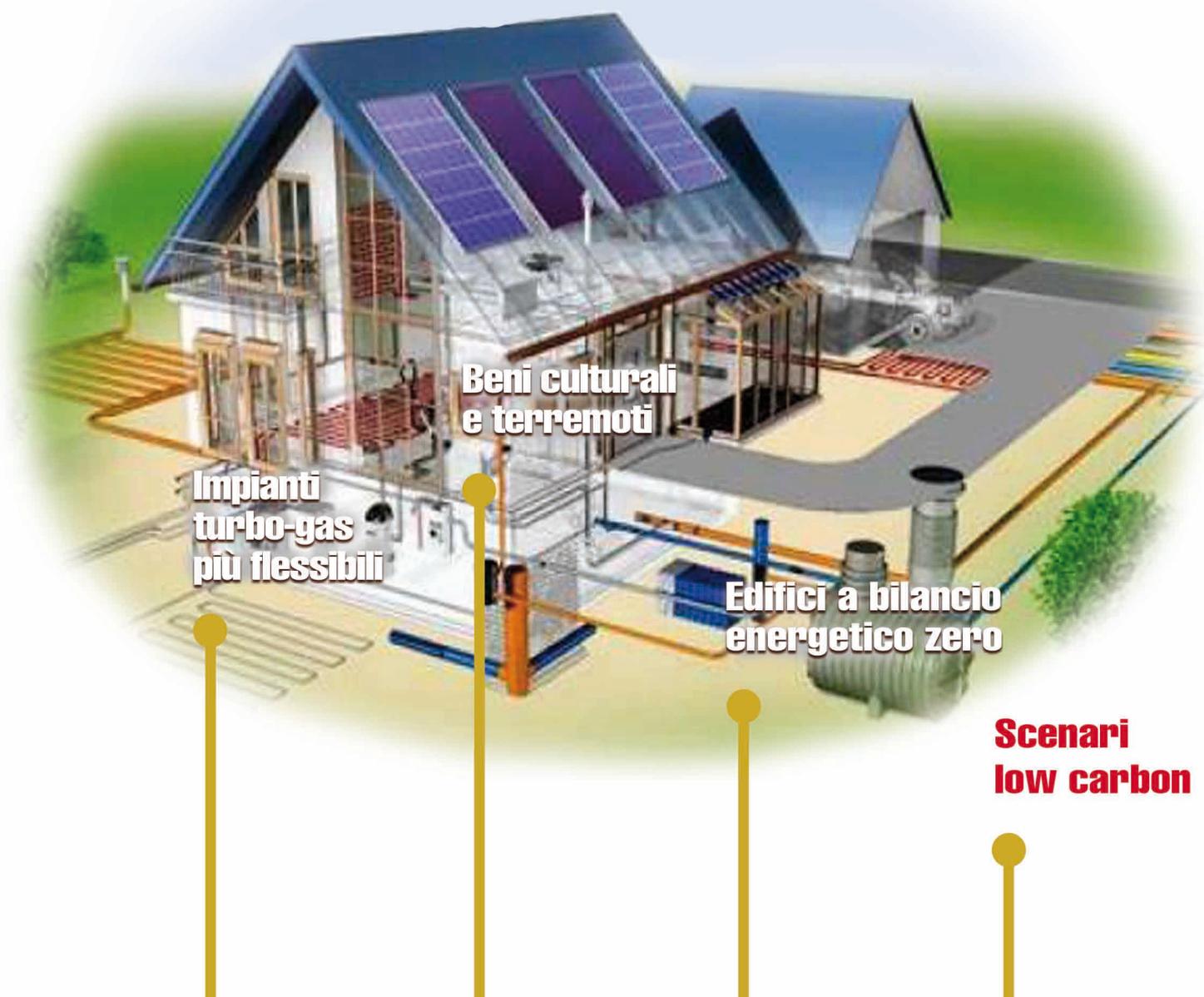




bimestrale dell'ENEA
anno 59
novembre - dicembre 2013

Energia, Ambiente e Innovazione

6/2013



**Beni culturali
e terremoti**

**Impianti
turbo-gas
più flessibili**

**Edifici a bilancio
energetico zero**

**Scenari
low carbon**



Direttore Responsabile

Diana Savelli

Comitato di Direzione

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

Coordinamento editoriale

Giuliano Ghisu

Collaboratori

Daniela Bertuzzi, Paola Carrabba, Orietta Casali,
Antonino Dattola, Barbara Di Giovanni

Edizione web

Antonella Andreini, 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 Rivelle, 7/F - 14050 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 marzo 2014



Prodotto realizzato impiegando carta Symbol Freelifa certificata FSC

In primo piano

- 2 Verso un'Italia low carbon: sistema energetico, investimenti e innovazione**
B. Baldissara, U. Ciorba, M. Gaeta, M. Rao, M. R. Virdis

Spazio aperto

- PUNTO DI VISTA**
- 7 Cambiamenti climatici: una leva per l'innovazione**
T. Federico
- POLITICHE**
- 14 Conferenza ONU di Varsavia sui cambiamenti climatici: alcuni progressi, pochi impegni**
N. M. Caminiti, S. La Motta
- INIZIATIVE**
- 21 Città ed ambiente agricolo: iniziative di sostenibilità verso una Smart City**
P. Carrabba, B. Di Giovanni, M. Iannetta, L. M. Padovani
- PROPOSTE**
- 27 Plastiche sostenibili: un contributo al "Green Paper on plastic waste" dell'Unione Europea**
L. Pietrelli, I. Bruno, F. Casciotta, G. De Grazia, F. Iacucci, A. Roberti, I. Ruggeri
- ESPERIENZE**
- 35 La messa in sicurezza degli edifici danneggiati dal sisma: l'esperienza dell'Aquila**
L. Marchetti
- PROPOSTE**
- 43 L'assicurazione degli edifici come strumento di prevenzione dei rischi naturali**
P. Clemente

Research & development

- 49 Photovoltaics and Net Zero Energy Buildings: new concepts towards a smart city vision**
A. Scognamiglio, G. Adinolfi, G. Graditi, R. Paparella, E. Saretta
- 58 The importance of operational flexibility in gas turbine power plants**
E. Giacomazzi
- 64 Modeling by RELAP5-3D© system code of the instability transient occurred on 25th February 1999 at the Oskarshamn-2 BWR**
P. Balestra, C. Parisi, E. Negrenti, M. Sepielli
- 75 Seismic isolation: the key to the revival of masonry in civil structures**
G. Buffarini, P. Clemente, F. Saitta

Rubriche

- 81 dall'Unione Europea**

Verso un'Italia low carbon: sistema energetico, investimenti e innovazione

La recente Strategia Energetica Nazionale (SEN) accoglie le indicazioni di sostenibilità delle politiche di medio periodo dell'Unione Europea, creando le condizioni per il raggiungimento degli obiettivi fissati per l'Italia al 2020 (pacchetto Clima-Energia). Tuttavia le politiche messe in atto non sono sufficienti a garantire il passaggio ad una economia a basse emissioni di carbonio entro il 2050 come quella descritta nel 2011 dalla Commissione Europea nella Comunicazione *Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050*. Tale documento, come la successiva Comunicazione *Energy Roadmap 2050*, delinea un

percorso europeo al 2050 per ridurre le emissioni di CO₂ dell'80% rispetto al 1990, garantendo al contempo la sicurezza energetica e la competitività dell'economia.

L'analisi di scenario realizzata dall'ENEA esamina la fattibilità di un percorso di decarbonizzazione all'80% del sistema energetico italiano ed individua i settori chiave e le possibilità di intervento, sia di breve che di lungo periodo. L'intenzione è di offrire un contributo al dibattito sulla fattibilità di un percorso di radicale trasformazione del sistema energetico (e di quello economico e sociale) che si giustifica in un contesto di impegno globale per la mitigazione del cambiamento climatico.

Gli scenari considerati per l'Italia sono principalmente due:

- uno *Scenario di Riferimento*, che non

prevede nuove politiche oltre quelle già in essere;

- uno *Scenario Roadmap*, che prevede un abbattimento dell'80% delle emissioni al 2050, con tappe intermedie di riduzione di circa il 40% e il 60% entro il 2030 e, rispettivamente, il 2040.

Gli scenari sono stati quantificati mediante l'impiego di un modello tecnico-economico del sistema energetico italiano, il modello TIMES-Italia, e analizzati con uno sguardo particolarmente attento alle implicazioni per le strategie di ricerca energetica.

Gli scenari

Fabbisogno primario di energia

Innanzitutto è opportuno segnalare che un drastico abbattimento delle emissioni per l'Italia implica anche un decremento del fabbisogno primario di energia. Ma il mix energetico corrispondente a uno scenario Roadmap può essere il risultato di diverse combinazioni degli elementi chiave per la decarbonizzazione (efficienza energetica, fonti rinnovabili, tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio, infrastrutture ecc.). Pertanto i risultati qui discussi per tale scenario fanno riferimento ad un caso "medio".

Un rapido sguardo ai due scenari permette di evidenziare elementi di continuità e differenze.

I *prodotti petroliferi* continuano ad essere utilizzati in entrambi gli scenari per il trasporto passeggeri e il trasporto merci su lunga distanza, mentre nel settore termoelettrico si ridimensionano rispetto ai va-

Ridurre le emissioni di CO₂ dell'80% rispetto al 1990: è l'ambizioso obiettivo fissato dalla Commissione Europea per il 2050



lori attuali anche nello scenario di Riferimento, rimpiazzati da gas naturale e fonti rinnovabili. Ad ogni modo è molto netta la riduzione che lo scenario Roadmap presenta al 2050 (-57%): 24 Mtep di consumi primari di petrolio contro i 55 Mtep dello Scenario di Riferimento.

Il ricorso al *gas naturale* nello scenario di Riferimento è piuttosto stabile, contribuendo anche nel 2050 a coprire il 39% della domanda di energia primaria nonostante la concorrenza delle fonti rinnovabili. La possibile immissione nel mercato mondiale di importanti quote di *shale-gas* dopo il 2030-35 e il conseguente abbassamento dei prezzi rinsalderebbe la competitività di tale fonte.

Nello scenario Roadmap, a causa di un vincolo molto stringente sulle emissioni, nel lungo periodo il gas naturale può permanere nel mix della generazione elettrica solo se associato a cattura e stoccaggio della CO₂ (CCS), come è il caso del carbone. Nonostante una riduzione dei suoi consumi, sia in termini percentuali che assoluti, nell'orizzonte dello scenario Roadmap, anche il gas rimane un combustibile chiave nella transizione ad una economia a basso tenore di carbonio, almeno nel medio periodo.

Nello scenario di decarbonizzazione sono *le fonti di energia rinnovabili* – FER (soprattutto le nuove rinnovabili, in aggiunta all'idro, alle biomasse e ai rifiuti) a fare la parte del leone, particolarmente nella produzione elettrica e nel settore civile, ma esse hanno un ruolo importante anche nei trasporti. Perfino nello scenario di Riferimento le rinnovabili danno un contributo crescente al fabbisogno energetico, ma il loro ruolo è decisamente più modesto.

L'evoluzione nello scenario Roadmap prevede un tasso medio annuo di riduzione dell'*intensità energetica* del 2%, doppio

rispetto a quello dello scenario di Riferimento e decisamente più elevato del dato storico.

Lo Scenario di Riferimento ENEA mostra come, per effetto della recente crisi economica e delle politiche in atto, sia concretamente possibile conseguire e superare l'obiettivo di riduzione del 20% delle emissioni di CO₂ nel 2020 indicato dal Pacchetto Energia Clima e avviare un

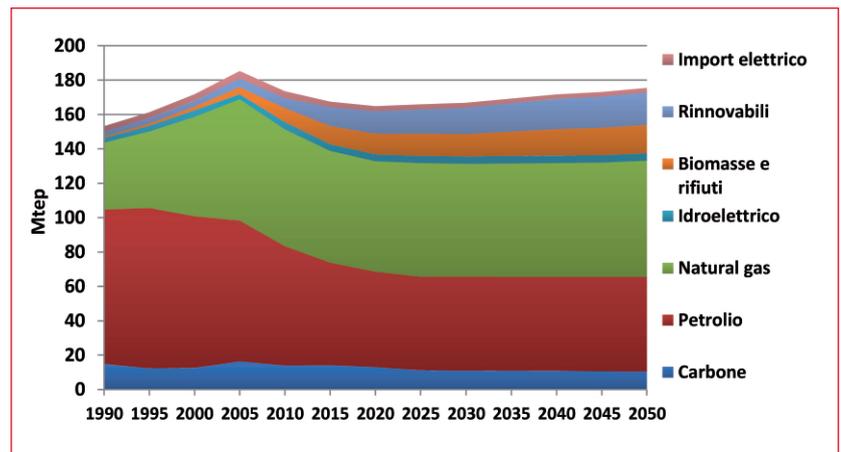


FIGURA 1 Evoluzione del mix delle fonti primarie nello scenario di Riferimento (Mtep)
Fonte: elaborazione ENEA

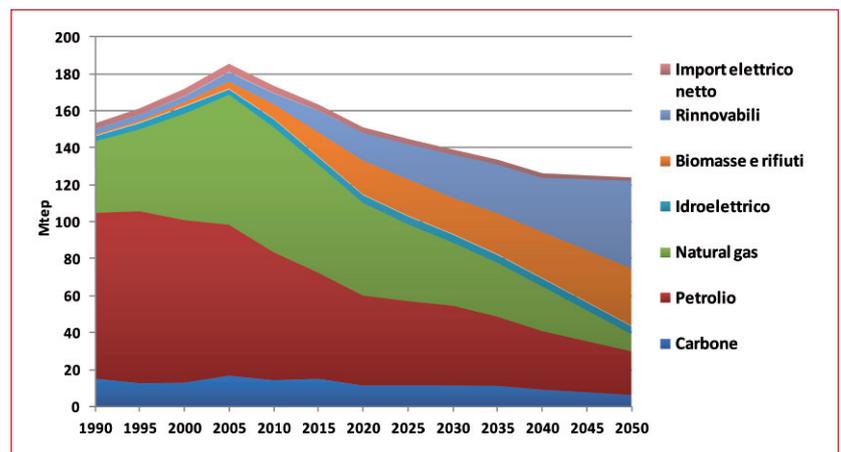


FIGURA 2 Evoluzione del mix delle fonti primarie nello scenario Roadmap (Mtep)
Fonte: elaborazione ENEA

trend di decrescita delle emissioni fino al 2030 (-51 Mt CO₂ rispetto al 2010) con una stabilizzazione nel lungo periodo. Un tale risultato, seppur importante, non è sufficiente a garantire la decarbonizzazione auspicata nelle Comunicazioni citate. Secondo i risultati dello scenario Roadmap,

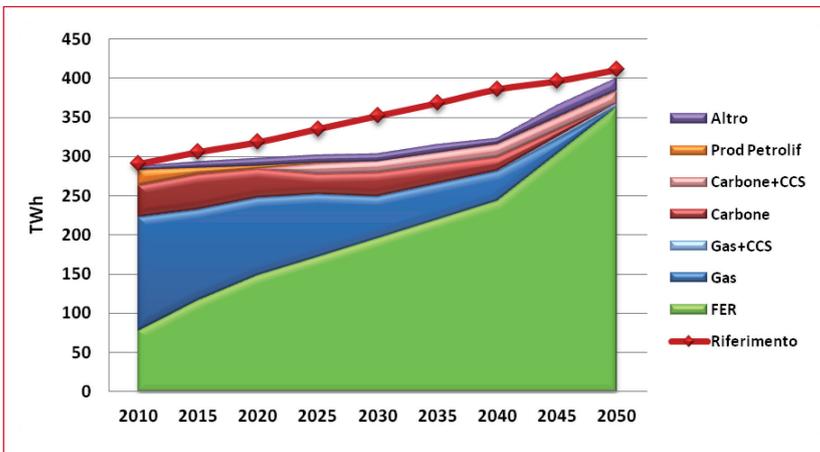


FIGURA 3 Generazione elettrica netta per fonte nello Scenario Roadmap e totale nel Riferimento (TWh)
Fonte: elaborazione ENEA

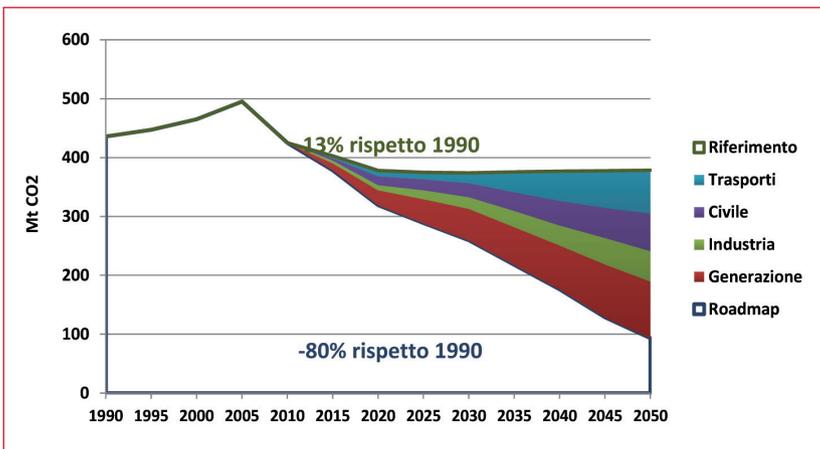


FIGURA 4 Emissioni di CO₂ e contributo dei settori finali alla decarbonizzazione negli scenari ENEA (Mt CO₂)
Fonte: elaborazione ENEA

una diminuzione delle emissioni di CO₂ dell'80% al 2050 è fattibile al prezzo di:

- una decarbonizzazione di circa il 98% del settore elettrico;
- una riduzione del 36-40% dei consumi finali di energia, rispetto ai livelli del 2010;
- un'elettificazione di oltre il 40% della domanda finale di energia;
- un incremento della quota di fonti rinnovabili fino al 65% nel fabbisogno energetico primario;
- un utilizzo di nuove tecnologie (Cattura e Stoccaggio della CO₂ o CCS, veicoli elettrici, fonti energetiche a basse emissioni di carbonio e reti intelligenti o *smart grid*).

La decarbonizzazione del settore della *generazione elettrica* potrebbe contribuire per il 34% all'obiettivo finale dell'abbattimento delle emissioni; essa sarebbe realizzabile con l'impiego di tecnologie CCS e, soprattutto, con un forte ricorso alle fonti rinnovabili, il cui potenziale potrebbe essere maggiormente sfruttato con l'utilizzo di *smart grid*. Nello scenario Roadmap, l'utilizzo combinato di queste due opzioni permette un forte abbattimento delle emissioni specifiche del parco di generazione che dai 400 gCO₂/kWh prodotti nel 2010 scendono a 155 gCO₂/kWh nel 2030 e ad appena 10 gCO₂/kWh nel 2050.

Il *settore civile* potrebbe fornire un contributo pari al 22% della riduzione totale, grazie all'aumento dell'efficienza energetica e alla sostituzione di fossili con fonti rinnovabili. Il contributo più significativo è ipotizzato negli usi termici del settore residenziale dove le FER potranno coprire circa il 40% della domanda energetica (5,8 Mtep). Inoltre con la direttiva 2010/31/EU i consumi fossili dei nuovi edifici costruiti a partire dal 2021 saranno quasi



azzerati e una diffusa riqualificazione del parco edilizio esistente accompagnata da impianti solari termici, geotermici e a biomassa potrebbe portare a significative riduzioni dei consumi e delle emissioni. Tali tecnologie potranno avere una simile diffusione anche nei servizi.

Il settore trasporti potrebbe contribuire al 26% della riduzione delle emissioni, grazie a un maggior utilizzo di auto elettriche, di biocarburanti, di veicoli a idrogeno e ricorrendo allo *shift* modale. Il ricorso a biocarburanti sostenibili (soprattutto quelli di seconda generazione) rappresenta un'alternativa valida soprattutto per i veicoli pesanti, dopo il 2030-35. Il settore industriale potrebbe contribuire per il 18% all'abbattimento delle emissioni, con l'efficientamento e l'elettificazione di alcuni processi e il ricorso a tecnologie CCS. In questo settore, l'utilizzo delle rinnovabili sarebbe strettamente legato alla possibilità di fornire calore a medio-alta temperatura, per cui le biomasse e la valorizzazione energetica dei rifiuti industriali potrebbero fornire circa 2 Mtep (pari a quasi l'8% del fabbisogno) nel 2050. Interessanti potrebbero essere anche le applicazioni nei processi industriali dei concentratori solari e della geotermia a media entalpia.

Costi

Naturalmente, la valutazione dei costi del sistema energetico in un orizzonte di lungo periodo è sottoposta a forte incertezza in quanto dipende dalle ipotesi sul prezzo delle fonti fossili, ma anche da quelle sui costi delle tecnologie e sulla loro evoluzione futura. Inoltre, in questa analisi non è stato possibile contabilizzare una parte importante dei costi di infrastrutture energetiche di rete e per i trasporti. Tuttavia,

questa stima fornisce un ordine di grandezza dei costi per l'intero sistema energetico, utile per iniziare una discussione sul futuro energetico del paese. I costi indicati qui di seguito, se non diversamente specificato, rappresentano flussi in valori attualizzati al 2010 e cumulati.

Per ridurre i consumi di energia e le emissioni di gas serra, lo scenario Roadmap richiede un impegno complessivamente maggiore rispetto a quello tendenziale, soprattutto negli investimenti: nel periodo 2010-2050 la differenza per questa voce di costo è di oltre 150 miliardi di euro (un incremento del 10% degli investimenti nel periodo considerato). La spesa aggiuntiva deriva da investimenti ad alto contenuto tecnologico e di innovazione, sia nella trasformazione e offerta di energia che nell'utilizzo finale, ma è mitigata dalla contrazione della domanda di energia elettrica a seguito di usi finali più efficienti, che a sua volta richiede mi-

L'obiettivo di riduzione delle emissioni applicato all'Italia (-80% di CO₂ rispetto al 1990) è tecnicamente fattibile

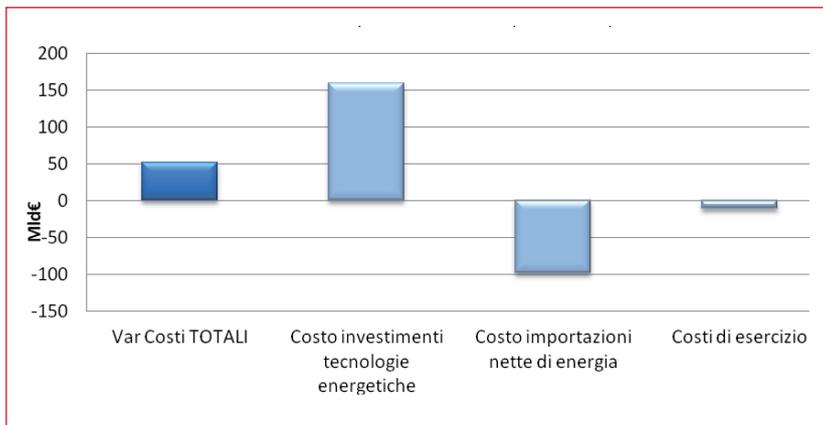


FIGURA 5 Variazione complessiva dei costi di sistema energetico e delle componenti di costo cumulate tra i due scenari ENEA, nel periodo 2050-2010 (miliardi di €)

Fonte: elaborazione ENEA

Una transizione verso un sistema *low carbon* potrebbe rappresentare una grossa opportunità di crescita e sviluppo industriale per il Paese

nore capacità di generazione, almeno nel medio periodo.

I *costi di esercizio* risultano invece complessivamente inferiori nello scenario Roadmap, per un più razionale utilizzo dell'energia, tecnologie più efficienti per gli usi finali (contatori intelligenti, sistemi di programmazione e gestione energetica ecc.) ma anche per la diffusione di tecnologie rinnovabili nel parco di generazione, che hanno spese più contenute nella manutenzione ordinaria.

Per effetto dell'efficienza energetica e del trasferimento della domanda dai combustibili fossili alle fonti rinnovabili,

nello scenario Roadmap la spesa per le importazioni di energia si riduce in maniera significativa (-26% del valore cumulato e attualizzato rispetto al tendenziale): nel solo anno 2020 si ottiene un risparmio sulla bolletta energetica del Paese dell'ordine di oltre 10 miliardi di euro¹ rispetto alle proiezioni tendenziali.

La differenza nei costi totali (cumulati e scontati nel periodo 2010-2050) per il sistema energetico fra i due scenari è dunque positiva e pari a un costo addizionale dello scenario Roadmap di circa 50 miliardi di € ovvero, in media, 1,25 miliardi di € l'anno.

Conclusioni

Con l'analisi effettuata, l'ENEA ha inteso offrire un contributo al dibattito sulla fattibilità di una economia *low carbon* al 2050 basata su una estrema decarbonizzazione del sistema energetico ed esaminarne le implicazioni in termini di trasformazioni necessarie.

Secondo i risultati di scenario l'obiettivo di riduzione delle emissioni applicato all'Italia (-80% di CO₂ rispetto al 1990) è tecnicamente fattibile, a patto che avvenga una quasi totale decarbonizzazione dei

processi di generazione elettrica, reso possibile dall'utilizzo di fonti rinnovabili, dalle reti intelligenti e dalla CCS. Allo stesso tempo dovrà avere priorità l'uso razionale dell'energia e l'efficientamento delle tecnologie, in particolare di uso finale, per ridurre il fabbisogno energetico. Occorre essere consapevoli del fatto che una tale trasformazione avrebbe vincitori e perdenti. Pur potendo valutare solo una parte dei costi, si può però concludere dall'analisi fin qui svolta che i costi addizionali per il sistema energetico sarebbero importanti ma non ingestibili. Essi comporterebbero un grosso sforzo dal lato investimenti (in parte rivolto verso il mercato nazionale), mitigato dalle forti riduzioni dell'import di combustibili fossili, cosicché l'impatto netto sull'economia italiana potrebbe non essere negativo. In realtà una transizione verso un sistema *low carbon* potrebbe rappresentare una grossa opportunità di crescita e sviluppo industriale per il Paese, se preparata in maniera consapevole con politiche della ricerca e industriali adeguate.

A tal fine, cruciale sarebbe una rapida definizione degli obiettivi di lungo termine per garantire una transizione graduale ed efficace in termini di costo. Una corretta azione di *policy* dovrebbe rilanciare gli investimenti in ricerca scientifica e tecnologica ed essere da stimolo all'innovazione e alla crescita dei comparti manifatturieri, supportando quelli più *carbon intensive* nel necessario sforzo di adattamento tecnologico per ridurre le emissioni a parità di prodotto, o per riposizionarsi su produzioni a minori emissioni carboniche o a più elevato valore aggiunto. Infine, essa dovrebbe favorire ed accompagnare i mutamenti nei comportamenti individuali che verosimilmente si renderanno necessari.

1. Valore non attualizzato



Cambiamenti climatici: una leva per l'innovazione

Il timore degli effetti negativi dei cambiamenti climatici, che possono essere innescati dall'immissione in atmosfera dei gas serra, e in particolare da grandi quantitativi di anidride carbonica, deve accelerare sia l'innovazione tecnologica sia un cambio di attitudine e comportamento (innovazione culturale). Il ruolo delle politiche pubbliche secondo l'analisi di un esponente della Fondazione per lo Sviluppo sostenibile

■ Toni Federico

Gli scenari più accreditati internazionalmente sono chiari sul punto che si debbano abbattere drasticamente le emissioni di anidride carbonica, ritenuto il principale responsabile del cambiamento climatico. La nuova economia *green*, prospettata come soluzione strategica per lo sviluppo sostenibile e per trarre il mondo fuori dalle crisi economica ed ecologica¹, non potrà quindi che essere *low carbon*. L'uso estensivo dei combustibili fossili, disponibili dal dopoguerra a costi relativamente bassi, ha consentito un'espansione senza precedenti nella storia, dell'economia e del benessere mondiali, ma ha generato la crisi ecologica attraverso tutta una serie di pressioni e di esternalità negative, crisi climatica ed inquinamento dell'aria per primi. Ha anche portato la domanda di energia a livelli mai raggiunti e crescenti in tutti i paesi avvicinando la stessa fine delle risorse energetiche fossili. Al punto in cui siamo, il superamento dell'economia fossile è diventato

una necessità. La crisi globale che stiamo attraversando potrà essere un'opportunità se oltre a lasciarci alle spalle l'economia fossile, si potrà iniziare un cambiamento profondo degli stili di vita, sconfiggere la povertà e le iniquità distributive ed aprire la strada, attraverso l'innovazione, ad un modello di sviluppo nuovo e sostenibile.

La trasformazione necessaria, sarà per scopo e scala simile al *New Deal* roosveltiano², ma in più comporterà un salto tecnologico analogo, se non nei parametri fondamentali industriali e di mercato, alla rivoluzione informatica che ha avuto inizio intorno al 1950.

Nel contesto dei *driver* del rinnovamento globale un ruolo specifico spetta ai cambiamenti climatici. Pur trattandosi sotto ogni aspetto di un *bene comune*⁴, il clima che si deteriora non è solo una risorsa perduta ma è un attore ecologicamente primario, capace di infliggere danni gravissimi all'economia e alle comunità umane (Nicholas Stern). La

causa principale del danno è l'eccesso di emissioni carboniche in atmosfera. Dopo aver fluttuato per secoli nella gamma delle 280 parti per milione (ppm), la concentrazione media globale di CO₂ nell'atmosfera terrestre ha raggiunto nel 2013 i 393 ppm. La concentrazione è in continuo aumento a circa 0,6% ogni anno e potrebbe superare i 500 ppm prima della metà del secolo. Le conseguenze, anche se incerte nelle loro specificità, certamente includeranno impatti a lungo termine sugli ecosistemi, gli insediamenti umani e l'economia mondiale⁴, come appena testimoniato dal nuovo Rapporto IPCC.

Il Quinto Rapporto di Assessment dell'IPCC

Il primo volume del quinto *Assessment Report*, (AR5), dell'IPCC⁵

■ Toni Federico
Fondazione per lo Sviluppo sostenibile

sulle basi scientifiche del cambiamento climatico, che fa il punto sullo stato attuale del clima, è stato presentato a Stoccolma a fine settembre 2013.

I cambiamenti osservati mostrano che il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, e che dal 1950 molti dei cambiamenti osservati sono senza precedenti nei millenni trascorsi. L'atmosfera e gli oceani si sono riscaldati, le quantità di neve e ghiaccio sono diminuite, il livello del mare è aumentato e le concentrazioni di gas serra sono aumentate.

Ciascuno degli ultimi tre decenni è stato in sequenza il più caldo sulla superficie della Terra rispetto a qualsiasi decennio precedente a partire dal 1850. Nell'emisfero settentrionale il periodo 1983-2012 è stato probabilmente il trentennio più caldo degli ultimi 1400 anni.

Il riscaldamento oceanico domina l'aumento di energia immagazzinata nel sistema climatico e rappresenta oltre il 90% dell'energia accumulata tra il 1971 e il 2010. È praticamente certo che tra 0 e 700 metri l'oceano si è riscaldato tra il 1971 e il 2010, ed è probabile che il fenomeno si sia già presentato tra il 1870 e il 1971.

Nel corso degli ultimi due decenni, le coperture di ghiaccio della Groenlandia e dell'Antartide stanno perdendo massa, i ghiacciai hanno continuato a ridursi quasi in tutto il mondo e il ghiaccio marino artico e la coltre di neve primaverile nell'emisfero Nord hanno continuato a diminuire in estensione.

Il tasso di aumento del livello del mare a partire dalla metà del 19°

secolo è stato maggiore del tasso medio negli ultimi due millenni. Nel periodo 1901-2010, il livello medio globale del mare è aumentato di 19 cm.

Le concentrazioni atmosferiche di CO₂, metano e protossido di azoto sono aumentate a livelli che non hanno precedenti negli ultimi 800.000 anni almeno. Le concentrazioni di CO₂ sono aumentate del 40% dal periodo pre-industriale, principalmente per le emissioni di combustibili fossili e secondariamente per le emissioni determinate dal cambiamento di uso del suolo. L'oceano ha assorbito circa il 30% della anidride carbonica antropogenica, causando l'acidificazione degli oceani.

I *driver* del cambiamento climatico sono le sostanze e i processi naturali e antropici che alterano il bilancio energetico della Terra. La forzante radiativa (RF) quantifica la variazione dei flussi di energia causata dalle variazioni di questi driver rispetto al 1750. La RF, se positiva, conduce al riscaldamento della superficie della terra, se negativa al raffreddamento. La RF può essere calcolata in base alle variazioni di concentrazione di ogni sostanza.

La forzante radiativa totale è positiva e ha portato ad un assorbimento di energia da parte del sistema climatico. Il maggior contributo alla RF totale è dovuta all'aumento della concentrazione atmosferica della CO₂ dal 1750.

Per comprendere le recenti modifiche del sistema climatico si combinano, in un imponente sforzo di ricerca, le osservazioni, gli studi

dei processi di *feedback* e le simulazioni modellistiche. Rispetto al precedente *assessment* IPCC AR4, osservazioni più dettagliate e più prolungate e modelli climatici perfezionati, consentono una definizione più precisa del contributo antropogenico alle variazioni del sistema climatico. L'influenza umana sul sistema climatico è evidente dalle crescenti concentrazioni di gas serra nell'atmosfera, dal *radiative forcing* positivo, dal riscaldamento osservato e dalla migliore conoscenza che abbiamo oggi del sistema climatico. L'influenza umana è stata rilevata nel riscaldamento dell'atmosfera e dell'oceano, nelle variazioni del ciclo globale dell'acqua, nella riduzione di neve e ghiaccio, nell'aumento del livello medio globale del mare e nella intensificazione di alcuni eventi climatici estremi. L'evidenza dell'influenza umana è cresciuta rispetto al precedente Rapporto IPCC AR4. L'IPCC AR5 conclude che è *estremamente probabile* che l'influenza umana sia stata la causa dominante del riscaldamento terrestre osservato dalla metà del 20° secolo.

Le previsioni dei cambiamenti futuri del sistema climatico sono calcolate con una pluralità di modelli climatici di complessità crescente. In tutte le previsioni le concentrazioni atmosferiche di CO₂ sono più elevate nel 2100 rispetto ad oggi a seguito di un ulteriore aumento delle emissioni cumulative di CO₂ nell'atmosfera durante il 21° secolo. Basata su una lunga serie storica disponibile, la variazione della temperatura superficiale osservata

tra la media del periodo 1850-1900 e del periodo di riferimento AR5 1986-2005 è di 0,61°C. Tuttavia, il riscaldamento sta continuando oltre la media di tale periodo.

Le emissioni continue di gas ad effetto serra causeranno un ulteriore riscaldamento e cambiamenti in tutte le componenti del sistema climatico. Limitare il cambiamento climatico richiederà una riduzione sostanziale delle emissioni di gas a effetto serra.

La variazione di temperatura superficiale per la fine del 21° secolo sarà probabilmente superiore a 1,5 °C rispetto al 1850-1900 per tutti gli scenari descritti nel rapporto, tranne uno. Per due modelli è probabile che superi 2 °C. Il riscaldamento continuerà oltre il 2100 secondo tutti gli scenari. Il riscaldamento continuerà ad manifestare variabilità inter-annuali e decennali e non sarà uniforme a livello regionale.

I cambiamenti nel ciclo globale dell'acqua in risposta al riscaldamento oltre il 21° secolo non saranno uniformi. Il contrasto delle precipitazioni tra le regioni e le stagioni umide e secche aumenterà, anche se ci possono essere delle eccezioni regionali.

Osservazioni e prove di modellazione indicano che, *ceteris paribus*, le temperature superficiali più elevate a livello locale nelle regioni inquinate attiveranno *feedback* regionali e locali sulle emissioni che aumenteranno i livelli di picco dell'ozono e del PM 2.5 (particolato fine del diametro di 2,5 micrometri o meno).

Gli oceani continueranno a riscaldarsi durante il 21° secolo. Il calore

penetrando dalla superficie verso l'oceano profondo influenzerà la circolazione oceanica. È molto probabile che la copertura di ghiaccio marino artico continui ad assottigliarsi e che il manto nevoso primaverile nell'emisfero settentrionale diminuisca nel corso del 21° secolo con l'aumento della temperatura superficiale media globale. Il volume globale dei ghiacciai diminuirà ulteriormente.

Il livello medio del mare continuerà a crescere su scala globale nel corso del 21° secolo. Tutti gli scenari indicano che il tasso di aumento del livello del mare sarà molto probabilmente superiore a quello osservato durante il periodo 1971-2010 a causa del maggiore riscaldamento degli oceani e di una maggiore perdita di massa dei ghiacciai e delle calotte polari.

I cambiamenti climatici influenzeranno il ciclo del carbonio in un modo che aggraverà l'accumulazione della CO₂ in atmosfera. L'ulteriore assorbimento di carbonio aumenterà l'acidificazione degli oceani.

Le emissioni totali di CO₂ determinano in gran parte il riscaldamento globale superficiale medio del tardo 21° secolo e oltre. La maggior parte dei *trend* del cambiamento climatico persisteranno per molti secoli, anche se si riusciranno a fermare le emissioni di CO₂. In sostanza quest'ultima conclusione dell'IPCC ha il significato che la lotta ai cambiamenti climatici creata dalle emissioni passate, presenti e future di CO₂, è inevitabilmente di lunga durata, plurisecolare.

Gli approcci tecnologici per la mitigazione dei cambiamenti climatici

Ci sono tre alternative in campo per mitigare le conseguenze della crisi climatica, anche in combinazione tra loro: la principale è la riduzione delle emissioni di CO₂ alla fonte, il che implica riduzioni su vasta scala del consumo di combustibili fossili eventualmente accompagnate dalla cattura e dallo stoccaggio sotterraneo della CO₂ (CCS⁶), soprattutto dalle centrali elettriche e dai grandi impianti industriali, o la loro sostituzione con fonti di energia rinnovabili. La seconda è la rimozione di grandi quantità di CO₂ dall'atmosfera terrestre mediante il lavaggio chimico dell'aria (*air capture*)⁷. La terza area di opzioni è il tentativo di regolare direttamente la temperatura della Terra, senza riguardo alla CO₂ e agli altri gas serra, utilizzando approcci noti come *geo-ingegneria*, come l'iniezione in atmosfera di particelle riflettenti per la radiazione solare⁸. Nessuno di questi percorsi sembra facile. Il *retrofitting* del sistema energetico per aumentare l'efficienza e ridurre le emissioni serra ha costi di investimento pesanti. Si tratta di rimodellare milioni di case ed edifici commerciali in tutto il mondo, sostituire migliaia di propulsori a carbone o correggerli con la CCS e sostituire un enorme numero di veicoli emettitori di CO₂ a fronte di vantaggi che, per essere spostati molto avanti nel futuro, potrebbero essere impercettibili o mal valutati da parte delle aziende, dei contribuenti e degli elettori.

Vari tipi di innovazione possono essere utilizzati per ridurre le emissioni. Innovazioni non solo di tipo tecnologico. Innanzitutto produrre e consumare di meno, cioè adottare modelli nuovi di produzione e consumo, innovare cioè le attitudini e le culture. L'innovazione deve poi operare in favore dell'efficienza energetica e carbonica in ogni punto del ciclo economico mediante la:

- creazione di nuovi prodotti per i consumatori che generano meno emissioni quando vengono utilizzati (più efficienza carbonica);
- utilizzazione di materie prime prodotte con minore intensità di emissioni;
- riduzione dell'intensità delle emissioni dei processi industriali per unità di materia in *input*;
- riduzione netta dell'uso di materie prime per unità di prodotto.

Si chiede infine innovazione delle misure correttive dei processi, "end-of-pipe", intervenendo sulle emissioni a fine ciclo, laddove la CO₂ è ormai un rifiuto. Come la CCS, la rimozione diretta della CO₂ dall'aria è però molto costosa. La tecnologia della air capture, inoltre, deve essere ancora dimostrata fuori dei laboratori. La geo-ingegneria, per parte sua, è poco conosciuta e molto controversa. Non è difficile immaginare quali opposizioni popolari si metterebbero in moto di fronte a proposte tanto invasive e di esito quantomeno dubbio.

Molte delle tecnologie energetiche sono ormai mature e così sono anche i mercati energetici internazionali. Se si vuol essere ottimisti potremmo aspettarci scoperte scientifiche e tecnologiche poten-



zialmente capaci di cambiare il quadro della lotta per la stabilità climatica. Accadde del tutto inaspettatamente, ad esempio, per la superconduttività ad alta temperatura (HTS) nel 1986. Ma la storia dell'HTS mostra anche la fallacia di certe aspettative. La HTS è un'applicazione della fisica dello stato solido le cui applicazioni pratiche per i sistemi energetici, così ampiamente annunciate alla fine degli anni 80, devono ancora manifestarsi. Allo stato dell'arte il principale beneficio atteso dall'innovazione è la riduzione dei costi e di conseguenza una maggiore penetrazione delle energie rinnovabili e la riduzione delle emissioni serra.

L'innovazione non è fine a se stessa. In linea di principio, ogni sviluppo dell'innovazione comporta un accumulo degli stock di conoscenza in molti settori, anche lontani dall'asse centrale dell'interesse tecnologico.

Secondo le serie storiche dell'OCSE, il tasso di innovazione ha accelerato in coincidenza con la sottoscrizione del Protocollo di Kyoto del 1997. Ciò è stato particolarmente vero per le tecnologie già prossime alla competitività, cioè l'energia eolica, l'energia solare, i biocarburanti, la geotermia e l'idroelettrico. I dati rivelano che diversi paesi si sono specializzati in diverse aree di innovazione. Il Giappone e la Corea sono particolarmente importanti nelle tecnologie solari fotovoltaiche, la Danimarca per l'energia eolica e la Norvegia nelle tecnologie idro/marine. Si tratta di valutazioni che possono rapidamente mutare, con effetti importanti sui mercati. Cambiamenti sono in corso per opera di un certo numero di economie emergenti che stanno diventando sempre più attive in materia di ricerca scientifica e nel commercio di nuovi dispositivi sui mercati in-



FIGURA 1 Flussi di tecnologia per il solare fotovoltaico negli anni 1988-2007
Fonte: OECD 2010

terni e per l'esportazione, come Cina, India, Sud Africa o il Brasile per i biocombustibili.

