

■ *Simone Rossi*
FAO, Statistics Division, Economic and Social Development Department

uncertainties in the estimated emissions. By contrast, emissions from fossil fuels are well documented and regularly reported by several sources, including, importantly, the International Energy Agency (IEA, 2011). This fundamental gap is an obstacle to more precisely characterizing emissions related to food, wood and fiber production, and associated land use and land-use changes. This in turn creates uncertainty in identifying critical performance indicators that can be used in the analysis of trends, informing policy makers on which response strategies are necessary today and in coming decades for reducing the threat of climate change and best suited to specific needs of different regions and production systems. Specific interventions in the AFOLU sector are of significant interest to many developing countries, including the least developed ones, in view of post-2012 agreements and the role for burden sharing between parties to the United Nation Framework Convention on Climate Change, considering that the AFOLU sector is of critical importance to identify development strategies that jointly address resilience, food security and climate change response strategies (FAO, 2011).

The latest peer-reviewed document estimating GHG emissions from agriculture and forestry was the IPCC 2007 Report (Smith *et al.*, 2007), based mainly on 2004 data from the Environmental Protection Agency (EPA). According to IPCC, in 2005 GHG emissions from agriculture were 5.1-6.1 GtCO₂eq yr⁻¹, with another 7.5-8.5 GtCO₂ yr⁻¹ related to the FOLU sectors – dominated by gross deforestation, biomass decay, peat fires and peat degradation. Compared to total estimated GHG anthropogenic emissions in 2005 of 50 GtCO₂ yr⁻¹, the AFOLU sector may thus have accounted for up to a third of total anthropogenic forcing. Ongoing refinement of AFOLU emission estimates, as well as their continuous update, thus matter greatly for both science and policy reasons. Scientifically, improved estimates of anthropogenic forcing and its trend evolution are needed to more reliably predict medium to long-term climatic effects and determine viable mitigation strategies (e.g., Houghton *et al.*, 2012; Hansen *et al.*, 2012). Politically, improving assessment and reporting of AFOLU emissions is fundamental to support the ongoing negotiations on agriculture within

the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (FAO, 2011; Karsenty, 2012).

Importantly, reliable estimates of GHG AFOLU emissions, by sector and region, allow for the analysis of indicators that are useful to identify mitigation response strategies consistent with the current production systems and their future evolution. Key indicators include efficiency of production with respect to GHG emissions, or more simply, carbon intensity per unit product of a given commodity, related to its productivity within a particular system.

The most fundamental problem associated with improving estimates of the AFOLU sector, in order to complement the IEA's fossil fuel data, is related to the much higher level of uncertainty characterizing the AFOLU data compared to the fossil fuel emission data. While CO₂ emissions from fossil fuels may carry a 10-20% uncertainty at the national to global levels, emissions from agriculture (crops and livestock production) carry large uncertainties, ranging 10-150% (IPCC, 2006); emissions related to the AFOLU sector, especially biomass burning and organic soils degradation, may be larger still – albeit somewhat constrainable via atmospheric measurements and inversion modeling (e.g., Friedlingstein *et al.*, 2011). While the uncertainty consideration is unavoidable, a bottom-up database, global and with country-level detail, can and should nonetheless be constructed in a fashion that is consistent with the IEA approach, in order to begin bridging some of the gaps and meet the science and policy needs highlighted above. We further report on current efforts at FAO to build such database, and provide examples of applications with respect to GHG-related production and productivity indicators.

Materials and methods

We developed a global GHG emission database with country-level detail, using activity data from the FAOSTAT database (FAO, 2012). These data (e.g., crop area, yield, livestock heads, etc.) are those collected by member countries, typically via National Agriculture Statistical Offices, and reported to FAO. This process results in an internationally approved, coherent

Category	1961	1990	2000	2005	2010
Enteric Fermentation	1,375	1,875	1,863	1,947	2,018
Manure left on Pasture	386	578	682	731	764
Synthetic Fertilizer	67	434	521	582	683
Rice Cultivation	366	466	490	493	499
Manure Management	284	319	348	348	353
Crop Residues	66	124	129	142	151
Manure on Cropland	59	88	103	111	116
Total	2,604	3,883	4,136	4,354	4,586
Degraded Organic Soils				250-450	250-450
Biomass Burning				550-750	550-750
Agriculture Total (mean)				5,354	5,586

TABLE 1 Agriculture GHG emissions (MtCO₂eq yr⁻¹) from agriculture in the FAOSTAT database by sector. A combined total for 2005-2010 is obtained by adding estimated emissions from biomass burning and degrading organic soils. The year 2005 is included for comparison to IPCC (2007)

data platform covering key information on inputs, production, costs and socio-economic indicators, trade and food balances, for a large range of agriculture and forestry products worldwide. The database is used widely in peer-reviewed literature as the basis for a range of AFOLU-related analyses, from global agriculture perspective studies (e.g., *Foley et al., 2011*) to land-use change assessments of importance to carbon cycle studies (i.e., *Friedlingstein et al., 2011*). We applied basic, standard IPCC default equations for assessing bottom-up, country-level GHG emissions. Using IPCC guidelines and a Tier 1 approach (*IPCC, 2006*) we computed, for each sector for which the needed AFOLU activity data were available in FAOSTAT:

$$GHG = EF \cdot AD \quad (1)$$

Where: GHG = greenhouse gas emissions; EF = Emission factor; and AD = activity data. Emissions were computed for nearly 200 countries for the reference period 1961-2010, covering emissions of non-CO₂ gases (CH₄ and N₂O) arising from enteric fermentation, manure management systems; synthetic fertilizers, manure applied to soils and left on pastures; crop residues; rice cultivation (Table 1). More detailed emission estimates are reported elsewhere (*Tubiello et al., 2012*). This paper reports, instead, on global GHG emission estimates and derived indicators computed

with respect to global production data within FAOSTAT (FAO, 2012).

In particular, we analyzed carbon intensity and efficiency of crops, meat and milk supply by combining GHG emissions associated to a given product, based on the underlying FAOSTAT activity data on global primary production across food commodities, together with data on primary supply for direct human consumption in terms of crop and livestock products (e.g., grains, vegetables, meat and milk). To this end we applied simple equations for assessing bottom-up, country-level GHG indicators. Using established IPCC methodological work (e.g., Kaya identities, *IPCC, 2007*), we computed the following indicators, based on the activity data available in FAOSTAT:

$$I_{GHG,P} = GHG_P / P \quad (2)$$

$$\varepsilon_P = P / AD \quad (3)$$

Where: $I_{GHG,P}$ = carbon intensity of product P; GHG_P = greenhouse gas emissions associated to product P (crop, meat, milk); and P = Production. Furthermore, ε_P = Productivity of product P per unit activity data (i.e., milk per cow). Emissions were computed for nearly 200 countries for the reference period 1961-2010. We plotted carbon intensities either as a function of time across the same set of globally aggregated data categories, allowing for an analysis of their time evolution, or alternatively, as a scatter plot against



production efficiencies. The analyses with the former method allow for a consolidated analysis of the food system in terms of the dynamics between intensity and efficiency of production.

According to the IPCC (2007) and recent data from FAO (*Tubiello et al., 2012*), the largest contributors to agriculture emissions are enteric fermentation (38%), manure left on pasture (14%), synthetic fertilizer (13%), biomass burning (11%), rice cultivation (9%), manure management systems (7%), N₂O emissions from organic soils (5%), crop residues (3%), and manure applied to cropland (2%). The following GHG aggregations were further considered. We defined a 'livestock' emission category as the sum of emissions from enteric fermentation and manure emissions, plus emissions from cropland related to feed¹. This represented over 80% of total agriculture emissions, in line with recent estimates (FAO, 2008; Leip *et al.*, 2010). GHG emissions related to direct human consumption of food crops were computed as a difference from the livestock estimates, i.e., they contributed 20% towards total emissions.

It should be kept in mind that the computations performed herein and the data presented are not life-cycle analyses (LCAs) – which typically consider additional GHG emissions related to processes beyond the agriculture sectors activities we analyzed in our database, such as direct and indirect land-use changes related to crop production or pasture; processing and waste at both factory and retail points; and transportation. Thus the carbon intensities we report herein may be lower than in LCA publications. Nonetheless, the novelty of the methodological work presented herein is that, while other databases with total or partial coverage of GHG emissions from AFOLU exist (*UNFCCC, 2012; EPA, 2006; EDGAR, 2012*), the FAOSTAT GHG database allows for a fully consistent elaboration of composite indicators for further analysis, combining in a unified data platform agriculture activity data and associated GHG emissions.

Results

The GHG emission and global agriculture production data presented herein cover the period 1961-2010, at country level, based on a single, coherent

computational platform that links activity data to emissions, consistently with FAOSTAT data and IPCC guidelines. This manuscript focuses on analyses of temporal and production system trends. An online version of the FAOSTAT GHG database, allowing for full country-level analysis, is nearing completion and will be released before the end of 2012. It is noted that the FAOSTAT GHG database is not a replacement for UNFCCC reporting of its member countries. Rather, the database aims at supporting the international scientific community by providing continuous updates of emission trends from the AFOLU sector, and by providing FAO member countries with a coherent framework for analyses of their emissions baselines and future trends, including the ability to make comparisons across regions and over long time periods, consistently with their internationally reported activity data.

Global and regional trends in agriculture: production and GHG emissions

Global GHG agriculture emissions increased on average by 1.6% per year from 1961 to 2010, reaching up to 5.4-5.8 GtCO₂ yr⁻¹ in 2010 (*Tubiello et al., 2012*). Over the reference period, total crop production and primary supply (crop, meat and milk products) grew by almost four times. The efficiency of such production, defined as the ratio of primary supply to total production, has remained fairly constant, at about 55% over the entire 50-year reference period. The efficiency of feed input to food output, defined here as the ratio of livestock products over total food crops supplied to animals, also remained fairly constant, at about 22%. This much lower efficiency, compared to the former, is well-understood, and reflects a series of energy losses through the animal food chain.

Over the reference period, therefore, crop, milk and meat production increased on average 2.2%-6.4% annually, implying a significant improvement – up to four times better – in the carbon intensity of agricultural production. Such production growth rates are significant, as they are comparable to growth in carbon emissions from fossil fuel and cement manufacture over the same reference period (5.2% yr⁻¹). These data can be explained by increases in productivity of milk and meat products, as well as a

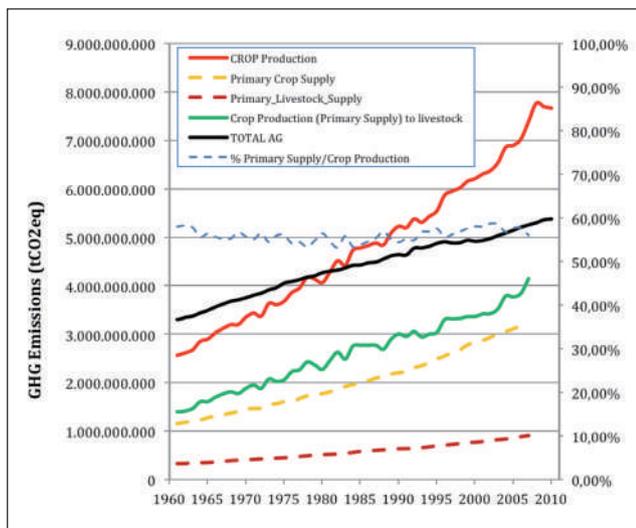


FIGURE 1 Global trends in gross production and primary supply of agriculture food products related to the period 1961-2010

decrease in the carbon intensity of the same products, given that their associated GHG emissions grew at a significantly lower rate, as discussed below. During the period 1961-2010 in particular, milk productivity increased from about 1900 to over 2700 FPC l/animal (fat protein corrected liters used), with average

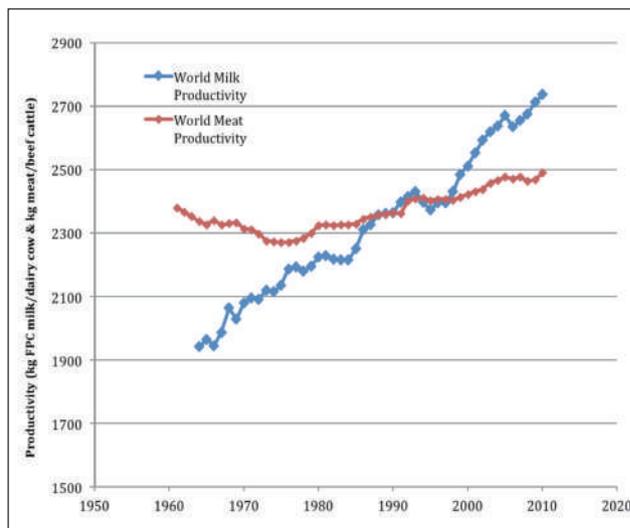


FIGURE 2 Productivity of global milk and meat supply over the period 1961-2010

growth rates of 3% yr⁻¹ (Figure 2). Meat productivity grew a bit more slowly, from about 2300 to 2500 kg/animal, with average growth rates of 2.3% yr⁻¹.

Carbon intensity of production and productivity

Changes in carbon intensities of meat and milk over the full period 1961-2010 were computed (Figure 3). Over this reference period, the carbon intensity of meat, $I_{GHG,meat}$, decreased by more than 50%, from about 27 to 15 kgCO₂eq/kg meat. At the same time the carbon intensity of milk, $I_{GHG,milk}$, remained fairly constant, going from about 5 to 4 kgCO₂eq/l PFC milk.

Recent literature has highlighted the fact that, especially in relation to livestock production, increases in efficiency with respect to GHG emissions can be usefully analyzed in terms of equation (3) above. Indeed, it has been shown that the relationship between the carbon intensity of a given product and its productivity follow an inverse relation (i.e., Gerber *et al.*, 2011). As a result of such analyses, improved efficiencies are often seen as a key strategy to achieve a reduction in agriculture GHG emissions in the future. However, the relation characterizing equation (3) is largely due to economies of scale that are achieved in moving from traditional to modern production systems, a transition also likely associated to overall

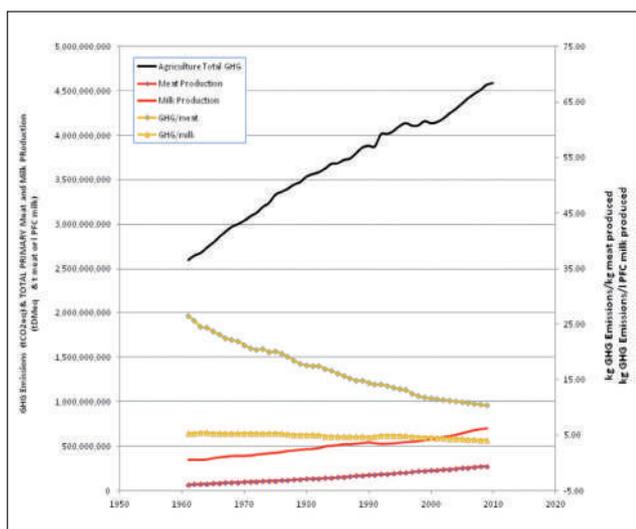


FIGURE 3 Carbon intensity of meat and milk supply and total milk and meat production, over the reference period 1961-2010

increases in GHG emissions. It is thus of interest to analyze data to help investigate the joint behavior of carbon intensity and GHG emissions as a function of productivity changes. Globally aggregated FAOSTAT GHG and commodity data over the reference period 1961-2010 offer precisely such an opportunity. Results of our analysis indicate that, historically, in conjunction with a 40% improvement in milk productivity, i.e., from 2000 to 2800 kg FPC milk/cow, the carbon intensity of milk also improved (by 27%), but livestock-related GHG emissions increased even more significantly, i.e., by more than 50% (Figure 4).

Discussion and conclusions

The FAOSTAT database presented herein allows for estimates of GHG emissions from all major agricultural activities, consistently with basic agriculture and land use activity data reported at national level by FAO member countries. A number of limitations apply to the data presented herein. First, we followed the IPCC Guidelines developed for the period 1990-2010 to also derive GHG emissions for previous decades. A few key emission categories are largely unaffected by this choice, i.e., emissions from synthetic fertilizers and rice cultivation, which depend on physical processes and associated emission factors that do not change in time. By contrast, emission factors linked to specific livestock parameters – of importance to computing emissions from manure and enteric fermentation – were likely different in many regions in earlier decades compared to the period 1990-2010, due to the introduction of new breeds and more efficient production methods. Comparison of IPCC emission factors for developed and developing regions can be used as a proxy for such changes; they indicate that – while production efficiencies improve – GHG emissions per animal tend to increase when moving from traditional to market-oriented production system. This implies that our GHG estimates for categories linked to animal manure and enteric fermentation are likely overestimates prior to 1990, so that actual long-term average growth rates in these categories may have been larger than reported herein. Secondly, we have made cursory approximations in order to apportion total GHG emissions to livestock

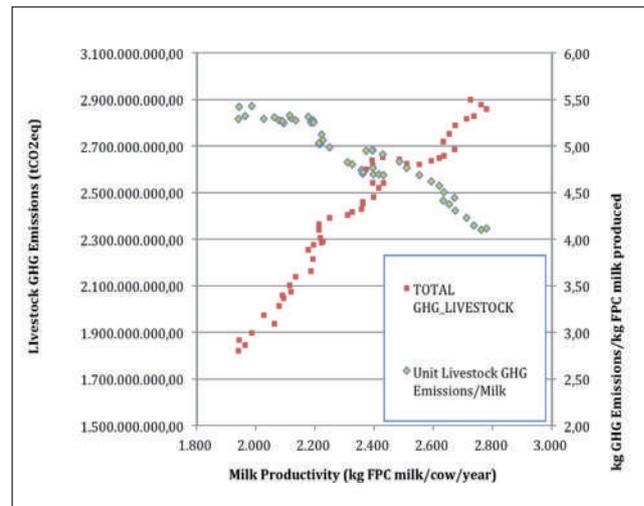


FIGURE 4 Scatter plot of global carbon intensity and GHG emissions of milk, associated to different historical productivity values, computed using country-level FAOSTAT data aggregated globally

(for milk and meat analysis) and crop production for direct human consumption. This implies that the values we computed need further refinement, although our estimates of carbon intensity for both milk and meat production were fairly consistent with those reported in literature (i.e., *Gerber et al., 2011*).

Within the limitations discussed above, the FAOSTAT GHG data we presented represent nonetheless an improvement over existing databases, in that they offer a unified framework for coherent analysis of both activity data and emission estimates across time and space. As a first example of the database application, we estimated total GHG emissions from agriculture to be 5.4-5.8 GtCO₂eq yr⁻¹ in 2010, from 5.2-5.6 GtCO₂eq yr⁻¹ in 2005. The latter estimate is fully consistent with IPCC results (*IPCC, 2007*).

We further analyzed agricultural GHG data in conjunction with the underlying activity data related to food production, quantifying how carbon intensities of milk and meat production decreased overtime in the period 1961-2010, as a function of increased productivity. We further showed that, historically, improved productivities were associated to both decreased carbon intensities and increased overall

GHG emissions, indicating that increases in production efficiencies were in fact linked to economies of scale within expanding global agricultural growth – leading to both increased overall supply of goods and, as a consequence, of overall GHG emissions.

Finally, the database and approach outlined in this paper are more than an accounting exercise. The outputs provide important information on the key sources of GHG emissions from the AFOLU sector, the regions in which they occur and the rates of change. Wherever GHG emissions occur, there is potential to reduce emissions or to improve production efficiencies, so the outputs of this study can also be used to identify hotspots (in terms of regions and activities) for potential mitigation action. It is in defining the regionally appropriate mitigation actions that we can turn the problems identified in a spatial emission and production efficiencies database into practical solutions (Smith et al., 2007).

Acknowledgements

We thank the Governments of Germany and Norway for their generous funding of “Monitoring and Assessment of GHG Emissions and Mitigation Potential from Agriculture,” FAO Trust Fund Projects GCP/GLO/GER/286 and GCP/GLO/NOR/325. We thank Ms. Maisa Tapio-Bistrom for supporting our work within the FAO MICCA Programme.



1. Computed as the ratio of feed to food for cereal production, or roughly 45% over 2005-2010 (FAOSTAT, 2012).

references

Karsenty, A., (2012), Financing options to support REDD+ activities. Report to the European Commission, DG Climate Action, CIRAD, France.

EDGAR, (2012), Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), available at link <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>, accessed on September 2012.

EPA, 2006. US EPA, Global anthropogenic non-CO2 greenhouse gas emissions: 1990–2020, United States Environmental Protection Agency, EPA 430-R-06-003, June 2006. Washington, DC, USA.

FAO, (2008), Livestock’s long shadow. Rome, Italy.

FAO, (2010), *Global Forest Resources Assessment*, FAO, Rome.

FAO, (2011), *Linking sustainability and climate financing: Implications for agriculture*. Rome, Italy.

FAO, (2012), FAOSTAT online database, available at link <http://faostat.fao.org/>, accessed on September 2012.

Foley, J.A., N. Ramankutty, K.A. Brauman, E.S. Cassidy, J.S. Gerber, M. Johnston, N.D. Mueller, C. O’Connell, D.K. Ray, P.C. West, C. Balzer, E.M. Bennett, S.R. Carpenter, J. Hill, C. Monfreda, S. Polasky, J. Rockström, J. Sheehan, S. Siebert, G.D. Tilman, and D.P.M. Zaks (2011), Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, 337–342.

Friedlingstein P, S. Solomon, G.-K. Plattner, R. Knutti, and M. Raupach (2011), Long-term climate implications of twenty-first century options for carbon dioxide emission mitigation. *Nature Climate Change*, 1, 4457–4461.

Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., and Steinfeld, H., 2011. Productivity gains and emissions intensity in dairy systems. *Livestock Science*, 139:100–108.

Hansen, J., M. Sato, and R. Ruedy (2012), Perception of climate change, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 109 (37), E2415–E2423; published ahead of print August 6, 2012.

Houghton, R. A., G. R. van der Werf, R. S. DeFries, M. C. Hansen, J. I. House, C. Le Quéré, J. Pongratz, and N. Ramankutty (2012). Chapter G2 Carbon emissions from land use and land-cover change, *Biogeosciences Discuss*, 9, 835–878.

IEA (2011), World Energy Outlook 2011, IEA, Paris.

IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds), IGES, Hayama, Japan.

IPCC (2007). Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Leip A., F. Weiss, T. Wassenaar, I. Perez, T. Fellmann, P. Loudjani, F. Tubiello, D. Grandgirard, S. Monni, and K. Biala (2010), Evaluation of the livestock sector’s contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS) -Final report, European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italy.

Smith P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H.H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O’Mara, C. Rice, R.J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, S. Rose, U. Schneider, and S. Towprayoon (2007), Agriculture. In *Climate change 2007: Mitigation. Contribution of Working group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer, pp.497–540, Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA.

Tubiello, F.N., Salvatore, M., Rossi, S., Ferrara, A., Fitton, N., and Smith, P., 2012. The FAOSTAT database of Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, submitted to *Geophysical Research Letters*, Sep. 2012.

UNFCCC, (2012). UNFCCC online GHG database, <http://www.unfccc.int>, accessed on September 2012.



Fundamentals of diffusion for optimized applications

This paper outlines some basic concepts on diffusion phenomena occurring in an isolated thermodynamic system initially out of equilibrium. The physical link between definition of mass flow and concentration gradient law is evidenced by exploiting the uncertainty equations of statistical quantum mechanics. The statistical expression of entropy is also inferred as a corollary. The approach has a general character and applies to diffusion systems in solid, liquid and gas phases

■ *Sebastiano Tosto*

I fondamenti della diffusione per applicazioni ottimizzate

Il lavoro ha lo scopo di delineare alcuni concetti fondamentali sui fenomeni di diffusione che si verificano in un sistema termodinamico isolato in condizioni di non-equilibrio. Viene evidenziata la connessione fisica fra definizione di flusso di massa e legge del gradiente di concentrazione utilizzando la formulazione statistica della indeterminazione quantistica. È derivata come corollario l'espressione statistica dell'entropia. L'approccio ha carattere generale e vale per la diffusione in fase solida, liquida e gassosa

Introduction

Diffusion brings intuitively to mind the transport of matter, whatever the actual activation and transfer mechanisms might be. Despite its plain meaning, however, the diffusion is a complex and multifaceted physicochemical process that controls a broad variety of microscopic phenomena with or without permanent phase changes; think for instance to diffusion in solid phase, whose end effects are local composition changes possibly corresponding to new microstructures, or in gas mixtures, which activates chemical reactions and irreversible formation of new compounds. Despite the high complexity of the phenomena involved, however, the theoretical background of the diffusion basically

relies on an intuitive definition and a simple physical hypothesis about the driving force governing the mass transfer: the former concerns the concept of mass flow $\mathbf{J} = c\mathbf{v}$ with reference to the rate \mathbf{v} , with which an arbitrary amount of matter per unit volume c displaces through the diffusing medium; the latter has to do with the initial condition of non-equilibrium, necessary for the mass transfer to occur. Another general requirement is that the net mass transfer is a leading mechanism through which any thermodynamic system, initially in a non-equilibrium state, approaches the equilibrium state. In particular, whatever the diffusion medium might be, e.g., simply the vacuum or a gas/liquid/solid phase, a general principle is that any system initially inhomogeneous tends to eliminate concentration gradients; this is substantially the meaning of the Fick laws describing the evolution of a thermodynamic system.

The generality of such expectation is so evident to skip a more profound consideration about its actual

■ *Sebastiano Tosto*
ENEA

physical meaning. It is however sensible to expect that just this generality, and that of the related concentration gradient driving force itself, should be in fact consequence of some fundamental principle of nature. This consideration reasonably recalls the second law of thermodynamics, as concerns in particular the probabilistic character of the entropy. Consider a large number of particles of a species **a** diffusing within a medium **b**; whatever the former might be, e.g., particles, ions, atoms, molecules and so on, in the following the system formed by **a** and **b** will be shortly referred to as *diffusion system*. One expects that after a proper time range, the system attains the most probable configuration, i.e., a uniform distribution of **a** into **b** regardless of the particular initial configuration. This means that before reaching this limit situation a net mass flow was necessarily occurring, after which no net mass flow is allowed to take place. The entropy is a thermodynamic function closely related to the possible system configurations. One expects therefore that the dimensionless entropy definition $-\sum_i w_i \log(w_i)$, where the index i numbers the thermodynamic states allowed in the system, tends to the simpler form $-\log(w_{eq})$ when the equilibrium configuration is effectively attained by consequence of the diffusion process; also, the net mass flow **J** is different from zero only during the diffusion transient and tends to zero at the asymptotic equilibrium. Both concepts share the same principle and should be therefore involved since the beginning into the concentration/activity gradient formulation of any diffusion problem. Since, in effect, we exploit on the one side a phenomenological hypothesis – the concentration gradient law – and, on the other side, a general property of nature, the entropy, it would be significant to infer both concepts as a natural consequence of a unique, more general principle of nature without the need of specific assumptions. Of course, a general approach cannot leave out the quantum aspect of any problem, in particular that of describing the dynamics of particles on microscopic scale. Justifying from the quantum point of view the concentration gradient driven diffusion law would therefore provide a sound physical basis to the general problem of mass transport. It is certainly significant to demonstrate the quantum origin of the macroscopic

equations describing how the configuration of the diffusion system evolves as a function of time because of the mass transfer; besides, this task appears to be further noteworthy if carried out within the same theoretical frame that allows describing the quantum properties of matter. The purpose of the present paper is to introduce the basic classical and quantum concepts hidden into the gradient law, i.e., to demonstrate that the quantum uncertainty is the basic quantum principle leading to the first Fick law as a corollary. Moreover the theoretical model proposed here also confirms through a simple and straightforward approach that the entropy of the diffusion system is the other key concept underlying the mechanisms of mass transport. The importance of the diffusion in science and technology is evident if we think of how many technological processes require the transport of matter, e.g., ions in solid or liquid electrolytes of fuel cells and batteries, or chemical reactions in the gas phase. In the literature, there are several excellent textbooks on the diffusion phenomena, e.g. [1]; some of them are focused on the microscopic aspects of the problem, e.g. [2], other ones on the macroscopic thermodynamic models, e.g. [3]. Other papers mostly concern the applications, e.g. [4,5]. A further paper, merely aimed at proposing these concepts once again, would be necessarily incomplete and unexciting. The purpose of the present paper is instead to emphasize in a self-contained way some basic concepts underlying the diffusion in connection with the expectations of the quantum theory, which, because of its probabilistic character due to the uncertainty principle, offers a new perspective on both thermodynamic and microscopic concepts, usually inferred from the classical physics; for this reason some opening considerations on the classical concepts are introduced in sections 2 and 3. Section 4 exploits the contribution of the quantum mechanics to summarize some results fully described in [6]. This work has been carried out in the framework of a SSA European Project on advanced ITSOFCs, aimed at optimizing the ion conductivity of solid-oxide electrolytes at low T ; the contribution of ENEA to the program concerned a theoretical investigation on the ion diffusion mechanisms under an applied electrochemical potential gradient.

The previous considerations regard any species diffusing in any multi-element material; for sake of simplicity, however, the index i referred to the i -th element contributing to the global chemical composition of the diffusion medium, e.g., its concentration c_i or activity a_i , will be omitted in the present paper to simplify the notation.

Thermodynamic approach

The present paragraph introduces some general concepts underlying the mass transport, which do not need explicit reference to the atomistic nature of matter. Consider for simplicity an isolated thermodynamic system formed by an isotropic body of matter in non-equilibrium condition, where mass flow is allowed to occur; the usual way to define the flow as amount of mass crossing a unit surface per unit time reads

$$\mathbf{J} = c\mathbf{v} \quad c = c(x,y,z,t) \quad 2,1$$

where c is the concentration or more in general the activity of the diffusing species and \mathbf{v} its diffusion velocity. Introduce now also a physical hypothesis about the thermodynamic force \mathbf{F} that governs the flow: the following equation, postulated and known as first Fick law,

$$\mathbf{J} = -D\nabla c \quad D = D(c) \quad 2,2$$

combined with eq 2,1 yields

$$\mathbf{v} = -\frac{D}{k_B T} \nabla [k_B T \log(c/c_0)] \quad c_0 = c_0(t) \quad 2,3$$

being c_0 an arbitrary reference concentration. Here D is a proportionality factor called diffusion coefficient. Define now also the mobility β of the diffusing species as follows

$$\mathbf{v} = \beta\mathbf{F} \quad 2,4$$

then one finds

$$D = \beta k_B T \quad \mathbf{F} = -\nabla\mu \quad \mu = k_B T \log(c/c_0) \quad 2,5$$

The concept of mobility yields therefore the well known Einstein equation linking β to D and a reasonable expression of the sought force \mathbf{F} through the gradient of the potential energy $\mu = k_B T \log(c/c_0)$. Both β and D are macroscopic quantities that, like temperature itself, statistically summarize a variety of microscopic situations that control the diffusion mechanism; their physical meaning has thus statistical average valence that surrogates the lack of a detailed knowledge on the microscopic phenomena. If the diffusing species is

uniformly distributed everywhere in the diffusion system, then c is a constant; so, whatever c_0 might be, at constant temperature one finds $\mathbf{F} = 0$ and thus $\mathbf{v} = 0$ everywhere. For this reason c_0 is often taken as a constant equal to the limit value of uniform concentration corresponding to the equilibrium condition and thus to the end of the diffusion process. According to the IUPAC, the self-diffusion is the process occurring with chemical potential gradient equal to zero, i.e., it describes the displacement of an atom through a crystal lattice of the same species; instead $\mathbf{F} \neq 0$ governs the net mass flow in the diffusion system. The chemical potential μ of the diffusing species appears at the right hand side of eq 2,5, while D is related to temperature and to the thermodynamic driving force $\nabla\mu$ that triggers the diffusion. So the most general way of defining the mass flow is

$$\mathbf{J} = -L\nabla\mu \quad L = \beta c \quad 2,6$$

where L is a new proportionality factor having physical dimensions of mobility times concentration. The last way to define the mass flow explicitly introduces the thermodynamic force controlling the mass transport. Note that the eqs 2,1 and 2,2 should be more appropriately expressed as a function of the activity, defined as $a = \gamma c$ through a coefficient $\gamma = \gamma(c)$ accounting for the non-ideal behavior of the species in the diffusion medium; then also eqs 2,3 and 2,5 would result functions of the activity a . Since the first eq 2,6 yields $\mathbf{J} = -L(\alpha\mu/\alpha c)\nabla c$, if μ has the form $k_B T \log(a/a_0)$, where a_0 is a constant reference activity, then

$$D^* = L \frac{\partial\mu}{\partial c} = \frac{k_B T L}{c} \left(1 + \frac{\partial \log(\gamma)}{\partial \log(c)} \right) \quad 2,7$$

This equation holds for a homogeneous body of matter, for instance in the case of self-diffusion of an isotope in a matrix of the same element. Once regarding L according to eq 2,6, one infers from eq 2,7

$$\frac{D^*}{D} = 1 + \frac{\partial \log(\gamma)}{\partial \log(c)} \quad D = k_B T \beta \quad 2,8$$

This is the Darken equation; the second equation agrees with the first eq 2,5. Extend this equation to the case of charged particles replacing the general value of β with that $\beta_{ch} = \beta / ze$ referred to the amount of charge ze carried by the particle; since the physical dimensions of β are $mass^{-1} \times time$, the right hand side introduces the amount of charge mze corresponding to the mass m proportional to the number of ion carriers.

Eq 2,5 reads

$$D = \frac{k_B T \beta_{ch}}{ze} \quad 2,9$$

Once having shown that the diffusion law can be effectively related to a thermodynamic function that describes the driving force responsible for the transport of matter, a step forward exploits again eq 2,1 to emphasize how arbitrary changes of both c and \mathbf{v} affect \mathbf{J} . Let \mathbf{J} be allowed to change by $\delta\mathbf{J}$ during the time range $\delta t = t - t_0$, being t_0 the beginning of the diffusion process and t the current diffusion time; then, considering again the concentration for simplicity,

$$\delta\mathbf{J} = \mathbf{v}\delta c + \delta\mathbf{J}' \quad \delta\mathbf{J}' = c\delta\mathbf{v} \quad 2,10$$

In general one expects $\delta(c\mathbf{v}) / \delta t < 0$ because at increasing time the diffusion tends to the equilibrium condition of uniform c , which also entails $\mathbf{v} \rightarrow 0$ according to eq 2,3. Hence, in agreement with the second law, $\delta\mathbf{J}$ and $\delta\mathbf{v}$ are negative quantities when defined with reference to a positive δt . Consider, for simplicity, the space range along the x -direction where the particles are allowed to diffuse during this time interval; being $\delta x = -v_x \delta t$, the x -component of eq 2,10 reads $-\delta J_x / \delta x = \delta c / \delta t - c\delta v_x / \delta x$. To link this result with eq 2,2, read $\delta J_x / \delta x$ as $\partial J_x / \partial x$ for infinitesimal changes of the process parameters c and \mathbf{v} and dynamical variables t and x , so in general the first eq 2,10 yields $-\nabla \cdot \mathbf{J} = \partial c / \partial t - c\nabla \cdot \mathbf{v}$, i.e.

$$\nabla \cdot (D\nabla c) = \frac{\partial(c-C)}{\partial t} \quad C = \int_{t_0}^t c' \nabla \cdot \mathbf{v}' dt' \quad C = C(x,y,z,t) \quad 2,11$$

The integral is calculated between t_0 and t . To calculate the integral the local perturbation must be purposely specified case by case depending on the physical features of the diffusion system. In the particular case, for the second addend the condition $\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$, then $\nabla \cdot (D\nabla c) = \partial c / \partial t$ describes a particular diffusion process where the change rate of concentration is equal to the change of related mass flow, which necessarily means lack of sinks or sources of matter within the volume element V where is defined c : indeed the divergence of a vector measures the strength of a source or sink in a given point, so the Stokes theorem $\nabla \cdot \mathbf{v} = \lim_{V \rightarrow 0} \iint_S |V|^{-1} \mathbf{n} \cdot \mathbf{v} dS = 0$ shows that the integral of inwards and outwards diffusion velocity at the surface S of an infinitesimal volume V is null, i.e., the net mass transfer at the boundary of V is zero.

Since $c\nabla \cdot \mathbf{v}$ results because of the term $\delta\mathbf{J}'$ additional to $\delta\mathbf{J}$, the well known second Fick equation appears as a particular case of eq 2,10 for $\delta\mathbf{J}'=0$. It is usually acknowledged that the time enters into the diffusion equation thanks to the continuity condition that leads to the second Fick law. Actually the time evolution of the system is controlled by the concentration gradient law only, although the latter does not contain itself any reference to time, through \mathbf{v} simply admitting that the range δt is also required to justify $\delta\mathbf{J}'$; no process occurs instantaneously in nature. The continuity condition appears to be itself a corollary of eqs 2,1 and 2,2 rather than an additional boundary condition. Even from a merely classical point of view, therefore, the time evolution of the system appears as a necessary ingredient together with the space displacement accounting for the mass transfer of any diffusion problem. To better highlight this point, consider an arbitrary function $f=f(x,y,z,t)$ with x and t diffusion coordinate and time. The change δf of f between x,y,z,t and an arbitrary $x + \delta x, y,z,t + \delta t$ is calculated at the first order differentiating f with respect to x and t , which yields $\delta f = (\partial f / \partial x)\delta x + (\partial f / \partial t)\delta t$; by definition δx is an arbitrary length not dependent on the local coordinate x . Let f represent a quantity conserved in the given range of variables, for instance a fixed amount of a given species simply redistributed within δx during the time range δt without changing its initial value of total mass per total length. Then $\delta f = 0$ yields in general $\nabla \cdot \mathbf{G} - f\nabla \cdot \mathbf{v} = -\partial f / \partial t$ with $\mathbf{G} = \mathbf{v}f$. In the specific case of present interest, putting $f=c$ and so $\mathbf{G}=\mathbf{J}$, the condition $\delta c = 0$ yields again $\nabla \cdot \mathbf{J} - c\nabla \cdot \mathbf{v} = -\partial c / \partial t$. This result shows that the second Fick equation with $\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$ is actually just the continuity equation of mass transport as a consequence of eq 2,2, which is valid if in particular the diffusion process occurs without sources or sinks of matter; indeed from $c=m/V$ one infers of course $\delta c=0=\delta m/V$ and thus $\delta m=0$, having implicitly assumed that V does not depend on c . Note, however, that is also reasonable to suppose $\delta c = V^{-1}(\delta m - mV^{-1}\delta V)$, i.e., $\delta m = mV^{-1}\delta V = c\delta V$ with V somehow related to c ; this is in principle possible when δm causes a change of the whole volume of the diffusion medium, e.g. when a chemical reaction is allowed to occur in a diffusing mixture of gas phases. If so, the condition $\delta c =$

0 on c is still compatible with the continuity and admits in general $\delta m \neq 0$ provided that the consequent δV is constrained by $\delta V = \delta m/c$. Indeed this relationship is verified for an ideal gas of molecular weight M reacting at constant pressure P and temperature; defining $P\delta V = (\delta m/M)RT$ and replacing M into $PV = (m/M)RT$ one finds just $\delta V = (V/m)\delta m$, i.e., c^{-1} appears at right hand side. In any case the condition $\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$ does not represent a hypothesis *ad hoc*; in general it is simply a particular case of $\nabla \cdot \mathbf{v}$ required by a finite time range necessary for any $\delta \mathbf{J}$ to occur. Eq 2,10 emphasizes that $\delta \mathbf{J}' \neq 0$ is not only due to a possible chemical reaction perturbing the local concentrations of the diffusion system but, more in general, also to any local force field attracting or repelling the diffusing particles and perturbing their motion. Indeed $\delta \mathbf{J}' = ca\delta t = \mathbf{F}_V \delta t$ yields

$$\frac{\delta \mathbf{J}'}{\delta t} = \mathbf{F}_V = \frac{\mathbf{F}'}{V}$$

i.e., $\delta \mathbf{J}' \neq 0$ also entails a force per unit volume that affects \mathbf{v} and causes $\nabla \cdot \mathbf{v} \neq 0$. This is particularly significant to introduce, for instance, the case of charged particles in an ionic medium where polarized impurities are active. Clearly in general $\mathbf{F} \neq \mathbf{F}'$: the driving force of the diffusion is \mathbf{F} of eq 2,5, \mathbf{F}' is the additional force related to the term $\delta \mathbf{J}'$ appearing in eq 2,10 as a perturbation of \mathbf{J} . Indeed the component of $\delta \mathbf{J}'$ along $\delta \mathbf{v}$

$$\delta E_V = \delta \mathbf{v} \cdot \delta \mathbf{J}' = \frac{m\delta v^2}{2V}$$

represents the change of kinetic energy of the mass m per unit volume. Relevant interest has the relationship that links the diffusion coefficient to the electrical conductivity σ . An elementary way to show the link between σ and D exploits the eq 2,4. Let us specify the additional force as that due to an electric field \mathbf{E} acting on the charge ze of the diffusing species; so, eqs 2,4 and 2,5 yield $\mathbf{v} = (k_B T)^{-1} D \mathbf{E}$ i.e., $\mathbf{v} = -(k_B T)^{-1} ze D \nabla \phi$, being ϕ the electric potential. Multiply now both sides by zec and note that we obtain at left hand side a charge flow $\mathbf{J}_{ch} = zec\mathbf{v}$; since $\mathbf{J}_{ch} = -\sigma \nabla \phi$, which is nothing else but the Ohm law, the result is

$$\sigma = \frac{D(ze)^2 c}{k_B T} \quad 2,12$$

Moreover the drift velocity of the charge carriers results from both concentration gradient, eq 2,3, and electric potential

$$\mathbf{v} = -\frac{D}{k_B T} (ze \nabla \phi + \nabla \mu)$$

whereas eq 2,1 yields the corresponding flow, often expressed through the so called electrochemical potential Φ

$$\mathbf{J} = -\frac{cD}{k_B T} \nabla \Phi \quad \Phi = ze\phi + \mu$$

These relationships have fundamental importance in modelling the conductivity in electrolyte of solid oxide fuel cells in the case of a multi-ion conduction mechanism^[7]; the aim of the quoted paper was to solve the 3D transport equation for each diffusing species

$$\nabla \cdot \left[D \left(\nabla c + \alpha \frac{zec}{k_B T} \nabla \phi - \frac{c\mathbf{F}}{k_B T} \right) \right] - \frac{\partial c}{\partial t} = 0$$

being \mathbf{F} the stress field of the dislocations and α a correlation coefficient relating ionic conduction and self-diffusion, and to simulate the electric performances of the cell as a function of D . A significant result of the computer simulation concerned the concept of *ion highways*, heavily involving the interaction between stress field of the dislocations and drift speed of the charge carriers. An interesting link exists also between D and the mean squared displacement $\sqrt{\langle \delta x^2 \rangle}$ travelled by any number of non-interacting particles in the absence of a net driving force. An elementary derivation of this link in the 1D case is carried out here, considering an ideal reference plane crossed by any particles randomly moving in the presence of a concentration gradient δc along the x -axis; this assumption reduces for simplicity the problem to the one dimensional motion perpendicularly to an arbitrary cross section of the plane. Consider $\partial c / \partial x$ on the reference plane and the concentration difference $\delta c = c_2 - c_1$ between two arbitrary points δx apart at the opposite sides of the plane with $c_2 > c_1$. Write $\delta c = (\partial c / \partial x) \delta x$ and multiply both sides of the equation by the diffusion rate v_x defined as $\delta x / \delta t$; i.e., δx is the distance travelled by the particles diffusing during the time range δt , both arbitrary and fixed once for all so that v_x is constant. One finds for the net flux δJ_x of matter crossing the plane $\delta J_x = v_x \delta c = (\partial c / \partial x) \delta x^2 / \delta t$. Averaging both sides of the equation that define δJ_x to calculate the average concentration $\langle c \rangle$ on the plane, one finds at right hand side $\langle \delta x^2 \rangle / \delta t$, at left hand side

