

16

FOCUS

L'accordo di Parigi

94

QUADRO INTERNAZIONALE

Scenari di
decarbonizzazione

124

PUNTO E CONTROPUNTO

Greenpeace
e Confindustria

Energia ambiente e innovazione

ENEA magazine

N. 1/2016
www.enea.it

ISSN: 1124 - 0016



Dopo la

COP21

nuove proposte sul clima

Interview

*Hermann E. Ott,
Wuppertal Institute
for Climate, Environment
and Energy*

Editoriale



di **Gaetano Borrelli**

Il primo numero del 2016 della rivista dell'ENEA è anche il primo numero di cui ho l'onore di essere il Direttore Responsabile.

Questa responsabilità si apre con un argomento molto sentito a seguito della Conferenza internazionale tenuta a Parigi dal 30 novembre al 12 dicembre del 2015, nella quale sono stati trattati i temi del cambiamento climatico, delle sue conseguenze e delle opportunità di mitigazione ed adattamento.

Molto spesso sosteniamo, a ragione, che il tema del cambiamento climatico abbia un carattere “globale”, ma, in realtà, riusciamo a trattarlo solo in maniera “locale”. Il passaggio dalle dichiarazioni internazionali alla sfera locale, cioè a dire dal nazionale in giù, ci impegna per prima cosa alla traduzione (linguistica ma anche contenutistica) di concetti nati in un contesto internazionale, non immediatamente intellegibili in un contesto locale. Ma è davvero possibile pensare che i problemi ambientali globali possano essere affrontati con un'ampia consapevolezza dei cittadini? Esiste una forma di democrazia, anche la più sofisticata, che possa mettere in pratica questi principi e allo stesso tempo affrontare problemi che dal punto di vista scientifico si presentano complessi? Come si può pensare di far quadrare il cerchio tra sviluppo e ambiente, tra globale e locale?

Il sociologo Ronald Robertson, nella sua analisi sulla globalizzazione, ha introdotto il concetto di “glocale”, sottolineando in questo modo che il globale e il locale non si escludono necessariamente. Poiché questi problemi non sono stati ancora risolti, spesso la conclusione è che la politica, stretta tra necessità di aderire ai trattati internazionali e difficoltà di agire di conseguenza sul territorio, finisce per assumere un carattere demotivante, trasferendo il problema in altri luoghi che non sono i nostri.

Nonostante ciò i cambiamenti climatici sono ormai entrati prepotentemente nell'agenda delle popolazioni, anche di quelle che non sono ancora state interessate in maniera diretta e pesante

dalle loro conseguenze. Le problematiche relative ai cambiamenti climatici sono di tipo multifattoriale e sono spesso “enfattizzate” da una cattiva gestione del territorio. È questa la ragione per cui l’argomento viene qui trattato considerandone i molteplici aspetti ambientali, sociali ed economici. Infatti lo spazio “Focus”, introdotto da Roberto Morabito, Direttore del Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali dell’ENEA, e curato dai ricercatori del Dipartimento, guarda a tutti gli aspetti della questione con l’intenzione di fornire un quadro quanto più esauriente delle tematiche e dei progressi che si stanno compiendo nel campo della previsione e della mitigazione.

I capi di Stato e di Governo di tutto il mondo che si sono riuniti a Parigi hanno molto discusso specie delle azioni da intraprendere per mitigare gli effetti e nella intervista a Hermann Ott e negli interventi di altri Autori si rende conto di ciò. Inoltre a Parigi è stato riaffermato il principio che le generazioni presenti hanno la responsabilità di vegliare affinché i bisogni e gli interessi delle generazioni future siano pienamente salvaguardati. È indubbiamente giusto, anzi potremmo dire moralmente corretto. Il problema è che a questa norma non si associa quasi mai un codice di comportamento, per cui a lungo andare, e di fronte a problemi più contingenti, il principio perde di attualità. Questo è l’aspetto di cui abbiamo chiesto di discutere in “Punto e contropunto” ai rappresentanti di Greenpeace e Confindustria. Se poi i punti di vista coincideranno significa che abbiamo fatto enormi passi in avanti.

Nel nostro piccolo, con questo primo numero 2016 della nuova rivista ENEA, desideriamo dare il nostro contributo alla comprensione dei temi globali e ambientali legati al cambiamento climatico, cercando il più possibile di dare spazio al mondo della ricerca, non solo ENEA ma anche appartenente ad altri Enti e alle Università.

La rivista ENEA si presenta oggi con diverse novità. La prima riguarda la periodicità, che sarà, da qui in poi, trimestrale e non più bimestrale. La seconda, invece, riguarda i contenuti: ogni numero, a cominciare da questo, avrà carattere monografico. Avvalendomi della collaborazione e supporto del Comitato Tecnico Scientifico che mi affianca in questo lavoro, sono stati già decisi gli argomenti dei numeri monografici del 2016, pur non escludendo la possibilità, di fronte ad eventi eccezionali, di aggiungere ulteriori monografie a quelle già previste.

Un’altra novità riguarda la fruizione. Stiamo lavorando per fare in modo che la rivista sia on line, in linea con quanto sta avvenendo in modo sempre più diffuso nel mondo editoriale italiano ed internazionale.

Veniamo adesso al format. Ogni numero della rivista sarà aperto da un editoriale del Direttore o del Curatore del numero. Seguirà una “Intervista” fatta a personalità rilevanti nel settore prescelto per la monografia. A questa seguirà il “Focus”, ovvero un gruppo di articoli incentrati sull’argomento trattato in quel numero, di carattere prevalentemente nazionale.

Un altro spazio, “Quadro internazionale”, sarà dedicato agli aspetti internazionali delle questioni trattate e sarà affidato prevalentemente a studiosi di altri paesi. “Punto e contropunto” è invece una rubrica dove sarà dato spazio ad opinioni e punti di vista differenti sul tema trattato.

Con “Spazio aperto” si intende, invece, dare voce ad argomenti che non rientrano nei temi della monografia ma che si ritengono di interesse e di attualità. Questa rubrica conterrà al massimo due articoli. L'ultimo spazio, “Cosa ci aspetta domani”, darà una anticipazione, tramite un articolo, dell'argomento trattato nella monografia successiva.

Per dare corso a tutto ciò abbiamo bisogno di tre cose: un ottimo Comitato Tecnico Scientifico, un ottimo gruppo che supporta tecnicamente la Rivista e la collaborazione dei colleghi ENEA che certamente non faranno mancare, come è sempre accaduto, la loro disponibilità e la loro competenza.

Volevo in conclusione citare i tre curatori di questo numero: Paola Carrabba, Sergio La Motta e Maria Rosa Viridis. Senza il loro lavoro questo numero non sarebbe uscito.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sergio La Motta". The signature is fluid and cursive, with the first name "Sergio" written in a larger, more prominent script than the last name "La Motta".

N. 1/2016

Direttore Responsabile

Gaetano Borrelli

Comitato di direzione

Gian Piero Celata, Tullio Fanelli, Roberto Moneta, Roberto Morabito, Aldo Pizzuto

Comitato tecnico-scientifico

Paola Batistoni, Ilaria Bertini, Paola Carrabba, Sergio Cappucci, Roberta Fantoni, Andrea Fidanza, Aurelio La Barbera, Sergio La Motta, Michele Marrocco, Laura Maria Padovani, Giovanni Puglisi, Roberta Roberto

Coordinamento editoriale

Giuliano Ghisu (responsabile), Luciano De Martino, Paola Del Nero, Marina Fortuna, Maria Grazia Oteri

Revisione lingua inglese

Carla Costigliola

Progetto grafico

Paola Carabotta

Edizione web

Antonella Andreini, Serena Lucibello, Concetta Manto

Impaginazione

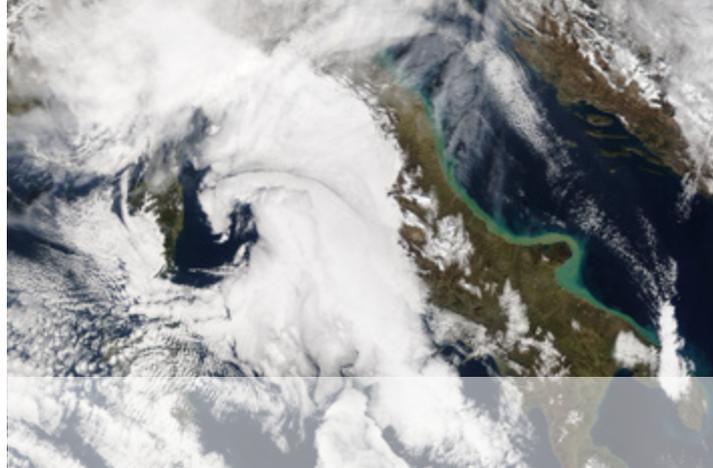
Del Gallo Editori D.G.E. Greenprinting srl
Via Dei Tornitori, 7 - 06049 Spoleto (PG)
info@delgalloeditori.com

Stampa

Laboratorio Tecnografico
Centro Ricerche ENEA Frascati
Numero chiuso nel mese di marzo 2016

Registrazione

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



68 Utilizzo di modelli del Sistema Terra per la predicibilità climatica.

01 Editoriale

INTERVIEW

06 with Herman E. Ott - Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

FOCUS

- 12 Le attività ENEA sul Clima
- 16 L'Accordo di Parigi
- 22 Relazione tra flussi migratori e cambiamenti climatici
- 28 I forzanti e il clima visti dall'Osservatorio Climatico di Lampedusa
- 36 Invasioni biologiche nel Mediterraneo
- 44 L'economia circolare per il contenimento delle emissioni di gas serra
- 48 Variazioni relative del livello dei mari
- 54 +2 °C: quali rischi per l'area mediterranea?
- 62 Eventi di calore intenso passati e futuri sulle città italiane nelle nuove simulazioni climatiche ad alta risoluzione