Il trasferimento di tecnologia

È una delle questioni più critiche e controverse. L'interesse di conservare il vantaggio competitivo arrecato dall'innovazione trattiene i paesi in vantaggio dal mettere a comune i risultati con i paesi in ritardo. La crisi economica occidentale è una buona ragione, ed anche un buon pretesto, per ritardare i flussi degli aiuti ai paesi in via di sviluppo che hanno anche l'obiettivo di consentire uno sviluppo locale dell'innovazione e l'apprestamento delle misure di adattamento, esse pure largamente bisognose di innovazione e di cambiamento di modello in favore di soluzioni *green* piuttosto che di attività di infra-

strutturazione tradizionale (grigia). La rapida crescita di taluni paesi, la Cina su tutti, rende incerto il confine tra i paesi che dovrebbero essere donatori e i beneficiari. Nel dibattito che ha accompagnato i recenti negoziati sul clima nelle Conferenze delle parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite, è ormai convinzione comune che il raggiungimento di una risposta globale efficace al problema del cambiamento climatico richiede un coinvolgimento significativo dei Paesi in via di sviluppo negli sforzi di mitigazione⁹.

I flussi di trasferimento tecnologico sono stati monitorati e documentati, in particolare dall'OCSE. In Figura 1 sono mostrati a titolo d'esempio i flussi di tecnologia per il solare fotovoltaico negli anni 1988-2007. I primi strumenti per il trasferimento tecnologico per energia e

clima furono i meccanismi flessibili messi in campo con il Protocollo di Kyoto, in particolare il *Clean Development Mechanism* (CDM), che hanno svolto un ruolo statisticamente significativo, ma non risolutivo, nel favorire l'innovazione nei paesi *target*¹⁰. Tuttavia si è dimostrata essere considerevolmente più importante, la capacità innovativa interna (la capacitazione) dei paesi beneficiari che, al fine di trarre un reale vantaggio delle tecnologie rese disponibili sul mercato internazionale, devono aver sviluppato una propria capacità di innovazione.

La questione del trasferimento tecnologico riempie i *cahier de doléances* nelle assemblee multilaterali, determinando un clima di generale insoddisfazione che si esprime continuamente a carico dei paesi occidentali. Le forme della protesta sono spesso accorate, da parte soprattutto dei paesi più poveri e tra essi di quelli più vulnerabili, in particolare alle inondazioni causate dagli eventi estremi e di quelli, come le piccole isole, che temono la sommersione per effetto dell'innalzamento del livello medio dell'oceano. Per alcuni paesi, troppo arretrati o troppo piccoli, l'impianto sul proprio territorio di *facility* di ricerca e sviluppo è fuori discussione. La questione della globalizzazione della lotta contro i cambiamenti climatici non può dunque forse risolversi solo con i trasferimenti, peraltro avari, di tecnologia e di risorse. L'innovazione qui investe di nuovo i modelli della *governance* mondiale.

A proposito delle politiche per l'innovazione

La ricerca scientifica è importante, non solo perché ci si può aspettare che essa risolva i problemi dell'oggi, ma perché getta le basi per risolvere i problemi di domani. Ma sono le politiche per l'innovazione a tracciare i possibili sentieri del successo e della sostenibilità. Si guardi alla differenza sostanziale nell'ambito dell'innovazione che si è determinata tra le tecnologie per la cattura del carbonio e, ad esempio, le tecnologie del solare fotovoltaico: le aziende private hanno pochi incentivi a innovare nella CCS o nella *air capture* poiché, nonostante gli apprezzabili sforzi per creare nuovi schemi di scambio dei permessi di emissione, come lo schema europeo EU-ETS, non vi è ancora alcun mercato della CO₂ al di là delle minime quantità vendute come gas industriale, mentre i produttori fotovoltaici sono stati capaci di innovare per anni a causa degli incentivi creati dai mercati sovvenzionati da praticamente tutti i governi del mondo.

Le aziende fotovoltaiche hanno potuto concentrarsi sull'abbattimento dei costi di produzione e dei prezzi di mercato, mentre la ricerca finanziata dai governi ha continuato a sostenere le necessarie basi tecnologiche. Le politiche pubbliche hanno avuto dunque un effetto decisivo sullo sviluppo di nuove tecnologie nel campo della energie rinnovabili.

La spesa pubblica per la R&S ha un effetto positivo e significativo per l'innovazione, ad esempio, del-

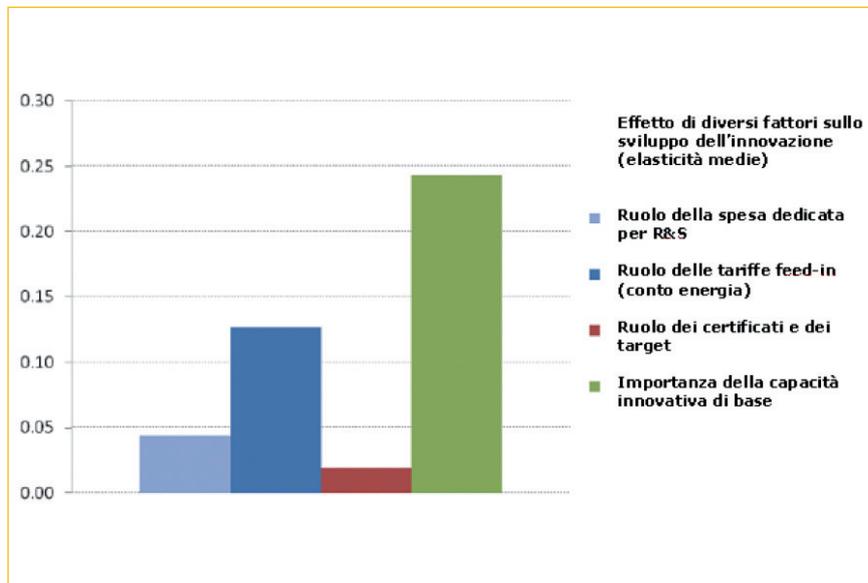


FIGURA 2 Effetto di diversi fattori sullo sviluppo
Fonte: OECD 2010

le energie rinnovabili, ma l'OCSE segnala che tale effetto è maggiore laddove la capacità generale di innovazione è maggiore¹¹. La Figura 2 mostra l'efficacia relativa di quattro dei principali fattori sullo sviluppo dell'innovazione nel settore delle energie rinnovabili.

Le raccomandazioni dell'OCSE sono le seguenti¹²:

- La politica dia segnali certi e di lungo periodo, al fine di dare ai potenziali innovatori e agli utilizzatori di tecnologie *green* la fiducia per effettuare gli investimenti necessari.
- La politica sia flessibile per dare ai potenziali innovatori incentivi per individuare il modo migliore per raggiungere gli obiettivi climatici, e per evitare il ricorso a tecnologie senza sbocco che possono diventare inefficienti in futuro.

- Va messo un prezzo sulle emissioni serra, attraverso le tasse o permessi negoziabili, al fine di incentivare in tutte le fasi il ciclo dell'innovazione.
- Occorre articolare e sequenziare le misure, al fine di superare gli ostacoli allo sviluppo e alla diffusione delle tecnologie innovative.
- Le scelte politiche generali vanno effettuate in funzione della necessità di orientare il cambiamento tecnologico verso la salvaguardia del clima.
- Poiché le fonti dell'innovazione sono ampiamente diversificate, occorre sostenere la ricerca e lo sviluppo in tutte le sue istanze.
- Il potenziale per la condivisione delle conoscenze e delle tecnologie di reciproco vantaggio, deve essere accresciuto attraverso accordi internazionali di ricerca e contratti di assistenza.

Conclusioni

L'innovazione ha messo a segno importanti passi in avanti nello sviluppo delle fonti rinnovabili, nel miglioramento dell'efficienza carbonica dei processi energetici, nel risparmio e nell'efficientamento nell'uso delle risorse materiali e nei consumi.

L'approccio olistico che ha pervaso la ricerca scientifica e una parte almeno delle amministrazioni pubbliche a livello mondiale ha permesso un (parziale) *mainstreaming* dello sviluppo sostenibile. Alcuni orientamenti, come l'obsolescenza dell'energia nucleare da fissione, sono certamente effetto di un ampliamento della visione del mondo nella cultura e nella politica mondiali. Le cifre degli investimenti per l'innovazione e la *green economy* misurano, ancora timidamente, questa nuova consapevolezza.

I cambiamenti climatici, parte per gli effetti devastanti dei fenomeni recenti ad essi attribuibili, parte per la stretta connessione tra tecnologie per la mitigazione delle emissioni e le nuove tecnologie energetiche, parte infine per la sfida della complessità che mobilita il mondo della scienza a sostegno della conoscenza del sistema climatico per poi controllarlo e padroneggiarlo, guidano un processo generale di innovazione che non ha probabilmente precedenti. Nel settore energetico promuovono lo sviluppo delle energie rinnovabili in un percorso che è ancora agli inizi. Anche in paesi tradizionalmente riottosi come gli USA, il Presidente è riuscito a imporre

degli standard che tagliano fuori il carbone ed altri processi troppo fortemente emissivi. Nel settore industriale condizionano la ricerca dell'efficienza nell'uso dei materiali e nella progettazione dei beni di consumo. Nel settore dell'edilizia si parla ormai di nuovi edifici ad *emissione zero*, e di ricondizionamento dei vecchi. Nel settore dei trasporti gli indicatori di prestazione carbonica sono diventati un *must* per i motori a combustione

interna e le tecnologie ibride, *plug in* ed elettriche sono ormai nella fase pre-commerciale ed oltre. Avanzano i biocombustibili di nuova e vecchia generazione, avendo superato le barriere del conflitto agroalimentare. Un nuovo tipo di *governance* può infine affermarsi nel mondo politico per assicurare a questo quadro il sostegno del consenso e della partecipazione per modelli di sviluppo più equi e sostenibili. ●

note

1. Ronchi E., Morabito R. et al.; 2012; "La Green economy per uscire dalle due crisi"; Edizioni Ambiente; Milano.
2. Ronchi E., Morabito R., Federico A. et al.; 2012; "Un Green New Deal per l'Italia"; in corso di pubblicazione, Edizioni Ambiente, Milano.
3. La tematica dei beni comuni è oggi al centro dell'attenzione generale. Non è qui possibile darne conto ma suggeriamo di riandare alla "Tragedia dei beni comuni" di Garret Hardin, 1968, Science n° 162, ed ai preziosi lavori del Premio Nobel Elinor Ostrom, tra cui, ad esempio, "La conoscenza come bene comune. Dalla teoria alla pratica", Bruno Mondadori, 2009.
4. Federico A.; 2013; "Clima ed infrastrutture verdi"; Fondazione per lo sviluppo sostenibile; Convegno "Infrastrutture verdi e il capitale naturale nel quadro dell'attenuazione e dell'adattamento alla crisi climatica"; Ministero dell'Ambiente, Milano, 3 ottobre 2013.
5. L'IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change è un comitato scientifico intergovernativo istituito su richiesta dei governi dei paesi membri della Convenzione dell'ONU di Rio 1992 contro i cambiamenti climatici, la UNFCCC. L'IPCC fu fondato nel 1988 da due organizzazioni delle Nazioni Unite, il WMO e l'UNEP, e infine accreditato dall'Assemblea Generale. La sua missione è quella di fornire valutazioni scientifiche complete dei dati scientifici, tecnici e socio-economici in tutto il mondo per il rischio di cambiamenti climatici causati dalle attività umane, le sue potenziali conseguenze ambientali e socio-economiche e le possibili opzioni per adattarsi a queste conseguenze o attenuarne gli effetti. L'IPCC non svolge attività di ricerca in proprio, né fa lavoro di monitoraggio del clima e dei fenomeni correlati. L'attività principale dell'IPCC è la pubblicazione di relazioni specialistiche su argomenti rilevanti per l'attuazione degli obiettivi della Convenzione climatica dell'ONU.
6. Si consulti il sito www.osservatorioccs.org
7. Fondazione Enrico Mattei, 2013 "Direct air capture of CO₂ and climate stabilization: a model based assessment"; Massimo Tavoni ed.; pubblicato in Climatic Change (2013)
8. The Royal Society; 2009; "Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty"; London.
9. Si veda la pagina: www.comitatoscientifico.org/temi%20CG/clima/index.htm
10. Sutter; 2007; "Does the current CDM deliver its sustainable development claim?"; Springer.
11. OECD; 2010; "Climate Policy and Technological Innovation and Transfer: an Overview of trends and recent empirical results"; Paris; Environment Working Paper No. 30.
12. OECD; 2011; "Promoting Technological Innovation to Address Climate Change"; Paris.

Conferenza ONU di Varsavia sui cambiamenti climatici: alcuni progressi, pochi impegni

Pochi i risultati raggiunti nella 19a Conferenza sui Cambiamenti Climatici, tenutasi nel novembre scorso a Varsavia, nel raggiungimento di accordi e impegni che coinvolgano l'intera comunità internazionale nelle attività di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici, e di copertura dei danni ad esso connessi. Ma il processo negoziale non si è interrotto ed è ancora in linea per prendere le decisioni nei tempi e nei modi indicati dall' Intergovernmental Panel on Climate Change dell'ONU. Le tematiche dibattute e le decisioni prese vengono qui illustrate dagli esperti ENEA che vi hanno partecipato

■ *Natale Massimo Caminiti, Sergio La Motta*

A Varsavia dall'11 al 23 novembre si è tenuta la diciannovesima conferenza mondiale sul clima (COP 19) e la nona Conferenza dei Paesi membri firmatari del Protocollo di Kyoto (MOP 9).

La risposta internazionale al cambiamento climatico è gestita dalle Nazioni Unite attraverso la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, adottata durante i lavori del summit mondiale di Rio de Janeiro del 1992 ed entrata in vigore nel 1994 con la ratifica di quasi tutti i Paesi. L'obiettivo ultimo della Convenzione è quello della stabilizzazione delle concentrazioni in atmosfera dei gas ad effetto serra

a livelli tali da prevenire pericolose interferenze umane con il sistema climatico.

La Conferenza delle Parti (COP) è l'organismo cui spetta il compito di assicurare la corretta implementazione della Convenzione anche tramite la definizione di Protocolli o altri strumenti legalmente vincolanti. Un primo obiettivo è stato raggiunto nel 1997 con l'adozione, con l'esclusione degli Stati Uniti, del Protocollo di Kyoto in cui venivano assunti impegni di riduzione delle emissioni solo per i Paesi sviluppati, in linea con il principio delle responsabilità comuni ma differenziate fra gli Stati. Gli impegni prevedevano una prima fase di riduzione delle emissioni relativamente al periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990.

L'approccio del Protocollo di Kyo-

to è stato molto criticato in quanto, da un lato prevedeva impegni solo per i Paesi industrializzati e d'altro per gli obiettivi di riduzione delle emissioni poco adeguati rispetto agli obiettivi di salvaguardia del sistema climatico. Fino alla Conferenza di Bali del 2007, i lavori hanno riguardato principalmente la definizione e messa a punto di metodologie, meccanismi e procedure di attuazione del Protocollo di Kyoto. A Bali nel 2007, anche a seguito delle maggiori certezze degli effetti antropici sul sistema clima, contenuti nel quarto rapporto dell'IPCC¹, si è deciso di accelerare la negoziazione per arrivare alla definizione, entro la COP di Copenhagen del 2009, di impegni in linea con il raggiungimento dell'obiettivo ultimo della Convenzione. Il fallimento del meeting di Copenhagen, nonostan-

■ *Natale Massimo Caminiti,
Sergio La Motta
ENEA, Unità Tecnica Modellistica
Energistica Ambientale*

te il tentativo di Obama di definire un accordo parallelo, ha comportato il rallentamento e la messa in discussione di tutto il processo negoziale.

I tentativi di ripresa delle negoziazioni avvenute negli incontri successivi a Cancun, Durban e Doha con la definizione di un accordo per la messa a punto, entro il 2015, di uno strumento legalmente vincolante con impegni a partire dal 2020, e la parallela decisione di prolungare il Protocollo di Kyoto al 2020 (vedi <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/EAI/anno-2012/n.-6-novembre-dicembre-2012/cambiamenti-climatici>), non sono stati consolidati nell'incontro di Varsavia.

La Conferenza di Varsavia si è tenuta dopo la pubblicazione del Quinto Rapporto di valutazione del Gruppo Uno dell'IPCC² sugli aspetti scientifici di base. Nel Rapporto si confermano, con nuove evidenze scientifiche e una miglior com-

preensione dei processi climatici e dei feedback, i seguenti punti sostanziali: il cambiamento climatico è in atto ed è dovuto per la massima parte alle attività umane; prima si interviene, minori saranno i costi. Gli studi scientifici indicano che, per evitare pericolose interferenze delle attività umane sul clima, un aumento accettabile della temperatura media superficiale del pianeta non deve superare i due gradi rispetto ai livelli preindustriali e che la finestra temporale per un intervento a costi limitati si sta chiudendo. Esiste una elevata discrepanza tra la ormai elevata certezza delle conoscenze scientifiche e il livello dell'intervento istituzionale, fino ad oggi assolutamente insufficiente.

Si sta discutendo di mettere a punto un accordo internazionale entro il 2015, legalmente vincolante, che contenga impegni e obiettivi per le parti a partire dal 2020. Tale accordo deve essere corredato da finanziamenti adeguati per le attività di

mitigazione, per quelle di adattamento e di copertura dei danni causati dal cambiamento climatico, e da un insieme di attività che mettano i Paesi meno sviluppati in condizione di disporre delle tecnologie adeguate. Tutto questo dovrebbe essere definito entro la Conferenza del 2015 prevista a Parigi, dopo quella del 2014 che si terrà a Lima, in Perù.

A Varsavia il processo decisionale ha fatto deboli e insufficienti passi avanti. L'unico vantaggio è che il processo negoziale è ancora in linea per prendere le decisioni nei tempi e nei modi indicati dall'IPCC, l'organismo istituito da United Nations Environment Programme e World Meteorological Organization per fornire un punto di vista scientifico sul cambiamento climatico e sui suoi potenziali impatti ambientali e socio-economici. Probabilmente bisognerebbe intervenire sul meccanismo decisionale associando accordi bilaterali diretti tra le parti per rendere più efficiente ed accelerare il processo. Bisognerebbe, inoltre, rendere operativi a livello globale strumenti economici idonei a transitare verso un'economia a basso contenuto di carbonio, quali *emissions trading*, *carbon tax* o imposte sul contenuto di carbonio di servizi o prodotti.

Il processo negoziale ha visto coinvolte a Varsavia 200 Paesi con la partecipazione di circa 12.000 persone, tra essi: esperti, rappresentanti del mondo ambientalista, della società civile, delle imprese, dei media e giovani rappresentanti delle future generazioni. Inoltre, si sono svolti oltre un centinaio di



Side Events su argomenti specifici, tra cui quello sulle Low Carbon Societies organizzato dall'IGES³ in collaborazione con ENEA.

Il confronto intenso e faticoso, oltre che nei vari organismi usuali, si è svolto anche attraverso innumerevoli gruppi e sottogruppi, gruppi ad hoc, consultazioni informali da parte del Presidente della COP, interventi nel segmento ministeriale, con la presenza dei vari ministri.

Alcuni eventi esterni hanno fatto irruzione nelle sale della Conferenza e hanno influenzato i lavori. Tra questi eventi spiccano: la tragedia nelle Filippine causata dal tifone Haiyan e la tragedia in Sardegna provocata dal ciclone Cleopatra che hanno portato a varie espressioni di solidarietà fino al digiuno fatto dal Commissario filippino Naderev Saño; le critiche e le discussioni sul controverso convegno sul carbone organizzato dal governo polacco con la World Coal Association, con la partecipazione, fortemente criticata da parte delle ONG, del Segretario Esecutivo della Convenzione Christiana Figueres che, nel suo intervento, ha comunque precisato che la sua presenza “non è né una tacita approvazione di uso del carbone, né è un invito per la scomparsa immediata del carbone” ma è un’occasione per dire che “l’industria del carbone può e deve trasformarsi e diversificarsi radicalmente per evitare i peggiori impatti del cambiamento climatico”.

L’abbandono dei lavori, per la prima volta in una Conferenza sul Clima, da parte delle associazioni ambientaliste, che hanno criticato la gestione del governo polacco, ri-

tenuta troppo morbida nei confronti delle fonti fossili e la mancanza di progressi significativi del processo negoziale è sicuramente un evento inedito nel contesto delle Conferenze delle Parti, così come i cori di protesta per la mancanza di risultati urlati dai rappresentanti delle ONG nella penultima serata negoziale dagli spalti dello Stadio, dove si teneva la Conferenza.

I pochi risultati raggiunti hanno riguardato:

- emissioni dovute a deforestazione (REDD+)
 - perdite e danni (Loss and damage)
- e, in minor misura:
- accordo legalmente vincolante impegni (ADP)
 - finanza
 - trasferimento tecnologico.

Deforestazione e degrado forestale (REDD+)

Si tratta delle emissioni di CO₂ dovuta alle attività di deforestazione, di degrado forestale nei Paesi in via di sviluppo, cui associare il ruolo della conservazione e della gestione sostenibile delle foreste (REDD+)⁴. Le emissioni sono associate alla pratica della conversione delle foreste in terreni agricoli, con il rilascio del carbonio contenuto negli alberi, quando vengono bruciati. L’IPCC⁵ nel rapporto del 2007 ha stimato che negli anni 1990-2000 le emissioni di CO₂ sono state di circa 5,8 GtCO₂/anno con un contributo alle emissioni mondiali per circa il 20%. Il meccanismo è stato introdotto alla COP 11 di Montreal nel 2005 su richiesta del governo

della Papua Nuova Guinea e del Costa Rica.

L’argomento ha ricevuto un ampio appoggio da parte dei Paesi e riveste un ruolo importante nel processo negoziale per l’elevato contributo che può dare alla riduzione delle emissioni soprattutto nei Paesi in via di sviluppo.

A Varsavia è stato costituito il *Warsaw framework for REDD+*, una serie di misure che possono aiutare i Paesi in via di sviluppo a ridurre le emissioni. La decisione riguarda la definizione di un quadro metodologico che permetta di misurare le attività di contrasto alla deforestazione attraverso un sistema di misurazione, rendicontazione e verifica (MRV) e il collegamento dello stesso con il sistema di finanziamento del GCF (Green Carbon Fund). Norvegia, USA e Gran Bretagna hanno concesso un finanziamento di 280 milioni di \$. Visto che l’impegno finanziario complessivo viene valutato in circa 30 miliardi di \$/anno, probabilmente bisognerebbe prevedere nuovi sistemi, magari di mercato, per rendere più efficace e sistematico il meccanismo, superando la logica del finanziamento diretto.

Perdite e danni (Loss and damage)

La tematica riguarda gli approcci per definire le perdite e i danni associati agli impatti del cambiamento climatico nei Paesi in via di sviluppo che sono particolarmente vulnerabili agli effetti avversi del cambiamento climatico.

La decisione di affrontare questa te-

matica è stata presa alla COP 16 di Cancun (Messico) nel quadro delle misure di adattamento al cambiamento climatico (*Cancun Adaptation Framework*). Si tratta di definire un programma di lavoro che affronti le tematiche delle perdite economiche e dei danni associati agli eventi meteorologici estremi (tifoni ecc.) e agli eventi di lenta insorgenza⁷ nei Paesi in via di sviluppo. Gli effetti negativi di questi eventi stanno già colpendo molti Paesi in via di sviluppo, particolarmente vulnerabili e con inadeguate capacità di contrasto, con una frequenza e intensità in aumento.

La peculiarità del dibattito ha riguardato la natura specifica e la diversità del meccanismo *loss and damage* rispetto alle azioni di mitigazione e adattamento. In pratica, da un lato si ritiene che le attività di mitigazione e adattamento non siano adeguate, muovendo da una logica di prevenzione, a contrastare questi eventi, dall'altro si pone il problema di definire bene quali di questi eventi siano *realmente* associati ai cambiamenti climatici, al fine di valutare l'ammissibilità degli stessi e la dimensione dell'impegno finanziario necessario.

A Varsavia è stata riconosciuta la parziale specificità dell'argomento, in relazione al più ampio quadro delle misure di adattamento. Questo ha portato a istituire un meccanismo internazionale *Warsaw international mechanism* per supportare le popolazioni più vulnerabili e mettere a punto delle misure per contrastare questi eventi. Il meccanismo è istituito sotto il Cancun Adaptation Framework ed è dotato di un

Comitato Esecutivo. Il meccanismo dovrà approfondire metodologie e conoscenze sulla gestione del rischio per contrastare gli effetti degli eventi climatici, creare maggiore collaborazione e sinergie tra i vari soggetti interessati, sviluppare azioni, quali finanziamenti, trasferimento tecnologico e sviluppo delle capacità organizzative dei vari Paesi. Un gruppo di Paesi sviluppati⁸ ha offerto un finanziamento di 100 milioni di \$ per incrementare il Fondo per l'adattamento.

Accordo legalmente vincolante (ADP)

I lavori dell'ADP (*Ad Hoc Working Group on the Durban Platform*), finalizzati alla definizione del quadro di impegni dei vari Paesi, rappresentano il cuore del negoziato in relazione al raggiungimento dell'obiettivo finale della Convenzione. Questo riguarda il raggiungimento di una visione condivisa di collaborazione di lungo periodo tra le parti che comprenda l'obiettivo globale di riduzione delle emissioni al fine di implementare lo scopo ultimo della Convenzione della stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra, a livelli non pericolosi, in linea con il principio di responsabilità comuni ma differenziate.

Il gruppo di lavoro è stato istituito alla COP 17 di Durban con il compito di elaborare un Protocollo o altro strumento legale da approvare entro il 2015, comprensivo di impegni per le parti a partire dal 2020. Il Protocollo dovrà includere gli aspetti di mitigazione, adattamento, finanza, trasferimento delle

tecnologie e gli aspetti e le capacità organizzative dei vari Paesi. Dovrà tenere conto delle evidenze scientifiche del Quinto rapporto di valutazione dell'IPCC. Inoltre deve identificare ed esplorare le azioni di mitigazione che possono chiudere il gap tra gli impegni dichiarati dagli Stati e quelli necessari per contenere l'aumento di temperatura sotto i 2 °C. La decisione di Durban prevedeva di presentare entro la COP 20 (2014) una bozza di Protocollo o altro strumento legale in modo da rendere disponibile un testo negoziale entro la COP 21 del 2015 prevista a Parigi.

Uno dei punti fondamentali del confronto, non ancora risolto, ha riguardato la validità della suddivisione dei Paesi in Annex 1 e non Annex 1, prevista dalla Convenzione quadro adottata a Rio de Janeiro nel 1992. Alcuni Paesi sviluppati hanno sostenuto che, viste le trasformazioni dell'economia mondiale negli ultimi 20 anni con la crisi economica in corso e la crescita di nuove economie emergenti, è necessario ridefinire le aree geografiche, con assunzione delle relative responsabilità da parte di nuovi Paesi. Tale posizione viene contrastata ovviamente da una serie di altri Paesi.

Un altro punto non ancora risolto, ma correlato al precedente, riguarda la responsabilità storica dello stock di carbonio già presente in atmosfera, addebitata ai Paesi sviluppati rispetto agli attuali maggiori emettitori, come la Cina. Questo problema è alquanto complesso perché bisogna tenere conto delle emissioni storiche, delle emissioni attuali, del tempo di permanenza

della CO₂ in atmosfera e del periodo in cui viene effettuata la verifica della responsabilità storica.

A Varsavia si è raggiunto un'intesa su una bozza di testo. La bozza contiene alcuni riferimenti importanti, quali il livello di temperatura da non superare di 2 °C o 1,5 °C, la pericolosità del cambiamento climatico, una tempistica di lavoro in linea con l'obiettivo di arrivare a una decisione a Parigi nel 2015. Di contro per raggiungere il consenso nel testo si è dovuto rinunciare a fare riferimento alla dizione "impegni" (*commitments*) sostituendola con un meno impegnativo "contributo nazionale determinato" (*intended nationally determined contribution*).

Finanziamenti

La convenzione prevede che i Paesi che hanno maggiori risorse finanziarie devono assistere quelli con minori risorse. A questo scopo la Convenzione prevede un meccanismo finanziario affidato a uno o più istituti internazionali; attualmente è la GEF⁹ il braccio operativo dei finanziamenti in campo climatico. Sono anche previsti altri fondi speciali quali Green Climate Fund (GCF) gestito dalla Convenzione, Adaptation fund (AF) dal Protocollo di Kyoto e Special Climate Change Fund (SCCF) e Least Developed Countries Fund (LDCF) gestiti dalla GEF. Inoltre esistono nuovi ed addizionali finanziamenti offerti direttamente dai Paesi sviluppati. Il fast-start finance, deciso alla COP 15 di Copenhagen per il periodo 2010-2012, pari a circa 30 miliardi di \$ da

utilizzare in maniera bilanciata in attività di mitigazione e adattamento, cui ha contribuito anche l'Italia. Alla COP 16 di Cancun è stato istituito un Comitato Permanente (Standing Committee) per assistere la COP nelle attività di finanziamento. Alla COP 18 di Doha per aiutare i Paesi con meno risorse ad affrontare i costi degli effetti del cambiamento climatico, i Paesi sviluppati nel quadro di un impegno complessivo di lungo termine (Long-term finance) valutato in circa 100 miliardi di \$/anno al 2020 si sono impegnati a mettere a punto un programma di lavoro per il 2013.

A Varsavia nessuna significativa decisione è stata presa. Si è confermata l'importanza di aumentare il livello dei fondi di finanziamento per arrivare al valore di 100 miliardi di \$ e di continuare a lavorare sull'argomento.

Il meccanismo del trasferimento delle tecnologie

La Conferenza delle Parti sui Cambiamenti Climatici, nel suo 16° meeting a Cancun, nel 2010, ha istituito il meccanismo per il trasferimento delle tecnologie. Sono stati, in particolare, istituiti tre organismi, il Technology Executive Committee (TEC) con il compito di stabilire le strategie, il Climate Technology Centre (CTC) con il compito di organizzare le attività e il Climate Technology Centre and Network (CTCN - di cui fa parte l'ENEA quale Ente Nazionale Designato - NDE¹⁰) con lo scopo di attuare gli interventi di trasferimento tecnologico. Il CTCN¹¹ è ospitato e gestito

dall'United Nations Environmental Program (UNEP) in collaborazione con l'United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) e con il supporto di 11 centri di eccellenza localizzati sia nei Paesi sviluppati¹² che in quelli in via di sviluppo¹³. Il CTCN ha sede a Copenhagen.

Fondamentali per il funzionamento del CTCN sono le Entità Nazionali Designate (NDE) che rappresentano i riferimenti nazionali per il trasferimento delle tecnologie in ambito UNFCCC. In particolare queste strutture nazionali dovrebbero assicurare un incontro tra la domanda e l'offerta di tecnologie; gli NDE dei Paesi in via di sviluppo dovrebbero, coadiuvati dai Paesi sviluppati, individuare i loro bisogni in termini di tecnologie di mitigazione e di adattamento tramite la redazione di un documento di valutazione dei bisogni tecnologici (Technology Needs Assessment - TNA), mentre, gli NDE dei Paesi sviluppati dovrebbero assicurare l'implementazione di quelle azioni individuate dai TNA e considerati ad alta priorità.

Finora il CTCN si è riunito due volte con lo scopo di stabilire i regolamenti del suo proprio funzionamento; in particolare è stato messo a punto il documento relativo alle modalità e procedure del CTCN e del suo Comitato Operativo (Advisory Board); tale documento è stato approvato alla COP 19 di Varsavia¹⁴. L'approvazione di questo documento sulle regole operative del CTCN è stata di particolare rilevanza in quanto, in questo modo, la Conferenza delle Parti ha dato al CTCN la possibili-

tà di operare nel rispetto di regole condivise.

Il CTCN si è dotato di un programma di lavoro per i prossimi cinque anni; si prevede che esso possa diventare pienamente operativo entro il 2015 e quindi essere capace di fornire assistenza ai Paesi in via di sviluppo, valutare le domande di tecnologie definite dai TNA, stabilire le priorità e provvedere alla realizzazione di un numero sempre più crescente di interventi di mitigazione e adattamento provvedendo anche al reperimento di adeguati finanziamenti provenienti dal settore pubblico e privato.

Low Carbon Society Research Network – Side event

A Varsavia, tra le decine di Side Events che si sono tenuti, particolarmente seguito è stato quello sulla Low Carbon Society. In questo side event sono stati presentati i risultati del quinto meeting del “Low Carbon Society Research Network –LCS-RNet”¹⁵ tenuto a Yokohama il 22-23 luglio di questo anno¹⁶.

In particolare sono stati evidenziati: il ruolo delle città come soggetto non passivo ma altamente dinamico per la lotta ai cambiamenti climatici sia per le politiche di mitigazione che per quelle di adattamento; il ruolo del sistema produttivo, del mondo della ricerca e della *governance* internazionale per la transizione verso una società a basse emissioni di gas ad effetto serra; le sfide poste dalla situazione internazionale contingente che vede un penetrare nel mercato energetico di molti Paesi ingenti quantità

di olio e gas non convenzionali e a basso costo che certo non incentiva interventi di efficienza energetica, una crisi economica e occupazionale e un debito pubblico ingente di molti Paesi che limita la loro capacità di incentivazione del settore pubblico verso politiche di mitigazione e adattamento, inoltre sono state discusse le conseguenze dell'incidente di Fukushima che ha fortemente influenzato gli scenari energetici di molti Paesi.

Gli obiettivi principale che la LCS-RNet persegue sono: 1) la promozione dello scambio di informazioni sulle attività di ricerca relative alla low carbon society; 2) il dialogo con altri stakeholder e 3) il supporto al processo di *policy making* sul cambiamento climatico. Le attività principali della LCS-RNet sono: la organizzazione di un meeting annuale ospitato a rotazione in uno dei Paesi del G8; la elaborazione di un rapporto di sintesi del meeting; la diffusione dei risultati del meeting annuale nei maggiori contesti internazionali quali le riunioni del G8 e la Conferenza delle Parti firmatarie la Convenzione sui cambiamenti climatici.

Finora sono stati organizzati cinque meeting della LCS-RNet, la prima a Bologna nel 2009, la seconda a Berlino del 2010, la terza a Parigi nel 2011, la quarta a Oxford nel 2012 e la quinta a Yokohama nel 2013. La sesta riunione sarà organizzata dall'ENEA a Roma nell'ottobre 2014. Durante il *side event* di Varsavia è stato deciso di rendere la LCS-RNet più incisiva nel processo negoziale, per questo è stato disposto che la riunione di Roma e quella successi-

va del 2015 a Parigi saranno gestite come un evento unico da una copresidenza italo-francese che dovrebbe accompagnare il processo fino alla COP 21 di Parigi passando dalla COP 20 di Lima che vedrà attiva la Presidenza italiana dell'Unione Europea. I temi da trattare nelle due prossime riunioni sono ancora da decidere ma è molto probabile che ricalchino i temi caldi trattati a Varsavia, quali in particolare quello del trasferimento delle tecnologie e delle interrelazioni tra il processo di decarbonizzazione della società e le opportunità offerte dalla *green economy*.

Considerazioni conclusive

A livello scientifico è ormai opinione consolidata e ampiamente condivisa che il cambiamento climatico è un processo in atto la cui causa è da ricercare principalmente nelle attività antropiche.

Per limitare la crescita della temperatura media del pianeta entro i 2 °C è necessario che le emissioni di gas ad effetto serra devono essere ridotte del 50% entro il 2050 rispetto ai valori del 1990.

A Varsavia sono risultati ancora una volta evidenti le difficoltà legate al raggiungimento di accordi e impegni che coinvolgano l'intera comunità internazionale. Si tratta di affrontare problemi relativi alla ripartizione degli impegni da prendere che devono tenere conto delle emissioni storiche, di quelle attuali e di quelle attese tenendo conto delle aspirazioni allo sviluppo dei Paesi, dei finanziamenti delle attività e della necessità di mettere

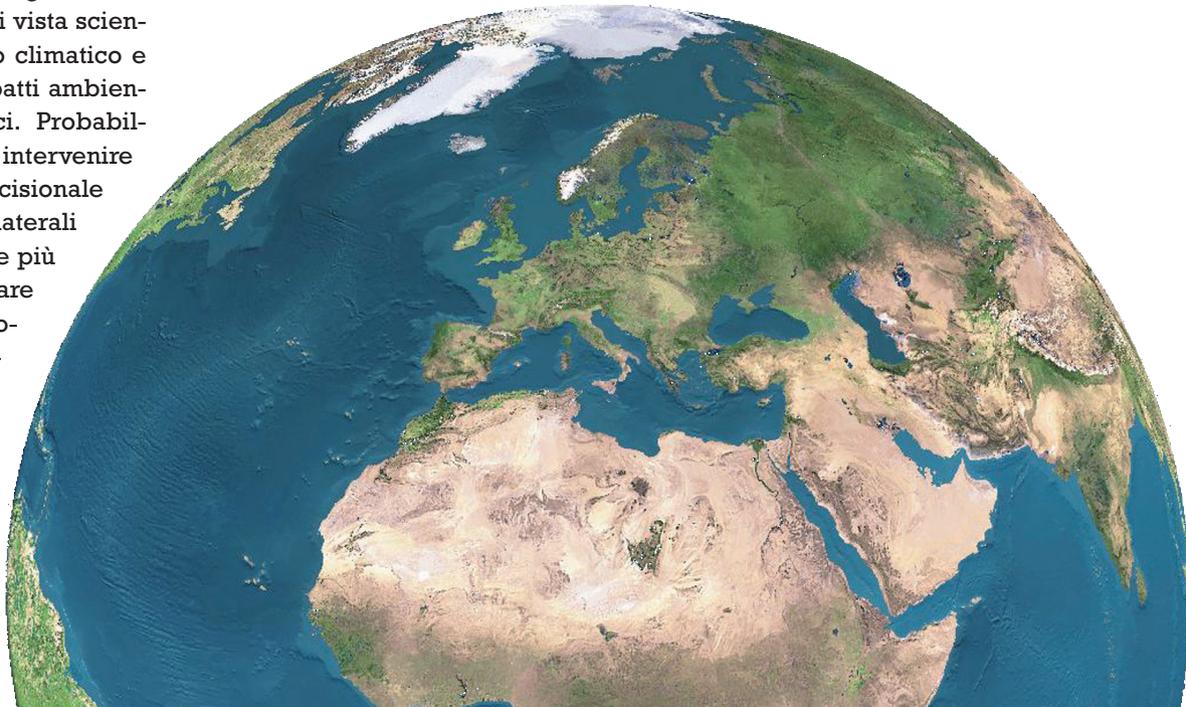
in grado i Paesi in via di sviluppo di poter disporre delle necessarie tecnologie e relativi finanziamenti per contrastare il cambiamento climatico.

Rispetto al periodo in cui è stata definita la Convenzione e decisa la strumentazione attuativa del Protocollo di Kyoto, la situazione economica e geopolitica si è fortemente modificata, e si è assistito ad una accelerazione delle emissioni di alcuni Paesi emergenti rispetto a quelli tradizionalmente considerati come sviluppati.

A Varsavia il processo decisionale ha fatto deboli e insufficienti passi avanti. L'unico vantaggio è che il processo negoziale è ancora in linea per prendere le decisioni nei tempi e nei modi indicati dall'IPCC, l'organismo istituito da United Nations Environment Programme e World Meteorological Organization per fornire un punto di vista scientifico sul cambiamento climatico e sui suoi potenziali impatti ambientali e socio-economici. Probabilmente bisognerebbe intervenire sul meccanismo decisionale associando accordi bilaterali tra le parti per rendere più efficiente ed accelerare il processo. L'Italia, potrebbe utilizzare l'occasione della presidenza del semestre europeo, da luglio a dicembre 2014, per coinvolgere i Paesi grandi emettitori verso una visione condivisa dei Paesi grandi emettitori.

note

1. Intergovernmental Panel for Climate Change – IPCC Fourth Assessment Report 2007.
2. Intergovernmental Panel for Climate Change – IPCC Fifth Assessment Report Working Group 1, September 2013.
3. IGES – Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
4. Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation.
5. IPCC WGIII FAR 2007.
6. Measurement, Reporting and Verification.
7. Gli eventi di lenta insorgenza includono aumento del livello del mare, aumento della temperatura, acidificazione degli oceani, ritiro dei ghiacciai, salinizzazione, degrado del suolo e delle foreste, perdita di biodiversità e desertificazione.
8. Austria, Belgio, Finlandia, Francia, Germania, Norvegia, Svezia, Svizzera.
9. La GEF (Global Environment Facility) raccorda 183 paesi con istituzioni internazionali, organizzazioni della società civile e imprese private per supportare iniziative di sviluppo sostenibile. Nata da un progetto della Banca Mondiale, oggi è indipendente ed è il meccanismo finanziario di numerose convenzioni internazionali.
10. L'ENEA è stata nominata, con decisione del Ministro dell'Ambiente, National Designated Entity (NDE) per l'Italia.
11. <http://www.unep.org/climatechange/ctcn/>
12. Energy Research Center of the Netherlands - ECN - Olanda, Deutsche Gesellschaft Internationaler Zusammenarbeit - GIZ - Germania, National Renewable Energy Laboratory - NREL - Stati Uniti, UNEP Risoe Center - URC - Danimarca
13. Asian Institute of Technology AIT – Thailandia, Bariloche Foundation – Argentina, Tropical Agricultural Research and Higher Education Centre CATIE – Costa Rica, Council for Scientific and Industrial Research CSIR – Sud Africa, Environment and Development Action in the Third World - ENDA - Senegal, World Agroforestry Center ICRAF – Kenya, The Energy and Research Institute - TERI – India.
14. http://unfccc.int/files/meetings/warsaw_nov_2013/decisions/application/pdf/cop19_ctcn.pdf
15. La LCS-RNet è stata istituita in occasione di un incontro dei Ministri dell'Ambiente dei Paesi del G8 tenuto a Siracusa il 22-24 aprile 2009 con lo scopo di aiutare i Paesi del G8 a identificare le loro proprie traiettorie verso una società a basse emissioni di gas a effetto serra in modo da sostenere il processo di implementazione dell'obiettivo di contenere la crescita della temperatura media del pianeta entro i 2°C così come stabilito dagli accordi di Copenhagen.
16. La relazione sul meeting di Yokohama è stata presentata dai due co-presidenti della riunione, Mikiko Kainuma del NIES e Sergio La Motta dell'ENEA.