$\langle \delta J_x \rangle$. Regard the latter as the average net flux of matter $J_{eff} = -(c_2 - \langle c \rangle) v_x$ crossing the plane and define $\langle c \rangle$ in agreement with the conservation of mass flow $(c_2 - \langle c \rangle) v_x = (\langle c \rangle - c_1) v_x$ on the plane; thus $\langle \delta c \rangle v_x$ is twice $-J_{eff}$, i.e., $2J_{eff} = -(\partial c / \partial x) \langle \delta x^2 \rangle / \delta t$. So, comparing with eq 2,2, one finds the well known result

$$D = \frac{\langle \delta x^2 \rangle}{2\delta t} \quad 2,13$$

The extension of this result to the 3D case is trivial in an isotropic diffusion medium, where by symmetry $\langle \delta x^2 \rangle = \langle \delta y^2 \rangle = \langle \delta z^2 \rangle$, so that $\langle \delta r^2 \rangle = \langle \delta x^2 \rangle + \langle \delta y^2 \rangle + \langle \delta z^2 \rangle = 3 \langle \delta x^2 \rangle$; thus eq 2,13 reads

$$D = \frac{\langle \delta r^2 \rangle}{6\delta t}$$

These results show that the diffusion coefficient, early introduced as a mere proportionality factor between thermodynamic force and displacement rate, actually enters into a large variety of phenomena of physical and technological interest. Actually this is not an accident, since several physical laws, in fact, present a formal analogy between flux and gradient with the Fick law: for example the amounts concerned by the Fourier heat diffusion law are heat and temperature gradients, whereas the Ohm law concerns instead current and voltage gradients. The former reads $J_Q = -KV T$, where K is the heat conductivity and J_Q the heat flow; the latter $J_{ch} = \sigma E$, where σ is the electrical conductivity and J_{ch} the charge flow, is in fact analogous simply recalling the definition $E = -\nabla \phi$. Both share a similar form to describe the displacement of heat or charges per unit time and cross section of diffusing medium. Even the Poiseuille law $J = -(R^2/8\eta) \nabla p$ describes the motion of a fluid of viscosity η through a cylindrical pipe of radius R in the presence of a pressure gradient ∇p ; in the cases where it is possible to assume a dependence of p upon c , e.g., through the related partial pressure in gas phase, writing $\nabla p = -(\partial p / \partial c) \nabla c$ one finds formally

$$D = \frac{R^2}{8\eta} \frac{\partial p}{\partial c} \quad 2,14$$

A further relationship linking the viscosity to the diffusion coefficient is the so called Einstein-Stokes equation that exploits the Stokes law $\beta^{-1} = 6\pi\eta r$, valid at low Reynolds number; at left hand side appears the drag coefficient, inversely proportional to the mobility

of a spherical particle of radius r moving in a fluid of viscosity η ; so eq 11 yields

$$D = \frac{kT}{6\pi\eta r} \quad 2,15$$

This result is of interest to describe the diffusion of large molecules possibly having non-spherical geometry; for a spherical geometry of the diffusing molecule $r = (3MV/4\pi N)^{1/3}$, being V the partial specific volume and M the molecular weight. Hence the ratio

$$\frac{D_{sph}}{D_{non-sph}} = \left(\frac{M_{sph}}{M_{non-sph}} \right)^{1/3}$$

Hence, measurements of diffusivity provide information about the deviation from this law and thus about the geometry of such molecules by comparison with that of a reference molecule whose geometry and M are known. Thus a common gradient law describes different forms of kinetic energy, due to the oscillation frequency of atoms/ions/molecules within the heat diffusion thermodynamic system and the velocity of electrons propagating within a conductor, respectively.

To guess the form of D , note that β/D has the physical dimensions of a reciprocal energy. Therefore it is certainly possible to write the following dimensional equation

$$\frac{\partial \beta}{\partial D} = \frac{1}{E} = q \frac{\beta}{D} \quad 2,16$$

where E denotes an arbitrary energy and q is an arbitrary proportionality factor; accordingly, the first eq 2,5 requires $E = k_B T / q$. Write now β as $\beta = \beta_0 + \beta_1(x - x_0) + \beta_2(x - x_0)^2 + \dots$, where x is an appropriate parameter as a function of which is the series expansion and x_0 a reference value of this parameter corresponding to β_0 ; for instance x could be the local chemical composition or the temperature. Hence β_0 can be regarded as a constant, whereas the convergence of the series requires $\beta_1(x - x_0) \ll \beta_0$ and thus $\beta_2(x - x_0)^2 \ll \beta_1(x - x_0)$ as well. So eq 2,16 reads, with good approximation,

$$\frac{\partial(\beta_1(x - x_0))}{\partial D} = \frac{k_B T}{E} \frac{\beta_0}{D}$$

having neglected the higher order terms for simplicity. This equation is immediately integrated; the result is $\log(D/D_0) = (E/k_B T \beta_0) \int d(\beta_1(x - x_0))$, being D_0 an arbitrary integration constant. Owing to the fact that E is arbitrary, it is possible to write $\varepsilon = -E\beta_0^{-1} \int d(\beta_1(x - x_0))$ whatever the

result of the integral might be. The minus sign is easily justified in several ways. First of all, this is possible because indeed one can choose the arbitrary value of D_0 such that $D_0 > D$. Second for $T \rightarrow 0$ one reasonably expects that the diffusion process is quenched, likewise the thermal activation of the lattice vibrations; so the right hand side tending to minus infinity requires $T \rightarrow 0$, which is actually reasonable. Third, without the minus sign $\beta_0 \rightarrow 0$ would mean vanishing mobility and thus $v \rightarrow 0$ with divergent D at any finite T , which is clearly unphysical. Hence, one finds

$$D = D_0 \exp(-\varepsilon / k_B T) \quad 2,17$$

Indeed this form of D is typical of Arrhenius-like processes that occur via an appropriate activation energy and is very well known; for brevity further comments on eq 2,17 are omitted.

From a mathematical point of view, the second Fick law is often solved approximately regarding D as a constant to simplify the calculations. This approximation is easily removed, as actually the diffusion coefficient changes depending on T and on the local chemical composition of the diffusion medium. Suppose for instance $D = D(c, T)$, whose dependence upon c and T is assumed to be known; defining $\varphi = \int (D(c', T) / D_0) dc'$, which can be calculated, then $\partial \varphi / \partial x = (D / D_0) \partial c / \partial x$. In an analogous way $\partial \varphi / \partial t = (D / D_0) \partial c / \partial t$. So the second Fick equation reads $D \partial^2 \varphi / \partial x^2 = \partial \varphi / \partial t$, which can be solved more easily with respect to $\varphi = \varphi(x, t)$ with D taken out of the derivative; the latter in turn yields the functional dependence of D on c . Let us mention very shortly that the form of the solution of the Fick equation strongly depends on the boundary conditions of the specific problem; typically one can assume an infinite source of diffusing species, e.g. two sheets of different metals in contact having finite thicknesses, or a finite source of diffusing species, e.g. the case of a very thin sheet of a metal that diffuses into a thick substrate of different material. The solutions are, respectively:

$\varphi(x, t) = \varphi_0 \operatorname{erf}(x / \sqrt{4Dt})$, where $\operatorname{erf}(y) = 2\pi^{-1/2} \int_0^y \exp(-\zeta^2) d\zeta$ is the error function and φ_0 the integration constant;

$\varphi(x, t) = \frac{Nm}{\sqrt{4\pi Dt}} \exp(-x^2 / 4Dt)$, where N is the number of source atoms of mass m per unit surface area.

In any case the Fick laws provide a continuum description

of diffusion, regardless of any correlation between diffusion coefficient and microstructure of the medium; any information on the latter is hidden in the value of D , so far merely regarded as a macroscopic thermodynamic parameter that summarizes statistically the local microscopic details of the transport mechanism.

Microscopic approach

All of the previous considerations are true, however, in isotropic media only, where the diffusion coefficient is uniquely defined. In anisotropic media the diffusion coefficient must be replaced by a tensor, i.e.,

$$J = - \begin{pmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yx} & D_{yy} & D_{yz} \\ D_{zx} & D_{xz} & D_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \partial c / \partial x \\ \partial c / \partial y \\ \partial c / \partial z \end{pmatrix}$$

Owing to Onsanger's reciprocity theorem, the diffusivity tensor is symmetric; since any such tensor can be transformed to its three principal axes, the D matrix reduces to the form

$$\begin{pmatrix} D_1 & 0 & 0 \\ 0 & D_2 & 0 \\ 0 & 0 & D_3 \end{pmatrix}$$

This matrix defines therefore three diffusion principal coefficients, the unique eq 2,1 splits into three equations having the forms $J_i = D_i \partial c / \partial x_i$ with $i=1,2,3$. Strictly speaking the cubic crystal symmetry only is isotropic, so that $i=1$, i.e., $D_i = D$; instead the hexagonal, tetragonal and rhombohedral symmetries have, for instance, $i=2$, i.e., $D_1 = D_2 \neq D_3$, with the principal axis parallel to their crystal axis. From an experimental point of view, therefore, the diffusion coefficient should be evaluated in principle with one-dimensional measurements in single crystals oriented along well defined crystallographic directions; if one of these directions is parallel to one of the principal axes, then they are measured directly D_1 or D_2 or D_3 . Of course one could take into account the anisotropic effect merely from the macroscopic point of view; yet these considerations compel paying a greater attention to the crystal structure of the diffusion medium and to the atomistic character of matter. To shortly explain purposes and methods of the microscopic approach

let us start just from the diffusion coefficient. Consider two neighbour planes with the same index of a crystal lattice; let n_1 and n_2 the respective atom densities, i.e., numbers of atoms of mass m per unit surface, and a their spacing. If for instance $n_2 > n_1$, one expects a net excess of jumps from plane 2 to plane 1, that tends to cancel their different densities. The net flux J_n of atom jumps between the crystal planes is thus calculated by introducing a further quantity, the jump frequency v_n ; then J_n is given by $(n_2 - n_1)mv_n$ in agreement with the dimension mass per unit surface and time already introduced. Rewrite this result as

$$J_n = [(c_2 - c_1)a^{-1}]a^2v_n \quad 3,1$$

noting that $c_i = n_i m / a$ is the usual definition of concentration; also, $a^2 v_n$ has dimension $length^2 \times time^{-1}$ and is calculated through the length that defines the direction of the jumps. So it is reasonable to write $J_n = [(c_2 - c_1)a^{-1}]D_n$. Eventually, if c_1 and c_2 are close to each other and the lattice spacing is small, then the amount in parenthesis tends to $-\partial c / \partial a$; hence, one finds again the equation $J_n = -D_n \partial c / \partial a$ formally similar to eq 2,2. Now however a simple reasoning, based on the microscopic features of the crystal, i.e., the excess of atoms in either plane and the jump rate, explains the driving force of the diffusion process. Of course there is no reason to expect that v_n is the same for all planes, e.g. because of their different spacing and atom densities; even without theoretical considerations, therefore, it is immediately evident why D is in general different for various crystal planes. The mechanisms controlling D are directly related to the microstructure, which prospects further chances of theoretical analysis about the diffusion coefficient. The random walk theory, based on the modelling of atomic jumps, allows a broad understanding of the microscopic details that govern the diffusion process. In solids the atom displacement involves lattice defects, in particular the vacancies^[8]; the distance travelled by the diffusing species results from the sum of multiple jump events, each of length λ . From the kinetic point of view the jump frequency is of the order of the Debye frequency, 10^{12} to $10^{13} s^{-1}$, whereas the residence time on a lattice site is much longer than the reciprocal jump frequency. Without going into the mathematical details of the theory, it is evident the fundamental role of the activation

energy, upon which the resulting jump rate depends. Elementary considerations show that $D = Z^{-1}v\lambda^2$, where the coefficient Z is the number of nearest interstices available for the jump, i.e., the coordination number; for instance, in a cubic lattice $Z=6$. The residence time is instead $\tau = (Zv)^{-1}$. The thermal energy of atoms in a lattice is of the order of kT , i.e., 10^{-2} eV at room temperature, whereas the activation energy ΔG_a is much higher, of the order of some eV^[9], so the Boltzmann distribution law shows that the atoms mostly vibrate around their equilibrium lattice sites or interstitial positions. Calculations of molecular dynamics show that large oscillations allow displacements by a single step λ , after which the atom is deactivated because of the energy spent to overcome the energy barrier of a successful jump. Further oscillations on the new position allow performing again another jump, and so on. The free energy gap between saddle point and equilibrium energy describes the energy balance of each jump as a function of the migration enthalpy and entropy. Two kinds of jumps are possible depending on whether each one of them has or not memory of the previous history. An example of the former kind regards atom and vacancy exchanging their places in the lattice: one atom fills the site where was previously located a vacancy, which therefore annihilates, whereas a new vacancy forms in the lattice site previously occupied by the atom. If so, then there is a significant probability that after the first jump the atom returns back to the previous position; this circumstance decreases the net displacement probability. Without memory of the previous event, instead, we speak about a Markov sequence or uncorrelated random walk; a typical example of this kind of process is the diffusion in a lattice via an interstitial mechanism, e.g. a tracer atom randomly moving via successive jumps through various interstitial positions. Although also in this case the atom has the chance of returning back in the initial position, the probability of reversed path is now less significant than before, but the interstitial diffusion mechanism is less efficient than that activated by vacancies. It is easy to briefly exemplify the non-Markov mechanism through the so called correlation coefficient, whose meaning is sketched as follows thinking to a tracer atom. The total path $X = \sum_n x_n$ of this



atom after an arbitrary number n of jumps defines the scalar $\langle X^2 \rangle = \sum_n \langle x_n^2 \rangle + 2 \sum_i \sum_j \langle x_i x_j \rangle$; the first sum averages single jumps, the second two different jumps, e.g. the i -th one followed by the j -th one. The Markov sequence of events requires $\langle X_{rnd}^2 \rangle = \sum_n \langle x_n^2 \rangle$; the subscript *rnd* stands for random. Indeed, to every pair of jumps x_i, x_j correspond possible sequences of jumps x_i, x_j , equal and of opposite sign, so that the global contribution of the second sum to the random path $\langle X^2 \rangle$ is statistically null. It is not so, however, if each jump has some memory of the previous ones. Thus, it is possible to introduce the non-Markovian correlation factor defined as follows

$$f = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\langle X^2 \rangle}{\langle X_{rnd}^2 \rangle} = 1 + 2f_0 \quad f_0 = \frac{\sum_i \sum_j \langle x_i x_j \rangle}{\sum_n \langle x_n^2 \rangle}$$

Formally f consists of a Markovian jump sequence plus a correction factor f_0 controlled by the sums of jumps. To guess the sign of the non-Markovian term consider again the atom diffusion in solids, activated by vacancies taking also into account the non-null chance of jumps that follow the direction of motion of the vacancy. This occurrence expectedly reverses the diffusion path, thus providing a negative contribution to the terms ij of the sum, i.e., f_0 is negative. Hence, the conclusion is that $f_0 \leq 1$: the equality sign stands in Markovian processes like that of interstitial diffusion. The idea of describing the diffusion path as the sum of atomic jumps is validated both by its reasonable consequences and by its agreement with the results previously found in a macroscopic way. Let us sketch this point briefly, considering the 1D diffusion of particles along the x -axis first. Let $c(x, t)$ the number of particles on a plane perpendicular to the x -axis located at the point x at the time t and imagine that this number results from the number of particles $c(x - \delta x, t - \delta t)$ that have travelled a distance δx during the time range δt . The displacement is described introducing the probability distribution function $w(\delta x, \delta t)$ and supposed to depend on δt only; this means that the diffusivity does not depend on the particular choice of x and t . Therefore it is possible to write $c(x, t) = \sum_{\delta x} c(x - \delta x, t - \delta t) w(\delta x, \delta t)$, i.e., in general the current position x is reached after a certain number of jumps, each one of length δx . Expanding the right and left sides of this equation in series of powers respectively around $\delta x = 0$

and $\delta t = 0$ yields in principle, with an arbitrary number of terms,

$$c(x, t - \delta t) + \frac{\partial c}{\partial t} \delta t = \sum_{\delta x} w(\delta x, \delta t) \left(c(x, t - \delta t) - \frac{\partial c}{\partial x} \delta x + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \delta x^2 + \dots \right)$$

Normalizing to 1 the probability function, one finds by definition $\sum_{\delta x} w(\delta x, \delta t) = 1$. The derivatives $\partial^i c / \partial x^i$ have fixed values because they are calculated at $x - \delta x$ and $t - \delta t$; so one finds

$$\frac{\partial c}{\partial t} = - \frac{\langle \delta x \rangle}{\delta t} \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\langle \delta x^2 \rangle}{\delta t} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \dots$$

$$\langle \delta x \rangle = \sum_{\delta x} w(\delta x, \delta t) \delta x$$

$$\langle \delta x^2 \rangle = \sum_{\delta x} w(\delta x, \delta t) \delta x^2$$

If in particular $\langle \delta x \rangle = 0$ in the absence of a drift force and the higher order terms are neglected, then by comparison with eq 2,1 one finds

$$D = \frac{1}{2} \frac{\langle \delta x^2 \rangle}{\delta t}$$

as previously found in eq 2,13.

In principle it is reasonable to assume that the total energy balance of the diffusion process is given by $\delta \epsilon = \epsilon_{end} - \epsilon_{init}$ i.e., by the energy difference between the final and initial configuration of the diffusion system; this configuration change is in turn related to the statistical formulation of the entropy describing the transition from the initial non-equilibrium state to the final equilibrium state of the diffusion system. The conceptual basis to be further implemented in the next section through quantum considerations thus concerns three items summarized as follows: (i) physical root of the intuitive definition of mass flow, eq 2,1; (ii) physical root of the gradient concentration law, eq 2,2; (iii) connection between diffusion driven mass flow and entropy evolution $-\sum \pi_i \log \pi_i \rightarrow -\log \pi^{eq}$.