Sommario



94 Scenari di decarbonizzazione: traiettorie internazionali.



124 Greenpeace e Confindustria a Confronto.



138 Una Piattaforma Logistica per il trasporto merci in Italia

- 68** Lo studio del cambiamento globale e della predicibilità climatica in ENEA tramite l'utilizzo di modelli del Sistema Terra
- 72** La relazione cambiamenti climatici e sistema agricolo tra adattamento e mitigazione
- 80** Water-energy nexus: la parte oscura del ciclo dell'acqua, cambiamenti climatici ed economia circolare

QUADRO INTERNAZIONALE

- 86** La Convenzione quadro sui cambiamenti climatici, da Rio a Parigi
- 94** Post Paris Agreement Progress Report of the International Research Network for Low Carbon Societies (LCS-RNet)
- 100** Deep Decarbonization Pathways (DDPs): A catalyst for the climate change debate
- 106** Formulation of a Nationally Determined Contribution to climate change mitigation in Colombia
- 112** An approach to sustainable-development-based energy and climate policies in India
- 118** Integrating socio-economic development and decarbonisation in South Africa

PUNTO & CONTROPUNTO

- 124** Giuseppe Onufrio (Greenpeace) e Massimo Beccarello (Confindustria)

SPAZIO APERTO

- 132** La dimensione del lavoro nelle Smart Cities
- 138** La Piattaforma Logistica Nazionale, un contributo alla riduzione delle esternalità del trasporto merci in Italia

COSA CI ASPETTA DOMANI

- 144** La diagnosi energetica: un obiettivo centrato dal sistema produttivo italiano

Interview

Edited by Sergio La Motta



with **Hermann E. Ott**,
Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

We are here with Dr. Hermann E. Ott, Senior Advisor for Global Sustainability and Welfare Strategies at the Wuppertal Institute. Fighting climate change is the main mission of Mr. Ott, and he is also active in politics and civil society. The Wuppertal Institute is going to celebrate its 25th anniversary and will also organize the 8th annual meeting of the Low-Carbon Society Research Network, to which also ENEA will contribute. This interview is particularly focused on the COP21 Paris Agreement. I know that you and your team have recently published a very good report centered on the post-COP21 dynamics and in fact we will share the link to this report on our website together with this interview. Do you want to tell us something on this before we start and go to the content of this interview?

“Well, I think you captured a lot. I’ve been working on climate policy since 1994 when I joined the Wuppertal Institute and I have also been in politics for four years as a member of the German Parliament, as a green parliamentarian working on Climate Policy and issues of growth and prosperity: how to decouple resource use from economic activity. I have also been active in civil society work, for example, as a member of the Board of Greenpeace Germany for many years, supervising the CEO of Greenpeace.”

First of all let us thank you for this opportunity and I will start with the interview right now. My first question is strictly related to the positive elements of the Paris Agreement. In fact, the Paris Agreement has been considered as a decisive turning point in climate policies and in fact, despite all shortcomings it can be considered a suc-

cess. What are, in your opinion, the positive elements contained in the accord?

“Well, I would also call it an overall success, because it has concluded a treaty that is at the upper end of what could have been expected. One of the positive remarks is of course that multilateral environmental diplomacy has delivered - it’s actually possible to cooperate on a global level on important environmental issues; that was especially important after the terrorist attacks in Paris some days before, and both President Holland as well as Laurent Fabius, the President of the Conference, highlighted in their speeches that it was especially important to get to an agreement here in the face of the daunting tasks of the international community. So that was a good result. A good result also is that we have an international treaty, something that was not expected because the United States, due to its constitutional legal provisions, have problems in ratifying international treaties: each treaty needs a 2/3 majority in the Senate and the US Senate is very much influenced by local interests, especially coal interests, and Republicans have the majority. So it was not expected that any treaty would pass the Senate. Anyway the US found a way around that because the Paris Agreement that was adopted on 12th December does not contain any substantive commitments but only procedural obligations. The substance has been delegated to a decision which was also adopted and which accompanies the treaty. So actually President Obama will be able to ratify the Paris Agreement without asking the Senate. So it is possible that the United States are part of the treaty and to avoid the fate of the Kyoto Protocol.

The third positive sign is of course that we have more than 180 nationally-determined contributions

on climate change. So that means that basically all States have acknowledged that the fight against climate change is a daunting task and that they have to be part of that.

A fourth positive signal is that the 'firewall' between industrialized and developing countries has been abolished. The firewall is this distinction laid down in Annex I of the Framework Convention on Climate Change, which on the one hand lists the industrialized countries that have a special responsibility to protect the climate and all other countries. This may have been valid in the '90s, when China, India, Brazil, and others still had negligible emissions of Green House Gases - but it is not any longer. So it was very important to tear down this wall and that actually is one of the most positive signs of Paris Agreement. Climate Change is an issue that must be addressed by everybody, by every country on this Planet and the Paris Agreement acknowledges that."

We will come back to this concept of the evolution of the common but differentiated responsibilities. You just mentioned some shortcomings of the Paris Agreement, which in fact is the focus of the second question. That is: as it happens during COPs, most decisions on tricky issues are postponed to following COPs. The Paris Agreement in fact has postponed to following COPs, starting from COP22 in Marrakesh, next year, important decisions to better define action on finance, mitigation, effort to ramp up a differentiation. So, this question is more focused to have your opinion on the major shortcomings of the Paris accord that need to be tackled in the future.

"Yes, there's quite a lot of shortcomings. The Paris Agreement was adopted at the expense of binding decisions on mitigation and on financing. Already in August last year, the rules on the nationally determined contributions were put into the decision and taken out of the treaty; so the nationally-determined contributions are non-binding. They're also non-binding because the language in which they are formulated is non-binding. The achievement of a global agreement has the price that it is very much bottom-up, as it is said, as opposed to the so-called top-down approach of the Kyoto Protocol - that is top-down in the sense that it legally obligates countries to fulfill their commitments and their obligations. Now we have the oppo-

site in the Paris Agreement. In the '90s the Americans advocated this approach under the name of pledge-and-review, so a party makes a proposal of what it is prepared to do in terms of climate change and submits this proposal and then these are being collected by the Secretariat and somebody is checking whether a country is actually performing according to what it has promised. This is the approach that has now been taken by the Paris Agreement. So this is one negative aspect: the commitments are not legally binding.

Second, they are insufficient. There have been many checks already before the Paris Conference and we know that if actually all those contributions would be implemented it would amount to an increase in the global mean temperature of between 2.7 and 3.5 °C. And this is much, much more than the intention that has been laid down in the Paris Agreement to stay well below the 2 °C threshold. So the contributions are not binding and they're insufficient. And also the financial contributions of the industrialized countries are voluntary; there's no bindingness. Which means also that, as for the € 100 billion that have been promised, it is going to be very difficult to actually get that plan up and running and it will require a lot of pressure from developing countries and the civil society to actually get this going.

This is the main point of the Paris Agreement, I think: it provides a platform, it keeps open the possibility for the world and the world community to effectively fight climate change, but it's by no means a done deal. On the contrary. It requires a lot of work. So, as also other observers have remarked: the Paris Agreement is only the beginning, not the end of the process, and that's why it depends on everybody, all countries and civil society organizations, all business to make this work. We can maybe come back to that later, to what I think will be required to make the Paris Agreement effective."

Thank you, Hermann, this is a very comprehensive analysis that you have done of the follow-up of the Paris Agreement and in fact I completely agree with you that, as almost all scientists and politicians that are on this side, that the Paris Agreement is not the end but rather the beginning of the process. In this context, what are in your opinion the main elements or elements that will keep alive the Paris momentum in order to implement the COP21 decisions and accord.

"Well, there are several in-built mechanisms that actu-

ally keep up the process. At the diplomatic level that's of course the process of stocktaking and regular reporting that has been anchored in the agreement, which means that every 5 years the parties to the Paris Agreement will have to report on what they have done and what they are supposed or intend to do and there is also a formulation in there which prevents countries from going below what they have agreed before. This leaves, of course, the possibility that countries report anything slightly relevant and present it as if there was progress compared to what they have done before. So success will depend quite a lot on the pressure of civil society and the media, whether they accept what countries report or whether they point to the deficiencies.

According to some analyses after Paris the contributions will have to be strengthened very quickly, which means that already in 2018, before the Paris Agreement is supposed to enter into force, the major polluters must present stronger contributions than they

have done before Paris. This would open up a chance to stay well below the 2 °C threshold. However, what we see at the moment, and I can talk about Germany, is not very promising; the Government here is not taking up the challenge of Paris and is trying to limit the increase in renewable energy. You know that on 22nd April there is the ceremony of signing the Paris Agreement in New York. President Hollande will probably be there, the Canadian Prime Minister has already announced that he will be there. This is a good sign because it is important to keep the issue on the agenda against the pressing needs of the European financial and refugee crisis, Syria, and other problems. We must keep climate change up on the agenda, where it has been in Paris.

And that's maybe also one of the more positive signs: the conference in Paris with 150 Heads of State and Government took place just a couple of months after the U.N. Summit in September 2015, where Ban Ki-moon had received 120 of them. That is quite unusual to get these extremely busy people together twice



within a couple of months! So, pressure must be kept up, that's the task of civil society and there are some provisions in the Paris Agreement and decisions that actually provide for regular input of civil society of business and science into the Paris process."