Città ed ambiente agricolo: iniziative di sostenibilità verso una Smart City

L'evoluzione del rapporto tra la città e l'ambiente agricolo circostante apre nuove, interessanti prospettive alla sostenibilità ambientale e produttiva e a nuovi modelli di approvvigionamento alimentare per le aree urbane

■ Paola Carrabba, Barbara Di Giovanni, Massimo Iannetta, Laura Maria Padovani

Contesto internazionale ed europeo

L'economia verde è quella in cui la crescita del reddito e dell'occupazione è guidata da investimenti pubblici e privati in grado di ridurre le emissioni di carbonio e l'inquinamento, aumentare l'energia e l'efficienza delle risorse, prevenire la perdita di biodiversità e dei servizi ecosistemici. (<http://www.unep.org/greeneconomy>).

La definizione di *green economy* dell'UNEP (United Nations Environment Programme) promuove l'utilizzo sostenibile del capitale naturale e dell'energia, a seguito di un'approfondita analisi e di un'oggettiva valutazione economica. In questi due ambiti sono stati individuati 11 elementi prioritari per un modello di sviluppo sostenibile, attinenti, in parte, alla sfera del capitale naturale e, in parte, ai settori produttivi. L'agricoltura è uno dei settori chiave della strategia UNEP. In ambito europeo, la comunicazione "Rio + 20: verso un'economia verde e una migliore governance" è la *road map* della *green economy*

per il raggiungimento di obiettivi ambiziosi e condivisi, tra i quali, la promozione dell'agricoltura sostenibile, dell'uso del suolo e dell'approvvigionamento alimentare (http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-754_it.htm). Tali obiettivi sono stati adottati anche attraverso le numerose riforme che hanno interessato la Politica Agricola Comune (PAC).

Sul piano produttivo, l'orientamento al mercato e la competitività dell'agricoltura si arricchiscono di un'importante innovazione: una maggiore attenzione allo sviluppo rurale (che associa alla conservazione del paesaggio la protezione dell'ambiente, la qualità e sicurezza dei prodotti alimentari e il benessere degli animali) e alla multifunzionalità dell'agricoltura.

Su quest'ultimo aspetto in particolare, le filiere agroalimentari, pur rimanendo centrali e prioritarie, lasciano spazio a filiere "di qualità ecologica" per il conseguimento di una produzione alimentare e di una gestione sostenibile delle risorse naturali, di un'azione per il clima

e di uno sviluppo equilibrato del territorio. In Italia, in particolare, un processo ormai decennale sta trasformando l'agricoltura: accanto a fenomeni come la riduzione delle superfici agricole utilizzate e, quindi, l'abbandono delle campagne, si rileva anche un forte orientamento "green" nella conservazione di specificità territoriali e tradizionali che, accanto all'innovazione qualitativa dei prodotti, hanno consentito anche di reggere le sfide di un mercato globalizzato.

La questione urbana e la crisi delle idee

Nonostante il progredire della scienza e della tecnologia, dell'innovazione e del patrimonio della conoscenza che ha portato ad un miglioramento della condizione umana (nutrizione, controllo di di-

■ Paola Carrabba, Barbara Di Giovanni, Massimo Iannetta, Laura Maria Padovani
 ENEA, Unità Tecnica Sviluppo Sostenibile ed Innovazione del Sistema Agro-Industriale

verse malattie, diminuzione della mortalità infantile, allungamento della vita, educazione, comunicazione ecc.), le dinamiche demografiche conseguenti a fenomeni ambientali, sociali ed economici risultano spesso drammatiche. Ne è un esempio la questione urbana, che mostra problematiche e contrasti sempre più estremi, seppur legati alle diverse realtà nazionali. La crescita urbana è dovuta principalmente alla crescita demografica, anche se i tassi di fertilità sono più bassi nelle aree urbane che nelle zone rurali di tutto il mondo. Le migrazioni danno un contributo significativo all'urbanizzazione, poiché le persone si muovono in cerca di migliori opportunità sociali ed economiche. Tuttavia, la povertà aumenta più rapidamente nelle aree urbane che in quelle rurali, dove, nonostante le minori opportunità sociali ed economiche, è sempre possibile dedicarsi ad una agricoltura di sussistenza.

Nel 2007, l'UNFPA (United Nations Population Fund) aveva previsto che, per la prima volta nella storia dell'umanità, già a partire dal 2008 oltre il 50% della popolazione mondiale si sarebbe trovato a vivere in città e che, nel 2030, la popolazione urbana sfiorerà i 5 miliardi. La crescita urbana è concentrata soprattutto nei paesi del terzo mondo (Africa ed Asia), dove si aggrava la corsa verso le città-megalopoli, con l'accumularsi dei diseredati nelle bidonville. Diversa l'evoluzione dei paesi in via di transizione (Cina), dove la maggior parte della nuova crescita urbana ha luogo in città medio-piccole, che, tuttavia, risulta-

no avere meno risorse per rispondere alla portata del cambiamento. Nel nostro paese, l'evoluzione urbana è andata verso la crescita di piccole e grandi aree metropolitane, con la progressiva incorporazione dei Comuni (piccoli e medi) di prima gravitazione e la saldatura delle armature urbane, soprattutto lungo le grandi direttrici lineari. Un fenomeno recente nelle aree metropolitane è, inoltre, quello di una importante diminuzione della popolazione residente nei centri principali, seguita da un incremento della popolazione residente nei Comuni di prima e seconda cintura. La recente crisi economica ha aggravato la questione urbana in alcune metropoli. Il problema non riguarda solo le risorse con le quali contrastare l'insostenibilità e garantire la qualità della vita in città. Il vero nodo da sciogliere è rappresentato dalla mancanza di idee e strategie per affrontare la crisi dei sistemi insediativi, per rivedere i modelli sociali, abitativi, di consumo o proporre di nuovi, al fine di contribuire al miglioramento della qualità della vita di milioni di persone. Alcune esperienze, messe in essere a livello internazionale, sostengono l'importanza dell'azione collettiva per l'affermazione di un nuovo e più sostenibile stile di vita, attraverso: il potenziamento delle relazioni con le amministrazioni locali; il coinvolgimento della comunità nei processi di costruzione della "resilienza"; la diffusione di conoscenze e competenze sui processi di trasformazione che investono il clima, l'atmosfera, le acque, le emissioni di inquinanti; la parteci-

pazione al trattamento delle tematiche fondamentali per la vita della comunità (alimentazione, energia, trasporti, salute, aspetti psicologici, economia e sostentamento ecc.); la definizione di un vasto numero di progetti coordinati per promuovere la riduzione dell'uso dell'energia in una scala temporale di 15-20 anni, abbracciando tutte le aree e gli ambiti della vita della comunità.

Agricoltura e Smart City

Il concetto di Smart City è utilizzato, per lo più, per indicare una città in cui tutte le risorse siano accessibili attraverso una infrastruttura di rete efficiente e sulla quale girino servizi informativi attraverso cui cittadino e amministrazione possano dialogare. Ogni Comune è però un microcosmo, con tipicità e caratteristiche che lo distinguono da ogni altro e le difficoltà si enfatizzano per quei Comuni che, a ridosso dei grandi centri metropolitani, risentono delle problematiche portate dalla vicina metropoli senza avere a disposizione le risorse finanziarie per fronteggiarle. Dalla cooperazione e dall'integrazione di più partner e funzioni è però possibile ricavare quella spinta e quelle risorse aggiuntive per avviare un circolo virtuoso che porti alla valorizzazione del territorio, creando un solido substrato socio-economico. L'idea nuova, veicolata dal concetto di Smart City, è infatti quella di un sistema integrato, basato su un numero finito di sottosistemi (sicurezza, acqua, salute, infrastrutture, economia, ambiente, agricoltura ecc.), da gestire in maniera coordinata,

per assicurare sviluppo e crescita sostenibile.

Nel quadro Smart City l'agricoltura urbana, della quale tratteremo in seguito, e l'accorciamento della filiera tra aree rurali e centri urbani possono contribuire a garantire un'alimentazione sana, utilizzando metodologie di coltivazione meno aggressive verso l'ambiente e favorendo la creazione di una microeconomia. In quest'ottica, l'agricoltura (così come l'acqua e l'energia) ripensata, attualizzata e riorganizzata, è parte integrante e strategica del nuovo modo di considerare la città.

L'agricoltura periurbana

La gestione del territorio nei suoi aspetti sociali, ambientali ed economici diviene particolarmente difficile nelle situazioni di transizione, dove tipologie ambientali ben definite mutano, più o meno bruscamente. È questo il tipico caso delle periferie urbane, dove l'ambiente costruito è ancora frammentato da realtà agricole preesistenti che resistono all'avanzata del cemento. Le periferie sono aree spesso poco servite e poco controllate, connotate da situazioni di disagio sociale ed economico e viste come zone improduttive. Queste aree, mentre da un lato sono caratterizzate da una perdita di aspetti "rurali" (perdita di suolo fertile, di terreno agricolo, di paesaggio naturale ecc.), dall'altra stentano ad acquisire gli attributi più prettamente urbani, restando caratterizzati da mancanza di pianificazione, accessibilità, servizi e infrastrutture e da una bassa

densità abitativa. Dal punto di vista sociale, chi va a vivere in queste aree proviene, spesso, da zone lontane e manca, quindi, di un giusto senso di appartenenza.

Cambiando ottica i relitti produttivi presenti e appartenenti alla preesistente economia agricola, possono rappresentare un importante valore aggiunto per l'ambiente urbano limitrofo. Nell'area periurbana, infatti, l'agricoltura mostra tutta la valenza ambientale, sociale ed economica dei suoi elementi caratterizzanti, ad esempio il suo ruolo nel preservare le aree libere, lì dove il suolo (libero) è risorsa scarsa e preziosa. Infatti, anche se nel contesto peri-urbano la pressione esercitata dalla città verso gli spazi liberi circostanti è molto forte e spesso non governata (Mazzocchi,

2011), queste zone possono cogliere l'opportunità di un mercato in cui collocare prodotti agricoli freschi, sfruttando i vantaggi economici offerti da una filiera corta. Questo nuovo modo di guardare alle aree peri-urbane può portare alla creazione di posti di lavoro, non solo in ambito agricolo, ma anche ricreativo, ristorativo e dell'accoglienza (agriturismi a ridosso della città). In questo senso, le attività, agricole e non, che si realizzano in tali ambiti, assumono un carattere sempre più distinto rispetto alle tipologie rintracciabili nelle aree a maggiore grado di ruralità (Pascucci, 2007), determinando la creazione di nuove opportunità di sviluppo locale e la protezione dei valori ambientali e socio-culturali preesistenti allo sviluppo della città.

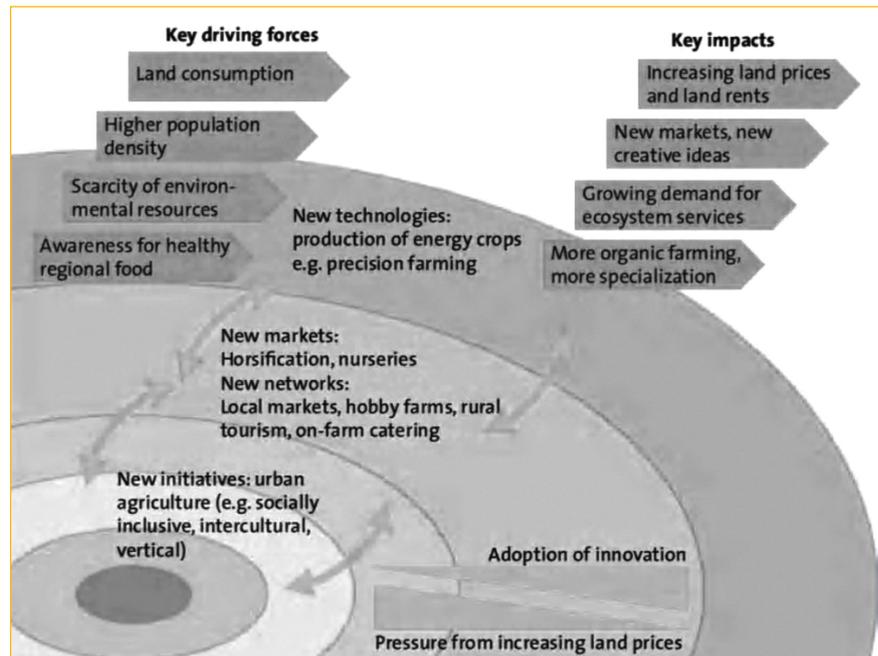


FIGURA 1 Dinamiche spaziali dell'agricoltura in aree peri-urbane
Fonte: Priorr, 2011:65

La gestione delle aree peri-urbane richiede un approccio integrato: in particolare, è necessario promuovere il concetto base di multifunzionalità per valorizzare le numerose vocazioni e potenzialità. Il tipico Piano Regolatore Generale (PRG) per la gestione del territorio risulta uno strumento troppo rigido dal punto di vista dell'integrazione. Il processo pianificatorio dovrebbe, infatti, partire da interventi di tipo igienico-sanitario, ambientale e paesaggistico per approdare a necessità gestionali volte a raccordare gli aspetti di salvaguardia e conservazione ambientale con quelli di sviluppo sociale ed economico dell'area. Un PRG evoluto dovrebbe prevedere aree destinate a Parco Agricolo. In Italia sono ormai molte le iniziative in questo senso. Andiamo dalla ormai pluriennale esperienza del Parco Agricolo Sud Milano, del Parco Agricolo della Piana di Prato, al costituendo Parco Agricolo Casal del Marmo di Roma Capitale, dove si sono recentemente promosse iniziative quali *Farmer's Market*, Orti Urbani, una rete di fattorie educative per le scuole di vario ordine e grado, la realizzazione di un marchio di qualità Romana per tutelare e rilanciare la qualità dei prodotti a km zero ed il lavoro degli agricoltori del territorio. Il Parco Agricolo è uno strumento di protezione, gestione e valorizzazione di realtà territoriali legate, appunto, al paesaggio agricolo tradizionale italiano, di derivazione per lo più regionale, regolati da apposite leggi (ad esempio il DGR 3 agosto 2000 - n. 7/818 per il Parco Re-



gionale Agricolo Sud Milano), ma anche, in alcuni casi, municipale, come nel caso di Casal del Marmo a Roma. I Parchi Agricoli sono pensati per integrare gli interventi da realizzare e coordinare le politiche regionali, provinciali e municipali nei singoli territori.

L'agricoltura urbana

Nell'ambito del discorso sull'agricoltura, è importante fare riferimento ad un fenomeno abbastanza recente e in evidente espansione: quello degli orti urbani, ovvero la sempre più diffusa abitudine di coltivare direttamente, dove possibile, una parte delle verdure e della frutta che poi si consumerà. Negli ultimi anni, questo fenomeno di carattere sociale, largamente spontaneo, si è rafforzato anche a causa della crisi economica, con portata internazionale ed esempi facilmente reperibili in tutti i con-

tinenti. Dai tetti di Parigi e Shanghai alle aiuole di Cleveland, da Wellington in Nuova Zelanda agli orti urbani di San Pietroburgo. In Italia, il fenomeno è molto più diffuso di quanto si pensi. L'ISTAT (2013) riporta che la superficie media comunale dei capoluoghi di provincia, utilizzata come superficie agricola (SAU), è pari al 45,5% del territorio, mentre una tipologia di verde in crescente diffusione nelle città sono appunto gli "orti urbani", attivati in ben 44 amministrazioni per una superficie media pari allo 0,2% della SAU presente (72% delle città del Nord-ovest, poco meno del 60% di quelle del Nord-est e il 41% del Centro; nel Mezzogiorno gli orti urbani risultano presenti solo a Napoli, Andria, Barletta e Palermo) (ISTAT, 2013). Molti di questi Comuni hanno affidato la gestione degli orti sulle aree pubbliche ad Associazioni no profit. Altre iniziative simili par-

tono dalle parrocchie, dai centri sociali e dai centri anziani, ma sono presenti anche gruppi auto-organizzati di cittadini che spesso coltivano aree urbane abbandonate senza alcuna autorizzazione da parte delle autorità comunali, con problemi di tipo paesaggistico e di controllo della qualità dei prodotti edibili.

L'iniziativa della coltivazione degli orti vede per lo più protagonisti anziani e pensionati, assumendo una duplice valenza di carattere sanitario e sociale. Sempre più spesso, inoltre, gli orti vengono coltivati da persone che hanno perso il lavoro e contribuiscono, in questo modo, al sostegno familiare, assumendo così un valore di inclusione sociale di categorie deboli e di sostegno all'economia domestica, rafforzando altresì il senso di autonomia economica e alimentare di per-

sone fuori dal mondo del lavoro. Dal punto di vista della gestione del territorio, la presenza di orti urbani regolamentati contrasta il degrado del paesaggio e permette di trovare una nuova destinazione d'uso per le aree abbandonate e dismesse, soprattutto nelle periferie, con gli indubbi vantaggi che ne derivano.

Le aree coltivate rappresentano ambienti umidi che migliorano il microclima generale, contrastando attivamente le bolle di calore così frequenti e pericolose in città, soprattutto per anziani e bambini. La presenza ed il viavai continuo di persone nella zona degli orti, inoltre, aumenta il controllo sociale del territorio di quartiere nelle aree periferiche, rendendo più difficile l'instaurarsi di fenomeni di degrado sociale (spaccio di droga, prostituzione), migliorando la fru-

ibilità dell'ambiente da parte dei bambini, dei giovani e degli anziani e favorendo il senso di appartenenza al territorio.

Oltre a quanto già detto, non è da trascurare l'indotto economico mosso dall'iniziativa degli orti urbani. Esiste infatti un mercato delle sementi e delle piantine da orto, dei fertilizzanti e dei prodotti fito-sanitari, che gira intorno a queste iniziative e che può rappresentare un consistente incremento di reddito per le aziende agricole dell'*hinterland* cittadino.

Iniziative del genere possono rappresentare, senza dubbio, una buona pratica da implementare e/o incrementare a livello municipale, inserendole in una più ampia programmazione di attività a sfondo ambientale e sociale rivolta ad una città sempre più *smart*. A questo scopo, sarebbe opportuno incrementare la realizzazione ed applicazione dei Piani del verde urbano. L'ISTAT (2013), infatti, riporta che meno di un quinto dei Comuni ha approvato il Piano del verde, e solo il 45,7% di essi ha adottato un Regolamento del verde urbano.

La filiera corta

La filiera corta è stata negli ultimi anni protagonista di un importante sviluppo che ha favorito il dibattito scientifico e politico e del quale l'opinione pubblica è sempre più consapevole. L'agricoltura periurbana entra a pieno titolo nella definizione ed identificazione di filiere corte di produzione agricola a servizio delle aree urbane, per permettere ai consumatori,



oltre ad una riduzione dei prezzi al consumo, anche un più diretto controllo sulla qualità dei prodotti consumati e sui metodi di coltivazione. Anche se le aree agricole peri-urbane soffrono spesso per un diffuso degrado e per l'aumento dell'inquinamento, il recupero e la razionalizzazione della gestione di queste aree potrebbe portare ad un'agricoltura peri-urbana consistente e di qualità, permettendo anche la nascita e la diffusione di organizzazioni sociali di tipo spontaneo, come ad esempio i Gruppi di Acquisto Solidale, i quali, soprattutto in momenti di crisi economica e sociale come quella che stiamo vivendo, permettono un abbattimento dei costi di acquisto e, contemporaneamente, il riconoscimento di un prezzo più equo per i produttori.

L'interesse per il fenomeno è giustificato dal fatto che le filiere corte toccano alcuni dei temi più attuali del dibattito sul cibo: il problema del rapporto tra cambiamento globale, disponibilità di risorse naturali e produzione agricola; i conflitti economici e sociali che si generano tra i diversi attori delle filiere agroalimentari; la questione delle interazioni fra città, vista come luogo di consumo, e campagna, considerata solo come luogo di produzione; il bisogno, sempre più sentito dal consumatore, di esercitare un controllo diretto sulla qualità del cibo portato in tavola, in un mondo globalizzato dove la provenienza, a volte lontanissima, di frutta, verdura, carne, fa nascere dubbi sulle modalità di coltivazione, confezionamento ecc.

È necessario chiedersi se, e in che modo, l'accorciamento della filiera alimentare possa fornire risposte adeguate all'esigenza di produrre cibo più accessibile, magari con una maggiore efficienza nell'uso delle risorse. Inoltre, la domanda di prodotti alimentari da luoghi vicini potrebbe contribuire a ridurre la destinazione energetica, con un effetto positivo sui prezzi alimentari. La valutazione ambien-

tale, quindi, deve essere rigorosa e attenta, e incorporare – oltre al concetto delle *food miles* – anche altri aspetti, che vanno dalla biodiversità al paesaggio. Il consumo locale, in altri termini, non deve diventare una forma di chiusura e di protezionismo, ma una delle tante risposte che, integrate ad altre, possono contribuire a sviluppare comportamenti sociali ed alimentari più sostenibili. ●

bibliografia

1. Censis, 2012. 46° Rapporto sulla situazione sociale del Paese/2012. Francoangeli. Roma.
2. Fanfani D., 2006. Il Governo del territorio e del paesaggio rurale nello spazio "terzo" perturbato. Il Parco Agricolo come strumento di politiche e di progetto. Rivista *Ricerche per la progettazione del paesaggio*. Firenze University Press. Anno 4, n. 6-luglio-dicembre 2006. Numero monografico. Progettare sui limiti. Sezione: Saggi, pagg. 54-69.
3. FAO, 2012. Sustainable diets and biodiversity. *Proceedings of the International Scientific Symposium: Biodiversity and Sustainable Diets United Against Hungers*, 3-5 November 2010. FAO, Rome.
4. ISTAT, 2013. Statistiche FOCUS. Anno 2011, Verde Urbano. <http://www.istat.it/it/archivio/86880>
5. Mancuso E., Morabito R., La "green economy" nel panorama delle strategie internazionali, *Speciale I - 2012 di Energia, ambiente e innovazione*, giugno 2012.
6. Mazzocchi C., 2011. Il ruolo dell'agricoltura periurbana nelle dinamiche di consumo di suolo: l'indicatore di rischio di consumo di suolo agricolo. Tesi di dottorato. Università degli Studi di Padova. Scuola di dottorato di ricerca in: Territorio, Ambiente, Risorse e Salute. Indirizzo: Economia agraria. Ciclo XXIII.
7. Miljkovic J.Z., Crncevic T. and Maric I., 2012. Land Use Planning for Sustainable Development of Peri-Urban Zones. *Spatium International Review*. No. 28, December 2012, pp.15-22.
8. Pascucci S.(2007), Agricoltura periurbana e strategie di sviluppo rurale, Working paper 2/2007, disponibile su <http://www.depa.unina.it>
9. Priorr, A. (2011) Food and farming, in Priorr, A., Ravetz, J., Tosics, I. (eds.) *Peri-urbanisation in Europe: Towards a European Policy to Sustain Urban-Rural Futures*, Academic Books Life Sciences, pp. 65-71, Frederiksberg: Forest & Landscape University of Copenhagen.
10. Ricci L., 2010. Ipotesi di riqualificazione delle aree di frangia del quartiere di San Basilio a Roma. In: *Qualità dell'ambiente urbano. VI Rapporto ISPRA - Edizione 2009. Focus su Le Buone Pratiche Ambientali*, pp. 183-204. ISPRA, Roma.
11. UNESCO, 2010. Convention for the safeguarding of the intangible Cultural Heritage. Intergovernmental Committee for the safeguarding of the intangible cultural heritage. Decision 5.COM 6.41. ITH/10/5.COM/CONF.202/Decisions.
12. UNFPA, 2007. State of world population 2007. Unleashing the Potential of Urban Growth. United Nations Population Fund, New York.
13. Zasada I., 2011. Multifunctional peri-urban agriculture – A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy*, Volume 28, Issue 4, October 2011, Pages 639-648.

Plastiche sostenibili: un contributo al “Green Paper on plastic waste” dell’Unione Europea

L’Unione Europea predisporrà una nuova normativa per gestire la plastica contenuta nei rifiuti. Prima di emanarla ha chiesto idee e suggerimenti da raccogliere in un Libro Verde. Gli studenti universitari di un corso dedicato alla sostenibilità dei materiali polimerici hanno voluto dare il loro contributo: qui di seguito una sintesi del documento inviato all’Unione Europea

■ *Loris Pietrelli, Immacolata Bruno, Francesco Casciotta, Giulia De Grazia, Francesco Iacucci, Alessia Roberti, Irene Ruggeri*

L’industria della plastica rappresenta un elemento fondamentale per l’economia europea. Nel continente si producono annualmente circa 60 milioni di tonnellate di materiali polimerici, che equivalgono ad oltre 300 milioni di euro di fatturato ed a 1,6 milioni di lavoratori se si prendono in considerazione i settori della produzione e della trasformazione.

I materiali polimerici spesso hanno posto e ancora continuano a porre le basi per una crescita basata sull’innovazione giacché applicabili in molteplici settori industriali; il loro utilizzo consente inoltre di preservare ingenti quantità di risorse naturali. Se dovessimo, infatti, sostituire la plastica con materiali alternativi quali legno, metalli, fibre naturali ecc., si otterrebbe un incremento dell’energia consumata e delle emissioni di CO₂ pari al 46%, oltre ad un incremento notevole (>100 milioni di tonnellate) di

rifiuti prodotti annualmente [1].

I polimeri sintetici senza dubbio hanno contribuito al benessere della società odierna svolgendo anche una funzione sociale: hanno reso accessibili alle classi meno abbienti prodotti altrimenti irraggiungibili oppure hanno reso possibile la conservazione e la distribuzione del cibo. Risulta chiaro che tutti i vantaggi tecnici ottenuti con l’impiego dei materiali polimerici possono trasformarsi in svantaggi quando questi materiali vengono dismessi e non trattati adeguatamente.

I materiali polimerici sono ormai presenti in varie forme e quantità in tutte le nostre attività quotidiane e quindi presentano grosse potenzialità in termini d’impatto ambientale. Recentemente è stata organizzata una spedizione scientifica il cui scopo è di caratterizzare il 7° Continente, com’è definito l’ammasso di rifiuti, perlopiù plastiche, concentrato nell’Oceano Pacifico

(Pacific Trash Vortex) (Figura 1). Risulta quindi essenziale identificare quanto prima un ciclo di vita sostenibile per questi materiali. Non è un compito facile perché è necessario dare risposte a molti quesiti non solo tecnici:

- ottimizzare la produzione e l’utilizzo di materiali polimerici allo scopo di minimizzare l’uso di risorse, la produzione di rifiuti ed i problemi associati al recupero;
- incrementare il mercato dei polimeri “secondari”, ossia trovare nuovi ed efficienti metodi di rici-

■ **Loris Pietrelli**
ENEA, Unità Tecnica tecnologie Ambientali - Università degli Studi “Sapienza”, Roma

■ **Immacolata Bruno, Francesco Casciotta, Giulia De Grazia, Francesco Iacucci, Alessia Roberti, Irene Ruggeri**
Studenti del corso Uso e sostenibilità dei materiali polimerici, Corso di Laurea in Chimica Industriale, Università degli Studi “Sapienza”, Roma

claggio dei polimeri nell'ambito della definizione di nuovi prodotti;

- recuperare energia dalle frazioni inutilizzabili;
- eliminare definitivamente il ricorso al conferimento in discarica dei materiali polimerici in qualsiasi forma si trovino.

L'impiego di materiali biodegradabili è spesso indicato come una fra le possibili soluzioni al problema dei rifiuti di plastica. Esiste un malinteso che spesso accompagna il desiderio di un ritorno all'impiego di materiali di origine biologica a discapito di quelli di origine sintetica. Non esiste alcuna differenza fra la loro biodegradabilità, ad esempio la gomma naturale e quella sintetica (cis-poliisoprene) si degradano esattamente nello stesso modo. La gomma, naturale o sintetica che sia, diventa resistente alla biodegradazione quando si aggiunge un antiossidante durante la realizzazione degli pneumatici. Analogamente è stato dimostrato che i film di polietilene (PE) senza antiossidanti diventano facilmente biodegradabili.

Regolamentazione dei rifiuti di plastica in Europa

Attualmente non esiste una normativa europea vigente che disciplini il settore delle plastiche. Esistono normative più generali (Packaging, Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, Direttiva Quadro sui rifiuti) che considerano le plastiche come un *rifiuto* e pertanto si stabiliscono obiettivi generali di riciclaggio senza entrare nel merito



FIGURA 1 Localizzazione del Pacific Trash Vortex

della specificità dei singoli materiali polimerici. Anche il regolamento REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of CHemicals, 1907/2006/CE), sebbene recentemente modificato in relazione soprattutto agli additivi, potrebbe assumere una certa rilevanza per il riciclaggio dei materiali polimerici. Il rispetto di un'eventuale normativa specifica sul ciclo dei materiali polimerici potrebbe contribuire, oltre che ad incrementare i tassi di recupero dei singoli materiali, a ridurre sensibilmente il traffico di rifiuti verso i paesi asiatici. È bene ricordare che le esportazioni di rifiuti di plastica dagli Stati membri dell'UE sono quintuplicate dal 2000 ad oggi.

In un'ottica di rinnovamento della normativa specifica sul ciclo della plastica, è senz'altro da preferire l'opzione che privilegia il riciclaggio dei materiali polimerici. Con questa prospettiva si potrebbero emanare norme e/o regolamenti

mirati che agevolino le operazioni di differenziazione e recupero: ad esempio, fornendo utili informazioni al consumatore da indicare in etichetta. Andrebbe, inoltre, scoraggiato lo smaltimento improprio, ad esempio, infliggendo sanzioni economiche per chi conferisce materiali polimerici in discarica senza un'adeguata separazione selettiva. Il tema della "plastica" può essere affrontato in maniera adeguata solo implementando l'attuale quadro normativo, andando a regolamentare tutte le fasi del ciclo di vita dei materiali polimerici, includendo quindi costruzione, uso, riciclaggio e smaltimento. Parallelamente la nuova normativa dovrebbe favorire la costituzione di nuove filiere produttive in cui le aziende si trovino in rapporto simbiotico tra loro e che permetta contestualmente l'ingresso sul mercato di materiali innovativi a basso impatto ambientale. Le nuove direttive così introdotte dovrebbero avere valore coercitivo

ma, allo stesso tempo, dovrebbero essere affiancate da misure che possano incentivare i consumatori ad assumere un atteggiamento virtuoso nelle fasi di recupero e smaltimento. Ad esempio, prevedendo incentivi fiscali che premiano un atteggiamento virtuoso verso il recupero selettivo dei materiali polimerici oppure agevolando la micro-raccolta già a livello dei locali pubblici, dei centri commerciali e dei supermercati. In questo modo il costo dello smaltimento non graverebbe interamente sul consumatore, che potrebbe invece trarne un vantaggio economico.

Gestione dei rifiuti

Per diminuire i costi riguardanti la raccolta differenziata (111 €/t per lo stradale e 154 €/t per il porta a porta secondo la *Federambiente* [2]) si potrebbe considerare l'ingresso sul mercato delle Pubbliche Amministrazioni, che, in regime di libera concorrenza e magari consorziandosi, potrebbero esse stesse farsi carico del ciclo dei rifiuti di plastica nell'ambito dei relativi territori di competenza. A livello normativo pertanto si potrebbe facilitare la creazione di consorzi locali dediti alla raccolta della plastica in grado di vendere direttamente il risultato della raccolta differenziata. Attualmente, almeno in Italia, il guadagno maggiore, derivante dalla vendita del rifiuto selezionato, non va, se non in misura trascurabile, a chi gestisce il complesso sistema di raccolta a monte mentre è a completo carico dei cittadini il costo della raccolta.

Con un'attenta revisione dei sistemi d'imballaggio si potranno evitare molte di quelle situazioni generate più dal marketing che dal buon senso, come gli spropositati rapporti fra il volume del contenitore e quello del contenuto [3].

Nella consapevolezza che il tema dei rifiuti, soprattutto in Italia, incontra difficoltà di natura culturale, l'intento finale è quello di costituire una rinnovata coscienza civica predisponendo le condizioni più idonee affinché la raccolta differenziata dei rifiuti sia vissuta dalle future generazioni non più come un'imposizione dall'alto ma semplicemente come una buona abitudine.

Una larga parte dei rifiuti di "plastica" prodotti nell'UE viene importata da Paesi asiatici che provvedono alle operazioni di riciclo, per poi reintrodurre quella stessa plastica sul mercato europeo sotto forma di prodotti di vario genere. Si configura il rischio che questi oggetti di seconda generazione siano fabbricati con materiali non compatibili con la relativa destinazione d'uso. Si consideri, ad esempio, il caso di giocattoli prodotti con plastiche contenenti ritardanti di fiamma che sarebbero estremamente pericolosi per la salute del bambino. Andrebbe quindi potenziata la norma-

tiva efficace per il controllo della qualità dei materiali d'importazione sul territorio europeo. La composizione per cui un materiale possa essere definito *sicuro* dipende strettamente dalla sua destinazione d'uso (un giocattolo non deve poter contenere ritardanti di fiamma, un cassetto sì). Un'eventuale certificazione dovrebbe essere definita per *classi d'impiego*. Ciò vuol dire che la Direttiva dovrebbe associare al prodotto dei limiti di legge che definiscano la composizione del materiale di cui è composto, sulla base dell'utilizzo previsto e delle categorie di utenti a cui è destinato. Nell'ambito della sostenibilità, il contributo delle azioni su base volontaria può avere un ruolo significativo. Per i trasformatori il fatto di realizzare i propri prodotti partendo da materiali riciclati, può tradursi in un rilevante ritorno d'immagine, almeno agli occhi dei consumatori sensibili al tema.

Chi si occupa di vendita al dettaglio dovrebbe essere incoraggiato a svolgere in prima persona la raccolta dei rifiuti separati, predisponendo delle aree debitamente attrezzate al recupero, così da presentarsi nella veste di "fornitore" di materie prime fra gli operatori che agiscono nell'ambito del ciclo





FIGURA 2 Centro di raccolta e separazione delle plastiche da rifiuti solidi urbani

dei rifiuti. Questa opportunità di raccolta, ulteriore rispetto alle modalità convenzionali, produrrebbe una migliore qualità delle frazioni recuperate. Per incentivare il consumatore si potrebbe prevedere un meccanismo che premi il comportamento virtuoso del cittadino, ad esempio ricevendo dalla struttura ricevente (centro commerciale, supermercato ecc.) un *bonus* di acquisto proporzionale alla massa di plastica riconsegnata traducibili in sconti quando si raggiunge il valore fissato. Per il venditore questo costituirebbe il modo per approvvigionarsi di materiali da rivendere (il Polietilentereftalato – PET – riciclato attualmente vale circa 500 €/t), contestualmente alla fidelizzazione del cliente che si sentirà motivato a concentrare i propri acquisti nei supermercati dove accumula promozioni vantaggiose. Questo principio può estendersi a chiunque abbia un rapporto diretto con i consumatori

(ristoratori, benzinai, centri commerciali ecc.), diventando *de facto* intermediari con gli enti terzi.

Sempre a proposito delle azioni volontarie, sarebbe rilevante il ricorso ai distributori di prodotti quali acqua, latte, detersivi ecc. che eliminerebbero gli oneri derivanti dalla gestione degli imballaggi, magari favorendo le aziende locali così da minimizzare anche l'impatto ambientale associato al trasporto dei beni di consumo. Si potrebbe inoltre pensare al sistema del leasing per prodotti aventi grandi quantità di plastica (computer, arredo da giardino, automobili ecc.), dopo accordi stipulati direttamente con i produttori.

Uno dei fattori che maggiormente ostacolano la formazione di una comune coscienza ambientale è identificabile con la resistenza culturale, spesso determinata da ignoranza, mostrata da una larga parte della società. È diffusa, infatti, la convin-

zione che un prodotto di consumo realizzato con materiali riciclati sia di qualità scadente rispetto a quelli realizzati con plastiche vergini, ignorando, almeno in questo caso, che il monomero ottenibile dal rifiuto è esattamente identico a quello "vergine". È necessario che prevalga il concetto che un elevato contenuto di materiali riciclati costituisce una nota meritoria per il produttore. Per indurre i trasformatori a perseguire la via del riciclo si potrebbe incentivare l'impiego di una percentuale minima di materiali polimerici riciclati.

Un consumatore informato è un cittadino in grado di fare scelte responsabili. Per questo motivo il consumatore dovrebbe essere messo nelle condizioni di poter reperire facilmente tutte le informazioni di cui ha bisogno. A questo proposito si potrebbe dotare il prodotto di un "codice" leggibile, ad esempio da smart-phone, che rimandi in tempo reale alla scheda relativa in cui sono riportate le caratteristiche di quella plastica come la composizione, degradabilità, usi futuri, luogo di produzione, provenienza delle materie prime ecc.. Anche conoscere il ciclo di vita del prodotto o il processo a cui verrà sottoposto a fine uso, contribuisce ad incrementare il grado di consapevolezza del consumatore.

Verso una plastica sostenibile

Il principio basato sull'*obsolescenza pianificata*, unitamente all'impossibilità di sostituire gli elementi danneggiati dei beni di consumo, ha evidenti ripercussioni negative,

in termini di sostenibilità, poiché riduce il tempo di vita dei prodotti finiti ed è corresponsabile della mole di rifiuti prodotti. La possibilità per le aziende di promuovere i propri prodotti per mezzo della *pubblicità comparativa*, potrebbe spingere verso la realizzazione di beni durevoli accompagnati da garanzie, più durature di quanto non accada oggi.

Tuttavia si può immaginare un'obsolescenza pianificata limitatamente a quei beni per i quali è previsto un impiego circoscritto ad un arco di tempo breve. Ciò vuol dire che in base al tipo di oggetto e alla sua funzione si può pensare di impiegare un particolare materiale la cui degradazione abbia inizio quando quel prodotto ha esaurito il suo tempo di utilizzo. Così, ad esempio, mentre uno scolapasta (solitamente fatto di polipropilene e in pratica indistruttibile) potrebbe essere realizzato per avere un tempo di utilizzo comunque superiore a dieci anni, una penna biro o un cotton-fioc potrebbero essere fatti di Mater-Bi o polilattato, due polimeri ottenuti da zuccheri che si degradano in tempi più brevi e coerenti con l'utilizzo.

Con lo stesso principio si potrebbero prediligere i materiali biodegradabili per ogni prodotto *usa e getta*. In questo contesto ovviamente la figura del chimico assume un ruolo imprescindibile nell'ambito della progettazione di plastiche sostenibili; per fare alcuni esempi, si potrebbe immaginare plastiche contenenti gruppi funzionali sensibili alla radiazione di una specifica frequenza, alla quale ha inizio

la degradazione, o alla sostituzione dei filler tradizionali con omologhi biodegradabili. In questo senso, il chimico assume la funzione di *eco-designer*.

L'impiego di plastiche biodegradabili andrebbe massicciamente incoraggiato, favorendone l'impiego ogni qual volta le loro proprietà intrinseche siano compatibili con la funzione immaginata per il prodotto progettato. Quando, al contrario, sono utilizzate plastiche tradizionali, il prezzo finale del bene andrebbe adeguato al suo costo reale, comprendente quindi anche quello ambientale. Il ricavato di questo sovrapprezzo potrebbe essere impiegato per incrementare l'efficienza della filiera dei rifiuti o per iniziative di sensibilizzazione.

Sotto quest'aspetto il ruolo della scuola è imprescindibile: bisognerebbe predisporre, nell'ambito del monte ore curriculare, uno spazio idoneo per indirizzare i bambini verso una coscienza ambientale. L'introduzione nel curriculum scolastico, soprattutto a livello universitario, di materie strettamente legate alla sostenibilità, creerebbe i presupposti per la formazione di una coscienza civica orientata verso i temi della sostenibilità ambientale. Questo percorso inoltre fornirebbe ai cittadini gli strumenti per interpretare correttamente le informazioni ricavabili da simboli ed etichette, sia quelle vendute insieme al prodotto che quelle accessibili su supporto informatico mediante i codici QR (Quick-Read code). Unitamente a queste iniziative andrebbero associate visite guidate o attività di gruppo per sollecitare

la sensibilità dei bambini, anche attraverso la partecipazione ad attività di pulizia degli spazi comuni (spiagge, parchi, giardini...) e/o la visita a discariche, in modo che si sviluppi la consapevolezza che all'utilizzo di un qualunque bene di consumo è associata una "storia" che non termina nel cassonetto.

Conclusioni

Con questa iniziativa l'UE non intende mettere al bando i materiali polimerici perché essi rappresentano una grande opportunità di crescita economica e, soprattutto, tecnologica. Il problema quindi non è la "plastica" bensì l'uso che spesso se ne fa a fine vita, quando diventa rifiuto e quindi destinato al cestino della spazzatura.

Dalla gestione dei rifiuti di plastica si può trarre un grosso vantaggio per la tutela dell'ambiente e pertanto la definizione di una normativa specifica, oggi assente, diventa non solo necessaria ma, visti i danni fin qui prodotti, urgente! Si stima, infatti, che nel 2020 saranno immessi sul mercato europeo 66,5 Mt di plastica e che entro il 2050 la produzione globale potrebbe addirittura triplicarsi [13]. In una economia che guardi alla tutela delle risorse naturali, inoltre, il riciclaggio della plastica e lo sviluppo di nuovi materiali polimerici può sopperire alla scarsità delle risorse naturali. L'iniziativa della UE pertanto va intesa come invito a partecipare ad un profondo processo di riflessione su come trasformare la plastica da "problema" a "risorsa" e soprattutto su come viviamo su questo pianeta. ●

I numeri dell'industria dei polimeri

La produzione di materie plastiche in ambito mondiale, è aumentata con continuità dal 1950 al 2011, pur avendo risentito della crisi economica tra il 2008 e il 2009. La capacità produttiva globale sta progressivamente spostando il proprio baricentro verso i paesi asiatici, laddove i mercati sono in maggior espansione, soprattutto in Cina [4].