Quantum approach

This section introduces the basic ideas to describe the diffusion system according to the statistical formulation of quantum uncertainty, i.e., by exploiting the relationships

$$\Delta x \Delta p_x = n \hbar = \Delta t \Delta \epsilon \tag{4,1}$$

where n is an arbitrary number of quantum states allowed to any particle moving in the space range Δx with conjugate momentum falling in the momentum range Δp_x . The second equality is formally obtained

from the first one defining $\Delta t = \Delta x / v_x$ and $\Delta \varepsilon = \Delta p_x / v_x$ linked by the same n , i.e., v_x is the average velocity with which a delocalized particle travels through Δx during the time range Δt . No hypothesis is necessary about the ranges that quantify the concepts of space and time uncertainty; they are positive by definition, their sizes are arbitrary, unknown and unknowable. Moreover nothing is known about their analytical form, e.g., any local functional relationship like $p_x = p_x(x)$ within Δx is physically meaningless because both local values p_x and x are assumed random, unknown and unpredictable. Yet, despite such an agnostic point of view that disregards since the beginning and conceptually any local value, relevant information can be obtained through eqs 4,1, which indeed have a very general valence; they allow successful describing complex quantum systems like many-electron atoms and diatomic molecules^[9,10]. To exploit the concept of uncertainty in the present case, divide both sides of $\Delta \varepsilon = \Delta p_x v_x$ by an arbitrary volume V and an arbitrary velocity of modulus v ; then $\Delta \varepsilon / (vV)$ takes the physical dimensions $\text{ml}^{-2}\text{t}^{-1}$, i.e., it reads ΔJ_x , while $v_x \Delta p_x / (vV)$ is dimensionally a concentration times a velocity, i.e., it reads $\Delta(cv_x)$. Both notations are reasonable because Δp_x and v_x are arbitrary along with $\Delta \varepsilon$ too, so that no proportionality constants are necessary. So the statistical formulation of the quantum uncertainty yields $\Delta J_x = \Delta(cv_x)$ that corresponds in 3D to the vector equation $\Delta \mathbf{J} = \Delta(c\mathbf{v})$, whence the form

$$\mathbf{J} = c\mathbf{v} \quad 4,2$$

is to be expected for the random local values within the respective uncertainty ranges. Since the range sizes are arbitrary, this last result is compatible in particular with ranges $\delta J = \delta(cv)$, small enough to be rewritten as $\delta J = v\delta c + c\delta v$. We already know this equation, previously inferred in a mere classical way from the intuitive definition $\mathbf{J} = c\mathbf{v}$; however in eq 2,10 both \mathbf{J} and $c\mathbf{v}$ could be exactly defined in principle, here these quantities are unknowable values within their uncertainty ranges. Now let us show that even the first Fick equation can be obtained with the help of eqs 4,1. The topic has been fully described in ^[6], here only the main points of the paper are highlighted. Consider $\Delta J_x = \Delta \varepsilon / V v = \Delta p_x / V$ with $v = v_x$ and put $V = \Delta x^3$; there is no need to define V as $\Delta x \Delta y \Delta z$ because, being Δx arbitrary like Δy and

Δz , any value allowed to their product is identically allowed to Δx^3 too. Being $\Delta x^{-3} = -(1/2)\partial \Delta x^{-2} / \partial \Delta x$, then, by consequence of eqs 4,1

$$\Delta J_x = -(n^2 \hbar^2)^{-1} \Delta p_x^2 \partial \Delta p_x / \partial \Delta x \quad \Delta x = x - x_0 \quad 4,3$$

Here the coordinate x_0 denotes the position of V with respect to the origin of an arbitrary system of coordinates, x is the current variable denoting the size of Δx and thus of V . Moreover, one also finds $\Delta J_x = -(3n^2 \hbar^2)^{-1} \partial \Delta p_x^3 / \partial \Delta x$ i.e., $\Delta J_x = -(n\hbar/3)\partial(1/\Delta x^3) / \partial \Delta x$. If m remains constant within Δx^3 , which means a simple redistribution of diffusing species without sinks or sources inside this volume, then

$$\Delta J_x = -\frac{n\hbar}{3m} \frac{\partial(m/\Delta x^3)}{\partial \Delta x};$$

this is, in principle, possible because Δx^3 is arbitrary and thus can be accordingly regarded. Note that this position establishes a constrain on m , which in fact is regarded as a constant; indeed $m/\Delta x^3$ has physical dimensions of constant mass per unit volume, i.e., that simply redistributed within V . Therefore c changes as a function of Δx because V , early introduced as an arbitrary volume for dimensional purposes, does so; indeed it is expressed as $\partial \Delta x^{-3} / \partial x$. Of course, another x -coordinate defines another m' constant in its own volume $\Delta x'^3$ and so on. This means distributing a given total mass of diffusing species in several elementary masses m_i constant in the respective elementary volumes Δx_i^3 ; yet, m_i can be regarded as average values function of time. This distribution does not need being calculated in detail, i.e., m_i and Δx_i^3 have conceptual worth and are, in principle, arbitrary. Moreover, note that \hbar/m has physical dimensions $\text{lengt}^2\text{time}^{-1}$. Thus, putting $c = m/\Delta x^3$ and $n\hbar/m = D$, one finds $\Delta J_x = -D\partial c / \partial \Delta x$; note that it results $D = D(x,t)$ with m defined in this way. If x_0 is a constant uniquely defined for each elementary volume, while x is the current variable defining the size change $d\Delta x$, then $d\Delta x = dx$; hence, the form of the random J_x included within ΔJ_x must be

$$J_x = -D \frac{\partial c}{\partial x} \quad 4,4$$

The key point to infer eq 4,4 is the quantity $\Delta p_x^2 \partial \Delta p_x / \partial x$ inherent the eq 4,3. Indeed, a trivial numerical factor apart, $\Delta p_x^2 d\Delta p_x$ is proportional to the number of particles, the momentum of which was, at a given time,

included in a sphere of radius Δp_x and after an arbitrary time range δt takes values falling in the section of sphere between Δp_x and $\Delta p_x + d\Delta p_x$. It means that J_x is defined by the concentration change due to an outwards/inwards flow of matter that links $d\Delta p_x$ to $d\Delta x$ and thus to the elementary volume change; indeed $d\Delta p_x$ requires $-\Delta x^2 d\Delta x$. From eq 4,4, also the second Fick equation follows, as already shown in section 2. Note that now the diffusion volume is regarded as a delocalization volume, for which of course the statistical considerations carried out in section 3 are true. Hence both the definition eq 2,1 of mass flow and the physical hypothesis of eq 2,2 appear to be corollaries of the quantum equations 4,1; all of the considerations of section 2 have therefore quantum basis themselves. A further step forwards is possible identically rewriting eq 4,4 as follows

$$J_x = -D c_o f \frac{\partial \log(f)}{\partial x} \quad f = \frac{c}{c_o} \quad c_o = \frac{m}{V_o} \quad c_o = c_o(t) \quad 4,5$$

For sake of brevity let us sketch here only the principal steps of the mathematical approach explained in detail in [6]. Calculate eq 4,5 in an arbitrary point x_a ; one finds, with obvious notation,

$$J_a = -D_a c_o f_a \left. \frac{\partial \log(f)}{\partial x} \right|_{f_a} = -D_a \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=x_a} \quad f_a = \frac{c_a}{c_o} \quad 4,6$$

Note that expanding $\log(x)$ in series of powers around an arbitrary point x_a , one finds

$$\log(x) = \log(x_a) + \left. \frac{\partial \log(x)}{\partial x} \right|_{x=x_a} (x-x_a) + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 \log(x)}{\partial x^2} \right|_{x=x_a} (x-x_a)^2 + \dots$$

which yields at the second order

$$\left. \frac{\partial \log(x)}{\partial x} \right|_{x=x_a} = \frac{\log(x) - \log(x_a)}{x-x_a} - \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 \log(x)}{\partial x^2} \right|_{x=x_a} (x-x_a)$$

Expand now in series the function $\log(f)$ around x_a and calculate the resulting expression in another arbitrary point x_b ; one finds

$$\left. \frac{\partial \log(f)}{\partial x} \right|_{f_a} = \frac{\log(f_b) - \log(f_a)}{x_b - x_a} - \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 \log(f)}{\partial x^2} \right|_{f_a} (x_b - x_a) - \dots$$

$$f_b = \frac{c_b}{c_o} \quad 4,7$$

Replacing this result into eq 4,6 one finds

$$\frac{J_a}{J_o} = -f_a \log(f_a) + \left(f_a \log(f_b) - \frac{f_a (x_b - x_a)^2}{2} \left. \frac{\partial^2 \log(f)}{\partial x^2} \right|_{f_a} \right) + \dots$$

$$J_o = -\frac{D_a c_o}{x_b - x_a} \quad 4,8$$

The ratio J_a/J_o describes by definition the local chance

of net mass flow between two arbitrary points x_a and of x_b the diffusion system. Define c_o , whose form has been not yet specified, as $c_o = (c_b - c_a)/\gamma$; here γ is a dimensionless proportionality factor not dependent on x , yet it can depend upon time. Hence, one finds

$$J_o = -\frac{D_a}{\gamma} \frac{c_b - c_a}{x_b - x_a} \quad f_a = \gamma \frac{c_a}{c_b - c_a} \quad f_b = \gamma \frac{c_b}{c_b - c_a}$$

$$\gamma = \gamma(t) \quad 4,9$$

The physical meaning of J_o is still the modulus of a mass flow conceptually analogous to J_a ; the former has, however, diffusion coefficient $\gamma^{-1} D_a$. Indeed for $x_b \rightarrow x_a$, which requires $c_b \rightarrow c_a$, one finds the expected differential form $J_o = -(D_a \gamma^{-1}) \partial c / \partial x$. In this limit, $J_o \rightarrow J_a$ would require $\gamma \rightarrow 1$, whereas instead in general $\gamma \neq 1$ as shown below; this fact suggests that J_o has physical meaning consistent with J_a but differs numerically from the latter. Since the second and third eqs 4,9 require $f_b = \gamma + f_a$, eq 4,8 reads at the second order of series expansion

$$\frac{J_a}{J_o} = -f_a \log(f_a) + \left(f_a \log(f_a + \gamma) - d_{ab}^2 \left. \frac{\partial^2 \log(f)}{\partial x^2} \right|_{f_a} \right)$$

$$d_{ab}^2 = f_a \frac{(x_b - x_a)^2}{2} \quad 4,10$$

Therefore the time parameter γ controls the evolution of the ratio J_a/J_o . Two chances allow $c_b \rightarrow c_a$. The first chance is for $t \rightarrow 0$, i.e., at the beginning of the diffusion process, when starting coordinate and end coordinate are very close to each other. Omitting the full discussion of this equation, the first result is

$$\lim_{\substack{c_b \rightarrow c_a \\ x_b \rightarrow x_a}} \gamma / (c_b - c_a) = \gamma_{ab} \quad t \rightarrow 0 \quad \gamma \rightarrow 0 \quad 4,11$$

i.e., J_a tends to zero for $t \rightarrow 0$, whereas J_o does not. As expected, in agreement with an obvious boundary condition about the beginning of the diffusion process, at $t=0$ the ratio $J_a \rightarrow J_o$ does not describe any net mass flow yet. The second chance allowing $c_b \rightarrow c_a$ is instead for $t \rightarrow \infty$, i.e., when the diffusion system tends to a uniform concentration everywhere. Since in this limit $c_b \rightarrow c_a$ even though $x_a \neq x_b$ requires again $\gamma \rightarrow 0$, one finds

$$\lim_{\substack{c_b \rightarrow c_a \\ x_b \neq x_a}} \frac{J_a}{J_o} = \frac{D_a}{J_o^{eq}} \left. \frac{\partial c}{\partial x} \right|_{x=x_a} = \gamma - d_{ab}^2 \left. \frac{\partial^2 \log(f)}{\partial x^2} \right|_{f^{eq}} \quad t \rightarrow \infty \quad \gamma \rightarrow 0 \quad 4,12$$

As expected, also in this limit J_a/J_o does not describe any net mass flow because f tends to the constant value f^{eq} . Putting by definition

$$\lim_{c_b \rightarrow c_a} \gamma / (c_b - c_a) = \gamma_{ab} \quad \gamma_{ab} \neq 0 \quad 4,13$$

the left hand side of eq 4,12 reads $(x_b - x_a)\gamma(c_b - c_a)^{-1}(\partial c / \partial x)_{x=x_a}$, whereas the right hand side vanishes for $\gamma \rightarrow 0$ if $c_a = c_b = \text{const}$ everywhere, whence the notation J_0^{eq} for $f_a \rightarrow f^{eq}$. As expected, the uniform concentration entails on microscopic scale the asymptotic thermodynamic equilibrium without net mass transfer. It is possible to demonstrate indeed [6] that summing all terms of eq 4,12 over the indexes a and b the resulting condition is

$$\sum_{b,a} \lim_{\substack{c_b \rightarrow c_a \\ x_b \rightarrow x_a}} \frac{J_a}{J_o} = 0 \quad t = \infty \quad 4,14$$

At any intermediate times between these limits, instead,

$$\sum_{b,a} \frac{J_a}{J_o} \neq 0 \quad t > 0 \quad 4,15$$

The sums are extended to all paths of particles from the respective starting points x_b to their end points x_a ; being both coordinates arbitrary, the sums represent, in fact, any path between any points in the diffusion system. An interesting consequence follows summing the expression 4,9

$$\sum_{a,b} \frac{J_a}{J_o} = - \sum_{a,b} f_a \log(f_a) + \sum_{a,b} \left(f_a \log(f_a + \gamma) - d_{ab}^2 \frac{\partial^2 \log(f)}{\partial x^2} \Big|_{f_a} \right) \quad 4,16$$

The sum over all probabilities of diffusion paths yields the resulting configuration change of the diffusion system at any time. Omitting for brevity the discussion of eq 4,16 as a function of time, which exploits the previous considerations about the parameter γ , note that the first addend at right hand side is clearly an entropic term; defining f^{eq} in order that $\sum_{a,b} (f^{eq}) = 1$, whatever the number of terms of the sum might be, then f_a takes the significance of thermodynamic state probability related to the current configuration of the diffusion system. If so, the first sum of eq 4,16 is such that when the system evolves towards the equilibrium, then $-\sum_{a,b} f_a \log(f_a) \rightarrow -\sum_{a,b} \log(f^{eq})$. Rewrite now eq 4,16 as follows

$$\sum_{a,b} \frac{J_a}{J_o} = \frac{S_t}{k_B} - \frac{S_o}{k_B} \quad 4,17$$

being

$$\frac{S_t}{k_B} = - \sum_{a,b} f_a \log(f_a)$$

$$\frac{S_o}{k_B} = - \sum_{a,b} \left(f_a \log(f_a + \gamma) - d_{ab}^2 \frac{\partial^2 \log(f)}{\partial x^2} \Big|_{f_a} \right)$$

According to the physical meaning of the ratio J_a/J_o

previously emphasized – local chance of net mass flow between two arbitrary points of the diffusion system – the first sum is therefore the flow efficiency throughout the whole diffusion system, i.e., $\Pi_{netflow} = \sum_{a,b} J_a / J_o$. It is therefore possible to introduce the total chance of mass transfer $\Pi_{transfer}$ with and without net mass flow, being of course

$$\Pi_{transfer} = \Pi_{netflow} + \Pi_{noneflow} \quad 4,18$$

This kind of definition is suggested by the possibility of normalizing $\Pi_{transfer}$ to 1, which means the total path of the diffusing species prospects the probabilities of effective net displacement or return to the initial position. Comparing with eqs 4,17 and 4,18, one infers

$$\Pi_{transfer} = \frac{S_t}{k_B} \quad \Pi_{noneflow} = \frac{S_o}{k_B}$$

In fact S_t , the most general statistical definition of entropy, is also here the most general way to describe the configuration of N diffusing particles, the previous elementary masses m_i , in the N_v volumes available in the diffusion medium, the previous Δx_i^3 ; this is true regardless of whether the current configuration changes or not when the diffusion system approaches the equilibrium condition. Hence $\Pi_{netflow}$ describes the probability of configuration change; instead S_o does not refer to net transfer of atoms, its value reflects the number of ways to realize the current distribution of particles and thus the thermodynamic probability of the current configuration. Hence, the entropic terms surrogate the two different kinds of diffusion mechanisms allowed to occur as a function of time, i.e., they are the quantum equivalent of the Markovian and non-Markovian jumps. The probabilistic character of the quantum information agrees with the statistical definition of entropy inferred through the statistical uncertainty equations 4,1. It is noteworthy to remark that the well known definition of statistical entropy, usually regarded as a postulate, is here obtained as a corollary of eqs 4,1.

Discussion

The distinctive tasks of the present paper were: (i) to show that the definition $\mathbf{J} = c\mathbf{v}$ and the classical postulate $\mathbf{J} = -D\nabla c$ introduce the basic features of any diffusion process in gas, liquid and solid phases; (ii)

to show that these equations can be inferred from a general quantum principle, the statistical formulation of uncertainty, which also allows to describe the quantum systems; (iii) to show how the entropy is related to the concept of non-equilibrium state of the diffusion system inherent the definition of flux of matter. These targets were indeed obtained in eqs 4,2 and 4,4, leading to eq 4,17. A more direct evidence of the connection between \mathbf{J} and entropy is now provided examining just the quantum nature of the mass flow, evidenced replacing v_x of eq 2,3 into the x -component of eq 2,1, which yields with the help of eqs 2,5 and 4,1

$$J_x = -\frac{k_B T}{n\hbar} \Delta x^2 c \frac{\partial \log(c/c_0)}{\partial x} \quad 5,1$$

Also now an expression appears having the form $c \partial \log(c) / \partial x$, which can be handled in a way completely analogous to that followed in section 4 to infer entropic terms like $c \log(c/c_0)$ of eqs 4,8 and 4,17. Calculating J_x in an arbitrary point x_a around which $\log(x)$ is expanded in series of powers, one easily finds at the first order

$$J_{x_a} = -Q k_B \frac{c}{c_a} \log\left(\frac{c}{c_a}\right) \quad Q = \frac{T}{n\hbar} \Delta x_a c_a \quad \Delta x_a = x - x_a \quad 5,2$$

Here Δx is specified with reference to the arbitrary coordinate x_a . Apart from the factor Q , one recognizes, also in this result, the entropic term to be summed over all the elementary volumes Δx_a^3 that form the whole volume of the diffusion medium. There are two ways to regard the ratio c/c_a , i.e.: as m/m_a if different masses are regarded in a given volume of the diffusion system at different times, or as V_a/V , i.e., regarding equal masses delocalized in different volumes. Both cases fit the statistical definition of entropy, in that they concern in how many ways the arbitrary numbers n_a of particles of the diffusing species, to which the various m_a are proportional, can be arranged in the available volumes, e.g., interstitial sites or vacancies, of the diffusion medium. If V , arbitrary and not yet defined, is regarded as the total diffusion volume, then the thermodynamic character of the ratios of allowed microstates of the whole system becomes evident; if so, then the sum of all J_{x_a} corresponds to the entropic terms previously introduced. Recalling that in eqs 4,1 n is a number of states, $J_x \rightarrow 0$ for $n \rightarrow \infty$ agrees in fact with the eq 2,3: an increase in entropy due to the increase in states

accessible to the diffusion system corresponds to the reaching of asymptotic equilibrium where the net mass flow vanishes. As expected, the result here obtained via the time coordinate defining v_x agrees with that previously obtained through the space coordinate only. Verify the validity of eq 5,1 comparing it with eq 4,4, which yields $D = (k_B T / n\hbar) \Delta x^2$. Note that $k_B T / n\hbar$ has physical dimensions of $time^{-1}$; this ratio defines therefore τ calculating n times $\hbar / k_B T$. Average this equation of D between the time $t=0$ where $\Delta x^2 \rightarrow 0$ and the time τ where the total diffusion spread is $\Delta x^2 = \Delta x_{\tau}^2$, which thus yields $\overline{\Delta x^2} = \Delta x_{\tau}^2 / 2$; one finds immediately the known Einstein's one-dimensional result previously found

$$D = \frac{1}{2} \frac{\Delta x_{\tau}^2}{\tau}$$

Moreover note that multiplying and dividing Q of eq 5,2 by an arbitrary frequency v_* , one finds

$$Q = \frac{J_*}{S_*} \quad S_* = \frac{n\hbar v_*}{T} \quad J_* = c_a v_* \Delta x_a$$

where, by dimensional reasons, S_* and J_* are to be regarded as an entropy and a related matter flux; in particular, the latter is formally analogous to eq 3,1, in which case v_* has the physical meaning of jump rate between lattice sites here identified by x_a and any x . Hence, replacing these positions in eq 5,2, one finds

$$\frac{J_{x_a}}{J_*} = -S_*^{-1} \left[k_B \frac{c}{c_a} \log\left(\frac{c}{c_a}\right) \right]$$

Defining v_* as an average jump rate, then shared by all the possible x_a , the S_* does not depend on the particular coordinate x_a ; so it can be taken out the summation on all the coordinates allowed to the diffusing species.

Thus, once again

$$\sum_{a,x} \frac{J_{x_a}}{J_*} = \frac{S}{S_*} \quad S = -k_B \sum_{a,x} \frac{c}{c_a} \log\left(\frac{c}{c_a}\right)$$

This confirms the entropic physical meaning of the right hand side of the first eq 5,2, linked to the local mass flow J_{x_a} via a proportionality term S_* constant at a given temperature. Clearly this result is formally similar to the eqs 4,17. Then eqs 4,1 explain the link between concentration gradient law and entropy of diffusion system through elementary algebraic manipulations of formulae, without need of hypotheses *ad hoc* about the physical features of the diffusion system and its driving mechanisms; in principle, the present conclusions are true for diffusion processes in solid or liquid or gas

phases. No assumption was made indeed about the coordinates of the points x_a and x_b , falling within the respective elementary volumes Δx_a^3 and Δx_b^3 , whose size and position as a function of time have been indeed never specified in section 4; for this reason, eqs 4,14 to 4,17 are never calculated in practice, actually they have mere conceptual meaning. In fact, such kind of local information is irrelevant to calculate the entropy; it is enough to compute how the number of particles corresponding to a given mass can be distributed in various volume elements, regardless of where these latter might actually be in the diffusion medium. It is not surprising that the model describes the time evolution of the system without knowing in detail how the local configuration of particles and volumes is progressively modified as a function of time. Nothing is known about the motion of these particle within their own Δx^3 , because it would require some sort of information about x and p_x within their uncertainty ranges. The impossibility of establishing if within this arbitrary volume the motion is, for instance, Markovian or non-Markovian compels admitting that both chances are in fact allowed, whence the probabilistic character of eq 4,18; this also justifies why the diffusing species *must* be involved in a mass transfer process both with and without net displacement of particles. Indeed, as previously emphasized, the entropic terms S_t and S_0 account in a probabilistic way for the chances that the path of the diffusion species entails a real displacement or not. This conclusion does not conflict with the fact that by definition J_x represents a net mass flow explicitly related to an effective concentration gradient; eq 4,4 simply concerns the link between the existence of a local concentration gradient and the tendency of the system to annul the non-equilibrium gradient in agreement with the second law of thermodynamics; yet J_x appears in eq 4,17 as the ratio J_x/J_0 , which converts the deterministic definition of mass flow into a time dependent probabilistic event through the time parameter γ ; indeed, the latter itself controls the net displacements at $t=0$, at $t=\infty$ and at intermediate times.