Thank you, Hermann, I strongly agree with you about the dynamics of the accord that strongly will involve the civil society, and in fact one of the questions that I prepared was about that. That is, what is the effective importance to link the decarbonization objective with the other sustainable development goals, which in fact will help in the process of involving a massive part of the population which is a pre-requisite to achieve the transition towards the low-carbon society. So the question is: what is the European link between deep decarbonization and sustainable development goals and, in particular, what is the role that can play rural and urban areas, and energy and resource efficiency in industry. Does the Paris Agreement tackle this issue correctly or is it something that we should build by ourselves, i.e. laterally to the accord.

"Well, the Sustainable Development Goals (SDGs) are directed at all countries (that's the difference to the Millennium Development Goals, which were directed more to developing countries) and also the Paris Agreement is addressing all countries. If you take the threat of climate change seriously, it requires a total transformation of the way we produce and consume: transformation of our energy systems, of our transport systems, industrial systems, of the way we live because our houses will be constructed differently. So the sustainable development agenda and the Paris Agenda are very much linked to each other. The sustainable development goals, however, are broader than the Paris Agreement because they also take the social considerations into account and have social goals and values. For me, there is an indispensable connection between what we want to achieve on the ecological and economic level and on the social level. They are closely connected: without the social values, I'm sure, we will not achieve ecological and economic goals. You can't have a global transformation with people who are impoverished and frightened, we see at the moment the case of the refugee crisis, how easily people get frightened by something they think is overwhelming and getting out of control, and this is

really just the beginning of what we are going to see. There are far greater refugee challenges ahead of us partly brought about by climate change, so actually this would be a good occasion to prepare for that if we can master the current crisis. But as I said, without due attention to social justice we will not be able to fight climate change effectively.

Then you asked for the connection with efficiency. Well, the contributions that countries have submitted to the Secretariat are of very different kind, that makes them not easily comparable. Some of them do actually include some efficiency goals, some have traditional reduction goals, some have goals towards increasing the share of renewable energy, and so on. Efficiency is definitely one of the major means of fighting climate change. In the Wuppertal Institute we have this triple approach of efficiency, consistency and sufficiency, where efficiency is the easiest part, making more with less, e.g., using less energy and resources to achieve a certain level of prosperity; consistency means doing it differently, to organize our economy in line with the natural cycles of our local and global ecosystems - renewable energy for example is more consistent with the natural and ecological systems than fossil fuels; and the last one is sufficiency, doing (or using) less, being satisfied and content with less material consumption. With this triple approach of efficiency, consistency and sufficiency we can actually make it and transform our economies.

Thank you, Hermann, I would like to come back to the principle of 'common but differentiated responsibilities'. This principle generally has given rise to lots of conflicts in the international community. But something has changed in the Paris Agreement, it seems that this principle has been interpreted in a more dynamic way, time to move from the static division as you have already mentioned between annex-1 countries and non-annex-1 countries, but going in to a sort of greater collaboration among countries. Do you think that this principle could actually be interpreted as a principle of collaboration rather than a principle of conflict? And in this area, what do you think is the role of technology transfer in the north-south context or south-south context?

"You are right, we've taken a great step forward with the Paris Agreement in getting away from this rigid division between the so-called industrialized and



developing countries. This step reflects the reality, because some of these so-called developing or former developing countries have now comparable per-capita emissions of greenhouse gases and actually higher absolute emissions. China has overtaken the US a couple of years ago as the biggest emitter and the climate problem cannot be solved without integrating these countries. This is actually one of the main achievements of the Paris Agreement. However, it would not be correct to put all developing countries into the same pot as China, India, Brazil, South Africa. The biggest part of developing countries still have very negligible greenhouse gas emissions. It is actually one of the firmest responsibilities to support these countries in some kind of leapfrogging the fossil stage and move them directly to the renewable energy path. The new formula is that of 'common but different responsibilities in the light of different circumstances' and this is actually a giant step towards a unification and global integration of global responsibilities and tasks. Yet, still there's a lot of differences between countries of the former western industrialized countries and the largest part of developing countries. This

is true especially in terms of financing, where there is a huge responsibility on part of the industrialized countries to provide the financing. However, there is also some development here: the possibility for voluntary contributions by the so-called developing countries and there are a number of developing countries that have actually already proposed that they would contribute to funds to help spur other developing countries. This is actually a very development in international affairs."

Thank you, Hermann, just a few conclusive remarks about the next steps. What do you think will be the next two or three huge decisions that the international community has to take starting from the next COP and referring to the core issues, such as finance, mitigation, etc. So just a few last words about the next steps, the next agenda for the next one or two years.

It will be important to start immediately. First with the ceremony at the end of April at the United Nations' headquarters when the Paris Agreement is signed. It

would be great if the Paris Agreement could enter into force in 2017 already, and that needs a great push. We need to develop some of the rules that are still lacking in terms of how to stocktake and how to calculate and that must be done very quickly. Also, as you said, the financial rules have to be elaborated and how to generate these 100 billion dollars annually that have been promised by industrialized countries. All that, I think, needs a very strong push and that is why I find it extremely important that the High Ambition Coalition is kept alive that was, to a large extent, responsible for the positive outcome of Paris.

You know that the climate regime, meaning the Convention, the Kyoto Protocol and also the Paris Agreement have one special feature that differentiates them from most environmental treaties: all decision making requires consensus. In all other environmental agreements you have the possibility of majority decisions (2/3 or 3/4 majority) whereas in the climate regime everything must be decided by consensus. That is so because already in 1994 the oil-producing countries prevented the setting of rules that would allow majority vote. This is probably what happens also in the Paris Agreement when it adopts its rules of procedure. It is very difficult to achieve a transformation on the global scale by consensus. I sometimes our situation with a group of 200 junkies that collectively decide that they want to get rid of the drug - but the condition is that each time they take a step towards getting rid of the drug is accepted by everybody, by

all 200 junkies. What makes things worse, some of those drug dependents are actually dealers, so they are earning a lot of money with selling the drug. You can imagine how difficult it is to get to decisive steps in such circumstances.

That is why this High Ambition Coalition was so important: the European Union and about 70 developing countries in this coalition were pushing for the best possible outcome in Paris, the United States aligned with it in Paris on the first day, when the high ambition coalition was actually made public, and when in the end Brazil joined the coalition, no one could stop it. Therefore it is very important now that the European Union actually keeps up this coalition. We have seen green coalitions like that in Berlin in 1995, we have seen it in Marrakech in 2001 and we have seen it in Bali 2007, but every time after the conference was over, the coalition fell apart! This must not happen again if we want to get the Paris Agreement up and running. That is why we need to keep this coalition alive, which can generate the necessary pressure for the next steps: to get the Paris Agreement enter into force, to strengthen the nationally determined contributions very early on, and to get the process going that will allow us to stay on the path to keep global temperature rise well-below 2 °C, as it has been established in Paris. We need an ambitious coalition of climate pioneers to turn the dynamics of Paris into a longer-term political force!"

Le attività ENEA sul clima

Il 2015 è stato un anno importante per le strategie che riguardano la lotta ai cambiamenti climatici. Oltre alla COP21 di Parigi, in questo anno è stata anche definita la strategia europea per i contrasti ai cambiamenti climatici ed è stata pubblicata l'Enciclica Papale *Laudato si'*. Questi eventi sottolineano come il contributo dell'ENEA alla lotta al cambiamento climatico sia in linea con le grandi iniziative internazionali sull'argomento. Presentiamo in questa sezione della rivista gli articoli dei ricercatori del Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali dell'ENEA

DOI 10.12910/EAI2016-001

di **Roberto Morabito**, ENEA

L'ultimo rapporto di valutazione sul cambiamento climatico elaborato dall'IPCC¹, presentato a ottobre 2014 (Fifth Assessment Report - 5AR), evidenzia come il cambiamento del sistema climatico non abbia precedenti nella storia degli ultimi 800.000 anni in termini di concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica, metano e protossido di azoto. Questi, sommati ad altri elementi antropici, sono la causa dominante del riscaldamento osservato dalla metà del XX secolo.

Nel 2010 le emissioni dei cosiddetti gas serra (GHG) di origine antropica hanno raggiunto circa 50 GtCO₂eq e le emissioni di CO₂ legate alla pro-

duzione di energia da combustibili fossili e processi industriali hanno contribuito per circa il 65% del totale. Ad oggi la temperatura del pianeta è già aumentata di circa 1 °C rispetto ai livelli preindustriali e circa la metà di questo aumento si è verificato negli ultimi decenni.

Il riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani genera pressioni sull'ambiente che vanno dallo scioglimento dei ghiacciai, all'innalzamento del livello del mare, alla riduzione della copertura nevosa e dei ghiacciai, all'aumento della numerosità e intensità degli eventi estremi, al degrado idrogeologico del territorio, fino ad avere impatti sui sistemi produttivi, sull'agricoltura e sulla salute umana.

Il 2015 ha rappresentato un anno importante per la lotta al cambiamento climatico, culminato con la Conferenza della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) tenutasi a Parigi 2015 (COP21). L'incontro di Parigi ha permesso di fare delle scelte precise che segnano un cambiamento di direzione e una accelerazione rispetto ai fallimenti che si erano succeduti fino ad oggi.