La domanda di plastica in Europa nel 2011 coinvolge prevalentemente il PE (29%), PP (19%) e PVC (11%) ed i settori in cui vengono prevalentemente impiegati sono: packaging (39,4%), edilizia (20,5%) e automobilistico (8,3%), come riportato in Figura 3 [4].

L'ingente consumo di plastica in ambito europeo ha determinato l'immissione nel flusso dei rifiuti di circa 25,1 milioni di tonnellate di materiale con un incremento del 2,4% nel 2011 rispetto al 2010. Di questi, 10,3 milioni di tonnellate sono state smaltiti e 14,9 milioni sono stati recuperati. La quantità di plastica riciclata è stata interessata da un incremento dell'8,7%, mentre quella avviata al recupero energetico è cresciuta del 4,2% [4].

Spostando l'attenzione al contesto italiano, nel 2011 la domanda di plastica si attesta a circa 7 milioni di tonnellate [4] e, facendo riferimento al settore del packaging, l'immesso al consumo conta 2,1 milioni di tonnellate e si compone prevalentemente di imballaggi rigidi (49,3%), flessibili (42,7%) e per l'8% di protezione/accessori. Le tipologie di polimero principalmente impiegate a questo scopo sono riportate in Tabella 1 [5].

Nella distribuzione dell'immesso al consumo secondo i canali di formazione dei rifiuti d'imballaggio, quello principale è

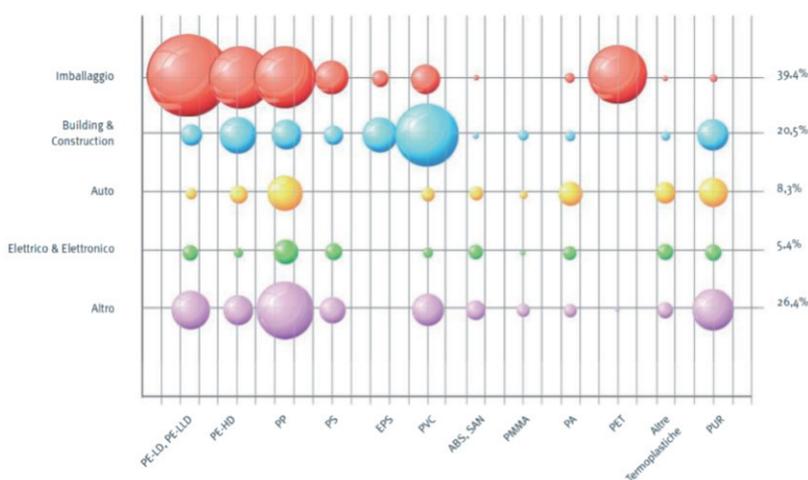


FIGURA 3 Domanda di materia plastiche in EU-27+Norvegia e Svizzera, per settore di applicazione e tipo di polimero nel 2011 [4]

Polimero	PE	PET	PP	PS/EPS	Biopolimeri	Altri
%	47,3	21,4	18,1	7,6	1,7	3,9

TABELLA 1 Composizione dell'immesso al consumo in Italia, anno 2011 [5]

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Immesso al consumo	1.900	1.950	1.951	2.000	2.054	2.035	2.090	2.194	2.205	2.092	2.071	2.075
Riciclo complessivo	305	372	449	480	510	547	607	642	686	701	715	749
Recupero energetico	221	368	434	482	594	629	645	687	664	693	744	663
Recupero totale	526	740	883	962	1.104	1.176	1.252	1.329	1.350	1.394	1.459	1.412
% Riciclo	16,1	19,1	23,0	24,0	24,8	26,9	29,0	29,3	31,1	33,5	34,5	36,1
% Recupero energetico	11,6	18,9	22,2	24,1	28,9	30,9	30,9	31,3	30,1	33,1	35,9	32,0
% Recupero totale	27,7	37,9	45,3	48,1	53,7	57,8	59,9	60,6	61,2	66,6	70,4	68,0

TABELLA 2 Immesso al consumo, riciclaggio e recupero degli imballaggi plastici, in Italia, anni 2000-2011 (in migliaia di tonnellate) [5]

il canale domestico (63,8%) seguito da quelli dell'industria e del commercio (36,2%). La raccolta di imballaggi in plastica provenienti da superfici pubbliche ha subito un incremento del 7% rispetto al 2010, attestandosi a 657 mila tonnellate. Il sistema COREPLA (Consorzio nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio e il Recupero degli imballaggi in Plastica), ha riciclato 749 mila tonnellate di materiale e ha inviato a recupero energetico 663 mila tonnellate, per un recupero complessivo di materie plastiche di circa 1,4 milioni di tonnellate [5].

Il recupero degli imballaggi in plastica si inserisce nel più ampio contesto della raccolta differenziata dei rifiuti, con marcate differenze geografiche sul territorio italiano. In Tabella 3 è riportata la ripartizione dettagliata delle diverse frazioni merceologiche suddivise per macro-aree nel 2011 e 2012.

Frazione merceologica	Quantitativo raccolto (1.000*t)							
	Nord	Centro	Sud	Italia	Nord	Centro	Sud	Italia
	2011				2012			
Frazione organica	2.797,86	722,47	980,43	4.500,76	2.859,82	820,97	1.126,99	4.807,77
Carta e cartone	1.799,04	718,36	551,45	3.068,85	1.741,92	699,96	596,90	3.038,79
Vetro	1.040,50	259,19	400,32	1.700,01	1.055,45	259,76	323,06	1.638,27
Plastica	538,96	129,13	119,81	787,90	527,15	139,49	183,12	849,76
Metallo	206,79	52,64	43,56	302,98	169,46	39,85	35,73	245,04
Legno	497,90	118,47	76,95	693,32	447,33	97,03	63,27	607,63
RAEE	148,58	49,51	51,24	249,33	126,17	44,17	50,55	220,90
Ingombranti misti	155,41	22,65	126,21	304,27	160,90	82,78	121,84	365,51
Tessili	53,15	21,66	21,92	96,73	52,32	23,99	23,55	99,86
Selettiva	29,17	6,16	4,54	39,87	28,16	7,14	3,59	38,89
Altro	59,62	22,25	22,05	103,92	33,05	3,70	15,64	52,39
Totale RD	7.326,97	2.122,48	2.398,49	11.847,94	7.201,72	2.218,87	2.544,24	11.964,82

TABELLA 3 Ripartizione della raccolta differenziata delle singole frazioni merceologiche per macroarea geografica, anni 2011-2012 [5]



Bioplastiche

Le bioplastiche sono materiali polimerici derivati da fonti naturali, ma non necessariamente biodegradabili [6]: secondo l'Unione Internazionale di Chimica Pura e Applicata (IUPAC), la biodegradabilità è la capacità di un materiale di essere degradato ad opera di attività biologica, causando una diminuzione del peso molecolare delle macromolecole che lo costituiscono [7]. Tra i principali tipi di bioplastiche figurano i Polioidrossialcanoati (PHA), una famiglia di poliesteri biodegradabili e biocompatibili che in natura sono accumulati all'interno delle cellule microbiche, nei periodi di crescita sbilanciata, come riserve di carbonio e di energia. Oltre che per applicazioni in campo biomedico, i PHA attraggono gli interessi del mondo industriale essendo al pari del Nylon adatti ad essere lavorati in fibre e tessuti [8]. Un'altra categoria di

bioplastiche estremamente rilevante è quella dei derivati dell'amido, in particolare il Mater-Bi®, una famiglia di polimeri biodegradabili ricavati da amido di mais e polimeri sintetici, prodotto dall'italiana Novamont [9]. Si è stimato che il suo utilizzo porterebbe ad una riduzione delle emissioni dei gas serra di circa il 45% e 20% se comparati rispettivamente al PET (polietilentereftalato) e al PE (polietilene), nonché un risparmio del 27% in termini di combustibili fossili a seguito della sostituzione del PE col Mater-Bi® [10]. Assobioplastiche è l'associazione italiana, costituita nel 2011, che raccoglie i produttori di bioplastiche (tra cui Novamont), i trasformatori e i distributori. Secondo lo studio di settore, commissionato alla società Plastic Consult, il panorama italiano delle bioplastiche, con riferimento al 2012, consta di 145 aziende attive: 16 sono produttori e distributori, 77 sono aziende di prima trasformazione e circa cinquanta quelle di seconda trasformazione, per un totale di circa 1.300 occupati. Lo scorso anno sono stati lavorati polimeri compostabili per poco meno di 40 mila tonnellate e la filiera produttiva ha generato un fatturato specifico di 370 milioni di euro. Vengono inoltre rilevati alcuni segmenti di mercato che presentano tassi di crescita particolarmente incoraggianti, tra cui quello degli articoli monouso (+55%) che ha favorevolmente risentito delle commissioni giunte in conseguenza dei Giochi olimpici di Londra 2012, ma anche il segmento dei sacchetti per la raccolta differenziata della frazione umida che ha registrato un tasso di crescita del 10% [11]. L'impiego di biopolimeri, tuttavia, non si limita alla sola realizzazione di beni di consumo dal breve ciclo di vita; si consideri, ad esempio, la loro applicazione nel campo della neomorfogenesi, ovvero la possibilità di generare nuovi tessuti atti a ripristinare le funzionalità di tessuti danneggiati, mediante la semina di colture cellulari su supporti biopolimerici opportunamente progettati. In questo caso la biodegradazione è un requisito fondamentale: è infatti richiesto che, contestualmente alla rigenerazione del nuovo tessuto, il supporto si degradi ad una velocità comparabile, portando a prodotti di degradazione biocompatibili non tossici [12]. Le potenzialità riconosciute ai biopolimeri in vari campi applicativi, si è tradotto nel crescente numero di pubblicazioni scientifiche che hanno interessato il settore già dai primi anni Sessanta, fino ad oggi, come riportato in figura 4.

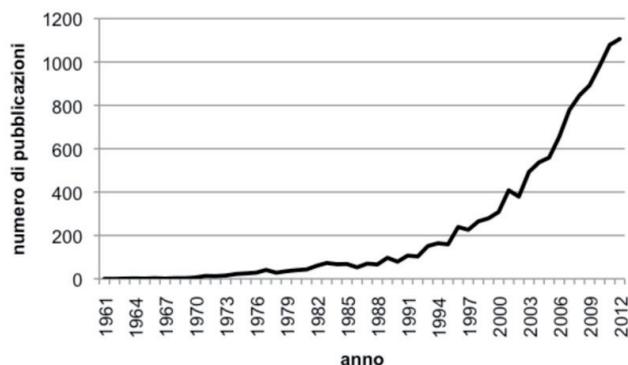


FIGURA 4 Numero di pubblicazioni per anno. SCOPUS: chiave di ricerca "Biopolymer"

bibliografia

1. A. Azapagic, A. Emsley, I. Hamerton; *Polymers, the environment and sustainable development*. Wiley Ed. 2003.
2. Federambiente, 2009, Analisi dei costi della raccolta differenziata.
3. Pietrelli L. 2012, <http://blog.rinnovabili.it/wasteland/la-follia-del-packaging/>
4. PlasticsEurope2013, Plastica – I fatti del 2012.
5. ISPRA, Rapporto Rifiuti Urbani. Edizione 2013.
6. M. A. Assan, L. N. Yee, P. L. Yee, H. Ariffin, A. R. Raha, Y. Shirai, K. Sudesh; *Biomass and Bioenergy*, 50, 2013, 1-9.
7. M. Vert, Y. Doi, K. H. Hellwich, M. Hess, P. Hodge, P. Kubisa, M. Rinaudo, F. Schué; *Pure and Applied Chemistry*, 84 (2), 2012, 377-410.
8. C. Zhu, S. Chiu, J. P. Nakas, K. T. Nomura; *Journal of Applied Polymer Science*, 2013, DOI: 10.1002/app.39157.
9. G. Lo Re, M. Morreale, R. Scaffaro, F. P. La Mantia; *Journal of Applied Polymer Science*, 2013, DOI: 10.1002/app.39027.
10. V. Piemonte; *Journal of Polymer and the Environment*, 19, 2011, 988-994.
11. Assobioplastiche. Comunicato stampa su: *Report annuale sul mercato dei biopolimeri in Italia: opportunità e prospettive di crescita*. Roma, Hotel Nazionale, 4 luglio 2013.
12. A. Stampella, A. Papi, G. Rizzitelli, M. Costantini, C. Colosi, A. Barbetta, M. Massimi, L. Conti Devirgiliis, M. Dentini; *Journal of Materials Chemistry B*, 1, 2013, 3083-3098.
13. BIOIS, Plastic waste in the environment, final report, Nov. 2010. <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/plastics.pdf>



La messa in sicurezza degli edifici danneggiati dal sisma: l'esperienza dell'Aquila

Una vasta e innovativa operazione provvisoria per la messa in sicurezza del centro storico aquilano è stata realizzata nel dopo sisma. Tale intervento, diffuso e non invasivo, permetterà di eseguire le successive opere di restauro. Luciano Marchetti, Vice Commissario per la tutela dei Beni Culturali nel territorio colpito, descrive l'esperienza fatta e presenta il libro che ripercorre, con dovizia di particolari tecnici e immagini, i risultati delle avanzate e innovative messe in sicurezza realizzate

■ Luciano Marchetti

Fin dal suo primordiale stadio evolutivo, l'Uomo si è misurato – e continua tuttora a misurarsi – con una grande varietà di fenomeni naturali, da quelli più ordinari e cadenzati come le maree o le stagioni, a quelli più irruenti e imprevedibili come gli uragani, le inondazioni o i terremoti. Eventi le cui cause sono peraltro rimaste sconosciute per millenni, particolarmente nel caso dei sismi per i quali la scienza ha saputo elaborare interpretazioni attendibili solo dalla seconda metà dell'Ottocento. Come dire che dei fenomeni tellurici (intesi nella più larga accezione di terremoti, maremoti, vulcani ecc.), l'Uomo ha conosciuto per quasi tutto l'arco della civiltà solamente gli esiti pratici e sostanziali, quali il tributo di sangue, il sovvertimento delle componenti esistenziali, il trauma sociale, e la distruzione delle re-

altà antropiche, a cui la successiva fase di ricostruzione quasi mai ha potuto restituire compiutamente i tratti originari. I terremoti possono anche essere causa di profonde alterazioni della morfologia e dell'ecosistema, con ulteriore perdita di riferimenti dell'identità fisica territoriale. Il tutto, è bene precisare, in un contesto che vede al momento oltre un terzo della popolazione mondiale vivere in regioni o macro-aree concretamente esposte al rischio di terremoti.

In qualsiasi scenario post sisma, l'edificato costituisce sempre il primo riferimento materiale – e per molti versi anche immateriale – per le persone colpite, tant'è che la sua distruzione comporta sempre una parallela compromissione della memoria collettiva dell'intera società. E questo avviene quali che siano le dimensioni, le funzioni,

le qualità intrinseche e le valenze economiche del manufatto, e ancor più se lo stesso è di rilevante importanza storica, architettonica e culturale, tanto da risultare anche di forte valenza simbolica per il territorio ed i suoi abitanti, come nel caso delle chiese, dei palazzi e dei monumenti. Il ripristino di questi elementi d'identità è sempre un processo estremamente delicato e complesso, oltre che di grande responsabilità per la vita futura del luogo, anche in termini di sviluppi relazionali, sociali, materiali ed economici.

Al momento di ricostruire, l'Uomo ha solitamente fatto tesoro degli

■ Luciano Marchetti
Ingegnere, ex Vice Commissario per la tutela dei Beni Culturali a seguito del sisma del 6 aprile 2009

esiti dei sismi per migliorare le sue tecniche edificatorie, un processo evolutivo plurisecolare che nei fatti ha spesso mancato di coerenza e continuità, diversamente da quanto è avvenuto in altri campi scientifici come la Meccanica, l'Elettricità o la Medicina. Il carattere del tutto imprevedibile dei terremoti – i più violenti dei quali sono legati a periodicità di ritorno di 100, 150 o 200 anni, tempi che evidentemente riescono a sopravanzare la memoria generazionale – ha spesso determinato un affievolirsi nel tempo della consapevolezza dei rischi sismici, con riflessi diretti sulle qualità strutturali e costruttive degli edifici. È accaduto talvolta che gli insegnamenti dei sismi venissero dimenticati nello spazio di poche generazioni, un'eventualità peraltro molto frequente nella storia del Paese, e che ha considerevolmente accresciuto la vulnerabilità dell'edificio più antico, e perfino di una parte di quello realizzato nei primi anni del Novecento.

Le ricostruzioni post sisma nazionali hanno sempre dovuto tenere conto di questa realtà, non meno che della consolidata tradizione culturale, suffragata anche dalle numerose "Carte del Restauro", di salvaguardare nei centri storici le singole costruzioni e il tessuto edilizio complessivo, evitando per quanto possibile ogni ricorso alle demolizioni. Una scelta peraltro estremamente gravosa in termini economici, esecutivi e temporali, come dimostrano gli annosi restauri di tanti centri storici colpiti da sismi negli scorsi decenni.

Sempre rimanendo in tema di beni

culturali, è importante sottolineare che tutte le attività precedenti o successive a un terremoto – nell'ordine, la prevenzione (quando effettivamente svolta, ai sensi del D. Lgs n. 368 del 20 ottobre 1998, art. 1, comma 1), l'emergenza, la post emergenza fino alla ricostruzione – vanno sempre considerate in forte e reciproca correlazione: ogni fase è condizionata dalla precedente, e pertanto finisce necessariamente per condizionare la successiva.

Ogni evento catastrofico rappresenta sempre un'occasione di verifica e di possibile miglioramento delle tecniche provvisorie impiegate in precedenza: ciò vale in particolar modo per gli interventi sul patrimonio tutelato, presidi rispondenti a diverse finalità (impedire l'aggravamento dello stato del bene, permettere l'accesso in condizioni di sicurezza, consentire lo sgombero di quanto in esso contenuto ecc.), di carattere non definitivo e con una durata limitata nel tempo, facili e veloci da realizzare così come da rimuovere, e possibilmente reimpiegabili nella successiva fase di ripristino, eventualmente in forma strutturalmente integrata. Una corretta e razionale concezione degli interventi di messa in sicurezza è quindi di fondamentale importanza per l'approntamento del successivo restauro, soprattutto nei riguardi degli aspetti progettuali, economici, esecutivi e temporali.

La salvaguardia dei beni storico-artistici colpiti da sisma

L'emergenza dell'Aquila ha visto la messa in campo di tutte le esperien-

ze e strategie acquisite nei terremoti nazionali più recenti, e segnatamente del Friuli (1976), dell'Irpinia (1980), dell'Abruzzo (1984), della Basilicata (1990), di Reggio Emilia (1996), di Umbria e Marche (1997-1998), del Pollino (1998) e del Molise (2002), fermo restando il presupposto della specificità di ogni scenario tellurico, particolarmente in termini di densità e distribuzione territoriale, tipologia e qualità degli insediamenti e contesto socio-economico. In questo senso, il sisma dell'Aquila ha presentato caratteri assolutamente unici, avendo colpito una città Capoluogo di Regione caratterizzata da un centro storico tra i più estesi d'Italia, ricchissima di beni storico-architettonici e culturali, ma anche fulcro della vita istituzionale, economica e sociale dell'intero territorio. Dopo il caso di Messina e Reggio Calabria del 1908, è la prima volta che un terremoto ha colpito una città di dimensioni medio-grandi con effetti così drammatici e catastrofici.

A cominciare dalle prime esperienze maturate nell'emergenza del Friuli, la salvaguardia dei beni storico-artistici colpiti da sisma è diventata un'attività sempre più complessa e specializzata, frutto di un continuo affinamento organizzativo, tecnico e metodologico che ha permesso di rispondere più efficacemente alla protezione della vita umana e alla migliore conservazione possibile del bene culturale. Un processo evolutivo che ha prodotto risultati particolarmente convincenti nell'ambito del sisma umbro-marchigiano del 1997, costituendo poi in ampia misura la base di riferimento per l'azio-

ne svolta all'Aquila dopo il 6 aprile 2009 dal Vice Commissario delegato per la tutela dei Beni Culturali (nella persona dello scrivente), in collaborazione con il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, numerose Università facenti capo alla Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica (Consorzio ReLUIS) e centri di ricerca quali l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche dell'Aquila (ITC-CNR/AQ).

Nella progettazione dei sistemi provvisori, è importante ricordare che il sisma è un evento dinamico che non si esaurisce mai con una singola sollecitazione, ma si ripete nel tempo con ulteriori manifestazioni più o meno attenuate, sottoponendo di riflesso a ulteriori sollecitazioni anche l'edificato. L'esperienza ha insegnato che gli interventi di messa in sicurezza sono efficaci quando non modificano il comportamento strutturale dei complessi danneggiati, e ciò impone di evitare il ricorso ai tradizionali presidi spingenti, che nelle reiterazioni sismiche possono esercitare deleteri martellamenti sulle parti compromesse. Ogni intervento di messa in sicurezza deve quindi scaturire da una scrupolosa e attendibile valutazione del danno, e più specificamente dei meccanismi di collasso e delle condizioni strutturali complessive (anche in riferimento alle possibili o prevedibili evoluzioni).

Le novità dell'esperienza condotta a L'Aquila

L'azione sviluppata all'Aquila ha seguito una procedura "passo a passo"

come previsto nelle più aggiornate normative sul recupero dell'edificato storico, rappresentando il primo fondamentale momento di un più lungo e completo processo definitivo nel medio o lungo periodo. Queste le principali linee guida:

- uso di rigorosi modelli interpretativi del danno basati sulle esperienze maturate nei sismi precedenti e le conoscenze sviluppate dentro le Università, con il riconoscimento del meccanismo di collasso per macro-elementi;
- dimensionamento semplice e veloce delle opere provvisori, così da ridurre al minimo le tempistiche esecutive e razionalizzare l'impiego delle risorse a disposizione;
- integrazione delle analisi teoriche con approcci teorico-sperimentali basati su indagini in sito e monitoraggi statici e dinamici, per la corretta valutazione dell'efficienza strutturale e del suo mantenimento nel tempo;
- valorizzazione delle professionalità specializzate nella salvaguardia dei beni culturali in situazioni emergenziali, con particolare riferimento alle Squadre Speciali del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (Squadre SAF).

Per conseguire questi obiettivi, è stato fondamentale inquadrare il danno strutturale in tipologie corrispondenti al raggiungimento delle capacità ultime, quantificabili con metodi di calcolo semplici in specifici "meccanismi resistenti". Ciò ha portato al definitivo passaggio dal tradizionale approccio empirico svolto "sul campo" – sotto forma di abbattimento o puntellamento li-

gneo a contrasto degli edifici pericolanti – a un'attività di progettazione integrata condotta attraverso le più avanzate tecnologie dell'ingegneria strutturale, con la massima interazione tra le competenze professionali di ingegneri strutturisti, architetti conservatori, storici dell'arte e Vigili del Fuoco. Un forte impegno è stato profuso nello sviluppo di metodiche tecniche e scientifiche multi- e interdisciplinari basate sul concorso allargato di ingegneri, architetti, archeologi, geologi, fisici, chimici e informatici, tese alla creazione di una "cultura omogenea" in grado di coniugare le attività di ricerca delle cosiddette *hard sciences* con quelle proprie della sfera umanistica, per la costruzione di un linguaggio comune nello studio delle emergenze del patrimonio culturale.

Molto importante è stato anche il coordinamento unico e centralizzato delle operazioni, che ha permesso di rendere quanto più possibile corta e affidabile la catena decisionale, favorendo la scelta di interventi che fossero:

- affidabili sotto il profilo della sicurezza strutturale;
- rispettosi dei principi della conservazione;
- adatti alle casistiche più diversificate;
- di minimo intralcio nelle attività generali dell'emergenza e della ricostruzione nei centri storici;
- capaci di ottimizzare l'impiego delle risorse umane, finanziarie ed economiche nell'ottica del "minimo intervento", con ridotto impatto sulla conservazione dei valori storico-artistici delle costruzioni.

A fronte delle precedenti considerazioni, e della volontà di ridimensionare il prima possibile la “Zona Rossa”, all’Aquila è stato definito un criterio generale di progettazione degli interventi di messa in sicurezza teso al ripristino del sistema statico originario degli edifici in muratura, caratterizzato prevalentemente da:

- elementi verticali e orizzontali in grado di assicurare la stabilità nel piano delle pareti perimetrali;
- dispositivi in grado di assicurare una buona coesione delle murature d’ambito (sbadacchiature delle sezioni danneggiate, ripristini delle porzioni crollate, cerchiature ecc.);
- sistemi di tiranti in acciaio opportunamente tesati fra le pareti in modo da garantire un efficace comportamento “scatolare” della struttura danneggiata;
- apparati di completamento e di sicurezza ove necessario (mantovane, camminamenti protetti ecc.).

Il risultato finale è stato un sistema di messa in sicurezza diffuso e non invasivo, che permetterà di eseguire le successive opere di restauro previa adeguata riflessione e disponibilità di tempo, consentendo nel frattempo la percorribilità delle strade e l’agibilità di un certo numero di esercizi pubblici, e quindi in definitiva di vivere in maniera diretta e relazionale parte del centro storico. Il lavoro provvisorio nel centro storico dell’Aquila e negli altri paesi del cratere sismico è stato un impegno senza precedenti nello scenario nazionale dei beni culturali, tradottosi nella messa in sicurezza di un numero elevatissimo di beni architettonici e mobili, gran



FIGURA 1 L'Aquila: messa in sicurezza della Chiesa di San Marco



FIGURA 2 L'Aquila: Basilica di Santa Maria di Collemaggio



FIGURA 3 L'Aquila: Chiesa di Santa Maria Suffragio



FIGURA 4 L'Aquila: Chiesa di Santa Maria di Paganica

parte dei quali nella necessità di interventi particolarmente tempestivi, complessi e delicati. Già nel momento delle prime opere provvisorie svolte dall'Ufficio del Vice Commissario per la tutela dei Beni Culturali, allo scrivente è apparsa subito evidente l'opportunità di organizzare, circostanziare e mettere a disposizione di tutti – e più specificamente di quanti si interessano di sismi e in generale di catastrofi naturali per ragioni istituzionali, professionali, accademiche, formative e culturali – i risultati delle avanzate e innovative messe in sicurezza che si andavano realizzando.

Il proposito è andato ulteriormente rafforzandosi con il febbrile aumento degli interventi provvisori, molti dei quali di elevatissima valenza progettuale, tecnica ed esecutiva, come nel caso della Basilica di Santa Maria di Collemaggio o delle Chiese di Santa Maria del Suffragio, di San Marco e di Santa Maria di Paganica, interventi subito oggetto di grande attenzione da parte della comunità scientifica e dei media nazionali e internazionali, diventando anche simboli dell'eccellenza tecnica messa in campo nell'emergenza dell'Aquila.

Il progetto editoriale MiSAQ – Messe in Sicurezza all'Aquila

Sulla base di queste considerazioni e consapevolezza ha preso avvio il progetto editoriale *MiSAQ – Messe in Sicurezza all'Aquila*, con l'obiettivo di ripercorrere e sintetizzare l'enorme esperienza maturata nel doposisma aquilano in ambito provvisorio, ripercorrendo passo passo il

complesso lavoro svolto dall'Ufficio del Vice Commissario per la tutela dei Beni Culturali nei quasi tre anni di attività che vanno dalla sua istituzione con l'OPCM n. 3761 del primo maggio 2009, alla chiusura con l'OPCM n. 4013 del 23 marzo 2012. Punto di partenza è stato il coinvolgimento del più ampio numero possibile di specialisti, addetti e collaboratori esterni dell'ufficio vicecommissariale che hanno ricoperto ruoli chiave nell'attività provvisoriale aquilana, in particolare ingegneri, architetti, storici dell'arte, archeologi, restauratori e dirigenti amministrativi, relativi al MiBAC, alla Protezione Civile, al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, alle Università, ai centri di ricerca ed a studi e organizzazioni private. Un novero di figure – in ultimo ben 37 – che opportunamente applicate nel piano generale dell'opera hanno permesso di ricostruire tutti i singoli aspetti della complessa materia, da quelli eminentemente propedeutici e ricognitivi, a quelli più specificamente progettuali, tecnici ed esecutivi.

Insignito dei patrocini della Presidenza del Consiglio dei Ministri e del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, il volume realizzato (vedi box) si apre con una approfondita visione storica e descrittiva che mette a confronto i principali terremoti nazionali degli ultimi 100 anni, analizzando le evoluzioni e le innovazioni che sono andate progressivamente sviluppandosi nel campo delle messe in sicurezza e dei restauri.

A questa corposa sezione iniziale, concepita per fornire a tutti i letto-

ri adeguati strumenti propedeutici per la comprensione della materia, fa seguito una dettagliata analisi del sisma aquilano del 6 aprile 2009, con la puntuale descrizione delle strategie e delle metodiche d'intervento attuate in fase emergenziale. È solo a questo punto che *MiSAQ – Messe in Sicurezza all'Aquila* inizia la sua articolata e completa descrizione del lavoro provvisoriale svolto nell'ambito del terremoto, sulla base di una razionale, ordinata e sistematica organizzazione degli argomenti e degli specifici campi d'intervento. Pur nei limiti imposti dalla foliazione (peraltro molto corposa: 432 pagine), 50 argomenti di particolare importanza sono stati opportunamente approfonditi in specifici box interni ai capitoli. Raffinata e originale l'impostazione editoriale complessiva, già a partire dalla veste esterna caratterizzata da una prestigiosa rilegatura in tessuto pregiato, con cartigli applicati e una pregevole ceramica artigianale riprodotte il rosone della Basilica di Santa Maria di Collemaggio.

L'opera è stata curata con grande rigore e professionalità dal giornalista Enzo Altorio, titolare da oltre vent'anni di una struttura editoriale specializzata nel campo della divulgazione storica, scientifica e tecnica; curatore che si è già positivamente impegnato sul terremoto abruzzese con *Memento Aquila*, volume promosso dall'Ufficio del Vice Commissario per i Beni Culturali, e insignito dell'Alto Patronato del Presidente della Repubblica e dei patrocini della Presidenza del Consiglio dei Ministri e del Ministero per i Beni e le Attività Culturali. ●

MiSAQ Messe in Sicurezza all'Aquila

I contenuti del volume

Capitolo 1 – L'Uomo e il Terremoto attraverso la Storia (*Errico Centofanti*)

Uomo e Terremoto: un matrimonio indissolubile – Un archetipo dell'orrore – Dai Giganti al Castigo di Dio – La rivoluzione illuminista – Un faticoso avvento – Un Santo Graal per il Terzo Millennio – Quando umanità e naturalità divorziano – Una cosa facile che è difficile fare – Ricostruzione materiale e morale

BOX DI APPROFONDIMENTO: 1915: il terremoto della Marsica – La tettonica delle placche – Il passato sia scuola per l'avvenire

Capitolo 2 – Gli insegnamenti dei terremoti passati (*Giandomenico Cifani*)

L'elevata sismicità del territorio italiano – Il rischio sismico nell'ambito dei beni storico-architettonici – Gli insegnamenti dei terremoti passati – Il terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908 – Il terremoto di Avezzano del 1915

BOX DI APPROFONDIMENTO: La classificazione sismica in Italia – L'immane terremoto – Le baracche provvisorie della Marsica

Capitolo 3 – Il terremoto del Friuli-Venezia Giulia (*Roberto Pirzio-Biroli*)

L'emergenza del Friuli-Venezia Giulia iniziata il 6 maggio 1976 – I primi interventi di soccorso – Gli strumenti della ricostruzione – Riflessioni sulla ricostruzione – Il criterio di ricostruzione – La ricostruzione come "progetto di architettura"

BOX DI APPROFONDIMENTO: Riparare o ricostruire? – Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco in Friuli

Capitolo 4 – Il terremoto dell'Irpinia (*Mario De Cunto - Stefano Gizzi*)

Il terremoto in Irpinia del 23 novembre 1980 – La strutturazione degli organici – Aspetti e vicende del terremoto – Il ruolo delle Università – Lo scenario generale post sisma – Crolli e restauri – Uso

e abuso di tecnologie “pesanti” – La Soprintendenza di collegamento – Gli interventi nella Provincia di Napoli – L’inversione di tendenza

BOX DI APPROFONDIMENTO: Prima disprezziamo le regole, poi contiamo le vittime – Il restauro della Collegiata di San Michele a Solofra

Capitolo 5 – Il terremoto dell’Umbria e delle Marche (Luciano Marchetti)

L’evento sismico – Il modello d’intervento emergenziale – Gli interventi sul patrimonio culturale – Il censimento e la schedatura del danno – La messa in sicurezza – La ricostruzione – La messa in sicurezza dei beni mobili

BOX DI APPROFONDIMENTO: La Legge n. 61 del 31 marzo 1998 – I criteri della ricostruzione

Capitolo 6 – Il terremoto dell’Aquila (Mauro Dolce - Claudio Moroni)

Il sisma e le attività tecniche di valutazione – Gli interventi di prima emergenza – La gestione della fase post emergenziale – L’avvio della ricostruzione

BOX DI APPROFONDIMENTO: La microzonazione sismica – Il rilievo dell’agibilità degli edifici – I numeri del progetto CASE

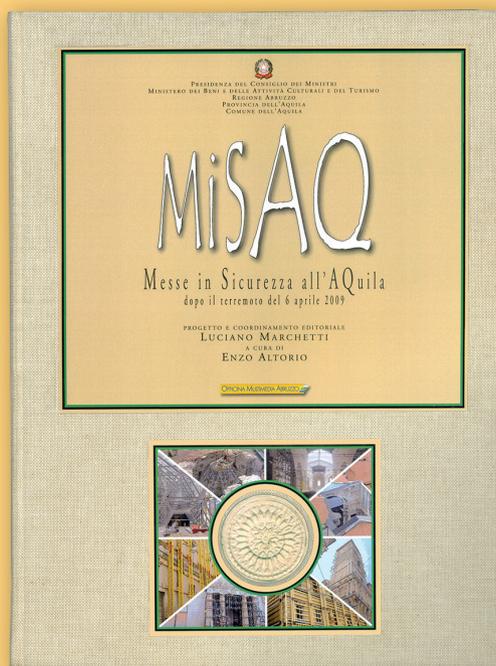
Capitolo 7 – L’organizzazione e la gestione della fase emergenziale (Anna Natili)

Il quadro normativo e la sua evoluzione storica – Il Sistema Nazionale di Protezione Civile – L’Autorità preposta alla direzione delle operazioni – Il Commissario delegato: ruolo, competenze e responsabilità – Il “Modello L’Aquila” – Nuove disposizioni in materia di protezione civile

BOX DI APPROFONDIMENTO: Il Servizio Nazionale di Protezione Civile – Il Metodo Augustus – Le donazioni

Capitolo 8 – Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (Sergio Basti)

Ruolo e funzione del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco – La filiera delle opere provvisorie – L’attività di messa in sicurezza – Le risorse impegnate dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco – I Vigili del Fuoco e le infrastrutture critiche



BOX DI APPROFONDIMENTO: Il nucleo SAF (Speleo Alpino Fluviale) – Le criticità dei sistemi infrastrutturali

Capitolo 9 – L’Ufficio del Vice Commissario per la tutela dei Beni Culturali (Luciano Marchetti)

I diversi approcci nelle ricostruzioni post sismiche nazionali – Il restauro come fondamento della ricostruzione – La messa in sicurezza come fondamento del restauro – Il caso “L’Aquila” – Il rilievo e la schedatura dei beni culturali dell’area sismica – Il rilievo dei beni archeologici – Informatizzazione e georeferenziazione del censimento danni – I criteri di messa in sicurezza dei beni culturali – La progettazione degli interventi provvisori – La rimozione delle macerie – I “Casi di Studio” – La messa in sicurezza dei beni mobili – Le adozioni per il restauro dei beni monumentali – Il progetto “Una Chiesa per Natale” – Le prospettive del recupero

BOX DI APPROFONDIMENTO: Estratti delle principali Ordinanze del sisma – Sisma Abruzzo 2009: la mancata prevenzione – Recupero

all’Aquila – Il recupero degli archivi e delle biblioteche – Il concorso d’idee per il recupero della Chiesa di San Gregorio Magno

Capitolo 10 – I criteri di messa in sicurezza degli edifici in muratura (Sergio Lagomarsino - Serena Cattari)

Principi metodologici generali – Finalità dell’intervento di messa in sicurezza – Definizione dell’azione sismica di riferimento per il progetto – I criteri d’intervento – Criteri per la scelta delle tipologie di intervento – Materiali ed elementi per l’intervento – Interventi per il ripristino della stabilità e capacità portante – Interventi rivolti alla protezione dal degrado

BOX DI APPROFONDIMENTO: Il legno – L’acciaio – Il poliestere

Capitolo 11 – La progettazione delle opere provvisorie (Claudio Modena)

Gli interventi provvisori sui beni storico-artistici – Rilevamento del danno strutturale – Analisi dei meccanismi di danno – Progetto e realizzazione delle

opere provvisorie – Casi esemplificativi di messe in sicurezza di edifici religiosi

BOX DI APPROFONDIMENTO: Il GLaBeC – Le murature storiche aquilane – I rilievi speditivi dei danni

Capitolo 12 – I metodi di rilevamento, controllo e monitoraggio (Luciano Marchetti - Claudio Modena)

Il monitoraggio del comportamento strutturale degli edifici – I monitoraggi dei beni storico-architettonici aquilani – Monitoraggi all’Aquila: il Castello Cinquecentesco – Monitoraggi all’Aquila: la Chiesa di Santa Maria del Suffragio – Monitoraggi all’Aquila: la Chiesa di San Marco

BOX DI APPROFONDIMENTO: Accelerometri e Inclinatori – Estensimetri – Fessurimetri – Termometri – La sperimentazione dei sistemi provvisori

Capitolo 13 – La messa in sicurezza dei beni mobili e delle superfici decorate (Carla Tomas)

Messa in sicurezza dei beni mobili: i soggetti competenti – Gli aspetti ricognitivi ed esecuti-

tivi – La messa in sicurezza dei beni mobili – Il recupero e la messa in sicurezza delle superfici decorate – L'intervento nella Chiesa di San Silvestro dell'Aquila
 BOX DI APPROFONDIMENTO: I volumi alluvionati di Santa Chiara all'Aquila – Le fotografie immersive – Il rilievo termografico

Capitolo 14 – La messa in sicurezza degli edifici religiosi (Luciano Marchetti)

L'edificio religioso all'indomani del 6 aprile 2009 – I principali fattori di danno negli edifici di culto – La progettazione delle opere provvisionali negli edifici di culto – Il recupero delle macerie – Tecnologie e materiali – Le diverse casistiche di opere provvisionali – L'Aquila, la Chiesa di Santa Maria del Suffragio (Anime Sante) – L'Aquila, la Basilica di Santa Maria di Collemaggio – L'Aquila, la Chiesa di Santa Maria di Paganica – L'Aquila, il Duomo dei Santi Massimo e Giorgio
 BOX DI APPROFONDIMENTO: I reperti inglobati – Le messe in sicurezza con i Vigili del Fuoco – Il recupero dell'organo di Collemaggio – Il progetto "Una Chiesa per Natale"

Capitolo 15 – La messa in sicurezza dell'edificio storico-monumentale (Giuseppe Di Girolamo)

I principali fattori di danno nei palazzi aquilani – Le procedure di messa in sicurezza – I criteri e le tecniche provvisionali – Messe in sicurezza, cantierabilità e ricostruzione – L'Aquila, il Palazzo del Governo (Prefettura) – L'Aquila, il Castello Cinquecentesco – L'Aquila, il Palazzo Margherita d'Austria e la Torre Civica – L'Aquila: il Palazzo Quinzi – L'Aquila: il Palazzo Centi
 BOX DI APPROFONDIMENTO: Opera provvisoria e progetto di ripristino – Le opere provvisionali del Comparto T 20 – Costo e valore intrinseco delle opere provvisionali

Capitolo 16 – La messa in sicurezza dell'edificio civile (Mario Di Gregorio)

L'operazione di messa in sicurezza dell'edificio civile – Le procedure d'intervento – Le tecnologie d'intervento – Casi esemplificativi di messe in sicurezza
 BOX DI APPROFONDIMENTO: La ripartizione del centro storico dell'Aquila in comparti d'intervento

Capitolo 17 – Il ruolo della Chiesa Aquilana nella ricostruzione post sisma (Mons. Giovanni D'Ercole)

BOX DI APPROFONDIMENTO: I – II

Conclusioni (Franco Gabrielli)

Selezione delle messe in sicurezza nel dopo sisma aquilano

Pianta delle messe in sicurezza del centro storico dell'Aquila con ripartizione in comparti d'intervento / Imprese esecutrici

Volume edito da:
 Officina Multimedia Abruzzo
 (www.officinamultimediaabruzzo),
 432 pagine,
 corredato da 1500 immagini.
 Costo: 130 euro





L'assicurazione degli edifici come strumento di prevenzione dei rischi naturali

Presentazione del disegno di Legge "Istituzione di un'assicurazione obbligatoria contro i rischi derivanti da calamità naturali nonché di un Fondo per la sicurezza e l'efficienza energetica degli edifici", Senato della Repubblica, Palazzo Madama, 21 novembre 2013

■ Paolo Clemente

Secundo stime dell'ENEA, negli ultimi 500 anni le vittime dovute ad eventi naturali in Italia sono state in media circa 1.200 all'anno. Di queste il 75% si sono avute in occasione di eventi sismici. Ma i terremoti non causano soltanto crolli e vittime; nel passato hanno addirittura distrutto molte civiltà e oggi un evento sismico può mettere in crisi l'assetto socio-economico e ambientale di grandi aree. È quello che abbiamo temuto a seguito del terremoto del 2012 della Pianura Padana Emiliana, che ha causato gravi danni all'economia della regione e dell'intero paese, ed è quello che potrebbe accadere se si ripettesse il sisma che nel 1693 colpì la Sicilia sud-orientale, oggi sede di molti stabilimenti chimici e petrolchimici.