Conclusion

The present paper was essentially focused on the basic aspects underlying the concept of mass flow

only. The classical treatment of the problem starts from reasonable assumptions, which in effect are proven enough to outline a coherent picture of driving force and essential phenomenology of diffusion in the frame of a thermodynamic approach. A deeper level of knowledge is allowed by the microscopic approach, at the cost however of a much more complicated mathematical formalism and further hypotheses about the local mechanisms governing rate and features of the lattice jumps; only a short sketch on these aspects was possible in this paper, because in general these mechanisms are based on phenomenological assumptions, e.g., via molecular dynamics or functional density approaches. Yet in general these computational methods lack the universal character of the laws of thermodynamics and need mathematical approximations that deserve a dedicated discussion out of the purposes of the present paper. Instead, the previous results show that an essential contribution in this respect is provided by the quantum approach. Even without *ad hoc* hypotheses, e.g., without specifically specifying the gas, or liquid, or solid nature of the diffusion medium, the quantum principles reveal the order \rightarrow disorder transition inherent the diffusion process. This is not surprising: only a very general principle, formulated through eqs 4,1, can infer another general concept like the entropy as a straightforward corollary. ●

references

1. J. Karger, F. Grinberg, P. Heitjans, *Diffusion Fundamentals*, (2005), Leipzig: Leipziger Universitätsverlag, Leipzig.
2. H. Mehrer, *Diffusion in Solids*, (2007), Springer Series in Solid-State Sciences, vol. 155, Berlin.
3. J. Crank, *The mathematics of diffusion*, Oxford Science Publications, (1975), Oxford University Press, Oxford.
4. P. G. Shewmon, *Transformations in Metals*, (1969), McGraw-Hill, N. Y.
5. D. A. Porter, K. E. Easterling, *Phase Transformations in Metals and Alloys*, Second Edition (1992), Chapman and Hall, N. Y.
6. S. Tosto, "An Analysis of States in the Phase Space: Uncertainty, Entropy, Diffusion", *Progress in Physics*, (2011), vol. 4, pp. 68-78
7. S. Tosto, "Correlation model of mixed ionic-electronic conductivity in solid oxide lattices for fuel cells", *Int. Journal of Energy Res.*, (2011), vol. 35, n. 12, pp. 1056-1074
8. J. H. P. Heitjans, *Diffusion in Condensed Matter: Methods, Materials, Models*, (2005), Springer, Berlin.
9. A. V. Gorshkov, "Relation for the self-diffusion parameters of elemental substances", *Inorganic Materials*, (2000), vol 36, n. 7, p. 688-690
10. S. Tosto, "An analysis of states in the phase space: the energy levels of quantum systems", *Il Nuovo Cimento B*, (1996), vol. 111, pp. 193-215
11. S. Tosto, "An analysis of states in the phase space: the diatomic molecules", *Il Nuovo Cimento D*, (1996), vol. 18, pp. 1363-1394



Mobility analysis by GPS data recorded on board of private cars

In the Italian vehicular fleet a percentage of about 1.5% is equipped with a GPS device for insurance purposes. The knowledge of the records collected by these vehicles, in the Florence province, during a period of one month, allows a traffic analysis on different municipal areas. For each municipality, the number of vehicles belonging to resident people and equipped with the GPS devices is estimated. This allows to normalize the calculated parameters. They are reported versus time and separated in resident and non-resident vehicles. Furthermore, the normalized parameters can be taken as indicators to assess traffic and migration behavior in a municipality as well as to compare different size municipalities

■ Giancarlo Giuli, Massimo Mancini, Paolo Zampetti

Analisi di mobilità da dati GPS registrati a bordo di autovetture

Nel parco veicolare italiano una percentuale di circa 1,5% è dotata di un dispositivo GPS. La conoscenza delle registrazioni rilevate in un mese da questi veicoli, nell'area comprendente la provincia di Firenze, permette di effettuare l'analisi del traffico nei Comuni nella zona. Per ogni Comune viene stimato il numero dei veicoli appartenenti ai residenti e dotati del dispositivo GPS. Questo consente di normalizzare le grandezze calcolate. Queste grandezze sono riportate in funzione del tempo e suddivise per veicoli residenti e non-residenti. Inoltre, grazie alla normalizzazione, queste grandezze possono essere prese come indicatori per valutare il traffico e i flussi migratori del Comune oltre a permettere un confronto tra Comuni di diverse dimensioni

After the diffusion of GPS technology, thanks to the quantity and quality of available data, new methods of traffic investigation are being developed, with many possible implications on policies for land management. This issue is the object of a project, PEGASUS, which

involves ENEA and Octo Telematics^[1]. In particular, Octo Telematics manages the data from all those vehicles that, for insurance purposes, have a GPS device (clear box) mounted on board. During the trip, with a frequency depending on the time elapsed (~30 s) or on the covered distance (~2 km), when required, the clear box records the UTC (Coordinated Universal Time^[2]) time of the recording, the vehicle position, the instantaneous speed, the traveled distance from the previous recording and other parameters. The monitored vehicle population (hereinafter called "GPS vehicles") is fairly widespread throughout the country about 1.5% of the Italian private cars (2008) and is expected to increase.

■ Giancarlo Giuli, Paolo Zampetti
ENEA, Technical Unit for Advanced Technologies for Energy and Industry

■ Massimo Mancini
ENEA, Technical Unit for Energy Efficiency

In this article, some of the results obtained by using one month of tracking data are discussed. The analysis may be applied to a variety of applications: mobility planning and management, environmental impact assessment study, potential market definition of products and services, such as electric car^[3], car sharing, innovative systems for local public transport, etc.

Within the project, the Octo Telematics Company has provided ENEA with data collected by GPS vehicles in the whole month of March 2008. The available data refer to the area of $\sim 84 \times 87$ km², including Florence and Prato provinces, in addition to some towns of other provinces. With these data ($\sim 500'000$ records/day), detailed dynamics of traffic can be analyzed in different towns and compared with each other^{[4], [5], [6]}.

Normalization of results

A feature that makes these data very interesting is their almost uniform distribution in the whole Italian country. This is an important aspect because the values of the whole fleet may be estimated from the traffic data of the GPS vehicles.

The particular characteristic of the present study is the focalization of the traffic analysis on the municipal area rather than vehicles. Therefore, a normalization is needed and is obtained by dividing the values of the traffic parameters in a municipality by a characteristic number of the same municipality. In this work the characteristic number is identified in the number, N_R , of the GPS vehicles that belong to residing people in the municipality. This number choice is appropriate because this magnitude is proportional to the potential of mobility of the municipality itself and, at the same time, is independent from the traffic volume (influenced by internal and external factors of the municipal area).

In this normalization, the presence of other municipalities vehicles in the traffic does not cause any inconvenience.

At the municipal level, the usefulness of normalizing is evident when comparing, for example, the daily number of traveled kilometers by all GPS vehicles (veh-km), in Florence and Prato. It appears that Florence's values are higher, because of its larger population.

This, however, does not necessarily imply that traffic is more intense in Florence than in Prato.

As regards the N_R value choice^[5], let us examine the following case. A municipality with *only local traffic* is compared with another municipality characterized by the same N_R and the same local traffic, but, in addition, its traffic is produced by non-resident vehicles, with the same intensity of the local one, i.e., there is double amount of vehicles and of traveled veh-km. If, in each of the two municipalities, the total number of traveled veh-km is divided by the total number of vehicles, one obtains the average number of traveled km by a vehicle (*observation on the vehicle*). The number is equal in both municipalities. This division does not show the different traffic level between the two municipalities. Otherwise if, in each of the 2 municipalities, the veh-km number is divided by the resident vehicles' number N_R (*observation on the municipal area*), a double value compared to the first municipality is obtained for the second one. In this way, the effective difference between traffic levels is represented.

The graphs from analyses done on GPS vehicles are given on 3 different scales. The first one refers to data from GPS vehicles. The second scale refers to the normalized data, and reports the relative value (the value of the analyzed variable divided by N_R). With this scale it is possible to compare municipalities with different populations. The third scale refers to the whole fleet whose values are intended as an estimate of the real traffic in the considered area.

Determination of resident GPS vehicles' number in a municipality

The circulating or parked vehicles in a municipal area can be classified into *resident* and *non-resident*, depending on whether the vehicle owner resides in the municipality or not. In order to obtain an estimate of NR, number of resident vehicles, the available data are compared with the geographic reference information^[7]. In this way, each registration is assigned to the municipal area in which it is detected. Then, by observing, for each vehicle and for each single day in one month, the municipality which the trip starts from at the beginning of the day, and which one the trip

finishes into at the end of the day, one can deduce the residence municipality. So it is possible to obtain the estimated number N_R of resident GPS vehicles.

In Figure 1, the monitored area is represented, bounded by the blue outline. In Table 1, the most populous municipalities included in the area are listed (col. 1) and the following corresponding values are reported: the number of registered vehicles^[8] (col. 2), the estimated NR number of resident GPS vehicles (col. 3) and their percentage values (col. 4). In column 5 the population^[9] is reported.

By considering the totality of the municipalities that are entirely included in the monitored area, we have 12,587 GPS vehicles (estimated), i.e., 1.33% of the total number of 945,958 registered vehicles. These total data are reported in the separate section on the bottom of Table 1.

The characteristic value N_R is used to normalize the results obtained for the considered municipality. The normalized magnitudes become *indicators* for a correct comparison of the traffic behavior between different municipalities.

Daily traffic intensity: vehicle presence and traveled distances

In order to get the estimated traffic intensity during the day, we can determine the number of circulating vehicles and the traveled distances. In the literature

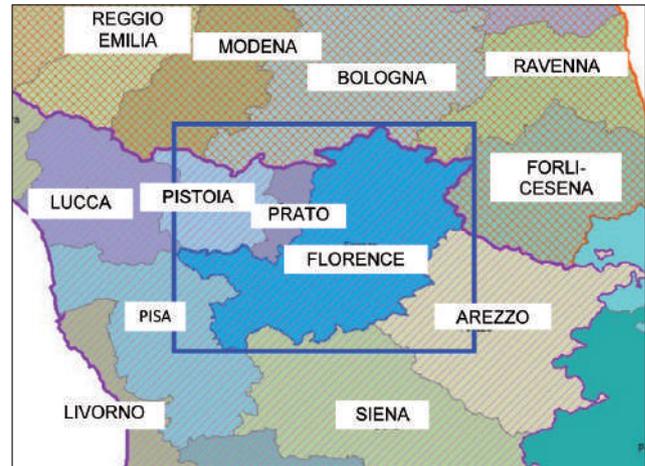


FIGURE 1 Detection area of GPS data (blue box)

these two values are usually provided for time intervals more or less wide (1-4 hours). In this way the mean value in the interval is represented, without knowing the exact peak value and the instant at which it occurs. In this article the trend graphs are reported with continuous time scale, in order to better represent the rapid variations of the traffic.

In Figure 2, it is schematically shown how the continuous representation of the number of circulating vehicles is made. In the upper part, time histories of four vehicles are shown, represented in yellow during the parking time and in green during the circulating time. In the

Municipality	Regist. Vehicles ^[8]	Resident GPS Vehicles	% GPS Vehicles	Population 2008 ^[9]
Florence	201,518	2,224	1.10	365,659
Prato	113,953	1,162	1.02	185,091
Pistoia	55,543	903	1.63	89,982
Empoli	28,891	813	2.81	47,181
Sesto Fiorentino	28,015	466	1.66	47,332
Campi Bisenzio	23,274	305	1.31	42,612
Bagno a Ripoli	15,687	206	1.31	25,885
Montecatini	12,976	133	1.02	21,156
Monsum. Terme	12,464	165	1.32	20,985
All Internal Municipalities	945,958	12,587	1.33	1,622,997

TABLE 1 Vehicular population in some municipalities

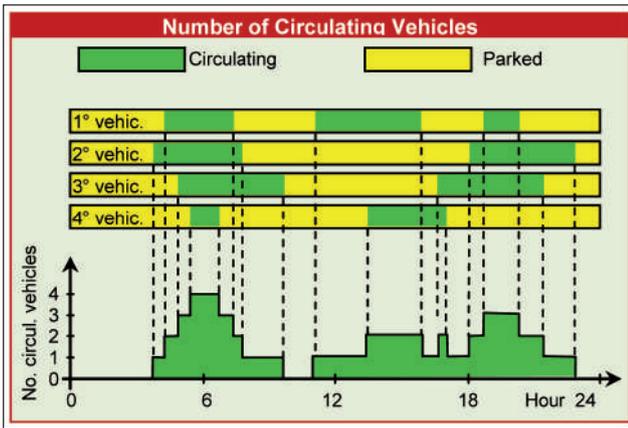


FIGURE 2 Schematic representation of circulating vehicles

lower part, the total number of circulating vehicles is reported moment by moment.

By applying this technique to vehicles in Florence's municipality, seven trends are obtained from the seven week days (3-9 March 2008), as shown in Figure 3, for the number of circulating vehicles. The time is reported on an hourly basis UTC (local time is 1 hour greater than UTC), as originally recorded.

The blue ordinate, shown at right, represents the presence amount of the GPS vehicles, whereas the number shown on the left ordinate represents the same data reported in a relative scale, i.e., divided by N_R . Finally, in the third red scale on the right, the estimated real vehicle amount is shown starting from relative values. The graph shows:

- A perfect synchronization in the first 5 days of the week, at about 6-8 am and 7-8 pm.
- Less traffic on Saturdays and even less traffic on Sundays.
- The rush hour, at 8 in the morning, in the first five days of the week, moves to about 11:30 on Saturdays and Sundays.
- The traffic in the night between Saturdays and Sundays is 4 times higher than other days.

The black curve (Tuesday), shown in Figure 3 is reported in Figure 4. This curve is decomposed into two components: resident (green) and non-resident (red) vehicles. It can be noted that non-resident vehicles, are slightly more numerous than the internal ones up to 18.

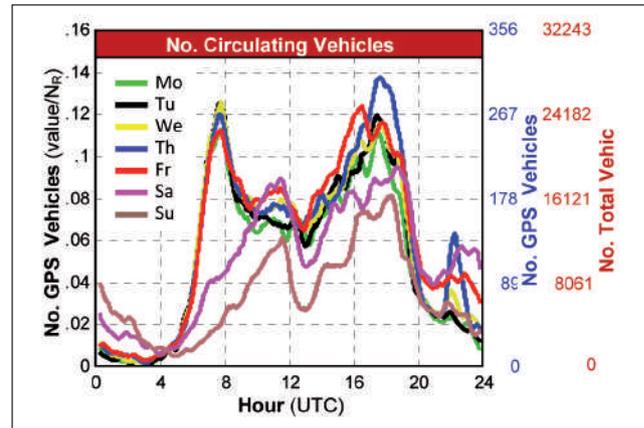


FIGURE 3 Number of circulating vehicles in Florence's municipality in the seven days of the week

To have a complete description of the municipal traffic, besides the number of circulating vehicles, the knowledge, in the municipal area, of the average speed or the total traveled distance per unit time by all the vehicles is required. These two quantities, as shown below, are dependent on each other. Here the second one is represented because it contains more information; for example, it allows an assessment of the pollution level.

Therefore, the total traveled distance by all GPS vehicles [veh-km] in the municipal area is calculated in a time window and is divided by the duration of this window. The quantity thus obtained is defined *total traveled distance per unit time* and is measured in [veh-km/h]. Because of its high variability over time, narrow time windows are used to have a practically instantaneous measure.

The *instantaneous* total traveled distance per unit time, on Tuesdays, is shown in Figure 5. As previously reported, three scales are shown along the ordinate axis. The relative value on the left is obtained dividing, by N_R , the value of the total traveled distance by GPS vehicles in the unit time. The total traveled distance, in a specified time interval, can be derived from the given trend, calculating the integral in the considered range. From the graph we see that in the rush hour, at 8.00 am, the total traveled distance for GPS vehicles is 5,560 veh-km/h. In fact, this distance is derived from the ~267 circulating vehicles (Figure 4), with

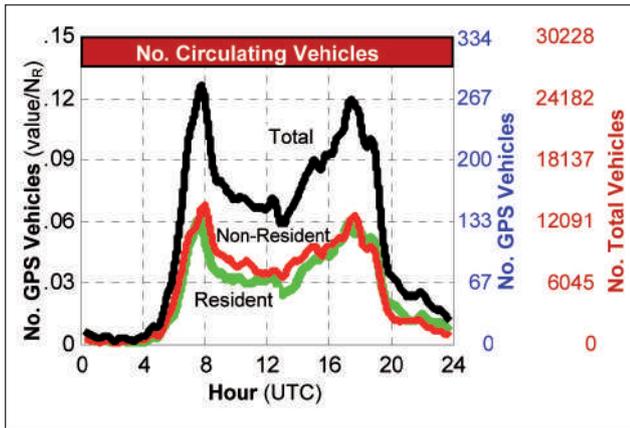


FIGURE 4 Number of circulating vehicles

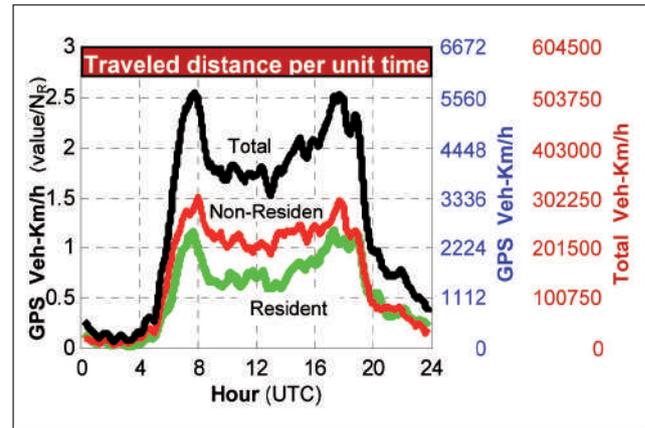


FIGURE 5 Traveled distance per unit time

an average speed of ~20 km/h, in that hour. Also in this hour the relative total traveled distance is 2.5 km/h, obtained by dividing the 5,560 veh-km/h for N_R (= 2,224) residents GPS vehicles. Then the relative distance has the following meaning: *the number of km that each one of the N_R resident vehicles should cover in one hour to produce the same traffic generated by the effectively circulating vehicles (resident and non-resident)*. For example, the relative value of 2.5 km/h, at 8 in the morning, corresponds to the distance that each of the 2,224 GPS vehicles, residing in Florence, should travel in one hour, at that time, to equate the value of 5,560 veh-km/h made by the 267 circulating vehicles.

It is interesting to note that the observed decrease, from 8 to 12 am, of the trend shown in Figure 5 is smaller than the one shown in Figure 4. This is due to the fact that in the middle of the day, because there is less traffic, the vehicles travel faster and therefore the mileage is proportionally greater than in the rush hours.

Another observation is that the red and green curves in Figure 4, between 7 and 18 hours, are almost coincident, whereas in Figure 5 the red curve, representing non-resident vehicles, is visibly above the green curve of resident vehicles. This is due to non-residents who, when entering the city, travel along stretches of highways with higher speed. The two trends, number of circulating vehicles and total traveled distance per unit time, complete the knowledge of traffic. In fact, also the

instantaneous average traffic speed^[6] is obtained from them, by dividing the values of the graph of Figure 5 by those of Figure 4.

Daily migration flows

An important issue in the study of mobility within a municipality is the assessment of migration flows, to and from a municipality, and the resulting change in the internal vehicular population, either circulating or parking.

Figure 6 shows, for each instant of the day, the variation in the number of vehicles with respect to midnight of the day before. Patterns refer to the seven days of the week taken in the Florence's municipality. The axis of ordinates, representing the variation of the number of vehicles shows, as previously, the three scales: the relative one on the left and the scales of the GPS (blue) and the total (red) vehicles on the right.

Figure 6 shows that at mid-morning, as first approximation, the estimation of the vehicular population increases with peaks of about 32,000 vehicles during the five working days. Otherwise on Sundays, at the same time, the vehicular population decreases by about 12,000 vehicles.

The number of commuter vehicles entering the town of Florence is higher than it appears in Figure 6. In fact, the variation of the vehicular population does not take into account that a large fraction of vehicles entering the municipality is compensated by local commuters leaving.

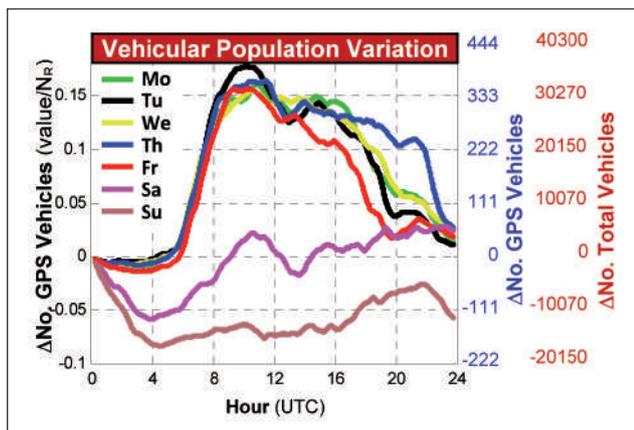


FIGURE 6 Vehicular population variation in Florence's municipality for 7 days a week

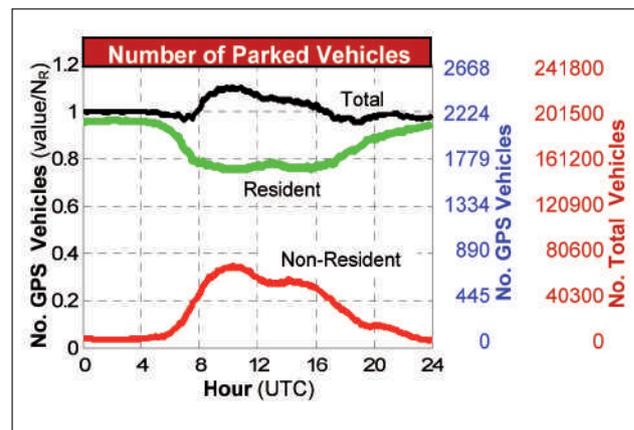


FIGURE 7 Number of parked vehicles in Florence's municipality

In order to study this aspect, the number of parked vehicles during the day can be observed, as reported in Figure 7, for Tuesday, on last March 3, distinguishing the parked resident vehicles (green) from those of non-residents (red). The total number of parked vehicles is shown in black. Again, three scales of ordinates are given: the relative one on the left, and the scales of the GPS (blue) and the total vehicles (red) on the right.