Quadro di riferimento

Il testo adottato a Parigi da circa 195 Paesi, pur con tutte le limitazioni che possono essere presenti, rappresenta un accordo storico, sia in merito al

perseguimento degli sforzi per limitare l'aumento della temperatura a 1,5 gradi, sia per le indicazioni sulla necessità di nuovi modelli di sviluppo basati sul principio di equità e sull'utilizzo di fonti energetiche e tecnologie a basso contenuto di carbonio. L'accordo va considerato non come un punto di arrivo, ma come un buon inizio del processo di contrasto al cambiamento climatico.

L'Accordo di Parigi ha evidenziato anche la capacità del sistema della ricerca internazionale di saper fornire in tempi adeguati quegli elementi rilevanti che hanno contribuito a determinare gli obiettivi dell'Accordo stesso. I contributi della ricerca si sono focalizzati in tre aree principali: la scienza del clima, le traiettorie di minor costo per la riduzione delle



emissioni ovvero per la mitigazione e gli impatti dei cambiamenti climatici sui territori, gli ecosistemi, la salute dell'uomo.

Il 2015 non è stato soltanto l'anno di Parigi.

È stata promulgata da Papa Francesco l'Enciclica *Laudato si'*, dove, tra l'altro, si ribadisce l'importanza di un approccio integrale «per combattere la povertà», per una «conversione ecologica...» che sia anche un «prenderci cura della natura»; si sostiene infatti che «l'analisi dei problemi ambientali è inseparabile dall'analisi dei contesti umani, familiari, lavorativi, urbani, e dalla relazione

di ciascuna persona con sé stessa».

Gli USA, attraverso il loro Presidente, si sono impegnati in un programma che prevede la riduzione delle emissioni del 32% al 2030 rispetto al 2005; la Cina, il Paese con il maggior tasso di emissione a livello mondiale, ha dichiarato il proprio impegno a decarbonizzare l'economia e ad invertire la curva delle emissioni a partire dal 2030.

Questi obiettivi seguono gli impegni assunti dall'Unione Europea nel 2014 riguardanti la riduzione delle emissioni del 40% al 2030 rispetto al 1990.

Cambiamento climatico e sviluppo sostenibile

La lotta al cambiamento climatico e le diverse strategie – internazionali, comunitarie e nazionali – di mitigazione ed adattamento si incrociano sempre più con le soluzioni e gli impegni che si stanno affrontando a diversi livelli sulle tematiche più generali dello sviluppo sostenibile evidenziati con l'adozione del Piano d'azione: «Trasformare il nostro mondo: l'agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile» con i suoi 17 *goal* e i relativi 169 *target*.

A livello nazionale, il Collegato Ambientale alla Legge di Stabilità 2016² identifica un pacchetto di misure destinate ad incidere in modo significativo su vari aspetti della normativa ambientale e dell'economia verde, nella direzione della semplificazione e della promozione del riutilizzo delle risorse e della sostenibilità ambientale, con la previsione di incentivi per premiare i comportamenti virtuosi di consumatori, produttori e istituzioni. Il Collegato Ambientale prevede inoltre la messa a punto di una Strategia Nazionale per lo Svi-

luppo Sostenibile, che dovrà individuare strategie e obiettivi oltre che sul cambiamento climatico anche su tematiche quali: natura e biodiversità, qualità dell'ambiente e della vita negli ambienti urbani, uso sostenibile e gestione delle risorse naturali e dei rifiuti. Tutte tematiche e opportunità che si incrociano con il recepimento della Direttiva Europea sull'Economia Circolare.

Il ruolo e le strategie di ENEA nella lotta al cambiamento climatico

Oggigiorno ENEA, grazie anche alla recente riorganizzazione, può contribuire in maniera più efficace alle strategie nazionali nella lotta al cambiamento climatico, mettendo a sistema le proprie competenze pluriennali nei settori della innovazione e del trasferimento di tecnologie e metodologie su tematiche ambientali, energetiche, sociali, economiche, con il coinvolgimento di tutti gli stakeholder ed in collaborazione con le Amministrazioni Pubbliche e con il settore industriale. Inoltre contribuisce, in sinergia con diverse Istituzioni ed Enti di ricerca internazionali, a costruire quell'insieme di conoscenze che sono sistematizzate nei vari rapporti di valutazione dell'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC).

In particolare il Dipartimento «Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali» ricopre, nel panorama nazionale, un ruolo preminente per il perseguimento delle strategie e delle azioni mirate alla lotta al cambiamento climatico, avvalendosi di competenze multidisciplinari, infrastrutture, una presenza diffusa sul territorio, una rete di collaborazioni a livello nazionale ed internazionale,

un approccio fortemente sistemico nella applicazione territoriale dei risultati delle attività di ricerca e sviluppo e di supporto tecnico-scientifico ai settori pubblico e privato.

Le tematiche prevalentemente tecnologiche su cui opera il Dipartimento sono quelle dei nuovi sistemi di produzione e consumo basati su più efficienti e sostenibili modelli di approvvigionamento e utilizzo delle risorse. Si va dalla chiusura dei cicli alla gestione sostenibile della risorsa idrica e dei rifiuti, alle tematiche della gestione del territorio e del rischio idrogeologico, al ruolo dell'agricol-

tura, alla salute dell'uomo, fino alla progettazione di nuovi materiali.

A queste tematiche si aggiungono quelle dello sviluppo ed utilizzo di modelli dedicati allo studio del clima dell'area del Mediterraneo, alla vulnerabilità, impatto e adattamento al cambiamento climatico, alla osservazione dei parametri climaticamente rilevanti, alla costruzione di scenari di emissione, alla valutazione di politiche di riduzione delle emissioni, alla valutazione ambientale-energetica-socioeconomica di strategie e programmi di sviluppo.

Grazie a queste competenze, esperti

ENEA rappresentano l'Italia in diversi consessi nazionali ed internazionali, tra i quali si cita il network di centri di ricerca dei Paesi del G7 sulla Low Carbon Society, che ha l'obiettivo di mettere in compartecipazione le conoscenze scientifiche di vari Enti di ricerca al fine di aiutare i vari Paesi a realizzare la loro transizione verso società resilienti ai cambiamenti climatici e a bassa emissione di anidride carbonica.

ENEA ricopre inoltre un ruolo importante e istituzionalmente riconosciuto nell'ambito del Meccanismo di trasferimento delle Tec-



nologie della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, per il quale è stata designata dal Ministero Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare a rappresentare l'Italia all'interno del Climate Technology Center and Network, rete che ha il compito di implementare il trasferimento tecnologico dai Paesi industrializzati verso i Paesi in via di sviluppo.

ENEA è chiamata a svolgere in qualità di Ente tecnologico e grazie alla sua terzietà, i compiti di:

- attivare le imprese maggiormente competitive al fine di un loro coinvolgimento nelle attività di trasferimento delle tecnologie verso i Paesi in via di sviluppo;
- mettere a disposizione del network le sue capacità progettuali

e di formazione nei campi della mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

Questo volume monografico permette di illustrare il contributo che ENEA, grazie alla sua capacità di “fare sistema”, ha dato finora e continuerà a dare su tutte le principali tematiche relative alla lotta al cambiamento climatico.

¹ International Panel Climate Change (IPCC) è stato costituito nel 1988 da United Nations Environmental Programme (UNEP) e da World Meteorological Organization (WMO) al fine di fornire una chiara visione scientifica sul cambiamento climatico e sui suoi potenziali impatti sull'ambiente e sul sistema socio-economico. I documenti elaborati dall'IPCC sono scaricabili dal sito: www.ipcc.ch

² Legge 28 dicembre 2015, n. 221, pubblicata in *Gazzetta Ufficiale* 18 gennaio 2016, n. 13, recante “Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali”

L'Accordo di Parigi

Il 12 dicembre 2015 la 21° Conferenza delle Parti firmatarie della Convenzione sui Cambiamenti Climatici ha adottato l'Accordo di Parigi. Si tratta di un accordo siglato da 195 Stati che ha l'obiettivo di limitare l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2 gradi e perseguire tutti gli sforzi necessari per limitare l'aumento di temperatura a 1,5 gradi rispetto ai livelli pre-industriali

DOI 10.12910/EAI2016-002

di **Natale Massimo Caminiti** e **Sergio La Motta**, *ENEA*

Il 12 dicembre 2015 la 21° Conferenza delle Parti firmatarie della Convenzione sui Cambiamenti Climatici ha adottato l'Accordo di Parigi, completando un processo negoziale che aveva avuto origine nel 2011 con la COP17 di Durban; in tale occasione era stata istituita una nuova piattaforma negoziale, il gruppo ad hoc sulla Piattaforma di Durban con il compito di sviluppare entro il 2015 un Protocollo applicabile a tutti i Paesi da adottare durante la COP21 per entrare in vigore dal 2020. L'obiettivo del Protocollo è quello di contribuire a stabilizzare le concentrazioni di gas ad effetto serra "a un livello tale da evitare pericolose interferenze di origine antropica con il sistema climatico". La conclusione positiva di una tale

operazione era tutt'altro che scontata, visto che un processo simile, cominciato a Bali 2007, si era concluso con il fallimento dei negoziati della COP15 di Copenaghen del 2009.

Il testo adottato a Parigi da tutti i 195 Paesi partecipanti alla COP21 rappresenta, quindi, un accordo storico, sia per il riferimento al perseguimento degli sforzi per limitare l'aumento della temperatura a 1,5 gradi, sia per le indicazioni sulla necessità di nuovi modelli di sviluppo basati sul principio di equità e sull'utilizzo di fonti energetiche e tecnologie decarbonizzate. Un obiettivo di lungo termine ambizioso se si tiene conto che senza nessun intervento di riduzione di gas serra, ad oggi, in uno scenario tendenziale, l'aumento di temperatura valutato sarebbe intorno ai 4-5 gradi.