Considerata l'estensione delle aree interessate dal fenomeno sismico, la riduzione del rischio sismico richiede un notevole impegno finanziario. Dopo il terremoto campano-lucano

del 1980, di magnitudo 6.9, che causò circa 3.000 vittime e 280.000 sfollati, il Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti stimò in centomila miliardi di lire l'investimento necessario per un'adeguata riduzione del rischio sismico su tutto il territorio nazionale. Ovviamente, una tale somma non era disponibile né utilizzabile in tempi brevi ma, tenuto conto di quanto sono costate le successive emergenze e ricostruzioni, sarebbe stato un investimento estremamente conveniente. Purtroppo la somma equivalente attualizzata non è disponibile nemmeno oggi.

Si comprende come sia necessaria un'efficace politica di prevenzione a fronte degli eventi naturali che si basi su un'oculata programmazione della spesa e degli interventi, sia con riferimento alle opere strategiche o di particolare rilevanza (quali prefetture, caserme, ospedali, scuole ecc.), per le quali andrebbero stabilite delle priorità, sia per l'intero patrimonio immobiliare pri-

vato, per il quale sarebbero opportuni degli incentivi. È oramai ben noto che gran parte degli edifici esistenti in Italia non sia in grado di sopportare l'azione sismica, che attualmente la normativa prescrive per gli edifici di nuova costruzione. I motivi sono diversi.

Innanzitutto la classificazione sismica del territorio italiano che, avviata dopo il terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908, fino alla fine degli anni 70 è stata aggiornata, con l'aggiunta di nuove zone, soltanto a seguito di un terremoto in esse avvenuto. Un primo significativo passo in avanti fu fatto dopo l'evento sismico dell'Irpinia del 1980 quando, a seguito del Decreto Ministeriale (DM) 7 marzo 1981 e del successivo DM 3 giugno 1981, il

■ Paolo Clemente
ENEA, Prevenzione rischi naturali e mitigazione effetti

43% del territorio nazionale risulta classificato sismico; con il secondo DM, in particolare, fu introdotta la zona 3, che includeva diversi Comuni delle province di Napoli e di Salerno. Una svolta definitiva ci fu a seguito del terremoto del Molise del 2002 quando, con l'Ordinanza PCM 3274/2003, tutto il territorio nazionale fu classificato sismico; fu introdotta la zona 4 a sismicità molto bassa, che includeva gran parte dell'Italia settentrionale, la Sardegna e il tacco della Puglia, e a molte aree fu attribuita una pericolosità sismica maggiore che non in precedenza (Figura 1).

Le prime norme sismiche, emanate a seguito del terremoto di Messina e Reggio Calabria del 1908, contenevano prescrizioni molto importanti sulla progettazione in zona sismica ma non fornivano indicazioni su come valutare gli effetti delle azioni sismiche. La prima normativa a fornire indicazioni al riguardo fu il Decreto Legge Luogotenenziale

5 novembre 1916 n. 1526: gli effetti dovuti al sisma venivano simulati, in maniera grossolana, mediante l'applicazione di forze orizzontali pari al 16,6% del peso al primo piano e al 12,5% ai piani superiori. La prima normativa di moderna concezione apparve soltanto nel 1975, con il DM LL.PP. 03/03/1975, che seguì la Legge 2 febbraio 1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Fu introdotto lo spettro di risposta e la distribuzione delle forze sismiche crescenti verso l'alto, simulante il primo modo di vibrazione (Figura 2).

Appare ovvio che le costruzioni antecedenti l'applicazione di questa legge non rispondono, nominalmente, a criteri validi di sicurezza sismica e, al riguardo, i dati ISTAT sul censimento 2001 riportano che il 63,8% delle abitazioni in Italia è stato costruito prima del 1971.

Va anche osservato che le Norme Tecniche per le Costruzioni attual-

mente in vigore sono decisamente più onerose delle precedenti e che la loro utilizzazione è divenuta obbligatoria solo nel 2009.

In definitiva, gran parte del patrimonio edilizio ha un'età superiore ai 50 anni, valore tipico della vita utile di un edificio. Inoltre, i periodi di maggiore attività in campo edilizio hanno seguito eventi eccezionali (si pensi all'inurbamento dopo la seconda guerra mondiale) e ciò implica che molte costruzioni sono state edificate in fretta e senza adeguati controlli, facilitando l'uso di sistemi e materiali scadenti. Ai disastri legati ai fenomeni naturali si aggiungono spesso crolli, totali o parziali, dovuti ad interventi impropri, architettonici e/o strutturali, o legati alla vetustà ed al degrado, acuiti da una manutenzione carente se non del tutto assente.

È necessario, pertanto, mettere a punto una strategia per il miglioramento della sicurezza strutturale, creando un sistema virtuoso che

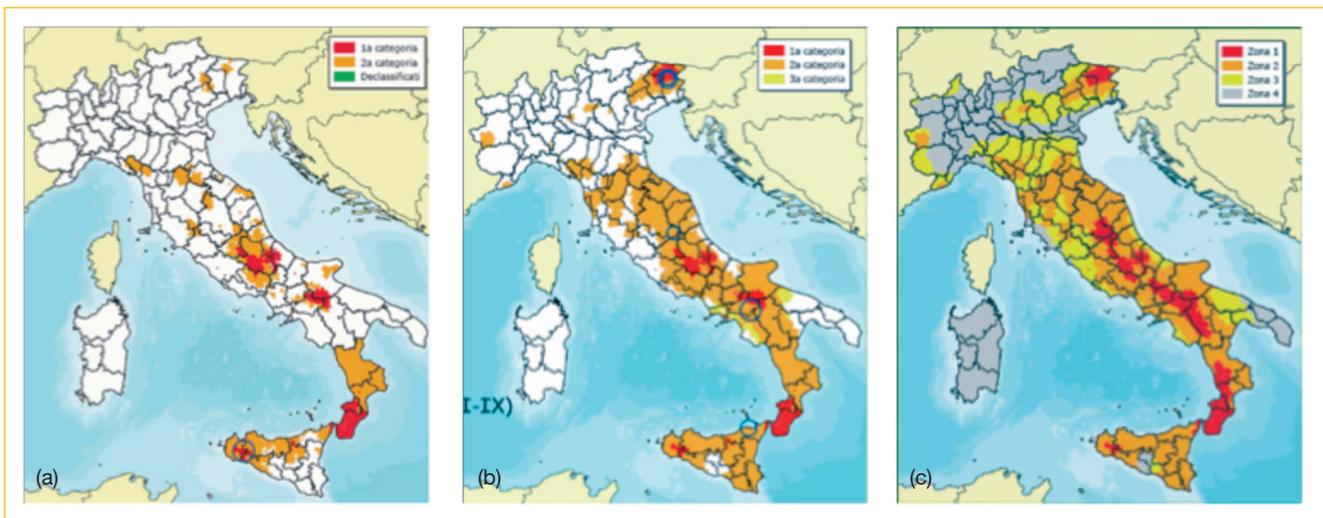


FIGURA 1 Mappe di pericolosità sismica (a) degli anni 70, (b) del 1981, (c) del 2003

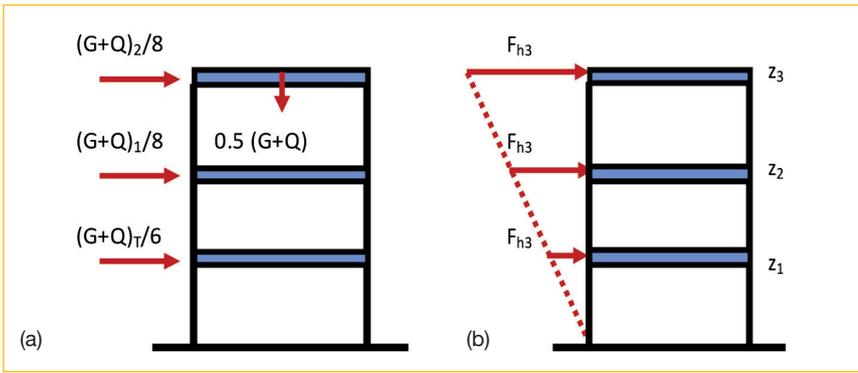


FIGURA 2 Forze simulant l'azione sismica (a) secondo il D.L. 5 novembre 1916 n. 1526 e (b) secondo il DM LL.PP. 03/03/1975

possa anche favorire il rilancio del settore edile e del mercato immobiliare. Prima di passare alla proposta relativa all'assicurazione è opportuno fare alcune osservazioni sulle norme tecniche per le costruzioni.

Alcune osservazioni sulle norme tecniche per le costruzioni

Pericolosità sismica

Spesso ci si domanda se i terremoti siano prevedibili. Se per previsione si intende l'identificazione con qualche giorno o settimana di anticipo del giorno, dell'area epicentrale e della magnitudo di un sisma, la risposta è certamente negativa: questo al momento non è possibile e forse non lo sarà mai.

Esistono, però, esperimenti di previsione a medio termine che, basandosi sulle anomalie delle sequenze dei terremoti di bassa magnitudo, consentono di individuare aree di dimensioni relativamente grandi e intervalli di tempo significativamente lunghi (da alcuni mesi ad uno o più anni) con un preavviso relativamente

breve, fornendo quindi dati non utilizzabili a scopi di protezione civile. Sono state, invece, individuate le aree a maggiore pericolosità, l'intensità degli eventi attesi e la loro frequenza, ossia è nota la pericolosità sismica del territorio. Le mappe di pericolosità sismica, ciascuna relativa ad una probabilità di accadimento in 50 anni, forniscono queste

informazioni e vanno aggiornate costantemente con i nuovi dati che si rendono disponibili. Normalmente nella progettazione si fa riferimento alla probabilità di superamento del 10% in 50 anni, che corrisponde a eventi sismici con tempo di ritorno di 475 anni. Si tratta di una scelta consapevole con la quale si accetta un certo rischio e alcuni collassi o gravi danneggiamenti alle strutture potrebbero derivare da tale scelta. Certamente non è questo il caso dell'Emilia Romagna, dove gran parte delle costruzioni era stata realizzata prima che quei territori venissero inseriti tra le zone sismiche e, quindi, progettata senza tener conto delle azioni sismiche. Anzi, con riferimento agli edifici industriali, va osservato che in alcuni casi le strutture erano labili per azioni orizzontali o comunque non in grado di sopportare nemmeno minime azioni sismiche (Figura 3).

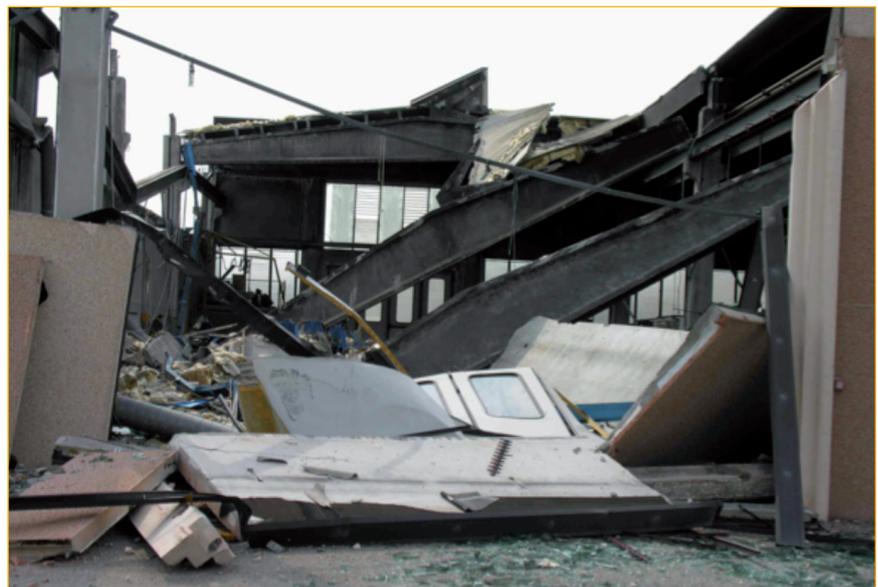


FIGURA 3 Edificio industriale gravemente danneggiato dal sisma dell'Emilia del 2012

L'approccio probabilistico consente di considerare periodi di ritorno fino a 2475 anni e fornisce, generalmente sul territorio italiano, valori dell'accelerazione al suolo maggiori di quelli forniti dal metodo deterministico che fa riferimento al massimo terremoto credibile.

Lo scuotimento sismico può subire notevoli variazioni per effetti locali, in termini di valori di picco, durata e contenuto in frequenza, e assumere valori molto diversi a brevi distanze. Di qui la necessità di individuare, mediante studi ad hoc, le "microzone omogenee in prospettiva sismica" distinguendo, in particolare, le aree instabili, da non utilizzare per lo sviluppo urbanistico, le aree stabili, utilizzabili, e le aree stabili ma suscettibili di amplificazione, per le quali è necessario un approfondimento per valutare i fattori di amplificazione sismica, strumento utile sia per la scelta delle aree più idonee allo sviluppo urbanistico sia per la progettazione di singole opere.

Costruzioni esistenti

Secondo le attuali norme tecniche, per le costruzioni la valutazione della sicurezza dell'esistente è richiesta soltanto in casi particolari, come quello di evidente riduzione della capacità resistente della struttura o quando si eseguano interventi di adeguamento o di miglioramento o che interagiscano con elementi strutturali. Gli interventi sono obbligatori solo in caso di inadeguatezza rispetto alle azioni controllate dall'uomo, ossia i carichi permanenti e altre azioni di servizio, ma non in caso di inadeguatezza rispetto alle azioni ambientali, non controllabili



FIGURA 4 Edificio strategico parzialmente collassato durante il sisma dell'Aquila del 2009

dall'uomo, come quelle sismiche. A decidere sono i proprietari o gestori tenendo conto della gravità dell'inadeguatezza e della disponibilità economica: se non si hanno i fondi non si interviene.

L'Ordinanza PCM 3274/2003, in verità, prevedeva l'obbligo della verifica entro 5 anni per le opere di interesse strategico (Figura 4), secondo un piano di priorità da elaborare entro 6 mesi sulla base delle risorse finanziarie disponibili ma la necessità di intervenire andava soltanto "tenuta in considerazione ... nella redazione dei piani triennali e annuali ... nonché ai fini della predisposizione del piano straordinario di messa in sicurezza antisismica". Val la pena ricordare che per adeguamento si intende rendere la struttura conforme alla classificazione e alle norme tecniche vigenti; per miglioramento l'aumento della

capacità della struttura di sopportare azioni sismiche ma soltanto fino ad un sisma meno severo di quello previsto per le nuove costruzioni (per es.: 60-80%). In Italia troppo spesso si accetta il miglioramento a livelli minimi, non accettabili per le strutture di interesse strategico o di particolare rilevanza.

Vita nominale e sicurezza sismica

È fondamentale la distinzione tra le costruzioni recenti, per le quali eventuali carenze sono da attribuire a difetti di progettazione o esecuzione, e le costruzioni antiche, per le quali eventuali carenze sono da attribuire a una cattiva manutenzione e/o mancanza di adeguati controlli. Nella progettazione usualmente si assume una durata della vita pari a 50 anni, che può anche essere assunto come valore che distingue i due casi.

Come si valuta la sicurezza? Non

con un semplice esame visivo bensì attraverso analisi sperimentali sui materiali e sulle strutture, a supporto di analisi numeriche per la valutazione della capacità. Sono operazioni costose ma indispensabili per evidenziare eventuali carenze strutturali.

Una costruzione è recente se ha una vita inferiore della sua vita nominale (numero di anni in cui la struttura deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata con manutenzione ordinaria). Si tratta di un concetto architettonico ma, secondo le norme tecniche, da essa dipende l'entità dell'azione sismica da assumere nelle verifiche, ossia la sicurezza. Sarebbe più corretto fissare due livelli di riferimento per l'azione sismica, indipendenti dalla vita nominale della struttura, che, in termini di tempi di ritorno degli eventi, potrebbero essere pari a:

- $T_R = 475$ anni per edifici ordinari, per i quali si accetta un certo livello di danno,
- $T_R = 2475$ anni per strutture strategiche, che devono restare operative anche in occasione di eventi importanti; il valore dell'accelerazione di picco si raddoppia all'incirca rispetto al periodo di 475 anni e tale evento potrebbe essere sostituito dal massimo terremoto credibile, ossia dal massimo evento atteso nell'area.

Un valore intermedio del tempo di ritorno, compreso tra 975 e 1215 anni, potrebbe essere utilizzato per le strutture di particolare rilevanza, come le scuole ma va osservato che se queste, come spesso accade, sono utilizzate nelle fasi di emer-

genza, varrebbe la pena progettare con lo stesso grado di sicurezza degli edifici strategici.

Assicurazione obbligatoria e fondo per la sicurezza

Se l'obiettivo è la sicurezza strutturale appare ovvio come questa debba influire sul valore di mercato degli immobili. Come già sperimentato con successo nel campo dell'efficienza energetica, si potrebbe definire un indice (o classe) di sicurezza, che misuri la sicurezza di ciascun edificio e che deve essere non inferiore ad un minimo prefissato. Il valore di mercato dovrebbe dipendere dall'indice di sicurezza e la vendita dovrebbe essere consentita solo se il grado di sicurezza risulta maggiore del suddetto valore minimo.

Un tale obiettivo può essere perseguito soltanto con un sistema virtuoso, che invogli i cittadini ad investire sulla sicurezza strutturale dei propri immobili, comporti una cospicua riduzione del rischio a fronte di eventi ambientali, non gravi sullo Stato, non arricchisca una categoria a scapito di altre o dei cittadini stessi. Un tale sistema, infine, dovrebbe contribuire ad un rilancio del settore edile e del mercato immobiliare.

Perché l'assicurazione?

Innanzitutto per sollevare lo Stato dalle spese di ricostruzione (come annunciato pochi giorni prima del terremoto dell'Emilia Romagna del 20 maggio 2012 dall'allora Presidente del Consiglio dei Ministri); sarebbe il primo effetto diretto, ma

non l'unico né il più importante. L'obbligo all'assicurazione, infatti, stimolerebbe proprietari e compagnie assicurative a verificare l'effettiva affidabilità delle costruzioni, per poter differenziare i premi assicurativi tra i vari immobili in funzione del rischio e, quindi, ad intervenire in caso di carenze strutturali. Si innescherebbe, così, un sistema di prevenzione che gioverebbe sia ai proprietari, interessati a risparmiare sul premio di assicurazione, sia alle compagnie, interessate a ridurre la probabilità di dover risarcire i proprietari a seguito di eventi calamitosi. Inoltre ne trarrebbe giovamento il settore edile, che non può confidare in ulteriori espansioni edilizie delle nostre città, ma deve fare affidamento su una maggiore e accurata manutenzione dell'esistente, non trascurando l'ipotesi di demolizione e ricostruzione quando questo non soddisfa in pieno le moderne esigenze architettoniche e strutturali.

L'assicurazione, pertanto, avrebbe l'effetto di stimolare una corretta prevenzione, anzi diventerebbe un efficace strumento di prevenzione dei rischi naturali. La valutazione della compagnia di assicurazione sarebbe, infine, una valida base per determinare il valore di un immobile, che dipenderebbe finalmente dal grado di sicurezza, che i proprietari sarebbero interessati a tenere alto.

Chi pagherebbe di più?

Il premio di assicurazione deve essere fissato in funzione del rischio. Con riferimento al sisma, non è detto quindi che pagherebbe di più chi

vive in aree ad elevata pericolosità sismica. Questa rappresenta soltanto un aspetto del rischio, che però dipende anche e soprattutto dalla qualità e dal valore storico e artistico delle costruzioni. Per edifici ben costruiti e oggetto di un'efficace manutenzione, anche se in aree ad elevata pericolosità, il premio assicurativo dovrebbe essere comunque contenuto, mentre per edifici di cattiva qualità e/o scarsa manutenzione il premio dovrebbe essere maggiore, così come per edifici di pregio, per i quali l'elevato rischio dipende soprattutto dal valore. Il discorso è ben diverso per edifici costruiti in aree instabili dal punto di vista sismico o in aree a rischio idrogeologico, che andrebbero demoliti e ricostruiti altrove. In questi casi si tratta spesso di edifici abusivi o costruiti in assenza di un adeguato piano regolatore.

È una nuova tassa?

Apparentemente sì, ma in realtà è un sistema virtuoso, onesto e trasparente per sostituire le imposte esistenti, palesi e non (si pensi alle accise sui carburanti), con le quali attualmente si finanziano le ricostruzioni a seguito di eventi calamitosi. Seguendo le usuali regole assicurative, dovranno essere fissati:

- un massimale, per esempio pari al costo di ricostruzione o anche meno se ci sia accontenta di un parziale rimborso in caso di collasso, che tenga conto anche della capacità sismica nominale dell'edificio,
- una franchigia, che scoraggi gli abusi.

Si osserva che, dati i tempi di ricostruzione, il rimborso non sarebbe

dovuto immediatamente a seguito dell'accertamento del danno, ma potrebbe essere erogato a stadi di avanzamento dei lavori; ciò darebbe un certo respiro alle compagnie di assicurazione, specialmente nel caso di eventi calamitosi nei primi anni dall'entrata in vigore. Le compagnie potrebbero anche servirsi di imprese di propria fiducia per i lavori, esercitando così un controllo maggiore sull'utilizzo del rimborso. In alcune esperienze già avviate il sistema assicurativo si basa su un sistema di riassicurazione, che coinvolge più compagnie, mentre lo Stato interviene soltanto a fronte di eventi eccezionali ma si libera degli eventi minori. In Italia occorre soprattutto superare un limite culturale: ci si dovrebbe assicurare sperando di non averne bisogno e non per trarne benefici.

Quanto costa?

Tenendo conto del censimento del 2001 (dati ISTAT) e di un ragionevole incremento nei successivi 10 anni, il numero di unità immobiliari in Italia è stimabile in circa 32.000.000. Un premio di assicurazione medio di 100 €/anno per abitazione coprirebbe, con un certo margine, i danni dovuti ad eventi naturali, pari a circa 3 miliardi di €/anno. Si tratta di una cifra relativamente modesta.

Tale premio potrebbe essere raddoppiato, mettendo a disposizione una somma annua, che potrebbe confluire in un fondo per la sicurezza strutturale e l'efficienza energetica per finanziare interventi preventivi sugli edifici al fine di ridurre gradualmente i costi di emergenza e ricostruzione e di gestione. Le

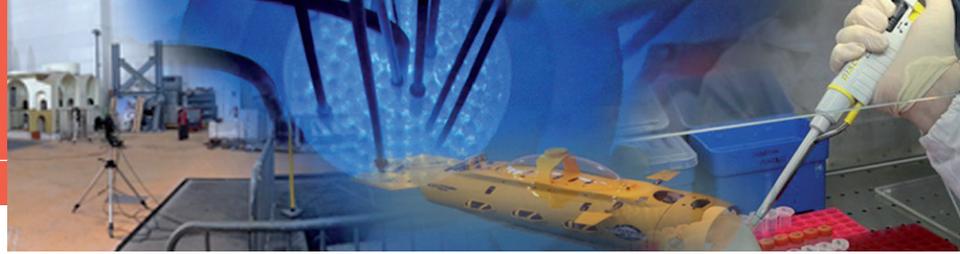
risorse del fondo andrebbero assegnate mediante procedure concorsuali, indette e gestite dal fondo stesso, che provvederebbe anche a approvare il singolo progetto di intervento.

Al fondo potrebbero affluire, oltre al 50% dei premi relativi all'assicurazione obbligatoria, una quota annuale a carico dello Stato pari al 2% del gettito dei tributi relativi agli immobili per i primi 3 anni nonché finanziamenti europei specifici del settore ed eventuali altri finanziamenti pubblici e privati.

Il fondo, gestito da un Consiglio di amministrazione nominato dal Ministero dello Sviluppo Economico e composto da rappresentanti dei ministeri competenti e delle associazioni di categoria, dovrebbe anticipare tutti gli oneri relativi alla redazione del progetto e alla realizzazione degli interventi approvati e promuovere anche l'accensione di mutui a tasso agevolato da concedere ai proprietari degli immobili che non si siano aggiudicati la procedura concorsuale di cui detto. ●

Ringraziamenti

La proposta di istituzione di un'assicurazione obbligatoria sui fabbricati e di un fondo per la messa in sicurezza del patrimonio edilizio è stata messa a punto da un team composto da rappresentanti di ENEA, Federproprietà, Ordine Ingegneri della Provincia di Roma, Unione Cattolica Italiana Tecnici, Unione Nazionale Esperti Diritto Immobiliare e Unione Romana Ingegneri e Architetti nell'ambito di un Protocollo d'intesa appositamente stipulato. La proposta, già presentata come disegno di legge al Senato della Repubblica nella XVI legislatura (d.d.L n. 3631) nel dicembre 2012, è stata riproposta nella XVII legislatura (d.d.L n. 881) nel giugno 2013.



Photovoltaics and Net Zero Energy Buildings: new concepts towards a smart city vision

The wide use of renewables has changed the energy scenario in recent years, and the European Directive 2010/31/EU on Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs) is going to be the driver of an even more radical shift. The building is going to be transformed into an energy generation system, and its design should consider not only the traditional design aspects, but the energy aspect, too. In particular, in the present paper two main issues will be addressed: the design of NZEBs with a special focus on PV and the broad concept of “smartness” with a focus on the role of the PV technology. Finally, some new research issues will be proposed as new topics to be investigated towards a smart city vision

■ *Alessandra Scognamiglio, Giovanna Adinolfi, Giorgio Graditi, Rossana Paparella, Erika Saretta*

The wide use of renewables has changed the energy scenario in recent years, and the European Directive 2010/31/EU on Nearly Zero Energy Buildings is going to be the driver of an even more radical shift. According to this Directive, a Nearly Zero Energy building is a high performance building, that generates the energy it needs by using renewables on site or nearby.¹ From this perspective, the building is going to be transformed into an energy generation system, and its design should consider not only the traditional design aspects, but the energy aspect, too. This means designing the devices able to generate the energy the building needs for functioning, together with the building itself.

One consequence of these likely changes is that the conventional, centralised energy system is going to be replaced by a “web” of energy systems. Such a web corresponds, in a way, to the pattern of the city itself (the buildings being the future energy generating systems themselves). This new condition requires further investigation at least on two aspects: the energy web has to be properly managed so as to ensure a good

performance of the energy grid, and significant energy savings; designing the physical form of the city shall consider the use of renewables in its domain.

What is the role of Photovoltaics (PV), what are the new research needs we should face in the next years?

This paper tries to give some first possible answers to these questions.

In particular, firstly some issues related to the design of Nearly (or Net) Zero Energy Buildings will be addressed, with a special focus on PV. Secondly, the broad concept of “smartness” is addressed with a focus on the role of the PV technology. Finally, some new research issues will be proposed as new topics to be investigated towards a smart city vision.

■ *Alessandra Scognamiglio, Giovanna Adinolfi, Giorgio Graditi*
 ENEA, Technical Unit for Technologies Development - Portici
 Research Centre

■ *Rossana Paparella, Erika Saretta*
 DICEA, University of Padova, Faculty of Engineering

Photovoltaics and Net Zero Energy Buildings: towards a smart vision

Building Integration of Photovoltaics

A Building Integrated Photovoltaic system (BIPV) is a system where photovoltaic modules are arranged into a technological envelope sub-system and can replace the traditional elements of the building envelope. These systems are generally mentioned as “BIPV”. If the modules do not replace envelope components, but they are only “added” on the envelope, the systems can be defined as “Building Attached” or “Building Added”, and mentioned as “BAPV”.

This distinction, commonly shared in the international PV scientific community, was also proposed by the Italian feed-in tariff, since the third edition of the so called “Conto Energia”, which assigns the highest tariff to systems where special innovative PV components suitable for building integration are used.

Therefore, when the solar system is integrated in the building envelope (as roof covering, façade cladding, sun shading, balcony fence...), it must properly take over the functions and associated constraints of the envelope elements it is replacing (constructive/functional quality), while preserving the global design quality of the building (formal quality).

ENEA has been participating in the work of the International Energy Agency (IEA), Solar Heating and Cooling (SHC) Task 41 “Solar Energy and Architecture” (May 2009-April 2012), that aimed to improve the awareness of the designers in using solar components conceived as building elements, so as to focus on the energy performance and on the architectural quality, too. Some of the following considerations come from the results of the work carried out in the framework of Task 41.²

In the following, some functional and constructive aspects of the integration of PV in buildings are presented.

The building envelope has to fulfil a wide and complex set of protection and regulation functions, requiring the use of different structures and components (opaque/semi-transparent elements, monolithic/multilayer structures, composed of fixed/mobile parts,...). The integration of solar modules in the envelope system should then be studied very carefully, to preserve/ensure the standard envelope functions and the durability of the whole.

The multifunctional use of solar elements taking over one or more envelope functions may require an extra effort to building designers, calling, for instance, for some modifications in the original design of the collector, in the way it is mounted or by restraining its use in some parts of the building. On the other hand, it brings the major advantages of a global cost reduction and an enhanced architectural quality of the integration.

In addition to the functional compatibility, it is important to ensure that the new multifunctional envelope system meets all building construction standards:

- the collector load should be correctly transferred to the load-bearing structure through appropriate fixing;
- the collector should withstand fire and weather wear and tear;
- the system should resist wind load and impact, and should be safe in case of damage;
- risks of theft and/or damage related to vandalism should be evaluated and appropriate measures taken;
- the fixing should avoid thermal bridges and the global U value of the wall should not be negatively affected;
- vapor transfer through the wall should avoid condensation layers, and allow the wall to dry correctly.

Besides these standard building construction constraints, the integration of solar systems implies other issues resulting from specific solar technology attributes, i.e. electric cabling and the high temperatures of some modules:

- the electric cabling of PV should be studied to avoid shock hazards and short circuits, and measures should be taken to avoid fire;
- envelope materials in contact with the solar modules should withstand their high working temperature;
- fixing details and jointing should make the expansions of the collector materials compatible with those of the other envelope materials;
- safety issues should be considered for collectors within users’ reach to avoid burning or shock hazards (ground floor, window and balcony surrounding ...).

As seen, integrating the new function “solar collection” into the building envelope requires an understanding of where (opaque parts, transparent parts, fixed/mobile elements), how, and which collectors can be made compatible with the other envelope elements, materials, and functions.

Each technology or sub-technology has different implementation possibilities in different parts of the envelope.³

All the system characteristics affecting the building appearance (i.e. system formal characteristics) should be coherent with the overall building design:

- the position and dimension of collector field(s) have to be coherent with the architectural composition of the whole building (not just within the related façade);
- collector visible material(s) surface texture(s) and colour(s) should be compatible with the other building skin materials, colours and textures they are interacting with;
- module size and shape have to be compatible with the building composition grid and with the various dimensions of the other façade elements;
- jointing types must be carefully considered while choosing the product, as different jointing types underline the modular grid of the system differently in relation to the building.

Clearly, mastering all characteristics of an integrated PV system from both the perspectives of energy production and building design is not an easy task. The formal characteristics of the system are strongly dependent on the specific solar technology, which imposes the core components of the solar modules, with their specific shapes and materials.

The more flexibility can be offered within these imposed forms and materials, the more chances for a successful integration. The actual flexibility of solar modules (hereinafter referred to as “integrability”) is the guarantee for a satisfying integration of PV.⁴

The Use of Photovoltaics in Net Zero Energy Buildings

The recast of the European Directive 2010/31/EU establishes that starting from the end of 2020 all new buildings will have to be Nearly Zero Energy Buildings (Nearly ZEBs).

As already said in the introduction, according to this Directive, Nearly Zero-Energy Building means a building that has a very low yearly energy consumption, which can be achieved by both highest energy efficiency and energy from renewable sources, which shall be on-site or nearby.

This definition is wide enough to leave room for many

definitions of what a Nearly (or Net) Zero Energy Building is and the way it can be designed. On this topic, ENEA has been participating in the work of the International Energy Agency (IEA), Solar Heating and Cooling (SHC) and Energy in Buildings and Communities (EBC) Task 40-Annex 52 “Towards Net Zero Energy Solar Buildings” (October 2008-September 2013). Some of the following considerations come from the results of the work carried out in the framework of the Task 40-Annex 52.⁵ Generally speaking, the term ZEB (Zero Energy Building) identifies a residential or commercial building that reduces its energy needs thanks to efficient energy gains and that supplies the resulting low energy demand through renewable energy sources, in order to reach a Zero Energy Balance between annual energy consumptions and energy supply.

Only by decreasing energy consumptions is a path towards a Zero Energy Balance possible and, moreover, without the grid it would be very difficult. Hence, the term “Net” is introduced in order to highlight on the connection between the building and the energy grid because, for the wide mass of ordinary buildings, the ZEB self-supplied by renewable cannot represent the model of the future.

In particular, the electric grid connection offers a significant advantage because of the possibility to exchange electricity. This solution allows to overcome the limits of the current generation of storage technologies that have no long term storage of energy *in situ*. As a consequence, the connection with the energy grid is allowed and necessary both for picking-up the energy and also to sent non-used energy.⁶ This is the main reason why to consider the Net Zero Energy Buildings (NetZEBs).

The first step to achieve the NetZEB goal is the reduction of the energy demand by means of passive solutions and energy efficiency and, of course, using sustainable materials for its construction. The second step is represented by the generation of the energy required by users thanks to the renewable energy systems (RES). In order to create a univocal and standardised calculating method of energy balancing, some criteria should be considered and chosen: Building system and balance boundary; Weighting system; Period and type of balance.⁷

The concept of “boundary” seems to be very relevant with regard to the use of energy systems.

The balance boundary defines both the physical boundary of the project which is part of the energy balance consideration (single building, cluster of buildings) and the generation sectors, that clarify which renewable energy options are considered and how.

A broad frame (e.g. cluster of buildings) implies a synergy between several buildings, which are not necessarily NetZEBs as singles but as a whole: buildings with a positive energy balance can compensate such ones with negative balances.

This approach is possible in the case of new buildings and district design (Figure 1), and is particularly suited for projects on existing buildings or districts (Figure 2). In particular, in the case of interventions on existing buildings in “dense” cities, where the surfaces for placing the energy generating systems are limited, very often a single building cannot reach the NetZEB balance on its own. Generally, the energy demand is high (obsolete envelopes or vertical buildings with high density of energy consumption), compared to the available surfaces for solar systems, and the effect of shadow limits the use of the envelope surfaces very much.

In relation to a NetZEB design, the possible renewable supply options are:

- in the building physical footprint (e.g. PV on a building roof);
- on-site renewables (e.g. PV on roofs of a parking lot or small-scale wind turbines);

and:

- nearby renewables (e.g. systems close by financed by the building owner or user, such as shared CHPP);
- off-site renewables for on-site use (e.g. biomass);
- purchased “green” energy from contracts, off-site wind turbines (electricity) or CHPPs (electricity, heat and cold).

The focus for the design of NetZEBs (to reduce the use of new land) should be conceiving the building along with its energy balance. It implies that the energy generation should be in the building property, which means any arrays that could be located in the building footprint or on-site.

If PV is the only energy technology used, then there is a strong relationship between the architectural form of the building and the energy choices. For instance, if we take into account a small residential unit and imagine



FIGURA 1 Net Zero Energy Buildings Cluster / new settlements. Plus energy settlement in Freiburg (Germany), design: Rolf Disch. The Plus Energy Settlement in Freiburg is an example where the zero energy balance is achieved in the frame of an estate. Some of the 59 built terrace houses have a positive primary energy balance, others a negative one. The average is clearly positive. The efficient row houses are covered with 3150 m² of roof top integrated PV generators. The heat is supplied by district heating. The efficiency of the houses bases on the Passive House concept and a consequent (urban) planning for shadow-free south orientation, position and shape of the buildings
Source: Rolf Disch



FIGURA 2 Net Zero Energy Buildings Cluster/ retrofit projects. Renovated district in Bad Aibling (Germany), design: Schankula-Architekten. New buildings generate an energy surplus to compensate negative balances of refurbished former military accommodation buildings from the 1930s. ST and PV areas differ significantly from each other. In the shown example, heat is fed into the local heating grid of the settlements by means of 2000 m² of ST collectors
Source: Schankula-Architekten



FIGURA 3 CAPA (2003), Matosinhos (Portugal), design: Cannata&Fernandes. The PV generator is shaped as a sloped plane that characterizes the image of the building
 Source: A. Scognamiglio



FIGURA 4 On-site energy generation as a part of the landscape design. The Solar Strand, Buffalo University Campus, Buffalo (US), 2011. Design: Walter Hood, Hood Design. The solar array powering the existing dormitory of the Campus. The PV modules on the ground are arranged according to a DNA pattern. They give form to a public space in a direct functional and visual relationship with the buildings of the campus
 Picture ©2012 University at Buffalo

to optimize tilt and azimuth angles of a PV collector, then the result is a sloped PV plane placed on the building (Figure 3).⁸

Actually, in most cases where the building is taller than one or two floors, the repertoire of solutions for PV is broader and more complex.

It is quite obvious that when using only PV, expanding the energy balance boundary beyond the building physical footprint is necessary in many cases, when the energy demand is high compared to the available building surfaces for solar caption (e. g.: buildings in dense cities, retrofitting buildings). This option, now considered mainly as a technical issue, should be considered in the future as a part of the building's design, or rather, of the landscape design. By appropriate choices, in fact, it is possible to design, for instance, a solar strand detached from the building (on-site), but conceived as a part of the landscape (Figure 4).⁹

From Building Integrated Photovoltaics to Net Zero Energy Clusters

From this short summary about the NetZEBs design and the related issues, it is clear that the use of renewables is certainly one of the most interesting ele-

ments to be investigated from the design perspective. In particular, to summarize the previous considerations, research carried out in the recent years on NetZEBs shows that achieving a NetZE balance on the scale of a single building is only possible when the energy consumption of the building is low enough and its morphology allows for the optimal integration of energy generation systems.

The analysis of the case studies collected in the framework of the IEA-SHC-EBC Task 40 shows that in most cases the Net ZEBs are "detached" buildings, with a maximum of 2 storeys.

In contrast to this "standard" morphological solution for NetZEBs, in many cases (especially renovation), due to the morphologies of buildings or cities (lack of sufficient available surface for solar technologies, high energy consumption, poor quality of the envelopes, preservation rules), it is not possible to achieve a NetZE balance within the building envelope. Yet, if the energy balance boundary is enlarged to the cluster scale, the NetZE balance can still be achieved, considering

that buildings can have positive, zero, or negative balance, and that the sum of their energy generations or requests can be zero.

As a consequence, an enlargement of perspective is necessary, which considers the energy balance boundary on a broader scale. This means looking at the building not only as a single building, but as a part of a wider system of buildings (Cluster), which itself is part of an even wider system (i.e. the city or the landscape). These considerations lead to the concept of Net Zero Energy Clusters, complex systems of buildings and users, interacting with a smart grid, able to achieve the Net Zero Energy balance all together (Figure 5).

Hence, from an energy point of view, as well as from a design point of view, a main challenge in the near future will be approaching the issue of achieving a NetZE balance on the community scale.

The above proposed enlargement of perspective is quite important in terms of need for new research in the field of solar energy design, and PV in particular. The reason for this is that, till now, the use of solar technologies in buildings was not strictly related to the building energy balance. Therefore, it has been mainly approached from a technological point of view, in terms of “integration” or “addition” (i.e.: BIPV-Building Integrated Photovoltaics or BAPV-Building Attached/Added Photovoltaics), and of aesthetical performance. The domain of investigation was the building envelope. This kind of approach seems to be not sufficient anymore to envision all the ways energy generating systems can be used in relation to a building and its energy balance, and further investigation on the use of PV on site is required.¹⁰

With regard to this new research need, last May 2013 the International Energy Agency (IEA), in the framework of the Solar Heating and Cooling Programme (SHC), launched a new task, named Task 51, “Solar Energy in Urban Planning”, ending by April 2017.¹¹ Its scope includes solar energy issues related to: 1. New urban area development; 2. Existing urban area development; 3. Sensitive/protected landscapes (solar fields).

ENEA is participating in this new task with a special focus on landscapes, having as a background the work carried out in previous IEA activities, as well as on the occasion of relevant international scientific events.¹²

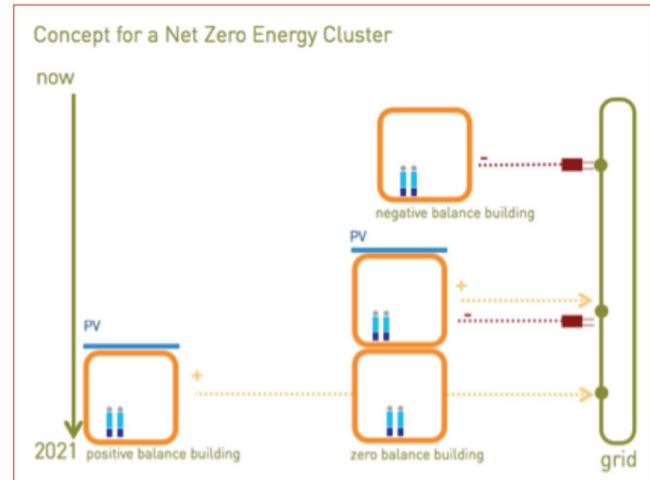


FIGURA 5 Concept for a cluster of Net Zero Energy buildings, interacting in a Net Zero Energy Community
Source: A. Scognamiglio

Photovoltaics and the Net Zero Energy Clusters Scenario

The realisation of NetZEBs, and even more of NetZECs, requires the development of suitable devices able to guarantee data exchanges between energy production and consumers, in order to adequately manage the received information to make decisions on consequent actions. A promising system might be a master/slave architecture, characterised by a unique building centralised controller (master), and some microcontrollers (slaves), placed in correspondence of every single source or each load.

In such scenario, PV technology can play an important role¹³⁻¹⁴. In fact, at the moment, distributed PV plant architectures are arising. They are characterised by N, series and parallel organised, PV generators controlled by means of modules dedicated DC-DC or DC-AC microcontrollers¹⁵⁻¹⁶ placed in the junction box or near it, on the module back. Such devices are called Distributed Maximum Power Point Tracking (DMPPT) converters or PV Power Optimiser.