From the values of the green curve, read on the left scale, it follows that during the day the number of parked vehicles decreases by 25% for residents, with respect to the midnight hour, whereas it increases by about 35% for non-residents (red curve). This significant increase, given by non-residents, is partially visible looking at the total pattern (black curve), where the maximum value exceeds the midnight value only by 10%.

Since the time of parking is much longer than the circulation time, the shown trends of parked vehicles represent about 95% of all vehicles present in the municipality.

Comparison among different municipalities

As previously discussed, the data from GPS vehicles can be presented in a relative way. This opportunity is highlighted by comparing 4 different municipalities. The chosen municipalities are 3 provincial capitals (Florence, Prato, Pistoia) and Campi Bisenzio. The latter is located near a motorway junction. Changes in the number of vehicles are reported for Tuesday, March 4, 2008.

In the left graph of Figure 8, the trend of the number of circulating vehicles is shown, referring to the 4 municipalities, whereas in the right graph the total traveled distance for unit time is shown. In both graphs, the ordinates show the relative values.

Multiplying these values by the values of the third column of Table 1, the numbers of circulating GPS vehicle can be obtained. Similarly, one can determine the total number of circulating vehicles in a municipality, by multiplying the reported relative value by the corresponding value of the second column of Table 1. The left graph of the number of circulating vehicles highlights that the 4 patterns shown are very similar. This is due to people needs, which are not dependent on the municipality. Unlike these trends, in the right graph, it can be observed that the total traveled distance in unit time depends on the considered municipality. In this case, the covered distance has a strong dependence on the road network. For example, Campi Bisenzio has a higher value of traveled distances in unit time than the other municipalities, because of its higher percentage of highways.

To understand the needs of mobility-related phenomena of commuting, a further comparison between the 4 municipalities is shown in Figure 9, where the change of vehicular population, compared to the midnight's, is represented.

It can be observed that, among the 4 municipalities, the growth of vehicles is higher in Florence and particularly

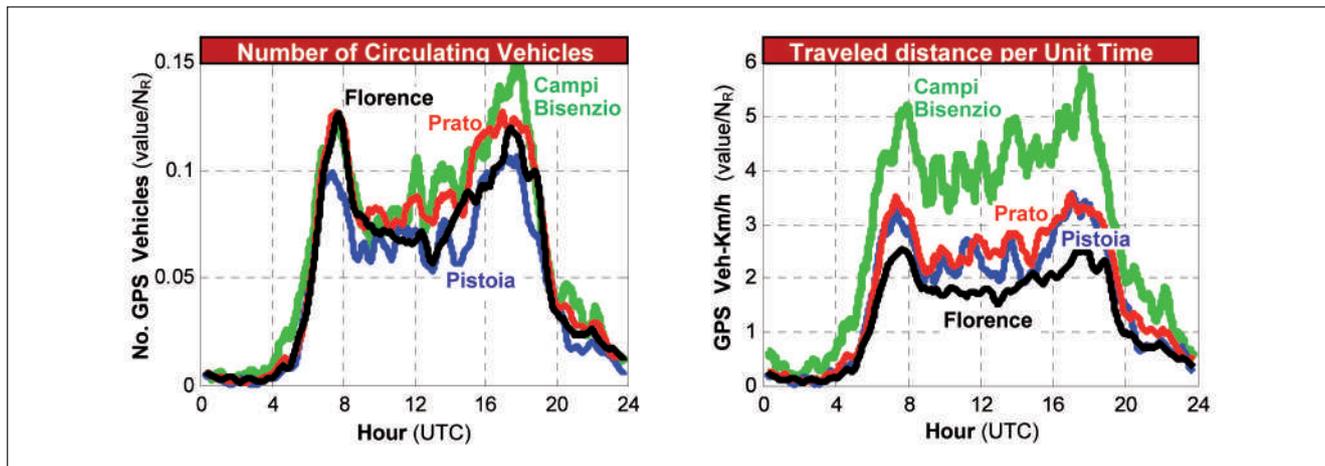


FIGURE 8 Comparison among 4 municipalities: number of circulating GPS vehicles (left) and traveled distance per unit time (right)

in the morning, because of activities related to offices, schools and universities.

The Campi Bisenzio's trends are quite variable. The presence of large shopping malls draws non-resident vehicles inside the city, mostly in late afternoon. Also a traffic component crossing the municipal area, due to the proximity of the highway, has to be taken into account. These movements produce high percentage variations on the municipal traffic because of the small resident population compared to that of crossing.

Conclusion

The obtained results confirm that the proposed normalization makes the mobility parameters, obtained in different municipalities, comparable with one another. Extending the GPS data processing, one can perform other analyses, in addition to those addressed, significant to get an accurate description of mobility. Some examples: presentation of results by isolating the component of resident, or non-resident vehicles in the municipality, instead of considering the total vehicular population; analysis of the vehicles occasionally entering the town (non-commuters), in order to quantify them into numbers and to see which days they are concentrated in and where they move; construction of matrices Origin/Destination of all vehicles, defining the departure/arrival points. ●

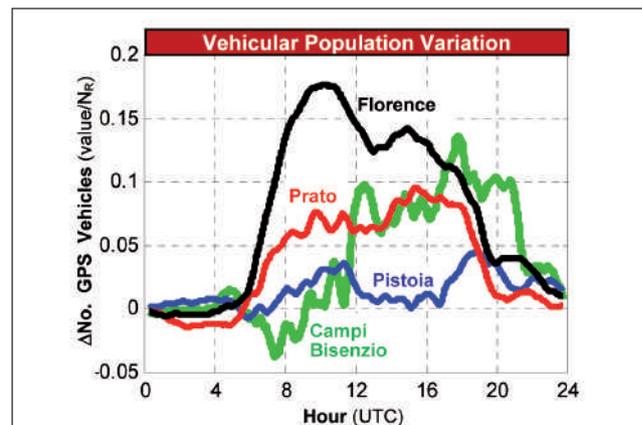


FIGURE 9 Change in vehicular population compared in 4 municipalities

references

- [1] OCTO Telematics Ltd., www.octotelematics.it
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Coordinated_Universal_Time
- [3] G. Giuli, M. Mancini, G. Pedè, Il mercato dell'auto elettrica, *Ingegneria dell'autoveicolo*, rivista dell'ATA, Vol. 64, n. 9/10, sett/ott 2011.
- [4] G. Giuli, M. Mancini, P. Zampetti, Analisi della mobilità mediante dati GPS registrati a bordo di autoveicoli privati, *Mobility Lab*, n. 39, Mag/Giu 2011.
- [5] G. Giuli, P. Zampetti, Analisi delle distanze percorse in un giorno da veicoli privati in un'area di traffico urbano ed extra-urbano, Technical Report ENEA, RT/2009/8/TER.
- [6] G. Giuli, M. Mancini, P. Zampetti, Metodi di analisi dinamica della mobilità mediante elaborazioni di dati GPS, Technical Report ENEA, RT/2010/41/ENEA.
- [7] CNEL-STATS, *Atlas of Infrastructure*, 2008.
- [8] ACI (Automobile Club of Italy), *Autoritratto*, 2008.
- [9] ISTAT (National Institute of Statistics).



Regi Lagni: Revamping of the Wastewater Treatment Plant “Area Nolana” Without Service Interruption

In Summer 2010, ENEA was involved in a project aimed at mitigating water pollution in the network of drainage channels known as “Regi Lagni”, as well as in the coastal areas near the city of Naples. The innovative experience hereby presented consisted of proposing an ad hoc procedure to avoid bypassing non-treated or partially treated wastewater during the different steps of works for revamping the plant. Namely, in this paper we synthetically describe the procedure “Zero discharge in Regi Lagni”, engineered by ENEA, based on five micro-interruptions of strategic plant sections, during which influent flow (say, 3,000 m³/h) was stored in internal volumes of the plant. The experience has shown that, with a limited increase in costs (less than 1% of the total value of the revamping project), great advantages can be achieved for the environment

■ Raffaele Pica, Francesco Pasanisi, Carlo Tebano, Antonio Salluzzo, Gianpiero Cesàro

Regi Lagni: Potenziamento dell’impianto di trattamento delle acque reflue “Area Nolana” senza interruzione del servizio

Nell’estate 2010 l’ENEA è stato coinvolto in un progetto finalizzato alla mitigazione dell’inquinamento nella rete di canali dei “Regi Lagni” e delle aree costiere in prossimità della città di Napoli. L’esperienza innovativa che viene qui presentata è consistita nella proposta di una procedura ad hoc per evitare il bypass di acque non trattate o solo parzialmente trattate durante le varie fasi dei lavori di potenziamento dell’impianto. Nel presente lavoro si descrive sinteticamente la procedura “scarico zero nei Regi Lagni” messa a punto dall’ENEA, basata su cinque micro-interruzioni su sezioni mirate di impianto, durante le quali la portata in ingresso (ca. 3.000 m³/h) è stata accumulata in volumi disponibili all’interno dell’impianto. L’esperienza ha dimostrato che, con un limitato incremento dei costi (meno dell’1% del valore totale del progetto di potenziamento), è stato possibile conseguire grandi benefici per l’ambiente

Coherent with its mission, over the last decade ENEA has been involved in environmental protection in Campania Region^[1]. In particular, from 2006, efforts of ENEA focused on the network of five big wastewater treatment plants discharging into the drainage channels network named “Regi Lagni” and coastal area named “Litorale Domitio”^[4].

In this framework, new technical/managerial aspects about a new connection plan are presented, dealing

with the startup of a new biological treatment line in the Area Nolana plant, aimed at increasing the volume

■ Raffaele Pica, Francesco Pasanisi, Carlo Tebano, Antonio Salluzzo
ENEA, Technical Unit for Portici Technologies,
Chemical Environment Laboratory

■ Gianpiero Cesàro
Director of “Area Nolana” municipal wastewater plant

of wastewater conveyed to the secondary treatment facility.

The mentioned procedure was based on the criterion of “zero discharge” of non-totally purified wastewater. The operation initially appeared difficult to perform, due to the value of the inlet flow, approximately 3,000 m³/h. Actually, the perfect execution of the project permitted to avoid the discharge of out-of-standard water in the Regi Lagni channel, all over the connection procedure in summer 2010.

The wastewater treatment plant “Area Nolana” is located in Marigliano, in the province of Naples. It was built at the beginning of the 80's by the Cassa per il Mezzogiorno (CASMEZ), a governmental agency for the development of Southern Italy, within the framework of the so-called “Special Project no. 3-Remediation of the Gulf of Napoli”, after a dramatic cholera epidemic. The plant takes up a surface of 20 hectares and treats the wastewater of 34 towns near the city of Nola. The size of the plant is around 461,000 population equivalent and the wastewater is generally of urban origin and, in lower fraction, coming from the near industrial area of Nola-Marigliano. The final discharge of the treated wastewater is in the upstream part of the Regi Lagni canal, about 50 km far from the mouth on the coast called Litorale Domitio. The Area Nolana plant is located in the Northern part of the Campania plain, marked by the Mount Fellino in the North, by the Southern versant of the Mount Partenio in the East, and by the volcanic mountains of Somma-Vesuvio in the South (Figure 1). The purification cycle is based on the mechanical and microbiological treatment of the wastewater. This means that the pollutants are removed by screening, settlement and filtration, while the dissolved fraction of pollutant is removed by micro-organisms present in the sludge, as in the conventional process of “activated sludge plant”^{[2],[3]}. Today's layout of the plant refers to the original design of the CASMEZ, later implemented in the biological treatment to fulfill the latest legislation requirements. In fact, from 2006, a third biological line has been introduced and the section for the denitrification system adapted. In 2008, a final microfiltration section has been introduced (tertiary treatment).

The cycle of the water treatment is illustrated in Figure 2.



FIGURE 1 Geographic position of the wastewater treatment plant called “Area Nolana”

Between 2006 and 2010, the plant suffered a critical condition due to the difficulty to admit the whole influent flow to the biological section^[5]. Therefore, as a result of the daily peaks in flow, even in dry days, fractions of only partially treated water were discharged in bypass, causing a possible contamination of the final current (Figures 3 and 4).

ENEA was involved in the solution of the mentioned problems, supporting the revamping project and collaborating with technicians of the Regione Campania Water Department. Moreover, ENEA introduced a new idea for the connection of the new lines avoiding temporary discharge (bypass) of wastewater not completely treated. This connection procedure can be considered as a new approach to the extraordinary maintenance of the wastewater treatment plant in Campania Region, where normally plants in such conditions are simply turned out of service^[6].

It must be said that plants like “Area Nolana” are quite common in Italy, especially among the biggest ones; therefore, the executed procedure could be an interesting example to be exported for the extraordinary maintenance of similar plants.

New works and connections

The revamping works concern the construction of a fourth biological line beside the existing three ones currently in service. The new treatment line is basically composed of three tanks:

- The new distribution tank, which was to be connected



FIGURE 2 Aerial view of the plant with the legend of the main wastewater treatment sections (Water Line)

to the existing one used to feed the existing three lines already in service. The connection was achieved through the construction of a rectangular-sectioned channel. For the start-up of the distribution tank, it was necessary to cut the concrete wall dividing

the new channel from the old distributor tank (see Figure 5, point 1).

- The outlet of the new nitrifying/denitrifying tank was connected by joining the new drainage ditch to the existing one. The connection required the removal

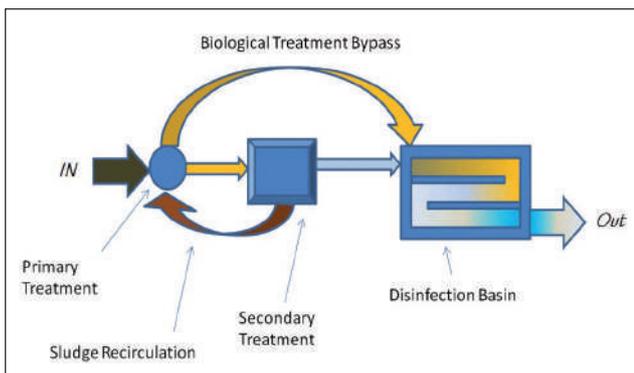


FIGURE 3 Scheme of the effect of biological treatment bypass, resulting in the contamination of clarified water in the disinfection basin

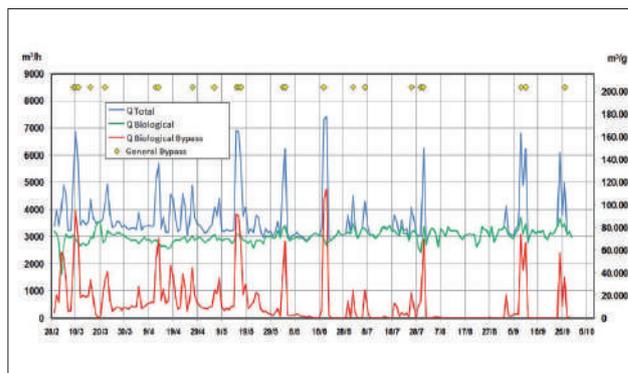


FIGURE 4 Daily incoming flow rate during the period March September 2010. Rainy days are reasonably well indicated by the activation of the general bypass

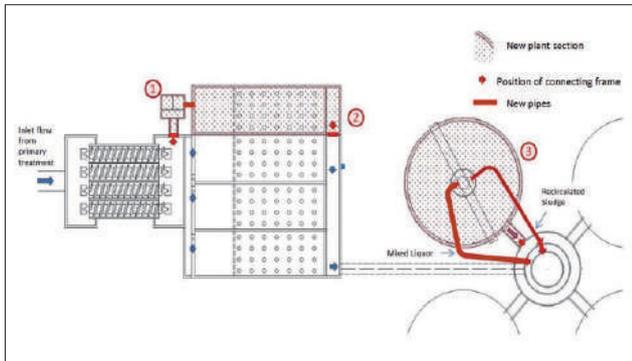


FIGURE 5 Connection scheme of new basins (plant)

of the concrete wall separating the two ditches (see Figure 5, point 2).

- The new secondary settling tank was connected to the existing distributor feeding the three existing settling tanks. In particular, the existing distributor for secondary settling tank is composed of three concentric tanks having the following functions:
 - The central well hosts the concentrated sludge coming from the bottom of the secondary settling tank.
 - The intermediate section hosts the mixed liquor, coming from the biological tanks to be redistributed to the secondary settling tanks.
 - The outer section hosts the clarified water coming from the external ditch of secondary settling tanks,

and finally sends them to the final filtration (see Figure 5, point 3).

It was therefore necessary to connect the pipe (DN 700 mm) of the concentrated sludge, coming from the new secondary settling tank to the central wall of the existing secondary distributor. To this aim, a slide gate was installed to control the sludge flow. On the other hand, the connection pipe of mixed liquor (DN 1100 mm) was connected to the intermediate section of the secondary distributor, going under the external section. The clarified water, instead, was connected by a rectangular concrete channel joining the external section of secondary distributor with the new settling tank. The channel was finally built over the two pipes of the mixed liquor (DN 1100 mm) and the concentrated sludge (Figure 6).

Critical aspects of connections without bypass

The entire procedure hereby described was based on the possibility to turn “out of service” the unit interface between the new and the existing ones. The operations were divided into micro-interruptions of functioning systems, while the influent flow was stored inside suitable internal tanks.

The volumes for the temporary storage of the wastewater are indicated in Figure 7 and the main values are summarized in Table 1.

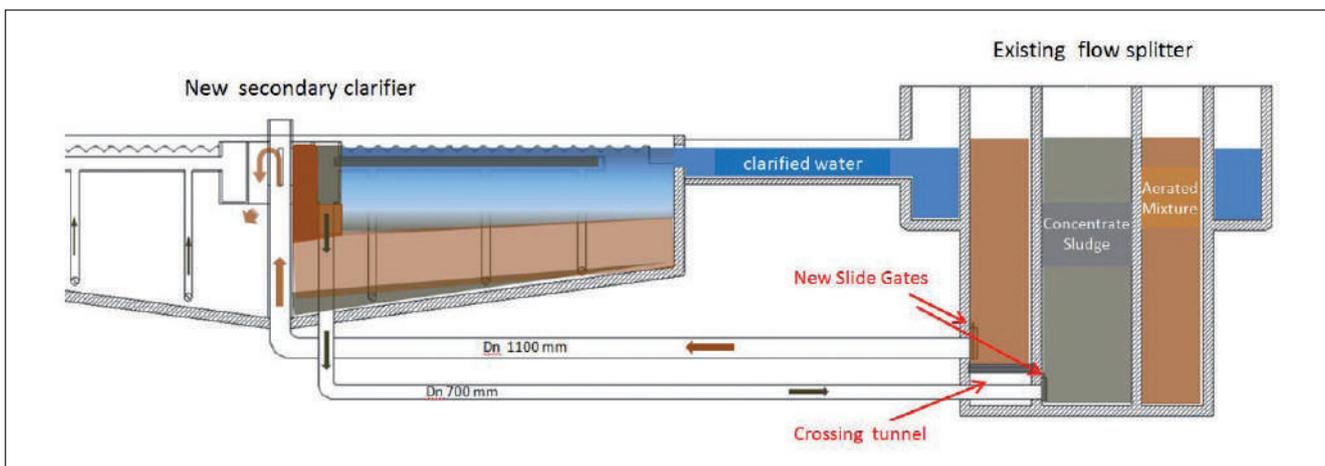


FIGURE 6 Section connection scheme between new secondary clarifier and existing flow distribution chamber (Flow Splitter)

Basin for temporary storage	Volume	Filling time
Primary clarifier	3,300 m ³	1h 20 min
Disinfection basin	2,500 m ³	1h
Fourth biological basin (new)	5,000 m ³	2h
Secondary clarifier (new)	8,750 m ³	3h 30 min

TABLE 1 Main values of temporary storage of the wastewater

The interruption time has been reduced between 2.5 and 8 hours for each step. The duration of the internal suspension of the process has been determined according to the following parameters:

- amount of wastewater inlet flow;
- available volumes for the storage;
- duration of the works necessary for the interconnections;
- weather conditions;
- the need to preserve the biologic and rheologic characteristics of sludge during the suspension, as to maintain the performance and reliability of the process when restarting.

About the inlet flow, the historical data show in the last ten years a severe increase in its overall amount. In fact, influent volumes changed from 9,000,000 m³/year in 2000 to about 29,000,000 m³/year in 2009.

The variability over the year follows the trend of the rainfall and droughts. The 2009 data show a minimum

inlet flow in May (about 2.000.000 m³/month) and a maximum of 3,100,000 m³/month in March.

In order to determine the best daily time when executing the operation of drainage interconnections, we referred to the daily data of arriving flow. In particular, from the analysis of historical data, the mean hourly trend in influent flow was derived (Figure 8), considering only dry days, discarding all data referred to recent rainfalls (less than 2 days).

From the analysis of the available data, it was noticed that the time of the minimum influent flow is around 09.00 a.m., while the period when the inlet flow is under the mean value of dry periods is between 04.00 and 12.00 a.m.. So, it was decided to perform the activities during this period.

New biological tanks connection procedure

The connection procedures were split in three steps, between July 1st and September 23rd, 2010. The duration of the three steps was reduced from the original 98 days to 73 days by the superposition of the 3 steps.