L'accordo va considerato non come un punto di arrivo, ma come un buon inizio del processo di contrasto al cambiamento climatico.

Contenuti dell'Accordo di Parigi

Forma giuridica

I risultati della COP21 [1] consistono di due parti: l'Accordo di Parigi

propriamente detto e la Decisione della COP, che da un lato adotta l'Accordo e dall'altro lato stabilisce i passi che devono essere fatti nei prossimi anni prima che l'Accordo divenga operativo.

In sostanza, l'Accordo di Parigi contiene gli obiettivi legalmente vincolanti di lungo periodo e si presenta, quindi, come una "Legge Quadro", che per essere implementata ha bisogno di leggi attuative. Tali leggi riguardano i campi più rilevanti, in particolare quelli della riduzione delle emissioni – la cosiddetta mitigazione – dell'adattamento e dei finanziamenti da parte dei Paesi industrializzati verso i Paesi in Via di Sviluppo (PVS); tali leggi attuative sono demandate a specifiche decisioni della COP, a partire dalla COP22 che avrà luogo a Marrakech nel dicembre 2016. L'accordo, oltre ad aspetti vincolanti quali, ad esempio, la comunicazione da parte dei Paesi membri degli impegni che intendono assumere, contiene anche aspetti volontari, quali ad esempio i contenuti qualitativi e quantitativi di questi impegni. Per assicurare che l'Accordo venga correttamente implementato, è stato istituito un Gruppo ad Hoc per l'attuazione dell'Accordo di Parigi; tale gruppo si riunirà per la prima volta nel 2016 in parallelo con i gruppi ad hoc per la implementazione della Convenzione (Subsidiary Body for Implementation - SBI) e con il gruppo ad hoc per la consulenza tecnologica (Subsidiary Body for Technological Advise - SBSTA).

Il Depositario dell'Accordo è il Segretariato Generale delle Nazioni Unite che aprirà l'Accordo alla firma a New York il 22 aprile 2016 con una cerimonia alla presenza dei Capi di Stato. L'Accordo entrerà in vigore

quando sarà ratificato da almeno 55 Paesi che rappresentino almeno il 55% del totale delle emissioni.

Il preambolo

Nel preambolo è presente un aspetto importante ed innovativo. Per la prima volta in un accordo ambientale multilaterale internazionale, come richiesto da alcuni Paesi (Venezuela, Bolivia e America centro-meridionale) vengono riconosciuti aspetti quali i diritti umani, il diritto alla salute, i diritti dei popoli indigeni, delle comunità locali, dei migranti, dei bambini, i diritti delle persone disabili e delle persone in situazioni vulnerabili, il diritto allo sviluppo, così come la parità di genere, l'emancipazione delle donne e l'equità intergenerazionale.

Finalità – Articolo 2 dell'Accordo

Il principale scopo è quello di rilanciare l'obiettivo di cui all'art. 2 della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, che prevede la stabilizzazione delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera ad un livello tale da prevenire pericolose interferenze delle attività umane con il sistema climatico. Il riferimento a quanto previsto dalla Convenzione, che è stata ratificata da tutti gli Stati, permette una più facile adesione all'accordo, in quanto si possono evitare, per molti Paesi, passaggi parlamentari o congressuali, come ad esempio nel caso degli USA.

L'accordo tiene conto di buona parte delle indicazioni scientifiche: "Mantenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2 gradi e perseguire tutti gli sforzi necessari per limitare l'aumento di temperatura a 1,5 gradi rispetto ai livelli pre-industriali, riconoscendo

che questo ridurrebbe significativamente i rischi e gli impatti del cambiamento climatico".

Mitigazione – Articolo 3 e 4 dell'Accordo

L'Accordo non indica un obiettivo quantitativo di riduzione dei gas serra da raggiungere per i singoli Paesi, ma un'indicazione più generica: "al fine di conseguire l'obiettivo di lungo termine di limitazione della temperatura, le Parti mirano a raggiungere il picco globale di emissioni di gas serra il più presto possibile", riconoscendo che i Paesi in Via di Sviluppo avranno bisogno di più tempo per raggiungere il picco. In ogni caso, tutte le Parti dovranno raggiungere un bilanciamento tra le emissioni e gli assorbimenti entro la seconda metà di questo secolo. Non è passata, quindi, l'opzione che prevedeva una riduzione dal 40 al 95% delle emissioni entro il 2050 rispetto ai livelli del 2010. Per controbilanciare questa scelta meno stringente, la Decisione per l'implementazione dell'Accordo (paragrafi 22-41) prevede:

- la revisione dei contributi volontari che gli Stati hanno già presentato in preparazione della COP21, i cosiddetti Intended Nationally Determined Contributions – INDCs¹ a partire dal 2018, in quanto "viene notato con preoccupazione che i livelli di emissione di gas serra complessivamente valutati al 2025 e 2030, risultanti dai contributi volontari dichiarati dagli Stati, non permettono di stare in linea con la traiettorie di temperatura dei 2 gradi. Con quanto dichiarato ad oggi si avrebbe al 2030 una emissione di gas serra di 55 Gt CO₂, mentre per rimanere ben al



di sotto dei 2 gradi non bisogna superare i 40 Gt CO₂. Si indica che per rimanere in una traiettoria di 1,5 gradi le emissioni devono ulteriormente ridursi a un livello da identificare”;

- l'aggiornamento degli effetti aggregati dei contributi volontari degli Stati, entro il 2 maggio 2016;
- l'invito all'IPCC di preparare nel 2018 un rapporto speciale sugli impatti e sulla traiettoria di emissioni relative ad un incremento di temperatura di 1,5 gradi;
- una serie di incontri tra le Parti nel 2018 per un dialogo costruttivo sull'efficacia dei contributi volontari assunti, per verificare i tempi per il raggiungimento del picco delle emissioni di gas serra.

I Punti su descritti sono tutti importanti, in quanto, senza una revisione e aumento degli impegni volontari presi, a oggi viene stimato un aumento di temperatura da 2,7 a 3 gradi [2].

L'accordo prevede, inoltre, che si

debba conseguire un “bilanciamento tra emissioni antropogeniche e assorbimenti di carbonio nella seconda metà del secolo”. Non è passata l'opzione “raggiungimento della neutralità delle emissioni di gas serra nella seconda metà del secolo”. L'argomento riguarda l'utilizzo futuro delle fonti fossili. Uno dei punti più controversi e dibattuti. Si possono continuare a emettere gas serra, ma a patto che queste emissioni siano compensate da nuovi assorbimenti, per esempio nuove foreste. Frase interpretata come un limite all'utilizzo delle fonti fossili a prescindere dalla loro disponibilità.

Foreste – Articolo 5 dell'Accordo

Un altro punto importante è il riconoscimento del ruolo delle foreste. Gli stati sono incoraggiati a effettuare interventi e azioni per ridurre le emissioni da deforestazione e degrado forestale, incrementare il ruolo della conservazione e gestione sostenibile delle foreste, aumentare l'assorbimento forestale nei Paesi in

Via di Sviluppo, prevedendo anche incentivi e benefici economici.

Adattamento – Articolo 7 e 8 dell'Accordo

L'Accordo stabilisce un obiettivo globale di miglioramento delle capacità adattative, di rinforzo della resilienza e di riduzione della vulnerabilità al cambiamento climatico, con lo scopo di contribuire allo sviluppo sostenibile e di assicurare un'adeguata risposta di adattamento, con particolare riferimento all'obiettivo dei 2 °C. Si riconoscono i particolari bisogni in termini di adattamento dei PVS che sono particolarmente esposti agli effetti avversi dei cambiamenti climatici. Le Parti dovrebbero rinforzare gli sforzi cooperativi per migliorare l'azione sull'adattamento, in particolare bisognerebbe aumentare:

- lo scambio di informazioni, buone pratiche, esperienze sulla pianificazione, definizione di politiche e attuazione di azioni di adattamento;
- la conoscenza scientifica sul clima, includendo la ricerca, l'osservazione del sistema climatico e i sistemi di allarme preventivo, in modo da meglio supportare i decisori politici;
- l'assistenza ai PVS per l'identificazione di efficaci pratiche di adattamento e dei loro bisogni prioritari di adattamento.

Ogni Paese dovrebbe elaborare e aggiornare periodicamente una comunicazione sull'adattamento che includa: le azioni prioritarie, i suoi bisogni di supporto sia finanziario che tecnologico; un adeguato supporto internazionale sarà assicurato ai PVS per l'implementazione dei



suoi piani di adattamento.

E' stato inoltre riconosciuto, come richiesto dai Paesi in Via di Sviluppo, un ruolo specifico all'argomento delle perdite economiche e dei danni all'ambiente causati dai cambiamenti climatici, riferito, in pratica, agli impatti degli eventi estremi dovuti alle variazioni del clima e agli eventi di lenta insorgenza. I Paesi in Via di Sviluppo più poveri e le Piccole Isole Stato ritengono i Paesi sviluppati e ricchi responsabili del cambiamento climatico in corso e quindi chiedono a loro benefici economici. Il consenso è stato raggiunto inserendo nella Decisione dei riferimenti alla responsabilità economica da parte dei Paesi Sviluppati e inserendo per la prima volta, nell'accordo legalmente vincolante,

un articolo specifico di riconoscimento del problema delle perdite e dei danni dovuti al cambiamento climatico.