The designers' aim is to improve these system performances by increasing efficiency and reliability and reducing costs. Considering the efficiency aspect in detail, any photovoltaic (PV) source shows a point of its output V-I characteristic where the delivered power

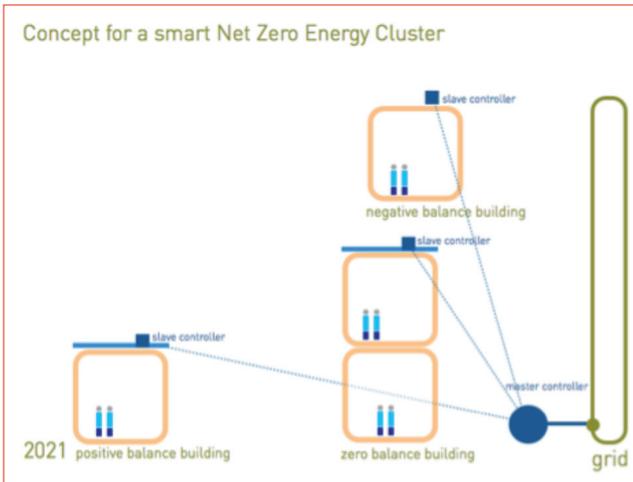


FIGURA 6 Concept for a smart Net Zero Energy Cluster
Source: A. Scognamiglio

is maximum. In order to reach the maximum efficiency, such Maximum Power Point (MPP), which changes as a function of the irradiance level and of the temperature of the panels, needs to be tracked continuously by modifying the working conditions of the PV source (Maximum Power Point Tracking, MPPT). In order to obtain “smart” PV generators, switching DC-DC converters is commonly adopted to realise MPPT and to suitably link PV sources to loads. When the irradiance level and/or the temperature of panels change, the MPPT control circuit identifies the direction along which the MPP moves and it drives the right corrections of the duty-cycle to allow the PV source to operate in the MPP. Factors which heavily characterise the functionality of a MPPT converter are the circuit topology¹⁷⁻¹⁸⁻¹⁹ of the power stage and the used control technique for the MPP tracking.

About the power-stage, the boost is the most commonly used topology, due to its low cost and ease of design. Other topologies can be used, such as the Cuk topology (i.e. buck-boost converter), which ensures more flexibility in terms of the value of the output voltage, and allows a better smoothing of the input current. However, it is more complex even from the design point of view and is more expensive.

The converter power-stage plays a strong role on the

energetic efficiency: some converter topologies can lead to better MPPT efficiency at the cost of lower input-output conversion efficiency and therefore to a lower global efficiency of the system.

Main function of these devices is the Maximum Power Point (MPP) tracking and it can be realised by different technologies and strategies.

Thanks to its easy implementation and low costs, perturbative algorithms (Hill Climbing techniques) are rather widespread in low power applications. They are essentially based on the Perturb and Observe (P&O) method: the operating point is perturbed in a given direction, then the corresponding variation of the power supplied by the PV source is monitored, and the amplitude and the sign of the subsequent perturbation of the operating point are decided on the basis of the power variation. The P&O method can be slow and easily “confused” if the characteristic parameters of the controller are not properly chosen. Other MPPT control techniques make use physical data measured on the field, such as the irradiance level, the temperature, the short circuit PV current, the open circuit PV voltage, which are processed by means of Neural or Fuzzy techniques. The MPPT control technique represents the main conditioning element of the functionality of a PV converter.

Since actually many DMPPT converters are commercially available (by Tygo, SolarEdge, Sunvision, ST Microelectronics, Texas Instrument, etc.), they could represent promising solutions to realise NET-ZEBs slave devices. In fact, nowadays, Power Optimisers are not only able to implement the MPPT function, but also to supply additional features, such as PV plant monitoring, data acquisition and communication services, together with fault diagnostic systems. Some PV power optimisers are also equipped with protective systems to the system safety enhancement. In addition, other innovative functions could be introduced to improve the PV module smartness. Furthermore, their communication system could be upgraded to permit information exchanges between the single PV generator microcontroller and the building master one.

In that way, it is possible to have, at the same time, detailed information about energy production and consumption. With reference to the different loads placed

in the building, the principal controller could also have knowledge of particular energy demands. In fact, if the master controller can have information about time and quantity of energy demand relative to every building load and it has production data, it can match them together or require grid additional resources to reach the energy balance. This main controller can recognise and suitably manage energy needs of uninterruptable loads, or it can reschedule non-urgent consumptions. As shown in Figure 6, so organised architectures are basic elements of possible Net Zero Energy Clusters, as well as of future Smart Cities and Smart Grids.

Summary and Conclusions

For years, the use of PV in buildings has been considered as a possible technical system for reducing the electricity demand of buildings from the electric grid. In such context, the main issue was how to install PV without so much changing the aesthetical appearance of the building. So, research and studies have been focused on the “integrability” and “acceptability” of PV in order to realise satisfying PV systems, conceiving buildings orientations and forms as unchangeable (optimal) characteristics in order to avoid to miss energy from PV. Such research on PV has offered the opportunity to make PV suitable for a new scenario, represented by Net Zero Energy Buildings (NetZEBs), due to the technological knowledge that has been gained.

As earlier introduced, NetZEBs can be envisioned as a sort of systems in which architectural and technical solutions work together to reach the net zero energy goal and PV represents one of the fundamental renewable technology for achieving the NetZEB goal, thanks to its potentialities in terms of integrability into the building envelope, and the decreased costs. Thus, NetZEBs morphology will likely be strongly influenced by the need to install PV for reaching the net zero energy balance. This need leads to introduce energy aspects since the first phase of NetZEBs design.

Hence, a first shift in the way PV is considered can be conceived: from a “reducing electricity demand” role for traditional buildings to a “design factor” in the new perspective of NetZEBs, in order to reach the net zero energy goal.

However, as already mentioned above, in many cases it can be necessary to calculate the net zero energy balance beyond the building physical footprint considering a wider net zero energy balance at the cluster level. This is due to the possible unfeasibility of net zero energy balance for single NetZEBs (lack of available building surfaces in dense city or in historical city centres).

Hence, from the NetZEC perspective, it could be possible to design an urban pattern, reducing energy consumptions due to a widespread ground use, such as transports and energy carriage. Moreover, it is possible to place renewables in the whole cluster, such as NetZEBs surfaces or suitable urban areas, in order to supply energy for the entire cluster and reach the net zero energy balance of the NetZEC.

Moreover, PV can represent the most suitable technology for connecting several NetZEBs and distributed PV generators. This is thanks to the scalability of such technology and, furthermore, to innovative PV modules. Indeed, innovative PV modules provided with DMPPT converters can increase the efficiency of the NetZEB PV system and can constitute a “slave/master” architecture within the NetZEC. “Slave controllers” of NetZEBs could exchange energy and information with the “master controller” of the NetZEC grid (as shown in Figure 6). Consequently, the NetZEC’s grid performs as a smart grid able to efficiently manage electricity amongst NetZEBs, solving the mismatch due to several variable “energy behaviours” and to the energy generation in order to reach the net zero energy balance of the whole cluster.

Thus, a second shift in the way PV is considered could be envisioned: from PV as a “design factor” aimed to realize NetZEBs, to PV as a “common thread” in the NetZEC, able to create connection amongst NetZEBs and the grid in order to reach the Net-ZEC goal.

The above mentioned organised urban patterns, designed thanks to a combination of Net-ZEBs, innovative PV and grid, could allow for smart NetZECs. The latter might be conceived as a part of the wide pattern of the smart city.

Engineering research taking mainly into account the energy aspects seems to be not sufficient per se to ensure the diffusion of ZEB models: in achieving the ZEB

target a major role should be played by architects and designers, who are amongst the main actors of this revolutionary change. More precisely, since the form of our buildings and cities might change radically due to this new energy requirement, the way architects will take up the challenge of designing ZEBs is crucial, for architects are highly responsible of the form of the city and of its symbolic meanings. In the near future, buildings will be designed to need very little energy (passive design strategies for energy efficiency), and to integrate active surfaces (i.e. PV modules) for generating energy. This approach requires a new way of thinking, capable of using the energy we need as an input for design.

The considerations already expressed on the potentialities of PV in achieving the ZE balance suggest a very simple architectural implication: PV is going to become an indispensable material for buildings, with the

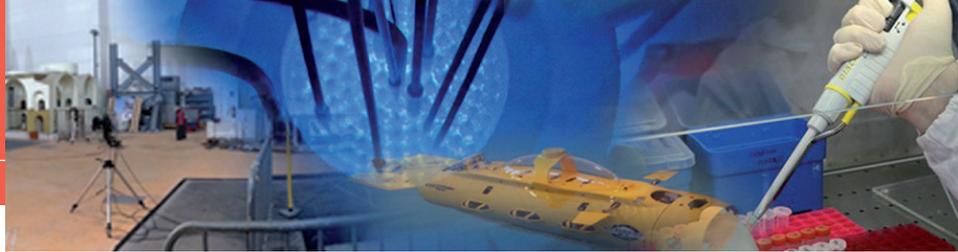
consequence of being, in the near future, a very visible part of the building composition.

Due to the mandatory request for buildings to achieve the NetZE balance, if today PV plays a minor role in the composition of the most of our building envelopes – small surfaces –, in the near future it will have a main role, as PV surfaces in buildings will likely become bigger and bigger. Research will be necessary also on the use of PV on site, that means on solar fields, too.

Furthermore, the development of NetZEBs, NetZECs and smart grid requires technology innovations. The transition to smart systems suitably equipped to generation/consumption data exchange and management is necessary to the aim of a correct resources/loads schedule to reach the energy balance. Such devices are also going to provide people and infrastructure safety and protective services, thus leading to a change in the traditional concepts of building design and realisation. ●

notes

1. EPBD recast. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union, 2010. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF> (accessed 22/11/2013).
2. For further information on the IEA-SHC-Task 41, Solar Energy and Architecture, and for the full documentation, please visit: <http://task41.iea-shc.org> (accessed 22/11/2013).
3. A. Scognamiglio, P. Bosisio, V. Di Dio, *Fotovoltaico negli edifici*, Edizioni Ambiente 2013.
4. cfr. Solar Energy Systems in Architecture. Integration criteria and guidelines, edited by Munari Probst M. C. and Roecker C, 2012, IEA SHC, available at: <http://task41.iea-shc.org/data/sites/1/publications/T41DA2-Solar-Energy-Systems-in-Architecture-28March20131.pdf> (accessed 22/11/2013).
5. For further information on the IEA-SHC-EBC Task 40-Annex 52, Towards Net Zero Energy Solar Buildings, and for the full documentation, please visit: <http://task40.iea-shc.org> (accessed 22/11/2013).
6. Voss K., Musall E., Lichtmess M. From low energy to net zero energy buildings: status and perspectives. *Journal of Green Building*, Vol. 6, Nr. 1, 2011; pp. 46-57.
7. Sartori I., et al. Net Zero Energy Buildings: A consistent Definition Framework. *Energy Buildings*, 2012, doi:10.1016/j.enbuild.2012.01.032; and: Cellura M., Guarino F., Sartori I., Scognamiglio A., Progettare i NetZEB, in *AICARR Journal* 21, September 2013, pp. 36-44.
8. Scognamiglio A., Starting points for a new cultural vision of BIPV, *Proceedings of the 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Valencia, Spain, 1-5 September 2008*, pp. 3222-3233, ISBN 3-936338-24-8.
9. Scognamiglio A., Musall E., Røstvik H. N., Photovoltaics and (Nearly) Net Zero Energy Buildings: architectural considerations, in: *Proceedings of ZEMCH 2012 International Conference*, (edited by) M. Noguchi, ZEMCH Network 2012, ISBN: 978-0-9574189-0-5, pp. 286-303; and: Scognamiglio A., Sequenza solare/Solar Strand, Domus Special Report Green Design, *Domus* 961, September 2012, pp. 74-80.
10. On developing new thinking on this topic ENEA is collaborating since 2011 with JRC in organizing an annual event named Photovoltaics | Forms | Landscapes, held on the occasion of the European Photovoltaic Solar Energy Conference (EUPVSEC). For further information: www.pv-landscapes.com.
11. A. Scognamiglio, H. Røstvik, Photovoltaics and Zero Energy Buildings: a new opportunity and challenge for design, in *Photovoltaics: Research and applications* (2012), DOI: 10.1002/rip.2286; vol. 21, issue 6, September 2013, pp. 1319-1336.
12. For further information: <http://task51.iea-shc.org/> (accessed 22/11/2013).
13. Deline C, Marion B, Granata J, Gonzalez S. A Performance and Economic Analysis of Distributed Power Electronics in Photovoltaic Systems. NREL Report No. TP-5200-50003. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, December 2010.
14. Adinolfi G, Femia N, Petrone G, Spagnuolo G, Vitelli M. Design of dc/dc Converters for DMPPT PV Applications Based on the Concept of Energetic Efficiency. *Journal of Solar Energy Engineering* Vol.132, pp.21005-1:10.
15. Roman E, Alonso R, Ibanez P, Goitia D, Elorduizapatarietxe S. Intelligent PV Module for Grid-Connected PV Systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 53, pp. 1066-1073.
16. Xiao W, Ozog N, Dunford W.G. Topology Study of Photovoltaic Interface for Maximum Power Point Tracking. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 54, pp. 1696-1704.
17. Graditi G, Adinolfi G, Femia N, Vitelli M. Comparative Analysis of Synchronous Rectification Boost and Diode Rectification Boost Converter for DMPPT Applications. *Proceedings IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, Vol.1, pp.1000-1005.
18. Graditi G, Adinolfi G. Performances analysis of different DMPPT boost converters. *Proceedings 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Vol.1, pp.3703-3707.
19. Graditi G, Adinolfi G. Energy performances and reliability evaluation of an optimized DMPPT boost converter. *Proceedings IEEE International Conference on Clean Electrical Power* Vol.1, pp.69-72.



The importance of operational flexibility in gas turbine power plants

Flexible and efficient gas turbines have a key role as back-up power plants in the near future power generation scenario to promote the diffusion of renewable sources of energy and make the idea of a low carbon world a reality

■ *Eugenio Giacomazzi*

Industrial combustion is still related to the majority of energy consumption in the world today, furthermore it is expected to continue to play a major role in the future, due to the increasing global demand for electrical energy production. The cost-effective production and use of energy with reduced emissions is a key aim in Europe. This may be achieved by increasing the efficiency of fossil-fuel-based energy conversion processes and by increasing the utilization of renewable energy sources. Gas Turbines (GTs) play a central role in power generation, due to their relatively low installed capital cost, their high flexibility, and their low emissions with respect to other energy conversion systems. Furthermore, renewable power plants, especially wind turbines (since wind day-ahead predictions are less reliable than solar ones), need to be backed up by fast-reacting gas turbine power plants to avoid outages in case of sudden and unpredictable source drops causing power fluctuations. Hence, as important parts of economic growth and increased quality of life, it is of utmost importance that gas turbines perform at maximum capacity and with minimum disruptions at all times.

Lean Pre-Mixed (LPM) combustion is the state-of-the-

art technology in stationary gas turbines for highly efficient low NO_x emission power generation using natural gas. The counterpart for liquid fuels is the Lean Pre-mixed Pre-vaporized (LPP) strategy. By means of such technologies it is possible to operate gas turbines with pollutant emissions below the limits imposed by the European Industrial Emission Directives (see Figure 1). However, especially when operated close to the lean blow out limit, these combustion strategies tend to experience large amplitude pressure oscillations due to the coupling of pressure waves, associated to the acoustics of the combustion system, and heat release fluctuations¹⁻³. These pressure oscillations can have amplitudes greater than 10% of the mean chamber pressure, however acceptable levels are much lower. Depending on the mechanical design of the combustion chamber and the frequency of the oscillations, typical limits set by manufacturers can be more than an order of magnitude lower than this. These undesired oscillations reduce the stable operating range of gas turbines (see Figure 1): they often tend to increase when working with leaner mixtures, but there are also combustion systems exhibiting some characteristic frequencies that increase with richer mixtures. These phenomena are commonly known as thermo-acoustic or “operational” combustion instabilities, or, more generally, as combustion dynamics. They may result in practical problems during gas turbine operation⁴, with detrimental impact on reliability and availability. These instabilities may, in fact, cause flashback (see

■ **Eugenio Giacomazzi**
 ENEA, Technical Unit for Advanced Technologies for Energy and Industry

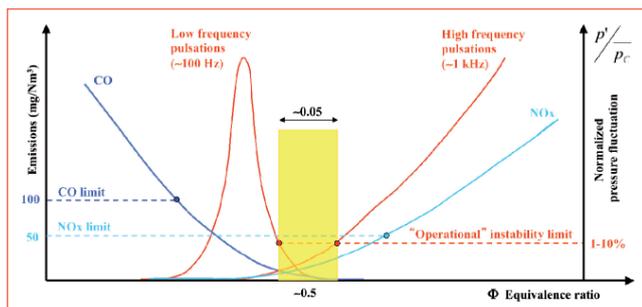


FIGURA 1 This sketch shows NOx and CO emissions, and normalized pressure fluctuation, as a function of the equivalence ratio. The nominal equivalence ratio and its stable range shown here are purely qualitative, the values being taken from a very few literature data. The pollutant emission limits reported refer to the Industrial Emission Directives (IED), burning natural gas (Nov. 2010). It is observed that, under the IED, the limits may be lower than those here reported, depending on what is agreed in the relevant Best Available Technology (BAT) Reference Document (BREF). Also individual site permit levels may be lower

Figure 2a)⁵ and lean blow out^{6,7}, they may drive vibrations in mechanical components and, more dangerously, lead to the system failure (see Figures 2b-c)^{8,9}, due to cyclic mechanical and thermal loads to the walls and turbine blades, or to cracked pieces liberated into the hot gas path.

Why improving operational flexibility

Combustion dynamics is expected to become an even more important problem in the near future for the efficient use of gas turbines. Europe, with its Energy Roadmap 2050, aims to show how to reach its decarbonisation objectives and ensure continuity of energy supply, with clean, efficient and safe power generation. There are two main paths to reach these goals: the first consists in burning alternative fuels, the second in increasing the share of renewable sources of energy. In particular, the European Energy Roadmap 2050 proclaimed that renewables will “move centre stage” and achieve “at least 55% in gross final energy consumption in 2050”^{10,11}.

The growing interest in burning alternative fuels (e.g., syngas, biomass, liquefied natural gas, shale gas, hydrogen “blends” in general)¹² is motivated by the depletion of conventional fossil fuel for energy conversion⁶, by the more commonly accepted CCS (Carbon Capture and Sequestration) techniques as the most promising answers to the issue of limitations on carbon-dioxide emissions, and by the growing acceptance of the POWER2GAS concept (e.g., converting electricity into hydrogen via electrolysis, or into synthetic natural gas) as an ideal way to store excess electricity from renewables (especially during the night time). Also the use of HENG (Hydrogen-Enriched Natural Gas)



FIGURA 2 Examples of damage. (a) Burner damage caused by flashback due to high levels of higher hydrocarbons⁸. If proposals to store / transport energy by adding hydrogen to the natural gas transmission system are implemented, the potential for flashback is likely to increase on some burners. (b) Cracks due to low-frequency (150 Hz) thermo-acoustic instabilities. (c) Damage due to high-frequency (2350 Hz) thermo-acoustic instabilities, in this case due to inappropriate tuning of the machine⁹

appears to be an economically sustainable solution to reduce the carbon intensity of natural gas, considering its compatibility (up to 20% hydrogen content in volume) with the existing transmission and distribution infrastructure, and end-use equipment¹³. Furthermore, it is observed that, depending on the gasification process and which solid is gasified, substantial differences in the resulting syngas composition occur (the CO and H₂ contents mainly determine combustion properties in terms of flame speed, flammability limits and ignition delay time). Besides this, the international trading of natural gas increases and it seems economically impossible to define a gas quality harmonization code for the feeding network^{10,14}. All these issues increase the variability of fuel composition at the inlet of gas turbine combustors, thus leading to the need for more fuel-flexible gas turbines^{6,15,16}.

Practical examples of combustion dynamics issues associated with fuel composition variation have been reported⁸. Figure 3 shows an example of combustion dynamics exceeding alarm levels in a power plant (having two fuel sources) whilst using fuel from one source, even though both fuels were within the acceptable supply specification. This problem required restricted operation (via an immediate reduction in output) and was mitigated by retuning the machine on the second fuel source.

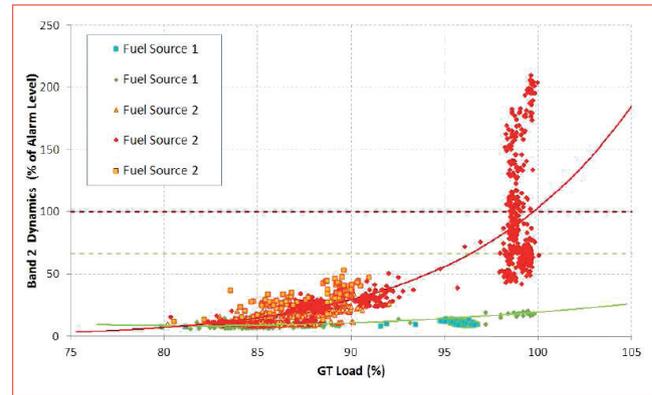


FIGURA 3 Example of combustion dynamics exceeding alarm levels due to fuel composition issues⁹

The increasing share of renewable sources of energy, unpredictably intermittent for their own nature, will produce power fluctuations in the electricity grid. Gas turbine plants not required to produce power have to be “parked” at the minimum environmental load or even shut down. In case of power fluctuations caused by renewable power plants, gas turbine power plants will be required to compensate for them¹⁷. Hence, they will be required to perform loading and unloading phases quicker than the current ones. National load ramps more than 5 GW/h are expected to be common.

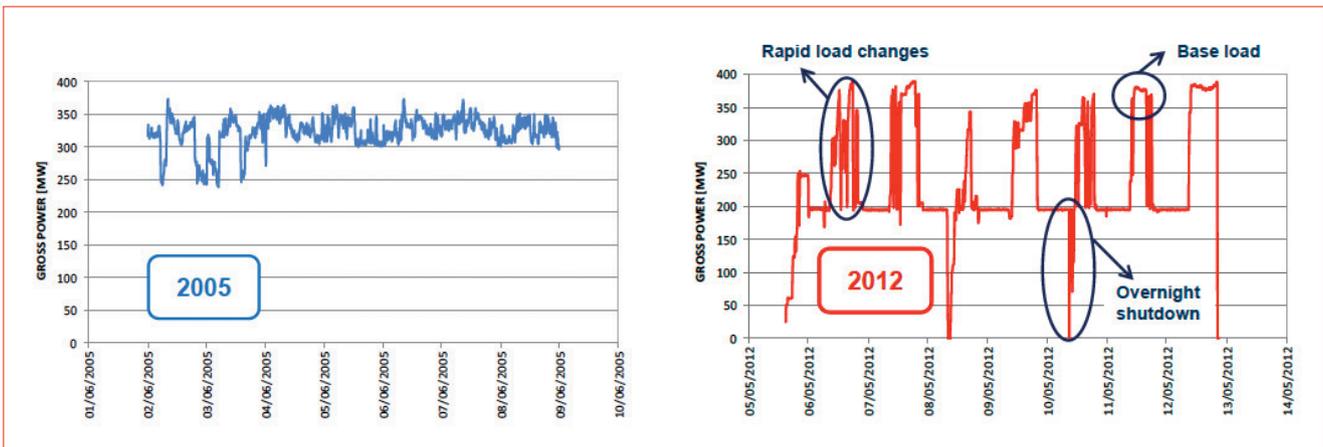


FIGURA 4 Typical weekly trend of a combined cycle power plant in Italy [courtesy of ENEL]. Power plant operation in 2012, with respect to 2005, shows an increased number of start-up / shutdown cycles, reduced operation at base load, and operation at minimum environmental load during night time

Simple GT cycles have typical ramping of 8% Full Load/min, a minimum load of 50% Full Load, and require less than 6 min for a hot start, i.e., to restart after a 12 (or less) hours off-line mode. Critical changes in managing some power plants are already experienced by users, as shown in Figure 4. These issues lead to the need for more load-flexible gas turbines.

Both the variability of fuel composition and the demand for quicker loading and unloading phases tend to enhance combustion dynamics whilst acceptable operation of gas turbines requires a “weak” dynamics. Upon this scenario, some main needs emerge: increasing fuel- and load-flexibility (both being operational flexibility) of present GT power plants, and consequently their efficiency, while maintaining safe operation conditions and low pollutant emission; identifying new more flexible GT cycles; integrating renewable and GT back-up power plants.

ENEA’s activities on gas turbine operational flexibility

The Sustainable Combustion and Processes Laboratory (COMSO) of the ENEA Technical Unit for Advanced Technologies for Energy and Industry (UTTEI), hosted

in the Casaccia Research Centre (Rome), has been working on several issues related to operational flexibility of gas turbines since 2004.

Most of its work aims at developing reliable and robust sensors able to operate in the harsh environment of gas turbine combustion chamber, and at developing signal analysis strategies for the early identification of instability precursors in real-time. In particular, ENEA patented the ODC (Optical Diagnostic of Combustion) system, the latest set-up of which is reported in Figure 5. This system consists of an optical sapphire head connected to a photo-diode by means of a quartz optical fibre. Optical filters may be used to focus on specific wavelengths (typically, OH radical line) or to remove unwanted bands (typically, the infrared emission of the combustor walls). The radiant energy signal of reacting regions is sampled at high frequency (from 200 kHz up to 1 MHz, depending on the application) and then analysed to identify characteristic pulsation frequencies during the operation of plants. Several tests^{18,19} were performed in many experimental facilities of ENEA (e.g., the COMET-HP plant) and of external operators (e.g., Savona Combustion Lab and ANSALDO rigs in Gioia del Colle), having different powers (from a few kW up to some MW) and burning

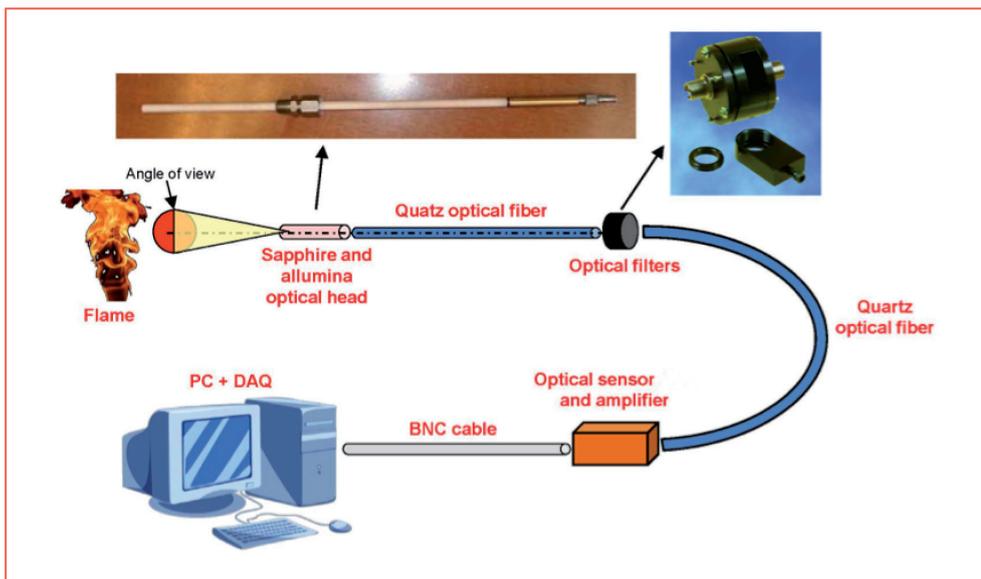


FIGURA 5 Present ODC system set-up

different fuels (from natural gas, to hydrogen and oil). Measurements showed that the auto-correlation of the radiant energy and/or pressure signals might be a good index of combustion instabilities. An example of how the auto-correlation of such quantities looks like is reported in Figure 6. The proposed ODC technique, compared with pressure transducers, is more robust, standing higher temperature (2000 °C) than pressure sensors (900 °C), and has less intrusivity, due to its smaller size (1 mm optical fibre diameter). However, further work is required to establish what is the best technique between the ODC and pressure transducers (usually applied in power plants). It is likely that coupling information coming from both sensors will be the key to definitively identify combustion instabilities.

Recently, researchers in COMSO also worked on gas turbine “parking” strategies¹⁹. They modified the fuel injection in a V64.3A prototype burner of ANSALDO ENERGIA to extend its stable operation towards the lowest partial loads, using very lean mixtures, i.e., with 0.15-0.25 equivalence ratios. Tests were performed in the COMET-HP plant.

Besides these experimental activities, COMSO also investigates on the physical mechanisms of combustion instabilities by means of numerical simulation. Some researchers developed HearT (Heat Release and Turbulence), an accurate CFD (Computational Fluid Dynamics) code for Large Eddy Simulation (LES). LES is a technique allowing to capture the unsteady features of flows, hence particularly suitable to study operational instabilities and improve their understanding. Such a numerical technique requires high-performance computing, offered by the CRESCO platforms in the ENEA Portici Research Centre.

Some other researchers in COMSO also work on the development of advanced and more flexible gas turbine cycles. Recently, growing interest has been focused on cycles using supercritical CO₂ as working fluid, for their high energy density, quick loading capability, and expected low-cost CO₂ capture strategy. All of the above activities are provided for in the Programme Agreement with MISE (the Italian Ministry of Economic Development). Recently, a big

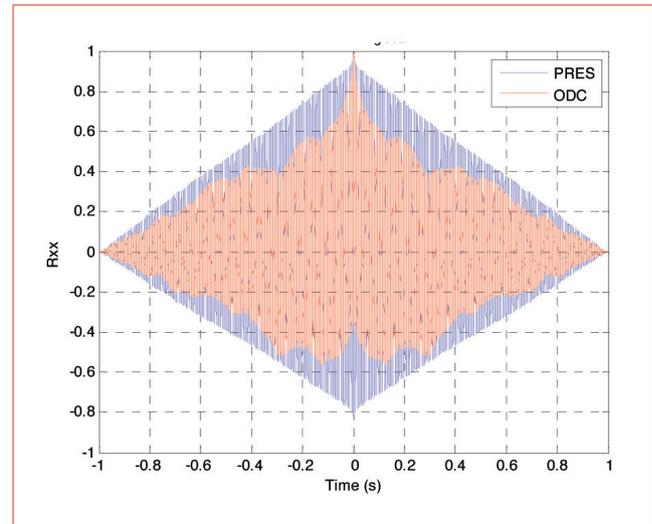


FIGURA 6 Example of auto-correlation of pressure and radiant energy signals in unstable conditions

effort has been devoted to collaborate with other European research centres, academia and industries, with the aim of organizing common projects on gas turbine flexibility within the European Research and Innovation programme Horizon 2020. In particular, COMSO is active within the European Turbine Network (ETN), where it coordinates two Project Groups on “Dynamics, Monitoring and Control of Thermo-Acoustic Instabilities in Gas Turbines” and on “Supercritical CO₂ Quickly-Ready Gas Turbine Cycles”. Together with other European partners, COMSO is also going to submit a Marie Curie ITN proposal on “Dynamics of Turbulent Flames in Gas Turbine Combustors Fired with Hydrogen-Enriched Natural Gas”.

Conclusions

Operational flexibility is a key requirement for gas turbine power plants in the near future for a couple of reasons. Firstly, to the lack of a quality harmonization code for the gas injected in the distribution network: this increases fuel composition variability at the inlet of gas turbine combustors that have to operate stably (fuel-flexibility). Secondly, to the increasing share

of renewable sources of energy in the electricity grid: this causes more likely power fluctuations to be compensated by means of gas turbine back-up power plants ready to work stably under loading and unloading phases quicker than the current ones, still maintaining low pollutant emissions (load-flexibility). Upon this scenario, combustion dynamics and the risk of damage associated with combustion instabilities are expected to increase in modern lean premixed gas turbines. Although the detrimental effects of thermoacoustic instabilities have been known for many years and significant research efforts have been dedicated to their understanding, monitoring and control, such problems are not fully resolved yet. Considering past and current literature on dynamics, monitoring and control of combustion instabilities, a lot of progress has been generally achieved in fundamental research, albeit with limited impact and exploitation in industrial applications. The effects of a varying H₂-content in the fuel, the quality of premixing or a rapid change in load on combustion instabilities remain unclear. Also, the mechanisms leading to high-frequency oscillations are not well understood. In particular, industrial interest is focused on thermo-acoustic instabilities driven by transverse waves in annular combustors. Besides, sensor technology has made significant progress in recent years and is becoming available to monitor the combustion behaviour with innovative acoustical and optical systems. Investigating all these issues and integrating results will allow to develop more reliable control systems, operate gas turbines more safely with increased flexibility and availability, and guarantee the stability of the electricity grid.

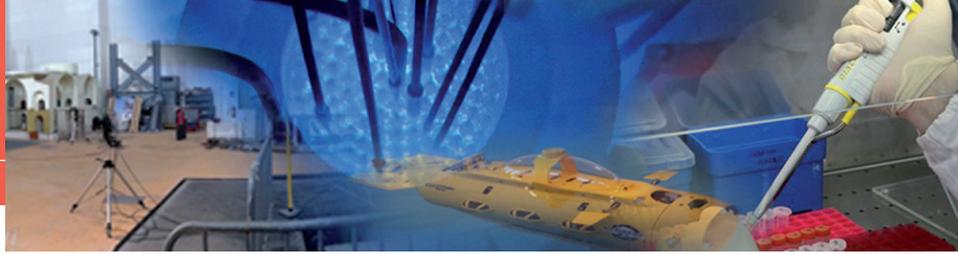
Hence, “operational” combustion instabilities are not only an “intellectual challenge” in the combustion science domain, but also a crucial problem to be solved in view of future clean and efficient power generation. Hence, this fully justifies a synergic effort, cooperation and networking among researchers, users and producers of gas turbines to provide real-world-connected directions to fundamental research, improve the impact and exploitation in industrial applications, and put in practice the future clean and efficient power generation laid out in the European Energy Roadmap 2050. ●

Acknowledgements

The author gratefully acknowledges all the European Turbine Network members that expressed their interest in the “Combustion Instabilities” Project Group within ETN, especially David Abbott [E.ON] and Sergio Rizzo [ANSALDO ENERGIA], for their support through useful discussions, suggestions and sharing of information.

references

- [1] Candel S.M. and Poinot T.J., “Interactions between acoustics and combustion”, *Proceedings of the Institute of Acoustics*, 10:103-153, 1988.
- [2] Culick F.E.C., “Combustion instabilities in liquid-fuelled propulsion systems—an overview”, *Technical Report AGARD-CP-450*, AGARD, 1988.
- [3] Dowling A.P., “The calculation of thermoacoustic oscillations”, *J. of Sound and Vibration*, 180(4):557-581, 1995.
- [4] Liewen T, Yang V, editors. “Combustion instabilities in gas turbine engines: operational experience, fundamental mechanisms, and modeling”, *Progress in Astronautics and Aeronautics*, 210:611–34, 2005.
- [5] Tuncer O., Acharya S., and Uhm J.H., “Dynamics, NOx and flashback characteristics of confined premixed hydrogen-enriched methane flames”, *Int. J. Hydr. En.*, 34:496-506, 2009.
- [6] Liewen T., McDonell V., Petersen E., and Santavicca D., “Fuel flexibility influences on premixed combustor blowout, flashback, autoignition and stability”, *ASME paper*, GT2006-90770, 2006.
- [7] Chao Y. C., Chang Y. L., Wu C. Y., and Cheng T. S., “An experimental investigation of the blowout process of a jet flame”, *Twenty Eight Symp. (Int.) Comb.*, 2000.
- [8] Abbott D., “Practical examples of the impact of variations in gas composition on gas turbine operation and performance”, *Gas to Power Europe Forum*, January 2012.
- [9] Goy, C.J., James, S.R., Rea, S., “Monitoring combustion instabilities: E.ON UK’s experience”. Chapter 8 in [4], pp. 163-175, 2005.
- [10] European Community Report, “Study on Interoperability, Gas Quality Harmonization, Cost Benefit Analysis, Preliminary report for consultation”, performed by GL Noble Denton and Pöyry Management Consulting, July 2011.
- [11] European Community Report, “Energy Roadmap 2050”, COM(2011) 885/2, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, December 2011.
- [12] Annual Energy Outlook 2012, early release overview, eia, U.S. Energy Information Administration, 2012.
- [13] National Grid plc and Atlantic Hydrogen Inc., “Hydrogen-Enriched Natural Gas”, Report for Gas Industry Executives, Utility Regulators, Policy Makers and Energy Administrators, 2009.
- [14] Bryant, N., Study on “Interoperability – gas quality harmonization – cost-benefit analysis”, GL Consultancy and Pöyry, contracted on behalf of the European Commission, to be released in January 2012.
- [15] ETN, European Turbine Network Position Paper on “Gas Turbine Fuel Flexibility for Zero Emission Power Plants”, August 2007.
- [16] ETN, European Turbine Network Position Paper on “Impact of Natural Gas Quality on Gas Turbine Performance”, Abbott D.J., Maunand J., Deneve M., Bastiaans R., February 2009.
- [17] ETN, European Turbine Network Position Paper on “Enabling the Increasing Share of Renewable Energy in the Grid – Technological Challenges for Power Generation, Grid Stability and the Role of Gas Turbines”, May 2011.
- [18] Bruschi R., Giacomazzi E., Giulietti E., Stringola C., Nobili M., Pagliaroli T., Giannattini S., “An optical technique for the identification and tracking of combustion instabilities”, *Seventh Mediterranean Combustion Symposium, MCS-11*, Cagliari (Italy), 11-15 Sept. 2011.
- [19] Giacomazzi E., Giulietti E., Stringola C., Chiocchini S., Cassani S., Pagliari L., “Combustion Monitoring in Gas Turbines and Enhanced Stability at Very Lean Conditions”, GT2014-25506, *Proceeding of ASME Turbo Expo, Dusseldorf, Germany, 16-20 June, 2014.*



Modeling by RELAP5-3D[®] system code of the instability transient occurred on 25th February 1999 at the Oskarshamn-2 BWR

The OECD/NEA proposes a new international benchmark based on the Boiling Water Reactor instability transient occurred on 25th February 1999 at the Oskarshamn-2 Nuclear Power Plant (Sweden), with the aim of testing the coupled tridimensional neutron kinetics-thermal-hydraulic (3DNK-TH) codes on a challenging simulation. The ENEA Engineering Simulator Laboratory is participating involving a computational model for the RELAP5-3D[®] code. Currently a complete thermal-hydraulic and 3D neutron kinetics description of the core has been achieved. The simulation results and analyses allowed to fully understand the phenomena, and demonstrated the model suitability in reproducing the instability event with a good level of accuracy

■ Paolo Balestra, Carlo Parisi, Emanuele Negrenti, Massimo Sepielli

Several OECD/NEA benchmarks, carried out in the past, have established the validity of the coupled tridimensional neutron kinetics-thermal-hydraulic (3DNK-TH) codes for the simulation of most of the anticipated operational occurrences (AOOs) for Light Water Reactors (LWR).

In particular, benchmarks on the operating Generation II LWR have been carried out. For example:

- 1) "TMI-1" Main Steam Line Break (MSLB) benchmark¹
- 2) "Peach Bottom" Boiling Water Reactor (BWR) Turbine Trip benchmark²
- 3) "Kozloduy-6" Main Coolant Pump transient³
- 4) "KALININ-3" Main Coolant Pump switch-off a Hot Full Power benchmark⁴

- 5) "Ringhals-1" BWR Stability benchmark (Stability tests simulation)⁵

For the "Stability Benchmarks", it might be useful to mention also:

- 6) "Forsmark 1 & 2" BWR Stability Benchmark (Time Series Analysis Methods for Oscillation during BWR Operation)⁶.

Now the OECD/NEA proposes a new international benchmark based on the data collected from an instability transient, occurred at the Unit 2 of the Oskarshamn Nuclear Power Plant (NPP)¹⁰, with the aim of testing the 3DNK-TH codes¹¹ on more challenging situations like diverging thermo-hydraulic (TH) and neutronic (NK) unstable BWR power oscillations, with and without scram. As shown in Table 1, many organizations of various nationalities are participating to this benchmark, demonstrating the strong interest in the validation of 3DNK-TH codes.

Such event is particularly suitable for 3DNK-TH codes benchmarking since the reactivity insertion, caused by

■ Paolo Balestra, Carlo Parisi, Emanuele Negrenti, Massimo Sepielli
 ENEA, Technical Unit for Nuclear Fission Technologies and Facilities, and Nuclear Material Management

Organization	Nationality	Organization	Nationality
VTT/Nuclear Energy	Finland	Royal Institute of Technology (KTH)	Sweden
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	Germany	Paul Scherrer Institute (PSI)	Switzerland
GRS	Germany	Pennsylvania State University (PSU)	USA
AREVA	France	University of Illinois	USA
ENEA	Italy	University of Michigan	USA
GRNSPG/University of Pisa	Italy	General Electric – Hitachi (GEH)	USA
Universitat Politècnica de Valencia (UPV)	Spain	OKG AB	Sweden

TABLE 1 Oskarshamn-2 BWR stability benchmark participants

the increasing moderator density and by the failure of a control logic, brought the reactor to operate in an unstable region with a generation of power oscillations having a decay ratio greater than one. The transient ended up in a reactor scram because of the large power excursion.

The Nuclear Engineering Simulator Laboratory (UFISST-SIMING) of the ENEA “Casaccia” Research Centre participates in this benchmarking activity, using the US-developed Best-Estimate (BE) RELAP5-3D© system code¹². This paper presents a summary of such activities and is structured as it follows. In the next paragraph, the BWR coupled neutronic/thermal-hydraulics instability phenomenon^{7,8,9} is briefly described while, then, the Oskarshamn-2 (O-2) event description is reported. Further on, the developed

3DNK-TH model and auxiliary software for handling the large amount of geometrical data and for performing the CASMO code¹³ cross section libraries interpolation is described. Afterwards, the steady state and the O-2 instability event analyses are reported. Finally, the conclusions are presented.