The different steps are summarized below.

- Step 1 – (duration 10 days) – Connection of the new nitro-denitro basin (Figure 9);
- Step 2 – (duration 43 days) – Connection the new secondary clarifier piping to the flow splitter (Figure 10)

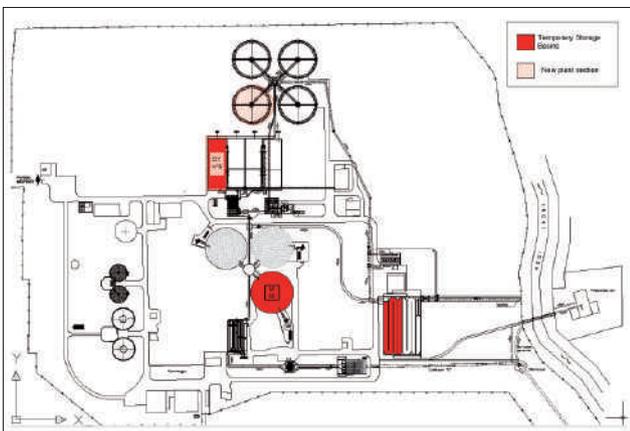


FIGURE 7 Facility plan with indication of the basins used for flow storage during the “micro interruption” programmed for the start-up of new plant sections

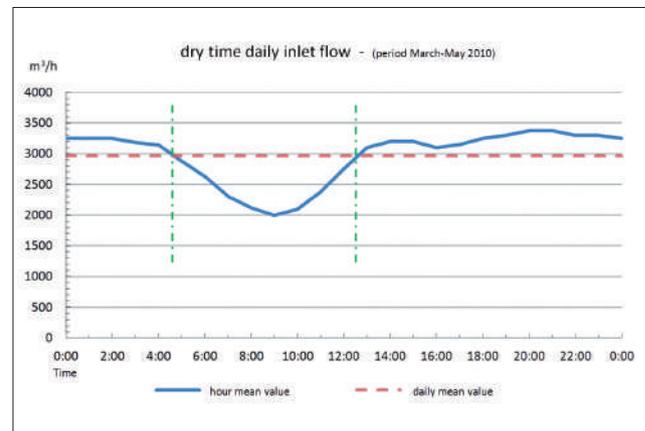


FIGURE 8 A typical trend of influent flow in dry days (hour mean value). Between green bars the daily period chosen for “micro interruption” of the internal plant functioning



FIGURE 9 Connection sequence for junction of feeding flow splitter chamber and new biological basin



FIGURE 10 Crossing channel of intermediate section in the existing flow splitter



FIGURE 11 Connection of the flow splitter to the secondary clarifier (clarified water channel)

- Step 3 – (duration 45 days) completing secondary clarifier connection. In particular, the flow splitter (outside wall) has been connected to the clarifier clean water discharge channel (Figure 11).

A detailed plan was prepared for each step, considering the execution time, materials, working means and special tools. A specific plan was then prepared to analyze the safety aspects for the personnel employed

and for the setup of the entire plant. It was possible to limit the “micro-interruptions” number by optimizing the processing times. Within the scheduled days, wastewater was stored inside the basin available in the area of the plant. During the interruptions the basins to be connected were set out of service and temporary drained. Operations were simultaneously performed on several parts of the plant in order to contain the total time of the project, as can be observed in the follow Gantt chart (Figure 12).

The five “micro-interruption” of the plant process are describe in Table 2.

Particular attention was paid in order to maintain the biological sludge in standby and active in the three functioning biological basins. In the days before the one chosen for “micro-interruption”, some specific actions were performed to change the process configuration. As an example, the following is a description of the activities in one of the “micro-interruptions” (27/08/2010) (Table 3).

Conclusions

The start-up plan of the new biological line for the revamping of the wastewater treatment plant Area Nolana has been based on the main concept of preservation of water quality in the Regi Lagni and

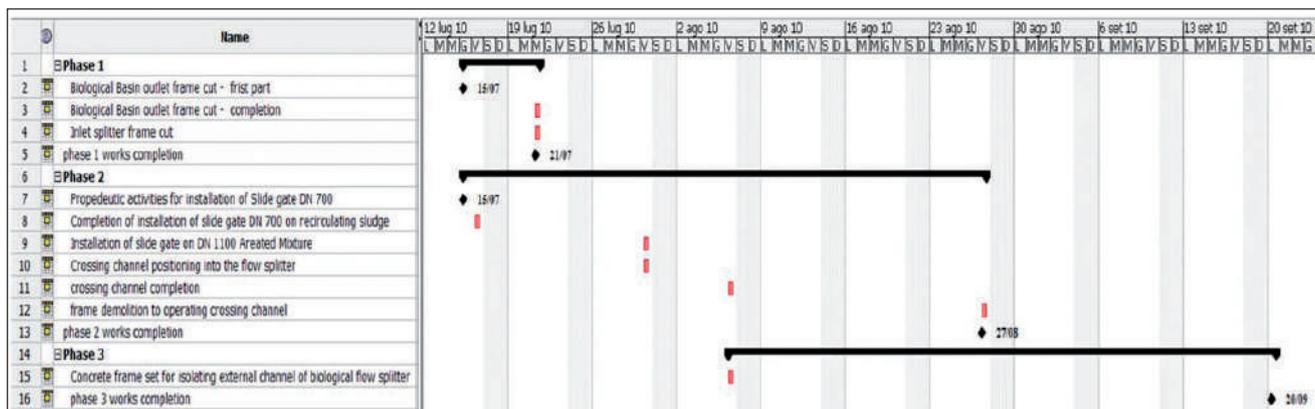


FIGURE 12 Scheduled “micro interruption” (red spots) for the connection of new basins to functioning wastewater treatment plant

along the coast of “Litorale Domitio”. A technical and managerial effort has been done in order to avoid the outlet of untreated water in the environment. To reach this goal, ENEA induced the contractor to modify several working, even when already approved by the Regional Water Department. The idea initially appeared hard and consisted of the storage of the inlet flow (3,000 m³/h) for a sufficient time to perform the work of interconnection of the new biological line with the existing operating lines. Anyway, this new

idea was shared among the technicians involved in the operation called “Zero bypass in the Regi Lagni” and this allowed them to be successful. In Summer 2010, while working at the connection of the new line, about 5,000,000 m³ of wastewater were totally treated and discharged into the environment according to the limits stipulated by the Italian laws. The procedure showed that the problem related to the extraordinary maintenance of the wastewater plants can be solved without interrupting the service. In particular, through

Date	Duration of micro interruption	Volumes of stored wastewater	Job description
Step 1 - 21/07/2010	2.5 h	5.500 m ³	connection of the fourth biological treatment basin to the feeding water splitter
Step 2 - 16/07/2010	5.5 h	11.000 m ³	installation of a DN 700mm gate on waste sludge output pipe from the secondary splitter
Step 2 - 30/07/2010	4.5 h	9.000 m ³	a) Installation of a metallic box to create the crossing channel in the intermediate sector of the secondary splitter b) installation of a DN 1100mm gate on the channel for feeding mixed liquor to the new secondary clarifier
Step 2,3 - 6/08/2010	4.5 h	9.000 m ³	a) completing the crossing channel installation in the intermediate sector of the secondary splitter. b) installation of a temporary concrete frame in order to allow the splitter operation during the subsequent processing of 4 ^o clarifier connection
Step 2 27/08/2010	7.0 h	14.000 m ³	Completing the recirculation sludge pipes

TABLE 2

Time	Management operations
A few days before the start action date	Primary clarifiers: primary clarifier No. 1 emptying Oxidation tanks: oxidation tank n.4 emptying Disinfection tank: first half chlorination tank emptying
2 hours before the startup of micro interruption	Secondary clarifier and oxidation tanks: Sludge blanket level reduction in clarifiers by air supply amount to the nitrifying reactors reducing and consequent partial sedimentation of sludge in them
<i>Action day.</i> hour 04:00 (flow about 2,500 m ³ / h) Estimated step duration 3.5 h	Secondary clarifiers: switch off pumps recirculating sludge and rotating bridge Oxidation tanks: Pumping station to the biological reactors works and the mixed liquor feeding the secondary clarifiers that, therefore, accumulate the sludge on their bottom until they occupy a layer equal to about 2/3 of the total available (This arrangement allows to immediately restore the biological sector at the end of the operation)
hour about 07:30 Estimated step duration 2.0 h	Secondary clarifiers: Incoming flow to secondary clarifiers is interrupted and no power cut Oxidation tanks: The inlet flow fills the empty new tank n. 4, while in the remaining three tanks the aeration works to ensure the biomass survival
hour about 09:30 Estimated step duration 1.5 h	Oxidation tanks: the flow to the sector is interrupted. The four tanks are kept in aeration to maintain biomass biological activity Primary clarifier: The wastewater flow incoming in the empty primary clarifier
hour about 11:00 Estimated step duration 1.0 h	Primary clarifier: at the end of filling all three primary clarifiers works Disinfection tank: the outgoing flow from the primary clarifiers goes to the previously emptied chlorination tank through the “by-pass” channel
Hour about 12:00	Within this time, the normal operation completion is guaranteed and all the tanks involved in the procedure restored
In the following days	The stored wastewater is treated in line during the minimum flow rate hours

TABLE 3

a detailed analysis of the volumes, flow and executive procedures, great environmental advantages can be obtained.

As regards costs, the procedure hereby described resulted in only about 0,65% increase in the total cost of the revamping project. Moreover, no additional provisional facility was required compared to the original design. ●

references

- [1] ENEA PROT-IDR, Progetto Regi Lagni – Stato della qualità delle acque – Rapporto sullo stato delle infrastrutture igienico sanitarie. – Analisi prestazionale degli impianti di depurazione, ENEA, 2001.
- [2] AA. VV. , 2001. Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane. Manuali e Linee Guida 1/2001, ANPA Dipartimento prevenzione e risanamento ambientali.
- [3] Metcalf & Eddy, 2006, INGEGNERIA DELLE ACQUE REFLUE trattamento e riuso. Ed. Mc-Graw-Hill.
- [4] Pica R., 2008, Consulenza tecnico scientifica sul sistema idrico dei “Regi Lagni”. Analisi di dettaglio sulle capacità prestazionali dei depuratori operanti nel sistema idrico dei “Regi Lagni” verificando il rispetto della normativa in materia di scarichi idrici. Rapporto di consulenza tecnico ENEA-ACS-PROT per la Procura della Repubblica presso il Tribunale di Santa Maria Capua Vetere.
- [5] Pica, R., 2009, Analisi delle capacità prestazionali dei depuratori operanti nel sistema idrico dei Regi Lagni: RELAZIONE SULL’ISPEZIONE DEI DEPURATORI DI NOLA ED ACERRA. ENEA-ACS-PROT per la Procura della Repubblica presso il Tribunale di Nola, 2009
- [6] Ramacci L. , 2011, Codice delle Acque, CELT – Casa Editrice La Tribuna





dal
Mondo

Il tema della qualità e della disponibilità dei terreni coltivabili è al centro dell'attenzione di due organizzazioni internazionali, l'OCSE e la IAEA. In particolare, l'OCSE, congiuntamente alla FAO, ha pubblicato in luglio il rapporto *OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021*. Il documento, oltre ad analizzare come ogni anno la volatilità dei prezzi dei prodotti agricoli, mette in evidenza come la produzione agricola dovrà aumentare del 60% nei prossimi 40 anni per soddisfare la domanda dei prodotti alimentari. Questo significa un ulteriore miliardo di tonnellate di cereali e 200 milioni di tonnellate in più di carne l'anno entro il 2050 rispetto ai livelli di 5 anni fa, al netto della produzione di biocarburanti. In questo contesto, il rapporto indica come una maggiore produttività, una crescita eco-sostenibile e mercati più aperti saranno elementi essenziali per riuscire a soddisfare il

fabbisogno alimentare e nutrizionale delle prossime generazioni.

Il tema della produttività e della sostenibilità delle produzioni agricole a fronte di una domanda globale crescente è stato anche al centro dell'*International Symposium on managing soils for food security and climate change adaptation and mitigation*, organizzato dall'**IAEA** nel mese di luglio. Tecnici e *policy makers* di 80 paesi riunitisi a Vienna hanno sottolineato i benefici che le nuove tecnologie nucleari possono apportare alla gestione del suolo e delle risorse agricole. Ad esempio, suggerisce l'organismo internazionale, le tecniche isotopiche possono essere utilizzate per valutare e raccogliere dati su suolo, acqua e piante. Le informazioni possono quindi essere utilizzate per formulare strategie di efficientamento delle risorse idriche e dei fertilizzanti.

Dal canto suo l'IEA nel mese di luglio ha lanciato la *IEA's Solar heating and cooling roadmap* che evidenzia un potenziale di 430 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) al 2050 per il *solar heating and cooling* e suggerisce ai governi, di conseguenza, una serie di azioni chiave. In particolare, si invitano i decisori pubblici ad assumere un ruolo guida nella creazione di un ambiente favorevole agli investimenti con la definizione di incentivi a lungo termine laddove le misure "a singhiozzo" si sono rivelate addirittura dannose per lo sviluppo di una solita industria del solare termico in molti Paesi membri.

Il binomio "*Water and Food Security*" è stato invece l'oggetto del *World water week* tenutosi a Stoccolma in agosto sotto l'egida del Programma ONU sull'Ambiente (UNEP). Il convegno ha costituito anche l'occasione per il lancio del nuovo piano d'azione FAO per la gestione dell'acqua in agricoltura "*Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security*", che individua alcune aree prioritarie d'intervento quali: modernizzazione dei sistemi irrigui; migliore stoccaggio dell'acqua piovana a livello agricolo; riciclare e riempire l'acqua e in particolare le

acque reflue trattate provenienti dai centri urbani; controllo dell'inquinamento e riduzione dello spreco di cibo.

Ancora l'OCSE ha presentato a settembre *Science, Technology and Industry Outlook 2012*. Secondo il Rapporto, le economie dei Paesi membri dell'OCSE hanno fatto fronte a sfide senza precedenti a causa degli shock a breve termine – collegati alla crisi economica – e di quelli di lungo termine – ambientali, demografici e sociali. I Governi stanno mobilitando tutti i settori dell'azione pubblica per elaborare le risposte adeguate per raggiungere l'obiettivo di una crescita forte e sostenibile e, pur essendo limitati da misure di bilancio molto stringenti, devono mobilitare le principali ricchezze dei propri Paesi, il capitale umano, il capitale di conoscenze e la creatività. Le politiche dell'innovazione si vedono attribuire in tale contesto un ruolo centrale.

Si è tenuto a Napoli dal 1° al 7 settembre il *World Urban Forum 6*, il principale evento internazionale sullo sviluppo delle città, organizzato ogni due anni da **Un-Habitat**. Il WUF ha avuto come tema centrale "Il Futuro Urbano" e quattro focus: forma della città e pianificazione urbana; equità e prosperità delle città; produttività delle città; mobilità urbana, energia e ambiente. L'edizione 2012 ha costituito una piattaforma per discutere modi innovativi di sfruttare gli aspetti positivi che l'urbanizzazione è in grado di offrire e soluzioni ai problemi che le città si trovano ad affrontare.

Si è svolto dal 6 al 15 settembre in Corea il Congresso Mondiale della Natura dell'**IUCN** (Unione Mondiale per la Conservazione della Natura) che si tiene ogni quattro anni e mira a migliorare le modalità di gestione dell'ambiente naturale per lo sviluppo umano, sociale ed economico. Il tema del Congresso è stato "+Natura" e sono state discusse urgenti sfide ambientali: natura e cambiamenti climatici; natura e sicurezza alimentare; natura e sviluppo sociale ed economico; natura, persone e *governance*; natura e vita.

(Flavia Amato, Paola Cicchetti)



dall'
Unione Europea

Commissione Europea

Le principali iniziative della Commissione Europea (CE) nel periodo luglio-settembre 2012 riguardano:

- il lancio, in data 3 luglio, della campagna sulla **mobilità urbana sostenibile** a sostegno della lotta alla congestione e inquinamento, iniziativa triennale che mira a sostenere attivisti della mobilità urbana sostenibile in 31 paesi per favorire un cambiamento positivo nei comportamenti dei cittadini;
- l'adozione, in data 3 luglio, della **strategia politica per l'Artico**, sintetizzata nelle parole "conoscenza, responsabilità, impegno", che prevede una serie di azioni concrete che contribuiscono alla ricerca e allo sviluppo sostenibile nella regione e promuovono tecnologie ecocompatibili che potrebbero essere utilizzate per il trasporto marittimo e l'attività mineraria;
- il lancio, in data 10 luglio, della **European Innovation Partnership for Smart Cities and Communities** per progettare e adattare le città in ambienti intelligenti e sostenibili. Tramite questa EIP, la CE mira a promuovere lo sviluppo di tecnologie intelligenti nelle città, concentrando le risorse di ricerca nei settori energia, trasporti e infotelematica su un numero limitato di progetti dimostrativi che verranno realizzati in collaborazione con le città;
- la presentazione, in data 11 luglio, di alcune proposte per ridurre ulteriormente le **emissioni di CO₂ delle nuove autovetture e veicoli commerciali leggeri** (furgoni) entro il 2020. I regolamenti proposti stabiliscono le modalità di realizzazione degli obiettivi obbligatori per il 2020 che, pur essendo previsti dalla legislazione vigente, necessitano di una attuazione;
- l'accordo tra UE e USA, siglato in data 12 luglio, per promuovere la **cooperazione transatlantica tra le PMI** facilitando la loro presenza in entrambi i continenti attraverso una serie di iniziative;
- l'adozione, in data 17 luglio, di una Comunicazione (**Boosting the benefits of public investments in research**) ed una Raccomandazione sull'informazione scientifica (Open Access), e di una Comunicazione relativa ad un **partenariato rafforzato nello Spazio europeo della ricerca per l'eccellenza e la crescita**. Con tale adozione, la Commissione definisce le azioni concrete che gli Stati membri dovrebbero portare avanti per realizzare la ERA (Spazio europeo della ricerca), un mercato unico della ricerca e dell'innovazione in Europa per migliorare la circolazione, la concorrenza e la collaborazione transfrontaliera fra ricercatori, istituti di ricerca e imprese. La Commissione ha firmato anche una dichiarazione congiunta e protocolli d'intesa con organizzazioni rappresentative di organismi di ricerca ed enti di finanziamento (EUA, EARTO, LERU, Nordforsk e Science Europe);
- la proposta, in data 17 luglio, di promuovere la ricerca clinica in Europa aggiornando e semplificando le regole in merito alle **sperimentazioni di medicinali**. Il regolamento proposto, una volta adottato, rimpiazzerà la direttiva sulla sperimentazione clinica del 2001 e assicurerà che le regole per condurre tali sperimentazioni siano identiche in tutta l'UE;
- l'entrata in vigore, in data 17 luglio delle nuove **norme sui biocidi**, che rafforzano in maniera significativa la protezione della salute umana e dell'ambiente, aumentano la sicurezza di questi prodotti chimici e semplificano la loro autorizzazione sul mercato interno UE, migliorandone la libera circolazione;
- la proposta in data 25 luglio per modificare il calendario delle **aste per le quote di emissioni** dell'UE (EU ETS). La proposta riguarda una modifica tecnica specifica della direttiva sul sistema ETS, intesa a chiarire che il calendario delle aste, in un determinato periodo di scambio e in circostanze eccezionali, può essere modificato dalla Commissione mediante la modifica del regolamento sulle vendite all'asta;
- la presentazione, in data 31 luglio, di una strategia di rafforzamento del **settore delle costruzioni** allo scopo di sfruttare le potenzialità degli edifici a basso consumo energetico per rilanciare la crescita e promuovere il ruolo guida di tale settore nella creazione di posti di lavoro. La strategia mira a creare condizioni favorevoli agli investimenti, soprattutto nel campo del rinnovamento e della manutenzione degli edifici;
- la pubblicazione, in data 7 agosto, della nuova relazione sulla **gestione dei rifiuti urbani negli Stati membri**. La relazione classifica gli Stati membri (SM) in base a 18 criteri, attribuendo bandiere verdi, arancioni e rosse per alcune voci quali totale dei rifiuti riciclati, tariffe dello smaltimento dei rifiuti, violazioni della normativa europea. In base a tale rapporto, la CE stilerà tabelle di marcia rivolte ai dieci SM che hanno registrato i risultati peggiori, delle quali discuterà quest'autunno con le autorità nazionali;
- l'adozione, in data 13 settembre, della Comunicazione sulla "Crescita blu" ove vengono presentate le prospettive per una **crescita sostenibile nei settori marino e marittimo**. Vengono inoltre individuate 5 aree specifiche con particolare potenziale di crescita: i) il turismo marittimo, costiero e di crociera, ii) l'energia blu, iii) le risorse minerali marine, iv) l'acquacoltura e v) la biotecnologia blu;
- l'adozione, in data 14 settembre, della Comunicazione '**Enhancing and focusing EU international cooperation in research and innovation: a strategic approach**' che definisce una nuova strategia per la coopera-

zione internazionale nel campo della ricerca e dell'innovazione, al fine di attuare "Horizon 2020";

- il lancio, in data 18 settembre, di un'iniziativa per coordinare e concentrare la ricerca europea e l'innovazione nel settore dei trasporti. L'obiettivo è quello di accelerare lo sviluppo e la diffusione sul mercato di **nuove tecnologie di trasporto** per realizzare un sistema competitivo e accessibile di trasporto europeo. Verranno altresì definite una serie di tabelle di marcia incentrate sulla realizzazione di tecnologie e innovazione in 10 aree critiche di trasporto;
- la firma di un protocollo di intesa, in data 18 settembre, tra la CE, l'industria europea ed il settore accademico per ampliare e migliorare il settore della robotica attraverso la costituzione di un **partenariato pubblico-privato (PPP) nell'ambito della robotica**, che sarà realizzato in vista di "Horizon 2020". I partner del PPP elaboreranno una proposta in tal senso che sarà esaminata dalla Commissione;
- l'elaborazione, in data 27 settembre, di una strategia per stimolare la produttività delle imprese e della pubblica amministrazione europee attraverso "la nuvola informatica" (**cloud computing**). Tale strategia, fa seguito alla proposta della Commissione del 2012 di riforma della normativa in materia di protezione dei dati e precede una strategia europea sulla sicurezza informatica che verrà proposta nei prossimi mesi;
- la presentazione, in data 26 settembre, di una nuova strategia per stimolare crescita e occupazione nei settori della **cultura e delle professioni creative**, (es. architettura, beni culturali, design, cinema e televisione, musica, archivi e biblioteche ecc.), accrescerne la concorrenzialità e a massimizzarne le ricadute positive per altri settori quali innovazione, infotelematica e risanamento urbano.