Finanziamento – Articolo 9 dell'Accordo

L'accordo prevede che i Paesi Sviluppati continuino ad assumere la responsabilità di provvedere alle risorse finanziarie per assistere i PVS per le attività di mitigazione e adattamento. Tali risorse finanziarie dovrebbero tendere a bilanciare le attività di mitigazione e adattamento tenendo in considerazione le strategie dichiarate dai PVS stessi, specialmente quelli più vulnerabili agli impatti avversi dei cambiamenti climatici, come i Paesi meno sviluppati e le Piccole Isole Sta-

to. I Paesi sviluppati dovranno fornire informazioni trasparenti ed esaustive circa il supporto finanziario da loro concesso ai PVS. Non viene indicata quindi, nell'Accordo, nessuna cifra e nessun impegno quantificato per i singoli Paesi, come invece richiesto dai Paesi in Via di Sviluppo. Anche in questo caso il consenso è stato raggiunto inserendo nella Decisione un riferimento ad un impegno, per tutti i Paesi industrializzati nel loro insieme, a regime al 2020, di 100 miliardi di \$ all'anno, con una revisione in aumento di questo impegno dal 2025 [3].

Trasferimento Tecnologico e cooperazione volontaria – Articoli 10 e 6 dell'Accordo

Lo sviluppo e il trasferimento del-

le tecnologie verso i Paesi in Via di Sviluppo viene visto come uno strumento fondamentale per migliorare la resilienza dei territori più vulnerabili e ridurre le emissioni di gas ad effetto serra. Il meccanismo di trasferimento delle tecnologie istituito negli Accordi di Cancun viene confermato come strumento dell'Accordo di Parigi. Quindi, sia il Technology Executive Committee – TEC, strumento di indirizzo politico per il trasferimento tecnologico che il Climate Technology Centre and Network – CTCN, strumento attuativo del trasferimento tecnologico – saranno chiamati a dare il loro contributo per l'implementazione dell'Accordo e in particolare per il raggiungimento dell'obiettivo di lungo periodo del contenimento della crescita della temperatura media del pianeta ben al di sotto dei

2 °C. Per questo saranno assicurati adeguati finanziamenti ai Paesi in via di sviluppo.

Un ruolo viene anche dato alla cooperazione volontaria tra le parti, istituendo all'interno della Conferenza delle Parti dell'Accordo di Parigi un meccanismo per la mitigazione delle emissioni dei gas serra e il supporto allo sviluppo sostenibile, in termini di guida, monitoraggio e supervisione.

Sistema di monitoraggio, verifica e trasparenza – Articolo 13 dell'Accordo

Un ultimo argomento importante è rappresentato dall'importanza e trasparenza richiesta al sistema di monitoraggio, verifica e controllo degli impegni volontari dichiarati. Dispositivo voluto fortemente dagli Stati Uniti per rendere credibili

e misurabili gli impegni assunti dai vari Paesi. Il sistema sarà costruito in modo da aumentare la trasparenza e adeguatezza delle azioni svolte dai vari Paesi e sarà caratterizzato da una modalità operativa di tipo “facilitativo” e non punitivo, rispettoso delle sovranità nazionali. Esso agirà in modo da non creare difficoltà eccessive ai singoli Paesi. In particolare, ogni Paese dovrà fornire le seguenti informazioni:

- un report degli inventari nazionali delle emissioni e assorbimento di gas ad effetto serra, preparato utilizzando metodologie accettate dall'Intergovernmental Panel for Climate Change – IPCC e dalla COP;
- un report contenente informazioni sulla implementazione degli



INDCs.

I Paesi industrializzati dovranno, inoltre, fornire informazioni sul supporto tecnologico e finanziario fornito ai PVS. Questi report saranno soggetti a una revisione da parte di un panel di esperti che dovranno valutare la correttezza delle informazioni in essi contenuti.

Conclusioni

La COP21 con l'adozione dell'Accordo di Parigi ha dimostrato una certa capacità della diplomazia internazionale di produrre risultati utili alla protezione del clima [4]. Sulla reale capacità di questo multilateralismo ambientale di produrre risultati apprezzabili si era sollevato più di un dubbio, visto il “disastro diplomatico” della Conferenza di Copenaghen nel 2009. Quindi l'Accordo di Parigi, anche se non per-

fetto e per larga parte incompleto e bisognoso di ulteriori implementazioni, ha comunque dimostrato che la Convenzione sui Cambiamenti Climatici – UNFCCC è un ambiente nel quale tutti gli attori rilevanti, da quelli rappresentanti le istituzioni nazionali e locali a quelli dell'area della ricerca e dell'impresa, possono concretamente sviluppare strategie comuni per combattere il cambiamento climatico, fino a giungere ad un trattato legalmente vincolante che soddisfi le esigenze di tutti.

L'Accordo di Parigi ha sancito la volontà politica di potenziare la risposta globale ai cambiamenti climatici fissando l'obiettivo di limitare la crescita della temperatura media del pianeta ben al di sotto dei 2 °C aspirando all'obiettivo del 1,5 °C, proponendosi l'aumento della resilienza dei territori più vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici e po-

nendo le basi per mobilitare risorse adeguate per il raggiungimento degli obiettivi. In realtà molto è ancora da costruire, in quanto l'Accordo di Parigi si presenta come una “Legge Quadro” che, per essere implementata ha bisogno di leggi attuative nei campi più rilevanti, in particolare nel campo della mitigazione, dell'adattamento e dei finanziamenti. I prossimi anni, a partire dalla COP22 a Marrakesh il prossimo dicembre, mostreranno davvero se la comunità mondiale è decisa ad affrontare seriamente la questione della transizione verso lo sviluppo sostenibile e verso società a bassa emissione di carbonio e resilienti ai cambiamenti climatici [5].

*Per saperne di più:
natale.caminiti@enea.it*

¹ Tutti gli INDCs possono essere scaricati al seguente sito: https://unfccc.int/focus/indc_portal/items/8766.php

BIBLIOGRAFIA

1. Adoption of the Paris Agreement, COP21 (<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>)
2. The Emission Gap Report 2015, a UNEP Synthesis Report (http://uneplive.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_301115_lores.pdf)
3. Climate Finance in 2013-14 and the USD 100 billion goal, OECD and Climate Policy Initiative (<http://www.oecd.org/environment/cc/OECD-CPI-Climate-Finance-Report.pdf>)
4. Phoenix from the Ashes – An analysis of the Paris Agreement to the UNFCCC by H. Ott and other, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Paris_Results.pdf)
5. Transition and global challenges towards low carbon societies, speciale ENEA 2015 (<http://www.enea.it/it/pubblicazioni/EAI/anno-2015/speciale-transition-and-global-challenges>)

Relazione tra flussi migratori e cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici hanno già esposto centinaia di milioni di persone ai loro impatti: dal 2008 al 2014, oltre 157 milioni di persone non hanno avuto altra scelta che spostarsi in seguito a disastri ambientali

DOI 10.12910/EAI2016-003

di **Gaia Righini e Gabriele Zanini**, ENEA

Una delle conseguenze degli effetti del cambiamento climatico sugli ambienti naturali e antropizzati è l'aumento, nei prossimi anni, dello spostamento di individui e comunità dalle zone più esposte agli impatti verso aree più ospitali. Il rapporto "Migrazioni e cambiamento climatico", redatto da CeSPI, FOCSIV e WWF Italia nel 2015 (<http://www.focsiv.it/wp-content/uploads/2015/10/WWF-Report.pdf>), riporta numeri drammatici evidenziando come i cambiamenti climatici abbiano già esposto centinaia di milioni di persone ai loro impatti: *"dal 2008 al 2014, oltre 157 milioni di persone non hanno avuto altra scelta che spostarsi in seguito a disastri ambientali"*. Il rapporto Stern del 2006 "Stern

Review on the Economics of Climate Change", pubblicato nel 2006 da NM Treasury London, affermava infatti che entro il 2050 circa 200 milioni di persone si sposteranno per cause riconducibili al cambiamento climatico, mentre l'International Organization of Migration nel report del 2009 "Migration, Environment and Climate Change: assessing the evidence" (https://publications.iom.int/system/files/pdf/migration_and_environment.pdf) riportava che sarebbe tra 25 milioni e un miliardo il numero di persone che potrebbero migrare a causa dei cambiamenti climatici nei prossimi 40 anni. Dunque è assolutamente necessario sviluppare politiche di adattamento e risposte che prevedano, oltre alla prevenzione

dei disastri ambientali, un'adeguata pianificazione delle risorse, l'eventuale delocalizzazione degli insediamenti e sistemi produttivi ed una corretta gestione dei flussi migratori, così come sottolineato dal Roger Zetter del Refugee Studies Centre dell'University of Oxford (Zetter, 2015) e da Rüttinger ed altri autori nel rapporto "A new climate for Peace – Taking action on climate and fragility risks" del 2015 (<https://www.newclimateforpeace.org>). La gestione dei flussi migratori è senz'altro presente nell'agenda politica internazionale ed in particolare dell'Unione Europea, come si evince dal documento di lavoro del 2013, *Climate change, environmental degradation and migration*, che accompagna la EU Adaptation Strategy; la

comprensione dei fenomeni di innescio di tali flussi ed il loro ipotizzabile andamento futuro costituiscono una priorità imprescindibile per orientare le politiche di adattamento e mitigazione dei rischi.