The BWR coupled neutronic/thermal-hydraulic instability

The BWR coupled neutronic/thermal-hydraulic instability events consist in neutronic and thermal hydraulic core parameters (power, coolant flow, void fraction, etc.) oscillations induced by an initial perturbation. Figure 1 shows as the initial low flow perturbation trigs two delayed feedback effects, a decrease in the channel pressure drop (TH feedback) and a lower power generation (NK feedback) caused by the consequent higher void fraction. The reduced channel pressure drop induces an increase in the inlet flow, causing a reduction of the void fraction. Thus, the increased mass flow increases the pressure loss again, just as the decreased void fraction causes an increase in the local power (NK feedback). Such oscillations can be decreasing, stable, or diverging, depending on the magnitude and the time constants of each one of the involved core parameters (fuel heat capacity, channel pressure drop, void coefficient neutronic feedback, ...). The occurrence of such a phenomenon with diverging oscillations is avoided by operating a BWR outside the red/orange zones reported in the Power-Flow Map of Figure 2. In fact, if the reactor is accidentally operated into such zones, also the reactor noise is sufficient to

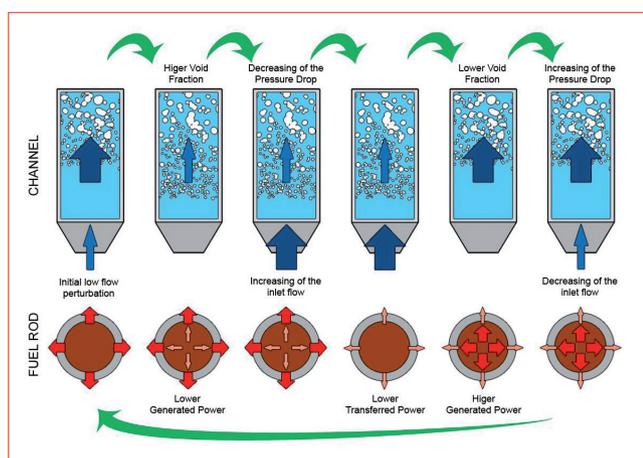


FIGURE 1 Coupled Neutronic/Thermal-hydraulic instability mechanism

trigger the diverging instabilities. The Power-Flow Map thresholds (i.e., the reactor stable domain) depends on the aforementioned reactor parameters as the negative void neutronic feedback, the fuel heat conduction, the axial power shape, etc.

Event description

The O-2 NPP is a 1700 MWth BWR. On February 25, 1999 a maintenance work was performed on the switchyard. After finishing this task, the normal electric supply was restored, during which the power supply to a bus bar was unexpectedly interrupted for 150 milliseconds. This caused a “load rejection signal” in the plant logic, causing a turbine trip. However, due to a failure in the relay circuit, the “load reject” signal was never transmitted to the reactor, which continued to operate at full power.

Because of the turbine trip and opening of the steam line bypass valves, the feedwater preheater system was no longer functional and the feedwater temperature decreased by 75 °C over a period of 150 seconds. The injection of such cold water into the reactor generated a positive reactivity feedback, increasing the core power level. A pump controller reduced the main recirculation flow when the reactor power increased more than 2% above the nominal power, thereby reducing the power.

The pump slowdown was performed three times, yet the core power level continued to increase because of the cold water injection. Thus the operators reduced the reactor power by fully inserting 7 predefined control rods and by further decreasing the core flow.

The reactor power was at 65% and the core flow at 3200 kg/sec, with a continue injection of cold feedwater. Thus the reactor entered into the “instability zone” of operation (see Figure 2), with a self-sustained and diverging core-wide parameters oscillations.

The reactor power started to oscillate with increasing amplitudes over a period of 20 seconds. The reactor scrammed due to high power at 3 minutes and 6 seconds after the initial load rejection event, when the power exceeded 132% at 2500 kg/s recirculation flow. The event was not of safety concern because of prompt actuation of the safety control system.

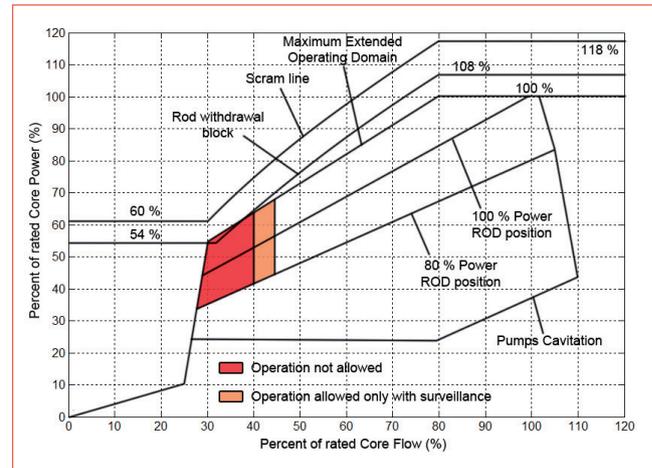


FIGURE 2 Typical BWR Power-Flow map

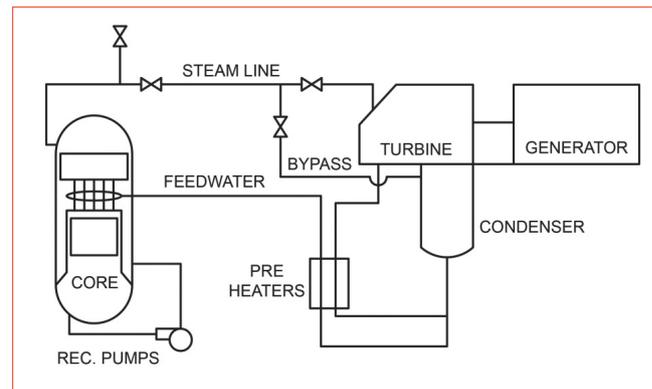


FIGURE 3 Simplified BWR scheme

RELAP5-3D© modeling

In O-2, the core power is generated in 444 Fuel Assemblies (FA) and is removed by a nominal recirculation mass flow rate of about 7700 kg/s. The core presents some heterogeneities since FA of four different fuel vendors are employed. Coolant recirculation is obtained by four external recirculation loops, each one equipped with a recirculation pump (no internal jet pumps). CASMO code¹³ Cross Sections (XSecs) libraries interpolation and pre- and post-processing data were performed using in-house developed tools. The calculation scheme used is reported in Figure 4.

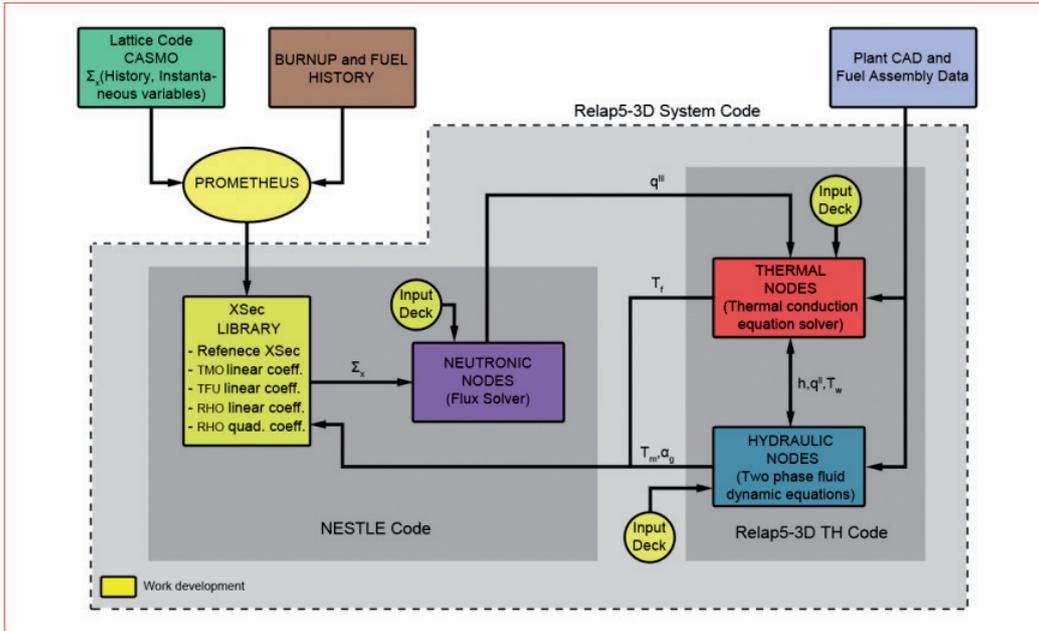


FIGURE 4 Calculation scheme

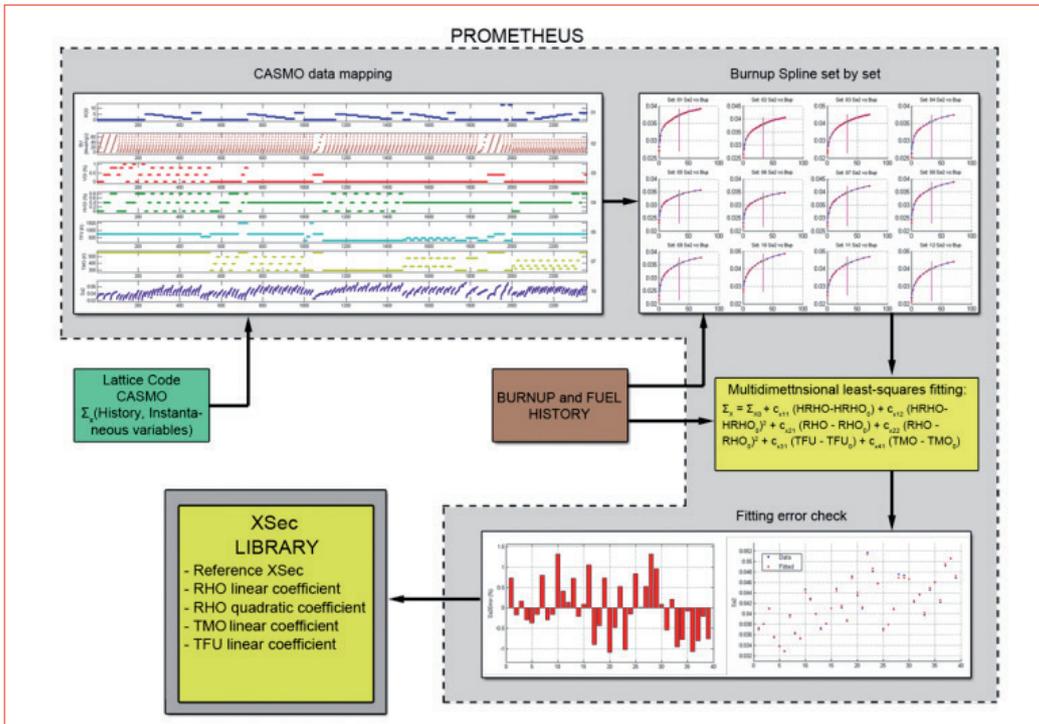


FIGURE 5 PROMETHEUS XSec interpolation scheme

Cross-section database & interpolation

The plant XSecs data supplied by the benchmark organizers are in the CASMO code format⁵, which is not compatible with NESTLE, the RELAP5-3D© 3DNK routine. The CASMO data files provide different XSecs values, parameterized as a function of the FA history variables and of instantaneous variables. The history variables that are taken into account include the Burn-Up (BUP) and the burn-up averaged moderator density (HRHO). The instantaneous variables taken into account are the moderator density (RHO), the fuel temperature (TFU), the moderator temperature (TMO), and the CR position (ROD). In NESTLE code (Figure 4), each 3DNK node needs to carry out the information defining the neutronic history and behavior of the considered part of an FA. Therefore a suitable base cross-section and four variation coefficients have to be input into the code.

The PROMETHEUS tool was developed for performing CASMO libraries interpolation, deriving base XSec and their variation coefficients using a cubic spline interpolation and least square method. An automatic calculation of the deviation between interpolated data and the original XSec libraries data is also performed for verification purposes.

The PROMETHEUS workflow is given in Figure 5. Boundary conditions for performing the interpolation are provided for defining the February 25, 1999 event.

The 3D NK Nodalization

The 3D NK model includes a full core description. All the 444 FA plus the bottom, the top and the radial reflectors are individually simulated. For the active core simulation, 25 uniform axial meshes are used, plus 1 mesh for the bottom and top reflectors. The radial reflector is modeled by 27 axial meshes as well. Coupling with the RELAP5-3D© TH model is achieved by employing an one-by-one mapping between the 3D NK node and the corresponding TH node. Finally, the whole core neutronic simulation is achieved by using 14472 NK nodes. Figure 6 shows a sketch of the 3DNK nodalization.

The TH Nodalization

The four recirculation loops were collapsed in one

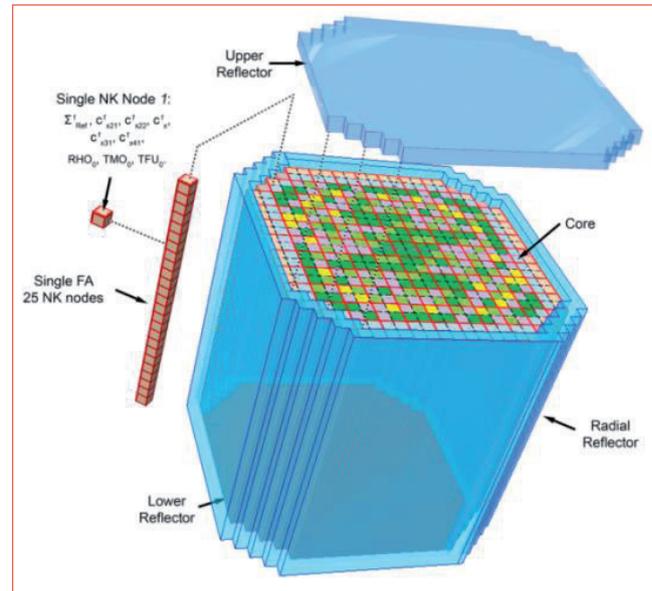


FIGURE 6 3D Core NK nodalization

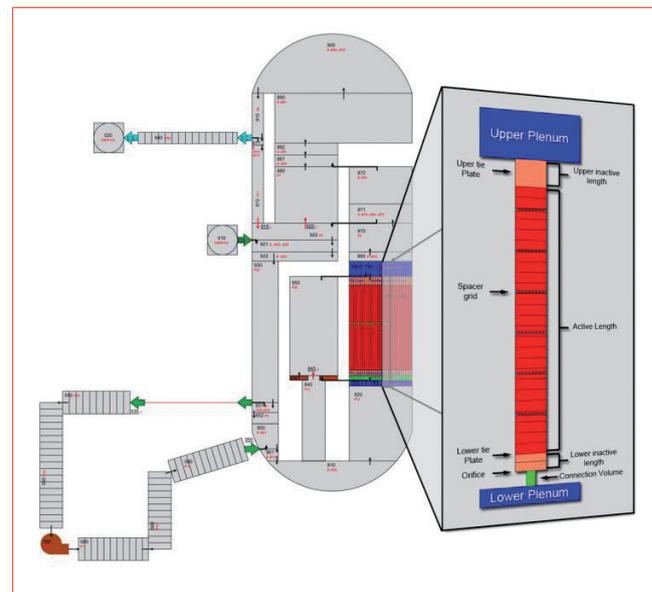


FIGURE 7 Reactor and single channel TH nodalization

equivalent TH loop, scaling the pump characteristics and the pipes cross-sectional flow areas. The same was done for the four steam lines (SL) and the four feed

water lines (FW). The passive heat structures (vessel, barrel, etc.) were not simulated. Particular care was devoted to the core simulation, in order to consider all the relevant phenomena involved in the instability event (axial and radial power distribution, channel pressure drops, channel-to-channel interactions, etc.). Therefore all the 444 core FA are modeled by 222 TH channels using the core anti-symmetry and coupled to the corresponding 3D NK nodes via the developed mapping scheme. The core active length is simulated by using 25 axial meshes with size proportional to the max dominant phase velocity (i.e., larger meshes at the top and finer to the bottom) to keep the Courant Number as close as possible to the unity, thus minimizing the numerical diffusion. Also the inlet and outlet core volumes are modeled with particular care by using a pseudo-3D modeling, based on 110 interconnected branches. An example of a single channel nodalization and of the whole TH nodalization is shown in Figure 7.

The total number of hydraulic volumes used to model the reactor, not including the core and the bypass, is 489. The 444 core channels and the reflector are instead modeled by 6467 hydraulic volumes. To model the core power generation into the fuel, 5550 heat structures were used.

Results

Steady state analysis results

The results of the steady state (SS) analysis are given in Table 2. Comparison with the NPP measured data, and with the data obtained by the NPP code, “BISON”¹⁴, developed by the reactor vendor (Westinghouse) and used by the NPP operators, are reported in the last column. It should be noted that the Boundary and Initial Conditions (BIC) for the NPP code are slightly different from the one used for the RELAP5-3D® simulation.

In the following figures, some of the SS results are reported. In Figure 8, the 3D distribution of the fission power within the core (left) is shown. Also in Figure 8 (on the right), it can be seen how the central CR, almost totally inserted (from the bottom), flattens the radial power profile.

In Figure 9 (left), it can be noticed how the orifices of FA, calibrated according to the position in the core and to the FA type, redistribute the flow into the core. Also in Figure 9 (right), it can be seen how the exit void fraction is greater near the center and lower near the core periphery.

In Figure 10 instead, it can be noticed how the average value of the void fraction and the axial power shape

NAME	Unit	NPP	NPP code (BISON)	RELAP5-3D	Rel. error
Reactor Power	MW	1798.6	1802	1798.6	IMPOSED
Steam Dome Pressure	MPa	6.93	7.00	6.94	0.12%
Core Inlet Pressure	MPa	N/A	7.166	7.095	-0.99%
Core Outlet Pressure	MPa	N/A	7.067	7.000	-1.00%
Core ΔP	kPa	N/A	98.8	98.4	-0.37%
Core Average Void	//	N/A	0.42	0.44	4.68%
Core Average Fuel Temp	K	N/A	816.67	854.63	4.65%
Feed water Temperature	K	457.65	N/A	457.65	IMPOSED
Core Inlet Temperature	K	547.30	548.05	547.14	-0.03%
Total Core Flow Rate	kg/s	5474.0	5515.9	5474.0	0.00%
Active Core Flow Rate	kg/s	N/A	4793.5	4759.9	-0.70%
Steam Flow Rate	kg/s	900.0	976.0	904.6	0.51%
K-eff	//	N/A	1.0026	1.0021	-50 pcm

TABLE 2 SS analysis results

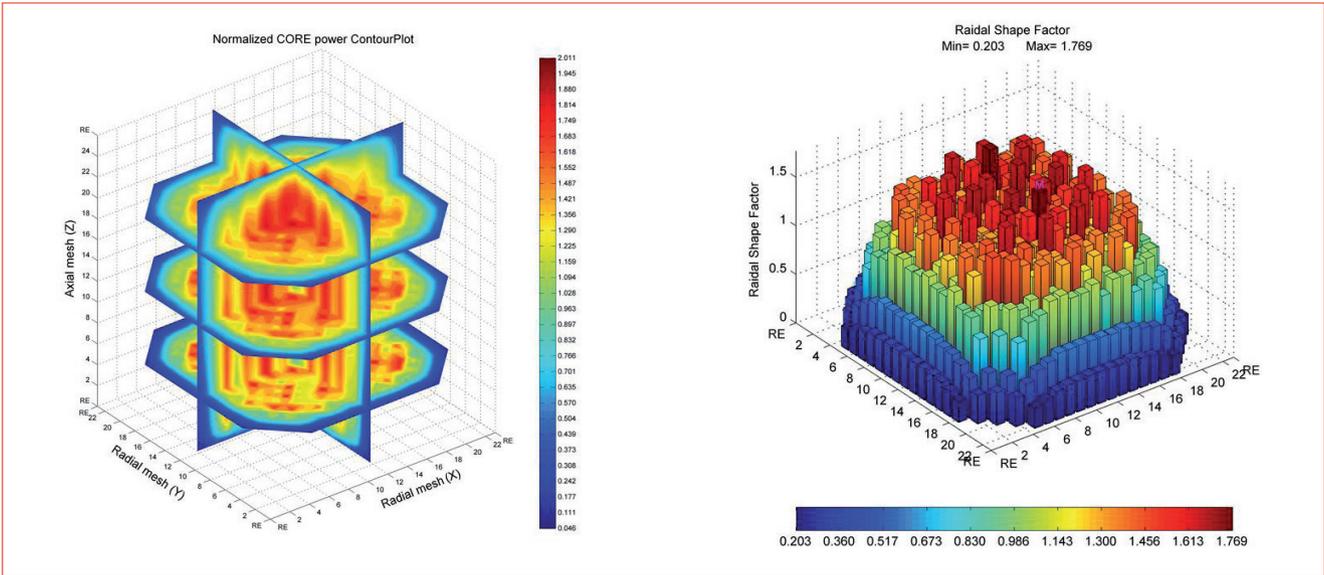


FIGURE 8 Normalized Core Power and Radial Power shape factor

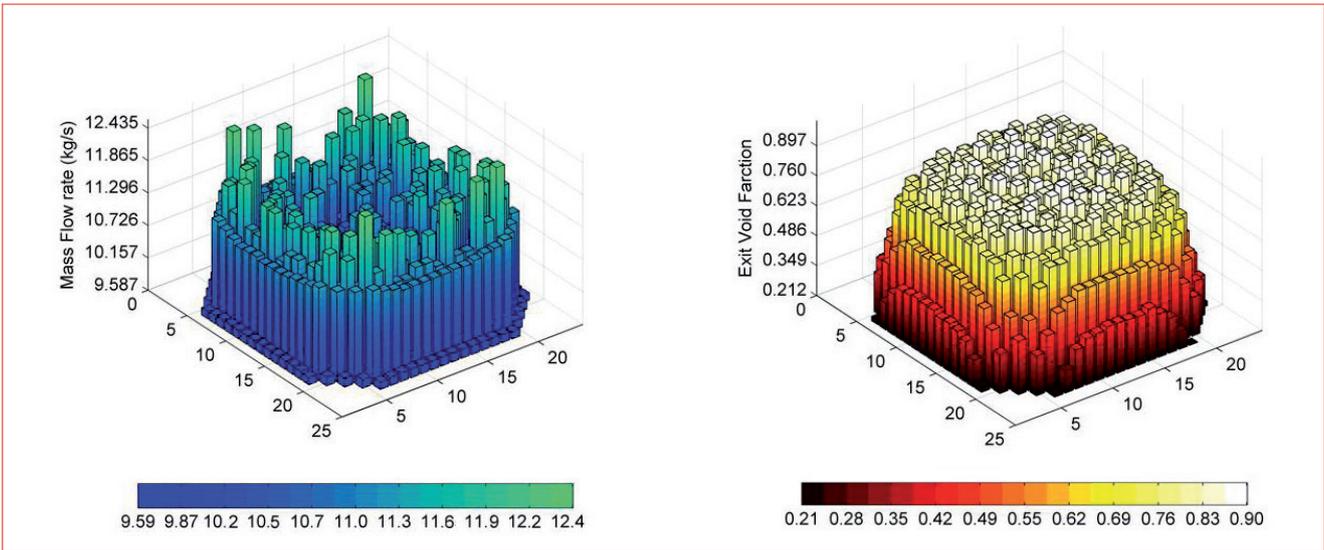


FIGURE 9 Channels mass flow rate and exit void fraction

factor calculated by RELAP5-3D© match with those calculated by the NPP code.

Transient analysis results

In the following figures (11 and 12), the results of

the transient analysis are reported and compared with the measured data. The calculated parameters (Figure 11 and Figure 12) are in good agreement with the measured plant data and the deviations are acceptable. In particular, Figure 11 shows how, during

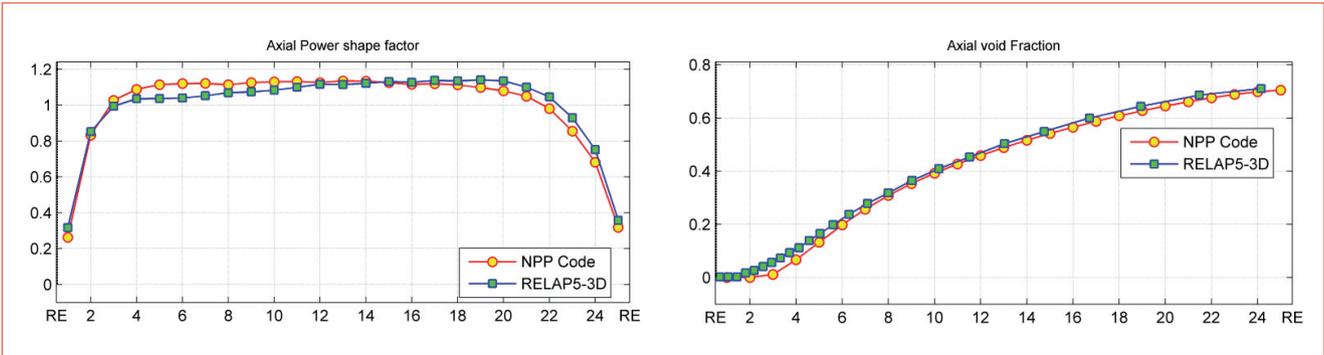


FIGURE 10 RELAP5-3D vs. NPP code: Axial power shape factor (left) and Average axial void fraction (right)

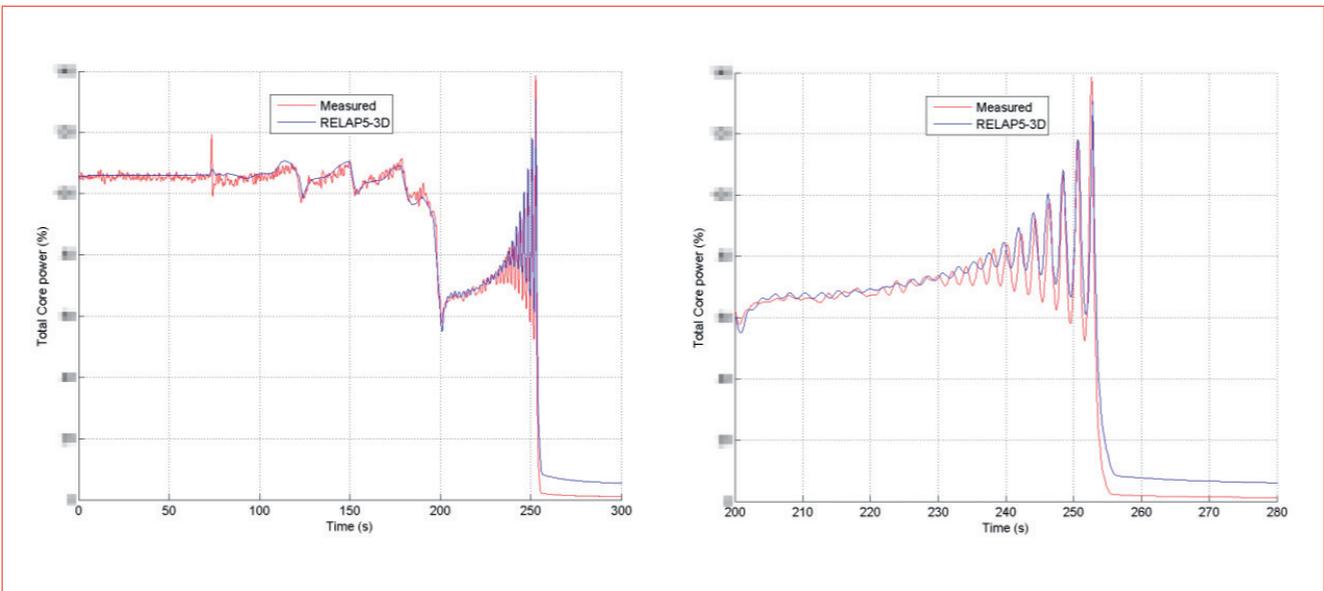


FIGURE 11 February 25, 1999 transient: total core power (left) and the instability event (right), calculated vs. measured

the oscillations, the average value of the predicted power conservatively exceeds the measured one, probably due to uncertainties in the input data, which become more significant when the NPP status is far from the initial SS conditions.

In Figure 13, four frames representing the variation of the calculated radial power distribution during a period of the instability event (about 2 s, or 0.5 Hz) are reported. These values are scaled to the SS values. The three-dimensional analysis allows to identify

the hot spot position into the core, and to monitor it during the transient. In our simulation the hot spot stays in the same channel, but, according to the nature of the density wave perturbation⁸, it changes its axial position. The core maximum clad temperature and the core average clad temperature are shown in Figure 14.

The hot spot clad temperature is strongly influenced by the power oscillations after 250 s, rapidly increasing but never being of safety concern.

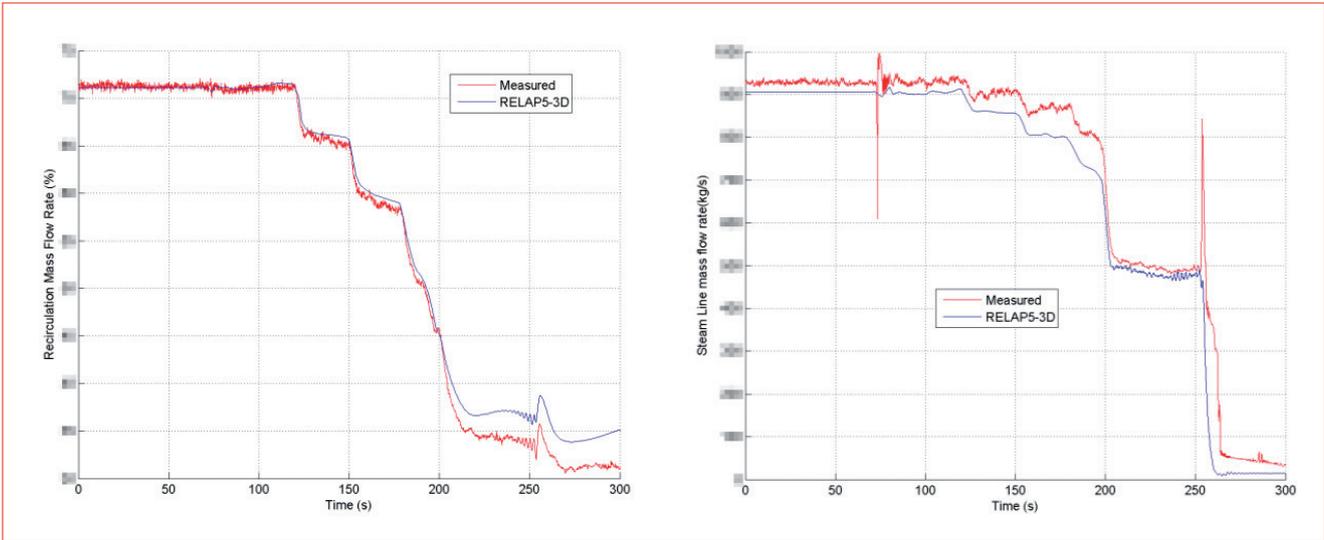


FIGURE 12 February 25, 1999 transient: recirculation mass flow rate (left) and steam line mass flow rate (right), calculated vs. measured

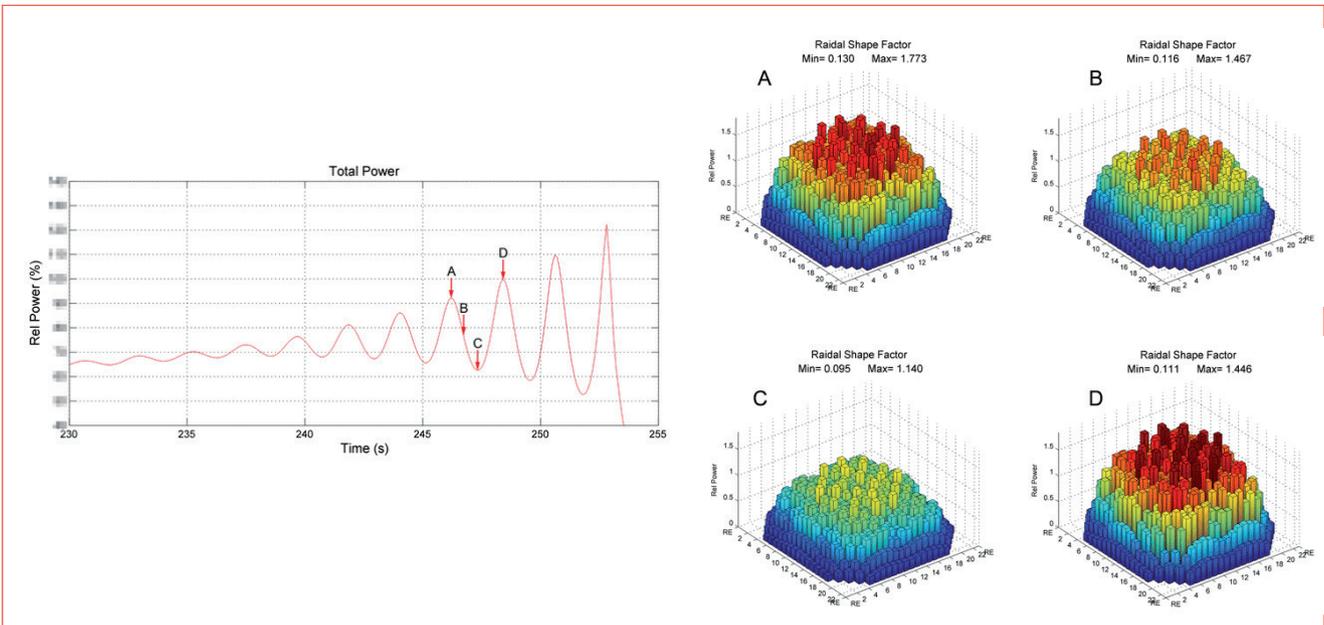


FIGURE 13 Radial Power distribution during a period of the instability event

Conclusions

Main objective of this work has been the development of a state-of-the-art 3D NK TH model for studying BWR

instability events by the BE RELAP5-3D© system code. The model and the transient analyses were qualified using plant data made available to the UTFISS-SIMING Lab of the

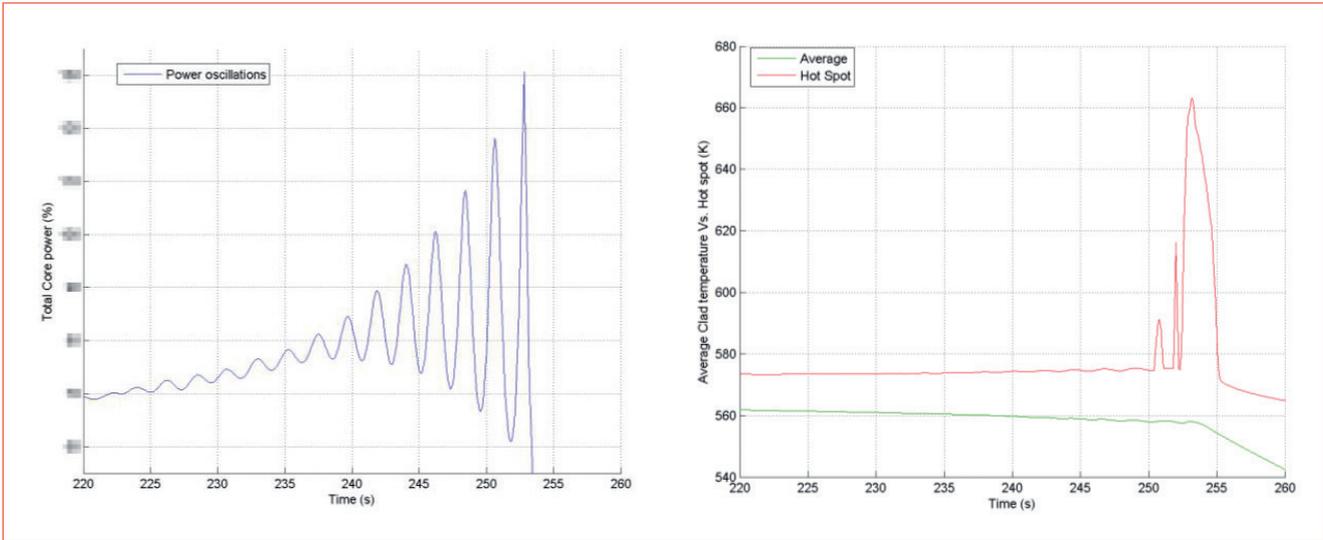


FIGURE 14 Core averaged clad temperature vs. hot spot temperature

ENEA “Casaccia” Research Centre in the framework of the OECD/NEA “Oskarshamn-2” international benchmark. The work activities demonstrated the BE capabilities of the RELAP5-3D© system code in reproducing the BWR instability events with a high degree of resolution.

Moreover, in order to perform such a simulation, a complete software platform has been developed for

- the management of the huge amount of data concerning the geometry of the reactor,
- the generation of RELAP5-3D©-compatible XSecs libraries (PROMETHEUS),
- the generation of the more than 169,000 lines of the RELAP5-3D© input deck.

The benchmarking activities are still in progress, and future works will be devoted to:

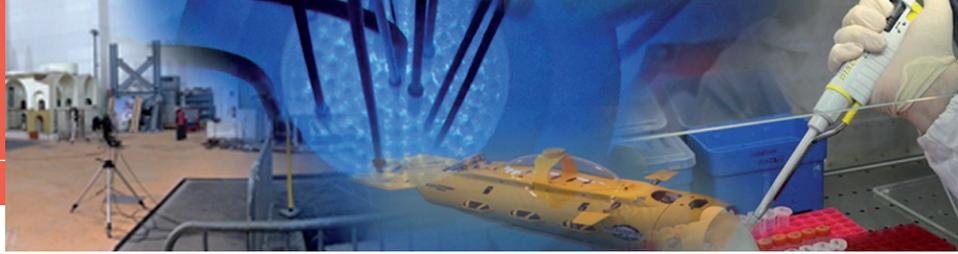
- 1) clarifying some relevant uncertainties (e.g., fuel gas gap conductance);

- 2) performing blind calculations of some stability tests executed on the O-2 reactor three months before and three months after the event;
- 3) simulate an “extreme scenario” (an Anticipated Transient Without Scram, or ATWS) based on the instability event;
- 4) validate the auxiliary software developed to calculate the “Decay Ratio” and “Natural Frequency” of the power oscillations, or the FEDR tool (“Frequency Decay et Ratio calculator”), using the data of the “Forsmark 1 & 2” Benchmark supplied by the OECD/NEA;
- 5) collaborate with the US-DOE Idaho National Laboratory in order to carry out instability simulations using the new advanced 3DNK code PHISICS (Parallel and Highly Innovative Simulation for INL Code System)¹⁵.

references

1. K. N. Ivanov, T. M. Beam, A. J. Baratta, A. Irani e N. Trikouros, “Pressurised water reactor Main Steam Line Break (MSLB) Benchmark”, Volume I: Final Specifications, OECD/NEA Report NEA/NSC/DOC(99)8, Paris, France, April 1999.
2. J. Solis, K. N. Ivanov, B. Sarikaya, A. M. Olson e K. W. Hunt, “Boiling water reactor Turbine Trip (TT) Benchmark, Volume I: Final Specifications”, OECD/NEA Report NEA/NSC/DOC(2001)1, ISBN 92-64-18470-8, Paris, France, 2001.
3. B. Ivanov, K. Ivanov, P. Groudev, M. Pavlova e V. Hadjiev, “WER-1000 Coolant Transient Benchmark PHASE 1 (V1000CT-1), Vol. I: Main Coolant Pump (MCP) switching on. Final Specifications”, OECD/NEA Report NEA/NSC/DOC(2002)6, Paris, France, 2002.

4. V. A. Tereshonok et al., «KALININ-3 Coolant Transient Benchmark – Switching-off of One of the Four Operating Main Circulation Pumps at Nominal Reactor Power - Specification», OECD/NEA Report NEA/NSC/DOC(2009)5, Paris, France, 2008.
5. T. Lefvert, "BWR Stability Benchmark, Final Specification", OECD/NEA Report NEA/NSC/DOC(94)15, Paris, France, March 1994.
6. G. Verdu, M. J. Palomo, A. Escrive e D. Ginestar, "FORSMARKS 1 AND 2 Stability benchmark, Final Problem Specifications", OECD/NEA Report NEA/NSC/DOC(2001)2, Paris, France, June 2001.
7. F. D'Auria, W. Ambrosini, T. Anegawa, J. Blomstrand, J. In De Betou, S. Langenbuch, T. Lefvert and K. Valtonen, "State of the art Report on Boiling Water Reactor Stability", OECD/NEA Report NEA/CSNI/R(96)21, Paris, France, 1997.
8. J. March-Leuba, "Density Wave Instabilities in Boiling Water Reactors", Oak Ridge National Laboratory Report ORNL/TM-12130 (or NUREG/CR-6003), Oak Ridge, Tennessee, USA, 1992.
9. I. Hideaki, F. Takanori, K. Yuichiro, S. Hideo and M. Shinya, "BWR Stability Issues in Japan," Science and Technology of Nuclear Installations, Volume 2008, Article ID 358616, 11 pages, Hindawi Publishing Corporation, 2007.
10. T. Kozłowski, et. al. ""BWR Stability Event Benchmark based on Oskarshamn-2 1999 Feedwater Transient", OECD/NEA report (restricted access), 2012.
11. F. D'Auria, G. M. Galassi and A. Bousbia Salah, "Neutronics/Thermal-hydraulics Coupling in LWR Technology, CRISSUE-S WP1 Project, OECD/NEA Report No. 4452, ISBN 92-64-02083-7, Paris, France, 2004.
12. The RELAP5-3D© Code Development Team, "RELAP5-3D© code manual volume I: code structure, system models, and solution methods", Idaho National Laboratory Report INEEL-EXT-98-00834, rev. 4.0, June 2005, Idaho Falls, Idaho, USA.
13. J. D. Rhodes, K. S. Smith and D. Lee, "CASMO-5 Development and Applications", ANS PHYSOR-2006 Conference, Vancouver, Canada.
14. Westinghouse, Boiling Water Reactor Safety Analyses, NF-FE-0034, Cranberry Township, PA 16066, USA, May 2012.
15. C. Rabiti, Y. Wang, G. Palmiotti, H. Hiruta, J. Cogliati e A. Alfonsi, "PHISICS: A New Reactor Physics Analysis Toolkit", presented at the American Nuclear Society (ANS) Summer meeting 2011. Idaho National Laboratory Report INL/CON-11-21116, Idaho Falls, Idaho, USA, 2011.