Tra le **consultazioni pubbliche** avviate nell'ultimo periodo dalla CE, molte riguardano il prossimo programma qua-

dro di ricerca dell'UE "Horizon 2020". Dal 9 luglio al 1 ottobre è stata aperta quella sulle **Roadmap pluriennali strategiche delle 3 PPP (Public-private partnerships)** "Factories of the Future", "Energy Efficient Buildings" e "SPIRE" (Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency). Scopo di questa consultazione è quello di ricevere contributi atti a confermare o aggiustare i piani pluriennali dei tre partenariati che identificano le priorità di ricerca per il periodo 2014-2020.

Altro partenariato pubblico-privato oggetto di una consultazione avviata l'11 luglio e aperta sino al 4 ottobre, è quello relativo alla **PPP "Life Sciences"** con la quale si vogliono individuare le aree nel campo della ricerca delle scienze della vita che devono essere affrontate dalla PPP in Horizon 2020, nella parte del Challenge "Salute, Cambiamento demografico e benessere".

Altra consultazione, aperta dal 15 luglio al 22 ottobre, è quella su "**Research Infrastructures**" per l'integrazione e l'apertura di infrastrutture di ricerca nazionali a tutti i ricercatori europei. Tale consultazione è destinata alla raccolta di possibili argomenti per le future attività in questo settore sui quali la CE, nel quadro di "Horizon 2020", potrebbe impostare dei bandi per lo strumento I3 (*Integrated Infrastructure Initiative*) di Research Infrastructures.

Il 21 settembre è stata lanciata la consultazione relativa alla **PPP "Bio-based industries"**, aperta fino al 14 dicembre, che mira a raccogliere pareri per la creazione in Horizon 2020 di un partenariato pubblico-privato sulle biotecnologie industriali in Europa e sul loro potenziale.

La consultazione avviata il 9 luglio con scadenza il 1 ottobre, riguarda invece l'**Entrepreneurship 2020 Action Plan** ed ha l'obiettivo di raccogliere i punti di vista delle parti interessate su possibili interventi futuri a livello federale, nazionale e regionale al fine di promuovere l'imprenditorialità a tutti i livelli (scuole e università, donne, anziani o altri gruppi specifici di potenziali imprenditori).

Il 19 luglio è stata lanciata la consultazione, aperta fino al 16 settembre, mirata a raccogliere idee su possibili argomenti di ricerca per le prime call di Horizon 2020 sul dominio "**Secure Societies**".

La DG Ambiente ha lanciato due consultazioni pubbliche: la prima il 26 luglio, con scadenza 22 ottobre, su "**Options for Resource Efficiency Indicators**" con lo scopo di raccogliere idee su come meglio misurare, monitorare e comunicare l'efficienza delle risorse. La seconda, dal 2 agosto al 25 ottobre, per raccogliere opinioni sul nuovo piano di attuazione su "**Persistent Organic Pollutants**" (POPs) che la CE sta preparando per soddisfare gli obblighi internazionali e aggiungere le nuove sostanze che sono stati inserite ai sensi della Convenzione di Stoccolma e del Protocollo POP nel corso del 2009 e 2011.

Il 29 agosto è stata avviata la consultazione, aperta fino al 15 dicembre, sulla iniziativa "**Marine Knowledge 2020: from seabed mapping to ocean forecasting**" per ricevere opinioni dei soggetti interessati sulle opzioni per la futura governance di tale iniziativa e per il possibile coinvolgimento del settore privato.

Infine, in data 19 settembre, a livello di politiche regionali è stata lanciata la consultazione su "**Green Public Procurement (GPP) criteria for waste water infrastructure works**" per aiutare l'UE a mettere a punto criteri di GPP per assistere le amministrazioni aggiudicatrici in tutta l'UE.

Parlamento e Consiglio Europeo

Il 20 settembre, la Commissione per l'industria, la ricerca e l'energia (ITRE) del PE ha pubblicato uno studio sulla **capacità dell'UE di attrarre nel proprio territorio i ricercatori eccellenti**. Lo studio mira ad affrontare la scarsa attrattiva europea attraverso lo sviluppo di politiche che si concentrino sulla qualità dell'ambiente di ricerca ma anche creando le condizioni migliori per promuovere e premiare l'eccellenza scientifica.

(Valerio Abbadessa)



dalle
Istituzioni nazionali

I provvedimenti per la crescita

Nel mese di luglio, Governo e Parlamento sono stati impegnati nella definizione di un nuovo "pacchetto" di provvedimenti finalizzati alla crescita e alla riduzione della spesa pubblica. Il decreto-legge "Disposizioni urgenti per la revisione della spesa pubblica con invarianza dei servizi ai cittadini, c.d. "Spending Review", è stato approvato dal Parlamento il 7 agosto ed è stato pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 189 del 14-8-2012 - Suppl. Ord. (Legge 7 agosto 2012 n. 135). Le principali misure concernono il miglioramento dell'efficienza della spesa per beni e servizi delle pubbliche amministrazioni, il ridimensionamento degli organici di alcune categorie del pubblico impiego, un miglior utilizzo del patrimonio pubblico, interventi in materia di società pubbliche e del comparto sanitario, riduzioni delle spese per le amministrazioni centrali e gli enti territoriali. Il provvedimento contiene anche disposizioni in tema di valorizzazione e dismissione del patrimonio pubblico, nonché di rafforzamento degli assetti patrimoniali delle imprese del settore bancario.

Il Decreto-legge "Misure urgenti per la crescita del Paese", è stato approvato dal Parlamento il 3 agosto. Le principali novità riguardano misure a favore di lavoro e occupazione, famiglie, casa, edilizia, crescita delle imprese e delle Pmi, accelerazione degli investimenti in infrastrutture ed innovazione e snellimento dei tempi per la giustizia civile. È stato pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 187 dell'11.08.2012- Suppl. Ord. (Legge 7 agosto 2012 n. 134)

Il Consiglio dei Ministri si è inoltre dedicato alla riflessione su come mobilitare tutte le energie per raggiungere l'obiettivo della crescita. I Ministri hanno analizzato la situazione economica e confrontato le opinioni e le esperienze maturate da ciascun ministro nei mesi passati al fine di definire un'azione coordinata per raggiungere

il traguardo della crescita. Il risultato è una strategia le cui principali componenti sono: il recupero del gap infrastrutturale; la spinta all'innovazione tecnologica e all'internazionalizzazione delle imprese; la creazione di un contesto favorevole alla nascita di start up; gli investimenti nel capitale umano promuovendo l'apprendimento permanente e valorizzando il merito; la riduzione degli oneri burocratici a favore di cittadini e imprese; l'attenzione a una crescita sostenibile ed eco-compatibile.

Energia e ambiente

Il 6 luglio i Ministri dello Sviluppo economico, dell'Ambiente, dell'Agricoltura, hanno firmato i due decreti ministeriali che definiscono i nuovi incentivi per l'energia fotovoltaica (cd. Quinto Conto Energia) e per le rinnovabili elettriche non fotovoltaiche (idroelettrico, geotermico, eolico, biomasse, biogas). Entrambi sono stati pubblicati sulla *Gazzetta Ufficiale* n. 159 del 10-7-2012, Suppl. Ordinario n. 143. Prosegue, in Commissione Industria del Senato, l'indagine conoscitiva sulla Strategia Energetica Nazionale; durante una audizione presso la Commissione Attività Produttive della Camera dei Deputati, il Sottosegretario allo Sviluppo economico, Claudio De Vincenti, ha dichiarato l'intenzione del Governo di concludere a breve la procedura di definizione della Strategia.

Nel mese di luglio, la Commissione Ambiente della Camera ha discusso e approvato una risoluzione presentata dal gruppo PD che impegna il Governo a rafforzare le politiche ambientali e a favorire l'edilizia di qualità ed energeticamente efficiente, attraverso iniziative dirette alla riqualificazione energetica del patrimonio immobiliare, anche dando stabilità al credito d'imposta del 55% per il miglioramento energetico degli edifici, e ad assumere iniziative volte a estendere le agevolazioni fiscali già previste anche agli interventi di consolidamento antisismico del patrimonio edilizio esistente. La risoluzione si inserisce trasversalmente nelle disposizioni contenute nel decreto "crescita" laddove conferma il credito di imposta

del 55% e nel provvedimento di riordino della protezione civile. Quest'ultimo, approvato dal Parlamento il 12 luglio, è stato pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* n. 162 del 13.07.2012 (Legge 12 luglio 2012, n. 100). In fase di discussione del provvedimento, è stato approvato un ordine del giorno dello stesso gruppo PD di identico contenuto alla risoluzione. Si pongono così le basi per includere nelle agevolazioni fiscali anche il consolidamento antisismico degli edifici pubblici, a partire dalle scuole.

(Laura Migliorini)



dai
Giornali

Continuano gli scenari di crisi. In questi mesi si è parlato moltissimo della cosiddetta "spending review" le cui misure dovranno portare ad una riduzione, per la P.A., delle dotazioni organiche del 20% dei dirigenti e del 10% del personale non dirigenziale. Entro la fine di ottobre dovrebbe arrivare il decreto attuativo con la quantificazione dei tagli agli organici in ogni amministrazione centrale. A breve è atteso anche il cosiddetto "pacchetto sviluppo bis" che conterrà misure per aiutare la nascita di nuove imprese e varare semplificazioni burocratiche a favore delle imprese.

Efficienza energetica

Con l'approvazione del Decreto Sviluppo, sono cambiate le norme sulle detrazioni fiscali che agevolano i lavori di riqualificazione energetica di un immobile e le ristrutturazioni edilizie: queste ultime sono passate da un'aliquota del 36% a quella del 50% fino al giugno 2013, per poi scendere nuovamente al 36%; nel medesimo periodo il limite massimo di detrazione viene innalzato da 48.000 a 96.000 euro. I lavori con finalità di risparmio energetico continueranno a godere di un bonus del 55%, ma fino al giugno 2013, successivamente la detrazione scenderà al 36%.

Fonti energetiche rinnovabili

Alla firma dei due attesissimi decreti ministeriali che tracciano i nuovi incentivi per le rinnovabili è seguito, sulla stampa italiana, un acceso dibattito tra gli operatori del settore. “I due decreti – si legge in una nota del Ministero dello Sviluppo Economico – pongono le basi per uno sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili, allineando gli incentivi ai livelli europei e adeguandoli agli andamenti dei costi di mercato delle tecnologie”. Alla soddisfazione dei tre ministri firmatari (Clini, Passera, Catania) si è contrapposta l’aspra critica dell’ANEV, l’associazione di produttori e tecnici eolici, per i tagli significativi ai sussidi. Il Presidente di Nomisma Energia ha criticato invece l’entità del sovraccarico in bolletta dovuto alle sovvenzioni alle rinnovabili; reazioni negative anche da altre associazioni di produttori da fonti rinnovabili, che hanno mal digerito il taglio del 30% agli incentivi per il fotovoltaico.

Altra novità riguarda la certificazione energetica: l’Italia si allinea all’Europa e voterà ai proprietari degli immobili di autocertificare l’appartenenza alla classe G, quella meno efficiente: in questo modo si punta a sanare i rilievi mossi da Bruxelles, che nel 2011 aveva aperto una procedura di infrazione contro l’Italia, perché gli attestati di certificazione energetica devono essere redatti da appositi esperti.

Nucleare

Secondo l’ultimo rapporto della AIEA di agosto è in atto un ritorno all’interesse per il nucleare. Fukushima ha determinato una frenata ma le prospettive sono ancora buone: 29 paesi stanno pianificando il ricorso all’energia nucleare per soddisfare il loro fabbisogno energetico; in prima fila ci sarebbero Cina ed India ma anche il Giappone ha ricominciato questa estate a produrre energia da fonti atomiche dopo una breve interruzione e nonostante la diffidenza della popolazione; il governo ha calcolato che senza l’atomo l’economia rischierebbe un crollo del 5% in 15 anni. In Giappone al momento solo 2 dei 50 reattori nucleari sono accesi, gli altri sono sottoposti a controlli

di sicurezza ulteriori. L’instabile politica giapponese rende ancora incerto il futuro nucleare del Giappone. Il gigante emergente è comunque la Cina che al momento ha “solo” 16 reattori attivi, ma ben 26 in costruzione e alcune decine pianificate in tempi più lunghi. Agli inizi di settembre un piccolo incidente (senza alcuna fuga radioattiva) nella centrale francese di Fessenheim, la più vecchia della Francia, ha riaperto le polemiche sull’opportunità di tenere in funzione uno stabilimento giudicato da molti obsoleto.

Ricerca

Proprio nelle ore in cui la comunità scientifica stava festeggiando il successo della scoperta (quasi tutta italiana) del bosone di Higgs, il ministro Profumo è dovuto intervenire sulle misure previste dalla “spending review” che prevedevano pesanti tagli ai bilanci degli enti di ricerca (misure poi parzialmente rientrate). Il ministro ha ribadito che “è necessario migliorare l’efficienza e recuperare i fondi europei per promuovere la sinergia tra istituzioni pubbliche e private e partecipare alle alleanze internazionali”. Agli inizi di agosto il decreto sviluppo è divenuto legge. Lungo e tortuoso è stato il tragitto di preparazione durante il quale si sono persi pezzi importanti come il credito di imposta per gli investimenti in ricerca ed innovazione. La stampa italiana ha seguito con molta attenzione tutto l’iter che ha portato all’approvazione del decreto legge. Il Consiglio Europeo della ricerca (CER), istituito nel 2007 dall’UE, ha stanziato 800 milioni di euro per promuovere l’eccellenza scientifica in Europa mettendoli a disposizione di giovani ricercatori a inizio carriera purché si siano già stabiliti in Europa o siano disposti a farlo. Per il resto, il Rapporto OCSE 2012 sull’istruzione parla di un Italia al penultimo posto per numero di laureati; dal Rapporto di Almalaurea sulla condizione occupazionale dei “neo-dottori” apprendiamo che siamo in controtendenza rispetto agli altri paesi dell’Unione Europea che investono nelle professioni qualificate per uscire dalla crisi; da noi il tasso di

disoccupazione è superiore al 31% tra i laureati, anche tra quelli con alta specializzazione.

Ambiente

Luglio e agosto sono stati mesi “roventi”. Il caldo torrido ha riguardato non solo l’Italia ma gran parte del Sud Europa e anche l’America. Secondo le stime dell’IPCC, gli ultimi 12 mesi hanno mostrato un aumento degli eventi estremi, dalle alluvioni all’eccezionale ondata di freddo di questo inverno, a questa estate caldissima (forse la seconda più calda dal 1800) dovuta, quest’ultima, all’azione di tre anticicloni caldi che in altre parti del mondo hanno provocato inondazioni ed incendi. Si parla di un riscaldamento globale di 1,5 gradi negli ultimi 250 anni.

In questi mesi si è discusso moltissimo di zone a rischio ambientale con i casi eclatanti dell’Ilva di Taranto, delle miniere del Sulcis e dell’area industriale di Porto Torres intorno al petrolchimico. Secondo lo studio del CNR e dell’Istituto Superiore di Sanità chiamato “Sentieri” ci sarebbe un aumento dei casi di mortalità non solo tra gli operai ma anche tra chi vive vicino alle fabbriche.

Sempre in primo piano l’emergenza rifiuti, ad agosto Corrado Clini ha firmato il “patto per Roma”, un protocollo sottoscritto insieme a Regione, Provincia e Comune che punta sulla raccolta e sul recupero dei rifiuti riciclabili. Secondo gli obiettivi del patto, la quota di rifiuti da recuperare dovrà raggiungere il 30% entro la fine del 2012. Ancora incerta l’individuazione della nuova discarica che dovrà prendere il posto di Malagrotta, il patto indica il 31 dicembre come termine per la definizione del sito definitivo mentre prima di tale data si dovrebbe conoscere il nome di quello provvisorio necessario per garantire la transizione. Dopo le proposte di Corcolle e Pian dell’Olmo, entrambe bocciate, è ora la volta di Monti dell’Ortaccio che ha già registrato un’opposizione praticamente totale, il tutto con lo spettro davanti di pesantissime sanzioni da parte dell’Unione Europea.

(Laura Di Pietro)

Calendario eventi

■ GREEN JOBS: LINKING THE ENVIRONMENT, CLIMATE CHANGE AND THE WORLD OF WORK

Organizzata dall'International Training Centre dell'International Labour Organization (ILO) per promuovere posti di lavoro "verdi" in ogni Paese, con focus sulle dimensioni sociali e occupazionali della green economy.

16-20 luglio, Torino, Italia

http://greenjobs.itcilo.org/coming-soon/copy_of_open-course-on-green-jobs-linking-climate-change-and-the-world-of-work-turin-italy-18-2013-22-july-2011

■ INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RESOURCES 2012

La Conferenza, organizzata in collaborazione con l'International Hydrological Programme dell'UNESCO, affronterà i seguenti temi: approvvigionamento ed economia dell'acqua; bacini idrografici; inondazioni; disastri naturali dovuti alle acque; gestione dell'ambiente e zone costiere; energia idroelettrica e altre rinnovabili idriche.

5-9 novembre, Langkawi Kedah, Malaysia

<http://seminar.utmspace.utm.my/icwr2012/home.html>

■ INTERNATIONAL CONFERENCE ON DRYLANDS, DESERTS AND DESERTIFICATION

La Conferenza sarà focalizzata sui risultati di quella ONU sullo sviluppo sostenibile (Rio+20) dello scorso giugno e terrà conto degli aspetti scientifici per implementare le Convenzioni rilevanti per le terre aride e la desertificazione.

12-15 novembre, Sede Boqer, Israele

<http://www.desertification.bgu.ac.il/>

■ WORLD CONGRESS ON SUSTAINABLE TECHNOLOGIES

Il Congresso si propone di fornire una piattaforma di discussione su arti applicate, scienza e tecnologia per la sostenibilità.

19-22 novembre, Londra, Regno Unito

<http://www.wcst.org/Home.html>

■ EUROPEAN CONFERENCE ON FLOOD RISK MANAGEMENT

La Conferenza affronterà i seguenti temi: analisi del rischio e della probabilità di inondazioni; vulnerabilità e resilienza sociale; gestione del rischio; strumenti di policy e normative; previsioni e allarmi; riduzione del rischio.

20-22 novembre, Rotterdam, Paesi Bassi

<http://www.floodrisk2012.net/>

■ UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE CONFERENCE (UNFCCC-COP 18)

18a sessione della Conference of the Parties (COP 18) alla Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico dell'ONU (UNFCCC) e 8a sessione della "Conference of the Parties" che fungerà da "Meeting of Parties" del Protocollo di Kyoto (COP/MOP 8).

26 novembre-7 dicembre, Doha, Qatar

http://unfccc.int/meetings/doha_nov_2012/meeting/6815.php

■ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATION OF RENEWABLE AND DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES

La Conferenza discuterà sull'integrazione nel sistema energetico delle fonti rinnovabili e delle risorse energetiche distribuite, nonché delle smart grids.

4-6 dicembre, Berlino, Germania

<http://www.conference-on-integration-2012.com/>

■ INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY AND URBAN SUSTAINABILITY

UN-HABITAT e il Comune di Teheran, in collaborazione con l'International Arts and Architecture Research Association, ospiteranno una Conferenza internazionale sull'energia urbana, con focus sul biogas.

12-13 dicembre 2012, Teheran, Iran

<http://www.unhabitat.org/content.asp?cid=11407&catid=26&typeid=11>

■ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY CONFERENCE (ADIREC) - WORLD FUTURE ENERGY SUMMIT (WFES) 2013

Nell'ambito della Abu Dhabi Sustainability Week, saranno analizzati e dibattuti i risultati della iniziativa ONU "Sustainable Energy for All" sul contributo delle fonti energetiche rinnovabili allo sviluppo economico, alla sicurezza energetica e alla mitigazione del cambiamento climatico. In contemporanea, si terrà il Summit mondiale su stato dell'arte e sviluppo futuro delle fonti rinnovabili.

15-17 gennaio 2013, Abu Dhabi, Emirati Arabi Uniti

<http://ren21.net/REN21Activities/IRECs/ADIREC2013/tabid/104175/Default.aspx>

<http://www.worldfutureenergysummit.com/>

**energia
ambiente
e innovazione**

bimestrale dell'ENEA

anno 58

luglio - ottobre 2012