In questo contesto, anche il servizio 'Science for Environment Policy', gestito dalla DG Environment della Commissione Europea ha recentemente

ni vulcaniche, terremoti, inondazioni, frane, siccità, ma adesso si trovano a fronteggiare la notevole accelerazione di alcuni di questi eventi iniziata negli ultimi decenni a causa dei cambiamenti climatici; inoltre si aggiungono nuove tipologie di eventi quali ad esempio l'aumento della temperatura, l'innalzamento del livello del

a tali fenomeni mentre certe zone saranno invece meno esposte sia per motivi geografici sia perché le comunità avranno sviluppato capacità di affrontare gli impatti che le colpiranno mettendo in campo azioni di resilienza e adattamento. Gli spostamenti delle popolazioni sono spesso il risultato di una serie di cause di tipo economico, sociale,

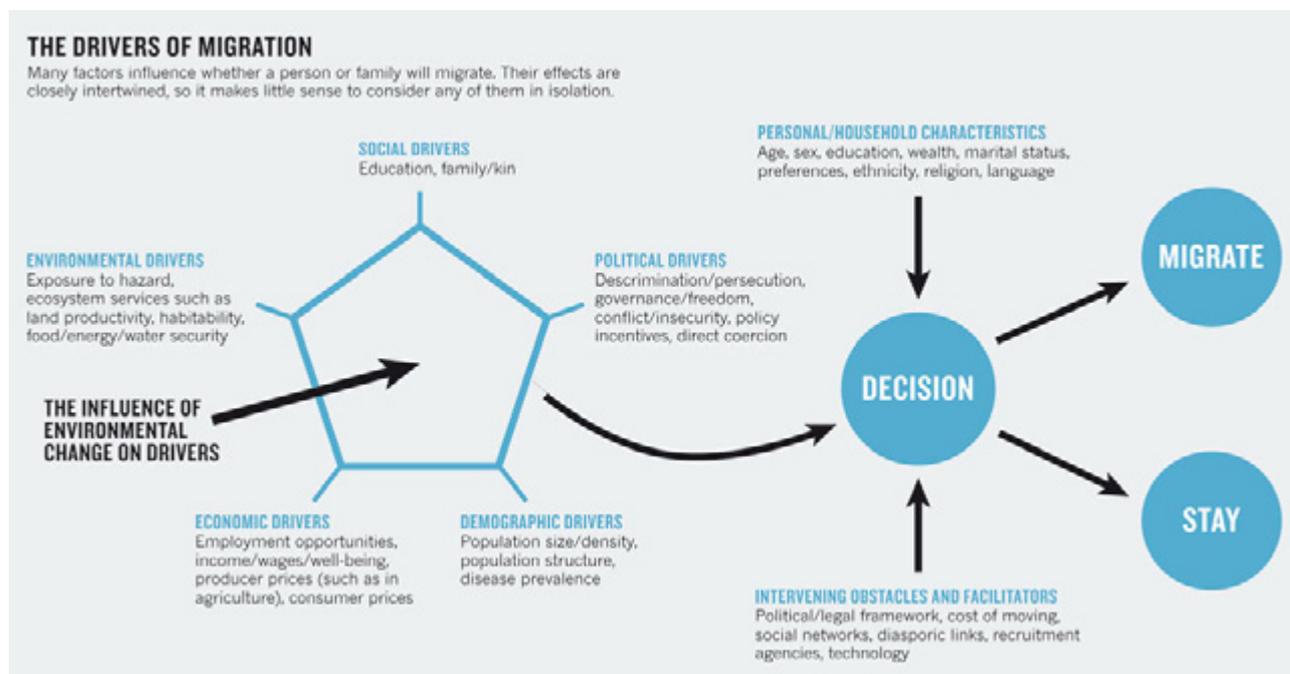


Fig. 1 I fattori delle migrazioni
Fonte: Black et al., 2011

condotto una revisione scientifica sul legame fra flussi migratori e cambiamenti ambientali nella special issue 51 di settembre 2015 (http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/migration_in_response_to_environmental_change_51si_en.pdf).

Le civiltà stanziali hanno accettato di considerare la possibilità di migrazione, o di sviluppare la resilienza in risposta ad eventi catastrofici naturali quali eruzio-

mare, l'inquinamento diffuso del territorio e dell'atmosfera, la persistenza di fenomeni meteorologici estremi anche in zone diverse, che provocheranno gravi conseguenze sull'approvvigionamento di acqua, sulle colture, sulla salute degli individui e sulla crescita economica. Come si può dedurre dal volume 2 del Quinto Rapporto IPCC (AR5 <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>), alcune aree geografiche saranno più esposte di altre

politico e ambientale strettamente legate fra loro in maniera complessa (Figura 1). La trasformazione degli ambienti naturali influenza l'evoluzione degli insediamenti umani e provoca l'instaurarsi di flussi migratori poiché opera su molteplici aspetti primari della società, su diverse scale temporali ed in maniera sia diretta che indiretta (Black et al., 2011); il cambiamento climatico agisce come un importante elemento scatenante e di accelerazione di tutti

questi fattori innescando situazioni in grande trasformazione, sia rapida che lenta.

Secondo l'United Nation Environment Programme (UNEP) sono essenzialmente tre gli aspetti sui quali peserà l'influenza del cambiamento climatico: 1) l'innalzamento della temperatura, che porterà in alcune aree alla riduzione della produttività agricola, alla degradazione dei suoli e alla diminuzione dei cosiddetti servizi ecosistemici; 2) l'aumento in numero ed intensità degli eventi meteorologici estremi, che interesserà un numero sempre maggiore di persone ed insediamenti; 3) l'innalzamento del livello del mare, che danneggerà le aree costiere determinando lo spostamento permanente di intere popolazioni.

Gli eventi meteorologici estremi

agiscono in tempi rapidissimi sugli ambienti naturali e antropici provocando una immediata necessità di reazione. Se non sono state pianificate opportune azioni di prevenzione, adattamento e mitigazione del rischio, le conseguenze sulla popolazione di disastri rapidi e distruttivi quali uragani, inondazioni, frane, possono essere la delocalizzazione, che innesci il flusso migratorio, o la perdita di mezzi di sussistenza con impoverimento e aumento della vulnerabilità della popolazione rimasta. Lo sviluppo di strategie di adattamento e meccanismi di resilienza della comunità rappresenta una sfida politica fondamentale non rimandabile per affrontare l'aumento nel tempo e la diffusione in nuovi spazi di questi eventi a causa del cambiamento climatico (Black et al., 2012).

Mentre lo spostamento di comunità dovuto ad eventi estremi si manifesta in maniera puntuale nel tempo e circoscritto nello spazio, la formazione di veri e propri flussi migratori di grande entità, continui nel tempo e distribuiti su grandi distanze è frutto di una lenta ma costante influenza delle variazioni di parametri climatici su molteplici aspetti di base delle società più vulnerabili. Per esempio l'innalzamento della temperatura e la discontinua disponibilità di acqua pulita incrementano il rischio di siccità e degradazione dei suoli, comportando variazioni di grande rilievo anche sulla produttività agricola, mentre la difficoltà di accesso alle risorse mina le opportunità di sviluppo economico ed uguaglianza sociale.

In questo contesto il nesso (Nexus)



cibo-acqua-energia rappresenta una chiave di lettura importante per valutare il legame fra gli effetti dei cambiamenti climatici, l'impatto delle azioni antropiche e le capacità di adattamento delle comunità sul territorio. Il legame fra cibo, acqua ed energia è infatti riconosciuto come una questione di fondamentale importanza nelle strategie di sviluppo sostenibile di ogni Paese ed in particolare nei Paesi in via di sviluppo (Pasqual and Setegn, 2015). Attualmente quasi un miliardo di persone non ha accesso all'acqua potabile e soffre la fame, mentre due miliardi e mezzo di persone non hanno accesso alle forme moderne di energia. Per il futuro le stime del "OCSE Environmental Outlook" predicono che la domanda mondiale di energia e di acqua crescerà rispettivamente dell'80% e del 55% entro il 2050 mentre la FAO stima, nello stesso periodo, un aumento del 60% nella domanda alimentare. L'influenza del cambiamento climatico attraversa tutti e tre i pilastri del Nexus diventando un motore di base nelle proiezioni di lungo termine e un approccio fondamentale nelle politiche di sviluppo economico sostenibile e di resilienza della società civile (Biggs et al., 2015).

Gli effetti del cambiamento climatico diventano ancora più incisivi sulle comunità già provate da situazioni politiche instabili o addirittura conflittuali, determinando così un continuo degrado e impoverimento. In generale le fasce più povere della popolazione sono anche quelle più vulnerabili ed esposte agli impatti delle variazioni climatiche in quanto meno preparate a possibili forme di adattamento o senza i mezzi adeguati per affrontare uno spostamento risolutivo. Inoltre quando l'unico spostamento possibile avviene tra la



campagna e la città si assiste ad un inasprimento di situazioni di povertà e conflitto sociale (*"trapped population"* in Black et al, 2012). In particolare la condizione femminile e quella dell'infanzia sono estremamente precarie, infatti le donne ed i bambini si trovano a subire maggiormente il peso della mancanza di risorse, di educazione e di potere decisionale che impedisce loro di avere i mezzi per reagire. La loro condizione risulta quindi la più critica, sia che rimangano nel luogo di origine a combattere con l'impoverimento del terreno o la mancanza di risorse, sia che siano costretti a spostarsi in altre regioni.