Seismic isolation: the key to the revival of masonry in civil structures

The poor resistance to horizontal seismic actions of old masonry buildings, testified by catastrophic collapses after strong earthquakes, and the geometric restrictions enforced by technical codes discouraged from their application during last decades. On the other hand masonry, especially brick masonry, has a greater durability compared with other materials, as shown by many works of the past still existing nowadays. Thanks to the base isolation system, masonry structure has not to withstand significant seismic action, so that the architectural plan could have the freedom required to obtain better aesthetic results. Furthermore, brick masonry can guarantee optimal energy efficiency performance

■ Giacomo Buffarini, Paolo Clemente, Fernando Saitta

Technical codes prescribe rigid rules for masonry buildings, especially in seismic areas. Furthermore, the possibility of realizing simple buildings is highly encouraged and, consequently, the structural checks are very much simplified. Simple buildings are the ones that satisfy geometrical conditions in terms of:

- number of floors, usually not more than three,
- geometric regularity, ratio between the two horizontal sizes,
- wall length, thickness, slenderness, and distance between the parallel walls,
- size of the openings and their position.

As a matter of fact, masonry is certainly not very suitable in seismic areas, due to its low structural efficiency, particularly to its scarce tensile strength compared to its very high structural mass and low ductility. On the other hand, it should be noted that the most impressive collapses, occurred during strong earthquakes, quite often affected very old buildings, made of irregular masonry with poor mortar. These were certainly not able to cope with horizontal seismic actions, even of low intensity. Noble buildings, with careful maintenance works during their life, showed a good structural behavior even under strong earthquakes (Bazzurro et al., 2009).

It is important to remind that buildings realized with traditional techniques suffer damage in case of high-intensity earthquakes and such damage will cause the energy transmitted by the soil to be dissipated. In the light of this, it follows that for earthquake-resistant structures, ductility is very important and certainly masonry is not the best solution.

It is evident that seismic isolation can be very useful for masonry buildings. As well known, it is based on the terrific reduction of the seismic actions affecting the structure, instead of relying on its resistance. This is pursued by increasing the natural period of the structure and, consequently, reducing the seismic action on the superstructure. Economic evaluations also demonstrated the suitability of seismic isolation, especially in high intensity hazard areas (Buffarini et al., 2007; Clemente and Buffarini, 2010; Satta et al., 2011).

It is also worth reminding that new brick masonry can guarantee a very long durability and a better

■ Giacomo Buffarini, Paolo Clemente, Fernando Saitta
 ENEA, Natural Risk Prevention and Effect Mitigation

performance in terms of energy efficiency, especially in cold climate, but also for refreshing during the summer. In the last few decades brick products have got a great evolution with improvements in quality and typologies, particularly for structural and energy performances, very important under extreme climate conditions. In this paper the application of base isolation to masonry buildings is analysed, the structural solutions are presented, and then the project of a masonry building with a seismic base isolation system is shown.

Application of seismic isolation in masonry buildings

The use of seismic isolation in masonry buildings requires some preliminary considerations. Previous studies (Clemente et al., 2012) showed that, in order to optimize the building both from the economic and structural points of view, the number of isolation devices should be limited and they should be mainly deployed at the intersections of the bearing walls. As a result, a rigid structure under the walls of the first floor should be realized. This rigid structure is usually built in reinforced concrete and so the foundations, and should be able to transmit the static and dynamic actions from the superstructure to the isolation devices (Figure 1).

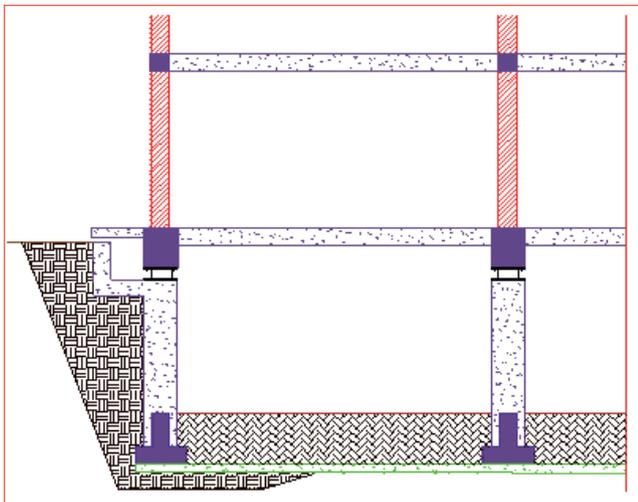


FIGURE 2 Isolation system at the top of the underground level

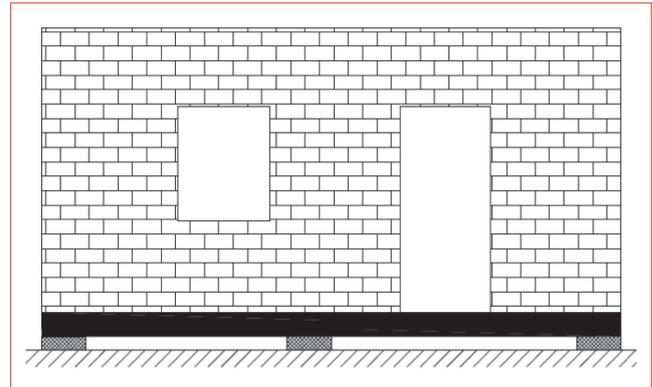


FIGURE 1 Isolator devices are at the wall crossings

Moreover, since the inspection of the seismic isolation system must be allowed, it is advisable to realize an underground floor. Isolation devices could be placed at any height of the underground floor but, in this case, the structural elements between them and the upper deck must be very rigid in comparison with the devices themselves. It must be pointed out that, if isolators are at the base of the underground floor, in case of an earthquake the walls of this floor will have relative displacements with reference to the ground, the space around them resulting not usable. A gap is then needed to allow these relative displacements, which advisably



FIGURE 3 Base isolated masonry buildings in China

requires that isolation devices be placed at the top of the basement level (Figure 2).

The cost-effectiveness of seismic isolated masonry buildings has also been demonstrated (Clemente et al., 2012). Actually, a large number of masonry buildings with seismic isolation, with a number of floors between 5 and 8, have been realized in Beijing (Figure 3) (Zhou et al., 2011).

In Italy, an isolated masonry building has been realized in Corciano (Parducci, 2009), consisting of two blocks of two and four levels respectively, with a reinforced masonry structure.

A case study

The architectural design

The above concepts were applied in the design of the service center for Sulmona municipality that will host local Police and registry offices open to the public and a convention hall of the administration. The building, in case of natural disaster, should also host the offices of Civil Protection and the main emergency activities in the town.

The building is C-shaped in plan, with a masonry

structure and a central space with a glass wall. It will develop on four floors, three of them above the ground level, hosting the offices, while the underground floor could be used as a deposit or parking place. The usable surface for each floor is about 220 m², while the area with the elevator and the stairway is about 50 m² (Figure 4).

From the energetic point of view, the building is compliant with the current Italian standards and laws. In this way, the Near Zero Energy Building (NZEB) objective was achieved. Furthermore, all the materials used have a very low environmental impact, obtaining an eco-friendly structure.

The carrying structure is made of bricks with high energetic performance, with thermal isolation plaster, so as to obtain transmittance values 25% lower than those provided for by the current technical code. Special purpose-designed shielding bricks have been adopted to shield the glass openings of the central vertical element that contains the stairs and the elevator. Technological innovation and integrated design (seismic safety, energy efficiency and sustainability) allowed to obtain a building that can be considered an excellent prototype for future applications.

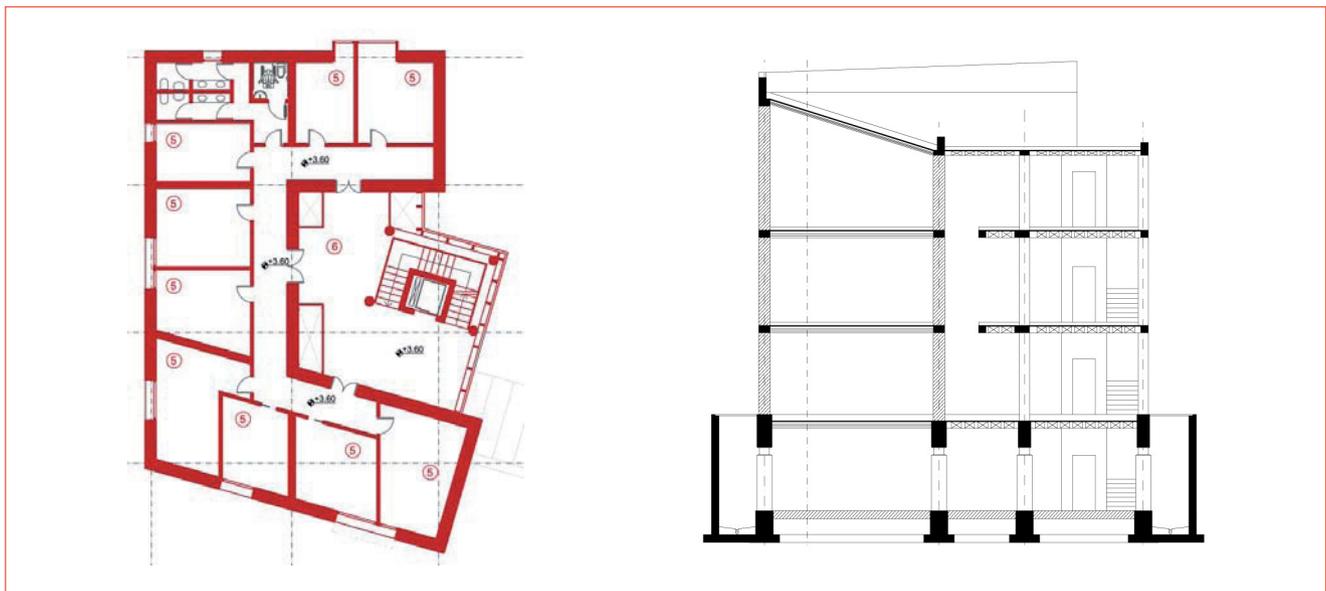


FIGURE 4 Plan and vertical section of the building

The energy efficiency study has been made using TRNSYS, a software system particularly reliable for the summer demand. The simulation, carried out taking into account the aeration and destination of the building, gives very interesting results, reaching a very high level of energy efficiency for the building (Buffarini et al. 2013).

The structure

The carrying structure of the three floors above the ground level are made of brick masonry blocks. Rectified blocks have been considered with thin horizontal joints (1 mm) and interlocking vertical joints with mortar pocket. External walls are 45 cm thick, with masonry tile for external finishing, while internal walls are 30 cm thick.

All the floors are made of concrete and bricks. The first deck above the isolators has been designed with very high stiffness beams, suitable to transmit the actions of the superstructure to the isolators, which have been concentrated at the wall crossings.

The thicknesses of the walls have been defined accounting for the energetic purposes and resulted abundant in the structural checks, the seismic effects being very low thanks to the isolation system. The superstructure is very stiff, with very thick walls placed at suitable distances and with rigid decks: that is very important for seismic isolation to be effective. The superstructure is separated from the substructure by the seismic isolation devices. The substructure, i. e. the foundation, is composed by orthogonal beams with large pillar (80x80 cm) needed to support the isolation devices (Figure 6).

The seismic actions

In agreement with the municipality, the building has been designed as strategic, able to host public offices in emergencies. The maximum return period $T_{RSLC} = 2475$ years has been chosen for the check of the isolators (the so called collapse limit state, SLC). The use factor being $C_U = 2$, the nominal life time is $V_N = 64$ years. The corresponding return period relative to the checks of the superstructure and substructure is $T_{RSLV} = 1215$ years (the so called life safeguard limit state, SLV). The damage limit state (SLD) has been considered

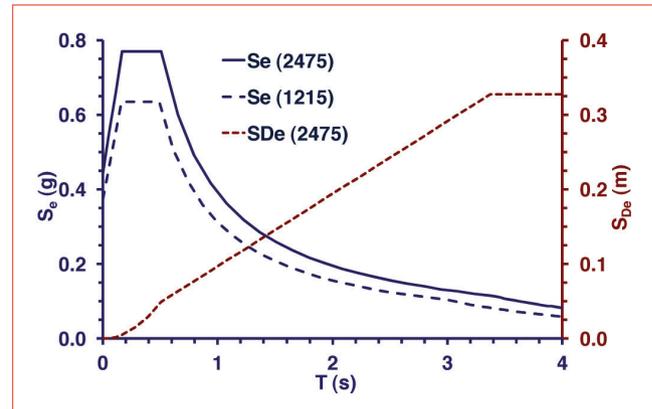


FIGURE 5 Elastic response spectra in acceleration (Se) and displacement (SDe)

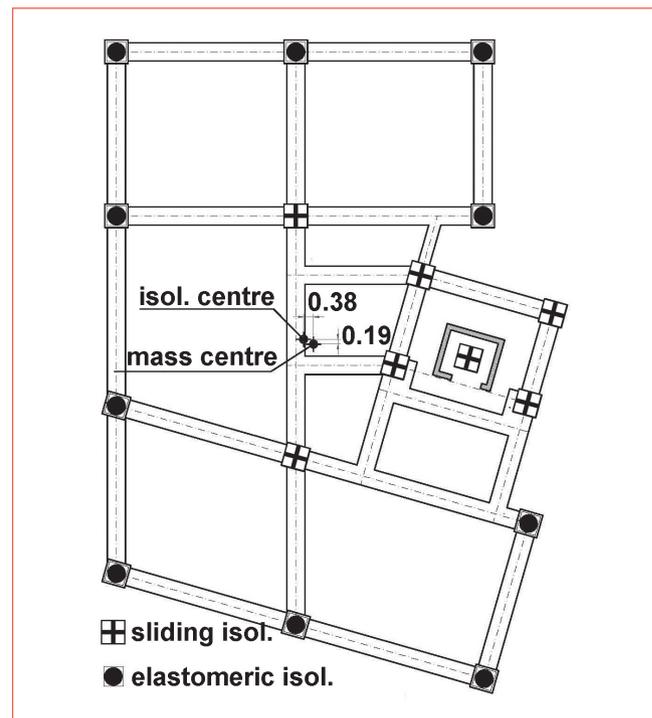


FIGURE 6 Seismic isolation system

for the superstructure only, by checking that the inter-story drifts during the design earthquake are less than 2/3 of the limit prescribed for a non-isolated building. In Table 1, the values of the maximum horizontal

Parameter	P_{VR} (%)	T_R (years)	a_g/g	F_0	T^*_C (s)	S	C_C	T_B	T_C	T_D
SLV	10	1215	0.352	2.40	0.365	1.06	1.35	0.16	0.49	0.51
SLC	5	2475	0.443	2.46	0.380	1.00	1.33	0.17	3.01	3.37

TABELLA 1 Characteristic parameters of the elastic response spectrum

acceleration a_g , of the maximum amplification factor F_0 and of the period T^*_C of the initial point of the constant velocity in the acceleration spectrum are summarized, for the site where the building will be realized and for the two limits states (SLC and SLV).

The soil can be assimilated to as B type (deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay, at least several tens of meters in thickness, characterized by a gradual increase in the mechanical properties with depth). In the same Table 1, the parameters needed to define the spectral shape are reported: the subsoil coefficient S, the coefficient C_C , that modifies the value of the period T^*_C , and the other characteristic values of the period. The elastic response spectrum, usually plotted by using a 5% value of the damping, is scaled in the range $T \geq 0.8 \cdot T_{is}$ (T_{is} = natural period of the isolated structure), using the reduction factor $\eta = 0.707$, that corresponds to the equivalent viscous damping coefficient of the isolation system, assumed equal to $\xi = 15\%$.

In Figure 5, the acceleration elastic response spectra for the mentioned return periods are plotted as well as the displacement response spectrum for the damping relative to the isolators ($\eta = 0.707$).

Modeling and analysis

In order to define the seismic isolation system, the structure has been modeled as a rigid body constrained by linear springs along the two horizontal directions at the isolator locations.

The seismic isolation system consists of seven sliding isolators and ten elastomeric isolators having the horizontal stiffness $K_e = 855 \text{ kN/m}$ and able to support a maximum displacement $d_E = 350 \text{ mm}$ with a vertical load $V = 2000 \text{ kN}$. They have been deployed as in Figure 6. The distribution of isolators has been chosen so to have the first two modal shapes with translation only, and therefore to minimize the torsional effects. The fundamental period of the isolated building is

$T_{is} = 2.9 \text{ sec}$, that ensures the decoupling between the motion of the ground and the one of the superstructure, which without seismic isolation would have the first natural period of about 0.2 sec. The corresponding spectral values of acceleration and displacement for the collapse limit state are $S_e = 0.12 \text{ g}$ and $S_{De} = 0.31 \text{ m}$, respectively. The two horizontal components of the seismic action, also accounting for the casual eccentricity, have been added to the other actions according to the prescriptions of the Italian Technical Code.

The structural analysis has been carried out by means of a finite element model, which includes the substructure, the superstructure and the isolation system. Quad elements have been used for the masonry and the slabs, and beam elements for beams and columns. Slabs have different equivalent thicknesses for flexural and axial behavior and different elastic moduli in the two horizontal directions, in order to model the orthotropic behavior. The mass density of the slabs has been fixed so that all the dead loads are accounted for. The analysis showed that in the case of a fixed-base building the seismic response is influenced by higher modes, and confirmed that the model with seismic isolation has a regular behavior with the first two translational modes, with negligible rotational component and high modal mass participation.

Conclusions

Seismic isolation could be the key to the revival of masonry in civil structures, aiming at:

- a very high level of structural safety, so that also strategic buildings could be built with masonry, which should be operational also after strong earthquakes;
- a good architectural design, without the constraints due to the structural requirements typical of anti-seismic buildings, the seismic action that affects the superstructure being very low;

- optimal energetic performance thanks to masonry, reaching the objective of Near Zero Energy Building (NZEB) and using materials with a very low environmental impact.

The project of the Service Center in Sulmona, Italy, has been a good occasion to test the suitability of seismic isolation in masonry buildings. ●

Acknowledgements

The project of the Service Center in Sulmona has been realized within the framework of an agreement between ENEA, ANDIL (Italian association of brick manufacturers) and the municipality of Sulmona, Italy. The architectural design has been made by Paolo Luccioni, the structural design by Leopoldo Rossini, the energy aspects have been studied by Gaetano Fasano (ENEA).

references

- Bazzurro P., Benedettini F., Clemente P., Martinelli A., Salvatori A. (2009). "Lezioni dal terremoto dell'Abruzzo: il comportamento degli edifici visto dall'angolo prospettico della regola d'arte nel costruire". *Energia, Ambiente e Innovazione*, ENEA, Roma, No. 3, 28-45.
- Buffarini G., Clemente P., Fasano G., Saitta F., G. Di Cesare, P. Luccioni, L. Rossini, De Deo M. (2013). "Edificio ENEA-ANDIL a Sulmona: struttura in muratura con isolamento sismico". *Atti XIV Convegno Nazionale L'Ingegneria sismica in Italia*, ANIDIS 2013 (Padova, 30 giugno - 4 luglio), N24.
- Buffarini G., Clemente P., Satta A. (2007). Isolamento sismico: valutazioni economiche, *Proc. of the XII Convegno Nazionale L'Ingegneria sismica in Italia*, ANIDIS, Rome (in Italian).
- Clemente P., Bontempi F., Boccamazzo A. (2012). "Base isolated masonry buildings". *15th World Conf. on Earth. Eng., 15WCEE*, (Lisbon, 24-28 Sept.), Paper No. 3009.
- Clemente P., Bontempi F., De Stefano A. (2012). "Application of seismic isolation in masonry buildings". *Proc. 5th European Conference on Structural Control – EACS 2012* (Genoa, Italy, 18-20 June), Paper No. 117.
- Clemente P., Buffarini G. (2010). Base isolation: design and optimization criteria. *SIAPS 1:1,17-40*, Mathematical Science Publisher.
- Parducci A. (2010), La muratura isolata alla base come sistema costruttivo per le zone sismiche. Gli edifici sperimentali di Corciano (PG) ed altre esperienze, *Esempi di Architettura Esempi di Architettura (EdA)*, IL PRATO, Saonara (PD) (in Italian)
- Satta A., Buffarini G., Clemente P. (2011). "Aislamiento Sismico: Criterios de Diseño y Evaluaciones Economicas". *4^o Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica* (Granada, del 18 al 20 de Mayo 2011), No. 29.
- Zhou F.L., Cui J., Tan P. and Wen L.H. (2011), Recent development and application on seismic isolation, energy dissipation and control in China. *Proc., 12th World Conf. on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures, 12WCSI*, Sept. 20-23, Sochi, Russia.



dall'
Unione Europea

Commissione Europea

Le principali iniziative della Commissione europea (CE) nel periodo settembre-dicembre 2013 riguardano:

- l'adozione, in data 11 settembre, del programma di riforma del mercato delle telecomunicazioni. Il pacchetto legislativo "**Connected Continent**", una volta adottato, ridurrà le tariffe imposte ai consumatori, semplificherà gli oneri burocratici a carico delle imprese e garantirà un ventaglio di nuovi diritti sia agli utenti sia ai fornitori di servizi.
- il lancio, in data 13 settembre, di un nuovo indicatore di innovazione (**Indicator of Innovation Output**)

basato su quattro componenti che calcolano la misura in cui le idee provenienti da settori innovativi riescono ad arrivare sul mercato e creare migliori posti di lavoro in un'Europa più competitiva. L'indicatore, sviluppato su richiesta dei leader dell'UE per confrontare le strategie nazionali in materia di innovazione, evidenzia il permanere di differenze significative tra i paesi dell'UE.

- l'inaugurazione, in data 16 settembre, della settimana della mobilità per trasporti urbani alternativi e per una migliore qualità dell'aria (**European Mobility Week: "Clean air - It's your move!"**) che mira a sensibilizzare i cittadini circa l'impatto dei trasporti sulla qualità dell'aria a livello locale, incoraggiandoli a migliorare sicurezza e benessere personali cambiando i loro comportamenti quotidiani per gli spostamenti in città.
- l'avvio, in data 18 settembre, della campagna di celebrazione della **European Territorial Cooperation**, per illustrare i risultati e i vantaggi della cooperazione attraverso progetti e programmi transfrontalieri, transnazionali e interregionali della politica dell'UE per le comunità, le regioni e gli Stati membri.
- la pubblicazione, in data 20 settembre, di una nuova strategia forestale (**Forest resources in the EU**) a supporto della gestione sostenibile delle foreste, con l'obiettivo di rispondere alle nuove sfide che tale settore deve affrontare nell'UE.
- la pubblicazione, in data 23 settembre, dei risultati ottenuti dall'UE nel periodo 2004-2012 nel contribuire a ridurre la povertà globale e sostenere gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio (**Millennium Development Goals**), migliorando la vita di milioni di persone.
- la presentazione, in data 23 settembre, di una prima analisi dello stato del "mercato unico" per la ricerca, ossia lo Spazio europeo della ricerca (**ERA Progress Report**). Dalla re-

lazione, oltre al notevole divario tra gli enti più virtuosi e quelli che evidenziano i maggiori ritardi, si evince che sono stati compiuti dei progressi, ma che anche i migliori enti di ricerca devono ancora risolvere alcuni aspetti prima del 2014, anno di completamento della ERA, come deciso dai leader dell'UE

- il lancio, in data 25 settembre, del piano d'azione "**Opening up Education**" per incentivare l'innovazione e le competenze digitali nelle scuole e nelle università consentendo agli studenti, agli operatori del settore e agli istituti di istruzione di condividere risorse educative aperte e liberamente utilizzabili attraverso l'uso delle TIC.
- la pubblicazione, in data 25 settembre, di due relazioni sulla competitività industriale (**Competitiveness report 2013 e Industrial competitiveness of EU member states**) che sottolineano come nonostante gli Stati membri abbiano fatto progressi migliorando il proprio contesto imprenditoriale, le esportazioni e la sostenibilità, la convergenza tra i paesi più competitivi a livello industriale e quelli la cui competitività è moderata è ad un punto morto, il costo dell'energia è in aumento contribuendo alla deindustrializzazione dell'Europa, e l'accesso ai finanziamenti e la diminuzione degli investimenti in quasi tutti gli Stati membri rappresentano grandi ostacoli.
- la presentazione, in data 26 settembre, del piano strategico di attuazione (**Strategic Implementation Plan**) da parte del Partenariato europeo per l'innovazione sulle materie prime (**EIP on Raw Materials**). Il piano descrive gli interventi da realizzare per garantire un approvvigionamento sostenibile di materie prime per l'economia europea e per fare dell'Europa un leader mondiale in materia di esplorazione, estrazione, trasformazione, riciclaggio e sostituzione delle materie prime entro il 2020.
- la pubblicazione, in data 3 ottobre, di uno studio sulle donne nel settore

delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (**EC survey on women active in the ICT sector**). Nonostante tale settore impieghi attualmente poche donne, lo studio suggerisce che con un'inversione di tendenza e una percentuale femminile nel comparto digitale pari a quella maschile, il PIL europeo registrerebbe un incremento di circa 9 miliardi di euro l'anno.

- la pubblicazione, in data 9 ottobre, del rapporto **Progress towards achieving the Kyoto and EU 2020 objectives** nel quale viene evidenziato che l'UE ha superato con un ampio margine il suo impegno di riduzione relativo al primo periodo del Protocollo di Kyoto, riducendo le proprie emissioni di gas serra del 18% rispetto al 1990, ed è sulla buona strada per raggiungere l'obiettivo di riduzione del 20% per il 2020.
- la pubblicazione, in data 10 ottobre, della nuova politica infrastrutturale dell'UE (**Transport: New EU infrastructure policy**) che trasformerà l'attuale groviglio di strade, ferrovie, aeroporti e canali europei per farne una rete trans-europea dei trasporti unificata (TEN-T). La rete centrale dei trasporti viene articolata intorno a nove corridoi principali che formeranno le arterie dei trasporti nel mercato unico europeo e rivoluzioneranno le connessioni tra est e ovest.
- l'adozione, in data 17 ottobre, del cosiddetto "**Enlargement package**", che include una serie di documenti che spiegano la politica di allargamento dell'UE, un rapporto sui progressi compiuti in ciascun Paese e la 'Strategia annuale per l'allargamento' dell'UE per il 2014. Nel presentare il pacchetto annuale, la CE raccomanda di concedere all'Albania lo status di Paese candidato all'UE e, per la quinta volta consecutiva, di avviare negoziati di adesione con l'ex Repubblica jugoslava di Macedonia.
- l'adozione, in data 14 ottobre, di un elenco di circa 250 **progetti di infrastrutture energetiche** ("projects of

common interest" - PIC) che beneficeranno di procedure accelerate per il rilascio delle licenze e di condizioni più vantaggiose del quadro regolamentare e potranno avere accesso al sostegno finanziario proveniente da "Connecting Europe Facility", dotato di uno stanziamento di 5,85 miliardi di euro destinato alle infrastrutture energetiche trans-europee per il periodo 2014-2020.

- la pubblicazione, in data 14 ottobre, del rapporto **Gendered Innovation - How Gender analysis Contributes to research** che mette in relazione l'analisi di genere e le tecnologie innovative. Attraverso una serie di casi studio, il rapporto fornisce raccomandazioni a agenzie, istituti di ricerca, industrie ed altre parti interessate su come le differenze di genere, in termini di bisogni, comportamenti e atteggiamenti, portino all'eccellenza e stimolino nuove idee nel campo della ricerca
- la pubblicazione, in data 24 ottobre, del rapporto **Social innovation research in the European Union** che fornisce una serie di raccomandazioni sulle future attività di ricerca nell'ambito dell'innovazione sociale.
- la proposta, in data 30 ottobre, di una semplificazione amministrativa e di una riduzione dei costi per le imprese delle costruzioni (**Online information about construction products**). In base alla proposta, i fabbricanti di prodotti da costruzione potranno caricare sui loro siti web "dichiarazioni di prestazione" digitali. Tali documenti devono accompagnare ogni prodotto da costruzione venduto, in modo da fornire informazioni sulle caratteristiche essenziali. Quando l'atto normativo sarà stato adottato, le imprese che vendono tali prodotti nell'UE dovrebbero poter caricare i certificati online rendendoli accessibili al pubblico.
- la comunicazione, in data 5 novembre, che fornisce indicazioni agli Stati membri su come sfruttare al meglio gli interventi pubblici nel mercato

dell'elettricità (**Guidance for state intervention in electricity**). La comunicazione illustra come riformare gli interventi esistenti, in particolare i sistemi di sovvenzione per le energie rinnovabili, e come implementarne efficacemente dei nuovi, specie per i sistemi di capacità di back-up.

- la proposta, in data 6 novembre, che consentirà all'UE di ratificare ufficialmente il 2° periodo di impegno (2013-2020) del Protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici. La proposta si articola in due proposte legislative: una decisione del Consiglio sulla ratifica dell'emendamento di Doha al **Protocollo di Kyoto** che dà il via al 2° periodo di impegno e un regolamento del Parlamento e del Consiglio sugli aspetti tecnici legati all'attuazione del 2° periodo.
- la comunicazione, in data 13 novembre, del nuovo regime di divulgazione dei dati satellitari dell'UE (**Free access to EU satellite data**) per cui la CE fornirà libero accesso a una grande varietà di dati ambientali raccolti da Copernicus, il sistema europeo di osservazione della Terra. Il nuovo regime, che entrerà in vigore a dicembre, contribuirà al monitoraggio dell'ambiente e aiuterà le imprese europee che beneficeranno indirettamente dai vantaggi derivanti da un'accurata osservazione della Terra.
- la pubblicazione, in data 14 novembre, dell'indagine **Access to Finance** dove si evince che l'accesso al credito è sempre ai primi posti tra le preoccupazioni delle PMI dell'UE, con ripercussioni più gravi per le imprese più giovani e di minori dimensioni.
- la pubblicazione, in data 18 novembre, del nuovo rapporto '**2013 EU Industrial R&D Investment Scoreboard**' che, basato sul Rapporto Annuale di un campione di 2.000 aziende che rappresentano più del 90% della spesa totale in R&S da parte delle imprese di tutto il mondo, fornisce una analisi dei dati economici

- e finanziari dei migliori investitori in R&D.
- la proposta, in data 21 novembre, di riforma della politica di informazione e di promozione dei prodotti agricoli e alimentari europei (**A better targeted information and promotion policy for agricultural products**), uno degli strumenti della PAC, che ha come obiettivo l'aumento della competitività del settore sia sul mercato interno che sul mercato dei paesi terzi.
 - la proposta di direttiva, in data 3 dicembre, di nuove regole per la tutela contro l'acquisizione, l'utilizzo e la divulgazione illeciti del know-how e delle informazioni commerciali riservate (**New rules on the protection of undisclosed know-how and business information**). La proposta introduce strumenti grazie ai quali le vittime di appropriazione illecita dei segreti commerciali possono ottenere un risarcimento.
 - la proposta, in data 4 dicembre, di norme per migliorare la qualità dei tirocini (**Standards to improve quality of traineeships**) per consentire ai tirocinanti di acquisire un'esperienza professionale di qualità, in condizioni eque e di sicurezza, e di aumentare le loro possibilità di trovare un posto di lavoro di qualità.
 - la pubblicazione, in data 6 dicembre, di un rapporto che riguarda un sistema di etichettatura di vendita locale e su base volontaria (**Local farming and direct sales**), che aggiunge valore ai prodotti provenienti dall'agricoltura locale, se collegato ad altre misure di sviluppo rurale.
 - l'adozione, in data 17 dicembre, di un nuovo pacchetto sulla mobilità urbana (**Urban mobility package**) per offrire maggiore sostegno alle città e alle metropoli. Tramite il pacchetto, la CE rafforzerà lo scambio delle migliori pratiche offrendo contributi finanziari e investendo in ricerca e sviluppo, e incentiverà l'elaborazione di "piani di mobilità urbana sostenibile" per stimolare il passaggio

a modi di trasporto più sostenibili e più ecologici nelle aree urbane.

- l'approvazione, in data 18 dicembre, del nuovo **partenariato pubblico-privato 'Shift2Rail'**, che nei prossimi 7 anni investirà quasi un miliardo di euro in ricerca e innovazione per accrescere il traffico passeggeri e merci sulle ferrovie europee, stimolando e accelerando l'immissione sul mercato di innovazioni tecnologiche.
- l'adozione, in data 18 dicembre, di nuovo pacchetto di politiche europee in materia di aria pulita (**Clean Air Policy Package**) che rappresenta un aggiornamento della legislazione esistente e riduce ulteriormente le emissioni nocive provenienti dall'industria, dal traffico, dagli impianti energetici e dall'agricoltura, proponendosi di limitarne l'impatto sulla salute umana e sull'ambiente.
- l'adozione, in data 18 dicembre, di tre progetti di legge sulla clonazione degli animali e sui nuovi prodotti alimentari (**Proposal on animal cloning and novel food**) che conferiranno certezza giuridica al settore. Due proposte vieteranno l'uso delle tecniche di clonazione nell'UE per gli animali da allevamento nonché le importazioni di tali cloni e la commercializzazione dei prodotti derivati; una proposta rivede il regolamento vigente per l'accesso di prodotti alimentari nuovi e innovativi al mercato europeo.

Consultazioni pubbliche avviate dalla CE

Il 20 settembre la Commissione ha aperto la consultazione sul **Green Action Plan for SMEs** che intende raccogliere entro il 12 dicembre le opinioni delle parti interessate sulle misure di sostegno più efficaci per le PMI per diventare più efficienti nell'utilizzo delle risorse e vendere prodotti verdi a livello internazionale.

Dal 25 ottobre al 13 dicembre è aperta la consultazione sulla strategia dell'UE per la regione adriatico-ionica (**EU-**

SAIR - EU Strategy for the Adriatic and Ionian Region) che mira a raccogliere idee al fine di assicurare che la strategia sia realistica, adeguata e rispondente alle esigenze degli abitanti della regione.

Dal 5 dicembre al 5 marzo 2014 è aperta la consultazione sulla revisione delle regole UE sul copyright (**Review of the EU copyright rules**), il cui obiettivo è quello di raccogliere input da tutte le parti interessate sulla normativa relativa al diritto d'autore nella UE.

In materia di **aiuti di Stato** la Commissione ha avviato tre consultazioni pubbliche. La prima, aperta dal 18 dicembre al 12 febbraio 2014, sul Regolamento Generale di Esenzione per Categoria (**GBER**), che amplia il campo delle misure esonerate dall'obbligo di notifica preventiva alla Commissione, in quanto non problematiche in termini di impatto sulla concorrenza.

La seconda, aperta dal 20 dicembre al 20 febbraio 2014 e complementare alla precedente, sulla riforma della disciplina in materia di aiuti di Stato a favore di ricerca, sviluppo e innovazione (**R&D&I Framework**), che propone di modificare in maniera significativa le soglie oltre le quali tali categorie di aiuti devono essere notificati alla Commissione, al fine di renderne più flessibile la concessione.

La terza, aperta dal 18 dicembre al 14 febbraio, sulla revisione degli orientamenti per la valutazione del sostegno pubblico nel settore dell'energia e dell'ambiente (**Environmental and Energy aid for 2014-2020**), per agevolare la decarbonizzazione dell'approvvigionamento energetico e l'integrazione del mercato interno dell'energia dell'Ue.

È ancora aperta fino al 22 novembre la consultazione '**Guidelines on recommended standard licences, datasets and charging for the re-use of public sector information**' per revisionare la Direttiva 2003/98/EC, denominata "PSI Directive", in merito all'informazione nel Settore Pubblico. L'obiettivo di tale consultazione è quello di incrementare

il riutilizzo dei dati meteorologici, dati di traffico, dati di ricerca a finanziamento pubblico, statistiche, libri digitalizzati, e altri tipi di informazioni del settore pubblico.

Parlamento e Consiglio Europeo

Il 22 ottobre, il Consiglio ha adottato una direttiva che fissa i requisiti per la tutela della salute della popolazione relativamente alle sostanze radioattive presenti nelle acque destinate al consumo umano, stabilendo valori parametrici, frequenze e metodi per il monitoraggio sostanze radioattive.

Tra novembre e dicembre sono stati approvati numerosi programmi pluriennali. Il 19 novembre, il Parlamento ha approvato il nuovo quadro finanziario pluriennale (**Multiannuale Financial Framework - MFF**) dell'Unione per i prossimi sette anni (2014-2020). Grazie al via libera del Parlamento, la proposta di MFF, presentata dalla Commissione il 29 giugno 2011, entrerà nella fase finale di approvazione al Consiglio, mettendo fine a ben due anni e mezzo di intensi negoziati.

Il Parlamento (19 novembre) ed il Consiglio (3 dicembre) hanno approvato **Erasmus+**, il nuovo programma unionale per l'istruzione, la formazione, la gioventù e lo sport, il cui avvio è previsto a gennaio 2014. Il programma, della durata di sette anni, avrà una dotazione di bilancio di 14,7 miliardi di Euro, con un aumento del 40% rispetto alla scorsa programmazione.

Il 20 novembre, il Parlamento ha approvato il finanziamento e la governance dei due programmi europei di navigazione satellitare, **Galileo** e **EGNOS**, per il periodo 2014-2020. Il bilancio complessivo di 7 miliardi di Euro verrà utilizzato per il completamento delle infrastrutture di navigazione satellitare, le operazioni, le necessarie attività di aggiornamento e sostituzione, lo sviluppo di elementi essenziali, quali i chipset o i ricevitori compatibili con Galileo, e la prestazione di servizi.

Lo stesso giorno, il Parlamento e il Con-

siglio hanno raggiunto un accordo per approvare i regolamenti e le direttive per l'attuazione della politica di coesione dell'UE 2014-2020 (**EU Cohesion policy**). Un terzo del bilancio dell'UE sarà investito negli Stati membri per promuovere lo sviluppo regionale, con una forte attenzione al lavoro, l'efficienza energetica, l'innovazione e la ricerca, riducendo altresì la burocrazia necessaria per accedere a tali finanziamenti. Il 20 novembre il Parlamento e Consiglio hanno adottato il programma generale di azione dell'UE in materia di ambiente sino al 2020 (**7° Environment Action Programme**), pubblicato poi nella GU dell'UE del 28 dicembre, che vuole contribuire a un elevato livello di protezione ambientale e a una migliore qualità della vita e del benessere dei cittadini attraverso una serie di attività prioritarie.

Riguardo la riforma della **Politica Agricola Comune (PAC)** e della **Politica Comune della Pesca (PCP)**, il Parlamento, il 20 novembre, ha approvato definitivamente la PAC 2014-2020 e il regolamento transitorio che mira a garantire la continuità degli aiuti agli agricoltori in attesa dell'implementazione della riforma. Il 10 dicembre, ha approvato anche il pacchetto per la riforma della PCP, incluso alcune misure quali quelle per fermare la pesca eccessiva e il divieto di rigetto in mare, nonché le norme di etichettatura per migliorare l'informazione ai consumatori. La nuova legislazione entrerà in vigore all'inizio del 2014.

Il 21 novembre il Parlamento ha adottato **Horizon 2020**, il prossimo programma di ricerca e innovazione dell'UE con un bilancio di circa 80 miliardi di Euro in sette anni. Con un aumento dei finanziamenti di quasi il 30 per cento in termini reali rispetto all'attuale 7PQ, H2020 rappresenta il più grande programma di ricerca dell'UE, e uno dei più grandi finanziati con fondi pubblici in tutto il mondo. Il programma è stato approvato anche dal Consiglio in data 3 dicembre.

Sempre il 21 novembre, il Parlamento e il Consiglio hanno raggiunto un accor-

do politico sul futuro dell'**European Institute of Innovation and Technology (EIT)** in merito alla *Strategic Innovation Agenda* e all'*Amended EIT Regulation*. Il budget dell'EIT per il periodo 2014-2020 aumenta significativamente passando dai 300 milioni di Euro per il periodo 2008-2013 ai 2,7 miliardi di Euro, che corrispondono al 3,5% del budget complessivo dell'UE destinato a Ricerca e Innovazione.

L'11 dicembre il Parlamento ed il Consiglio hanno adottato il nuovo programma **Creative Europe 2014-2020** con un bilancio di 1,46 miliardi di Euro, il 9% in più rispetto ai livelli attuali. Tale programma darà impulso ai settori culturale, creativo e audiovisivo che rappresentano un'importante fonte di occupazione e di crescita.

Lo stesso giorno il Parlamento ed il Consiglio hanno adottato il nuovo programma **LIFE** per l'ambiente e l'azione per il clima per il periodo 1 gennaio 2014 - 31 dicembre 2020.

Il 16 dicembre il Consiglio ha adottato il regolamento che istituisce il programma di ricerca e formazione della Comunità europea dell'energia atomica (**EURATOM**) per il periodo 1 gennaio 2014 - 31 dicembre 2018.

Il 20 dicembre il Parlamento ed il Consiglio hanno adottato il regolamento che istituisce il programma per la competitività delle imprese e delle PMI (**Competitiveness of Enterprises and SMEs - COSME 2014-2020**) che mira a rafforzare la competitività e la sostenibilità delle PMI, favorendo un migliore accesso ai finanziamenti e ai mercati, migliori servizi di sostegno e meno burocrazia per le PMI.

Il 20 dicembre sono anche state istituite alcune **Agenzie esecutive della Commissione**, tra cui l'Agenzia esecutiva del Consiglio europeo della ricerca (ERC), l'Agenzia esecutiva per la ricerca (REA) e l'Agenzia esecutiva per l'istruzione, gli audiovisivi e la cultura (EACEA). Tali Agenzie, già operative nel 7PQ, sono state confermate per il periodo gennaio 2014 - dicembre 2024.

(Valerio Abbadessa)