Le politiche nazionali di adattamento al cambiamento climatico devono tenere conto delle conseguenze degli spostamenti e delocalizzazione delle popolazioni e sviluppare strategie di contenimento e mitigazione dei rischi oltre a perseguire modelli di sviluppo economico sostenibile e di resilienza della società civile. Una grande attenzione deve essere rivolta alla creazione di strumenti

legali internazionali che riconoscano diritti a chi fugge individuando opportune forme di protezione ed integrazione. Secondo Zetter e Morrissey (2014) è infatti presente un vuoto legislativo nella definizione dello status di migliaia di persone definite alternativamente "profughi climatici" o "rifugiati ambientali (environmental refugee)" oltre alla mancanza di riconoscimento dei fondamentali diritti umani. Stanno emergendo dunque problemi giuridici nuovi che necessitano di una opportuna attenzione da parte di politici e legislatori in modo da attribuire alle persone una posizione chiara che riconosca la gravità degli impatti del cambiamento climatico e quindi definire un quadro normativo appropriato per le comunità in movimento all'interno e tra i Paesi. La valenza di diritti politici fornirebbe inoltre a tali persone la possibilità di contribuire alla definizione di schemi di delocalizzazione e riadattamento. Infatti il trasferimento verso ambienti più adeguati non è necessariamente il segno del falli-



© CIAT

mento della capacità di adattarsi ma può essere il modo più efficace di adeguarsi ad una situazione soggetta a gravi ed irreversibili cambiamenti. Un rapporto delle Nazioni Unite (Warner et al., 2014) sottolinea il fatto che le migrazioni indotte dai cambiamenti climatici debbano trasformarsi in un'opportunità e costituiscono una sfida dei prossimi anni per sviluppare un'integrazione tra la mobilità delle persone e le politiche di adattamento al cambiamento climatico all'interno dei Piani di Adattamento Nazionali (National Adaptation Plans NAPs). La pianificazione è fondamentale all'interno di nuovi piani di sviluppo sostenibili-

le da sostituire alla gestione di tipo emergenziale delle nuove situazioni. Le popolazioni interessate dagli impatti dei cambiamenti climatici devono essere coinvolte e sentirsi parte di un processo che non si esaurisce nel tempo e nello spazio ma continua insieme a tutte le componenti della società civile anche nei Paesi di accoglienza. È dunque importante individuare, analizzare e controllare i flussi migratori dovuti alle variazioni ambientali, proponendone una gestione costruttiva ed inclusiva per evitare che aumentino le condizioni di povertà, disagio e precarietà di popolazioni in situazioni di grande vulnerabilità

dovuta agli impatti dei cambiamenti climatici.

Ringraziamento

Si ringrazia il servizio 'Science for Environment Policy', Issue 51, September 2015, European Commission DG Environment News Alert Service. DOI: 10.2779/60150. To access articles and to subscribe, please go to <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>.

*Per saperne di più:
gaia.righini@enea.it*

BIBLIOGRAFIA

Biggs, E.M., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J.M.A., Horsley, J., Pauli, N., McNeill, K., Neef, A., Van Ogtrop, F., Curnow, J., Haworth, B.b, Duce, S., Imanari, Y. (2015). "Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods", *Environmental Science and Policy*, Volume 54, December 01, 2015, Pages 389-397. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.002

Black, R., Bennett, S., Thomas, S. and J. Beddington (2011). "Climate change: migration as adaptation", *Nature*, 478, pp. 477-479. DOI:10.1038/478477a

Black, R., Arnell, N. W., Adger, W. N., Thomas, D. & Geddes, T. (2012). Migration, immobility and displacement outcomes following extreme events. *Environmental Science and Policy*, 27, S32-S43. DOI:10.1016/j.envsci.2012.09.001

Pasqual, J.C., Setegn, S.G. (2015). "The importance of water-energy nexus for sustainable development: A South America perspective", *Sustainability of Integrated Water Resources Management: Water Governance, Climate and Ecohydrology*, September 04, 2015, Pages 431-443. DOI: 10.1007/978-3-319-12194-9_23

Zetter, R. (2015). Editorial of "Migration and environmental change: examining the relationship" *Science for Environment Policy*, Issue 51, September 2015, European Commission DG Environment

Zetter, R. & Morrissey, J. (2014). Environmental Stress, Displacement and the Challenge of Rights Protection. In: Martin S., Weerasinghe, S., and Taylor, A., (eds) *Humanitarian Crises and Migration: Causes, Consequences and Responses*. London: Routledge. Ch. 9

Warner, K., Kälin, W., Martin, S., Nassef, Y., Lee, S., Melde, S., Entwisle Chapuisat, H., Franck, M. & Affi, T. (2014). *Integrating Human Mobility Issues within National Adaptation Plans*. Policy Brief No. 9. Bonn: United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). Available from: <http://collections.unu.edu/eserv/UNU:1838/pdf11800.pdf>

I forzanti e il clima visti dall'Osservatorio Climatico di Lampedusa

L'ENEA effettua dal 1992 misure dei parametri climatici nel Mediterraneo presso l'isola di Lampedusa. L'evoluzione di questi parametri permette di quantificare il contributo di fattori naturali ed antropici alla variabilità climatica su scala regionale e su scala globale, e di mettere in luce le incertezze associate alla comprensione di alcuni processi-chiave.

DOI 10.12910/EAI2016-004

di **Fabrizio Anello, Carlo Bommarito, Salvatore Chiavarini, Lorenzo De Silvestri, Tatiana Di Iorio, Alcide di Sarra, Daniela Meloni, Francesco Monteleone, Giandomenico Pace, Salvatore Piacentino e Damiano Sferlazzo, ENEA**

L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) è il gruppo di esperti di tutto il mondo che, su iniziativa dell'Organizzazione delle Nazioni Unite, periodicamente sintetizza le conoscenze relative agli aspetti scientifici, agli impatti e ai metodi di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici. L'IPCC ha pubblicato l'ultimo rapporto, il quinto, nel 2013-2014. La sintesi dell'IPCC [1], raccogliendo i risultati di un amplissimo numero di studi scientifici, mette in evidenza i

segnali più chiari dei cambiamenti legati al clima.

Variazioni osservate nel clima globale e mediterraneo

Su scala globale si osserva un aumento significativo della temperatura media globale dell'atmosfera vicino alla superficie, T , da quando ci sono misure affidabili, cioè dalla fine del 19° secolo. L'incremento di temperatura osservato tra il 1880 ed il 2012 è di $0,85\text{ °C}$, ed è di $0,72\text{ °C}$ per il periodo 1951-2012. L'aumento di

temperatura è particolarmente sensibile in Artide, dove si osserva una forte riduzione del ghiaccio marino e della copertura nevosa. La riduzione di estensione del ghiaccio marino artico, stimata in $-3,8 \pm 0,3\%$ per decennio, è associata ad una consistente decrescita di spessore e volume del ghiaccio. La riduzione annuale della massa di ghiacci in Groenlandia è passata da 34 Gt/a nel periodo 1992-2001 a 215 Gt/a nel periodo 2002-2011; in Antartide è passata da 30 Gt/a (1992-2001) a 147 Gt/a (2002-2011).



© UNITED NATIONS PHOTO

Ghiaccio polare sulle Isole Svalbard (Norvegia)
Fonte: UN Photo/Mark Garten

Il livello medio globale del mare è cresciuto di 19 cm dal 1901 a causa dell'espansione termica e del contributo di fusione del ghiaccio terrestre. Negli ultimi decenni si osservano incrementi significativi nel contenuto di calore degli oceani, dell'atmosfera e della criosfera; l'aumento di calore degli oceani è un ordine di grandezza maggiore che nelle altre due componenti [2].

Le misure mostrano inoltre un incremento del vapor d'acqua atmosferico [4], con implicazioni per il ciclo idrologico, le proprietà delle nubi, le precipitazioni ecc. Vari studi mostrano anche modificazioni del regime degli eventi estremi (temperatura, precipitazione, siccità), maggior-



Alba su radiometro solare
Fonte: ENEA, Osservatorio Climatico di Lampedusa



Una veduta dell' Osservatorio Climatico di Lampedusa. Sullo sfondo, il faro

mente evidenti su scala regionale. I dati più recenti mostrano che la temperatura globale ha raggiunto valori record negli anni 2014 e 2015. Il 2015 è risultato, in parte anche per l'influenza dell'intenso fenomeno di El Niño, l'anno più caldo nella serie (+0,89 °C rispetto alla T media del 20° secolo). Il Mediterraneo, un bacino semi-chiuso circondato da regioni con orografia complessa, caratterizzate da una forte pressione antropic, è stato indicato tra le regioni maggiormente sensibili ai cambiamenti climatici. Vari studi

mostrano che nel Mediterraneo l'incremento di T presenta una forte variabilità su scala regionale e sub-regionale, ma è comunque maggiore che a scala globale. Cambiamenti di lungo periodo si osservano anche nella temperatura superficiale del mare. Misure da satelliti mostrano un incremento di 0,035 °C/a nel periodo 1982-2012; cambiamenti significativi di temperatura e salinità si osservano negli ultimi decenni anche nelle acque profonde. Misure dirette mostrano un incremento del livello del mare tra 1,1 e 1,8 mm/a [3]; questo incremen-

to è minore di quello osservato su scala globale (circa 3 mm/a tra il 1993 ed il 2009). Nel Mediterraneo si osservano anche cambiamenti nella frequenza delle ondate di calore, degli eventi di precipitazione intensa, e dei periodi di siccità.

Misura dei parametri climatici a Lampedusa

Il clima della Terra è determinato dal bilancio tra la radiazione solare assorbita dal sistema e radiazione infrarossa (IR) uscente, e dai modi

in cui l'energia e la materia sono re-distribuite all'interno del sistema. I meccanismi che regolano il clima coinvolgono tutte le componenti del sistema terra (atmosfera, oceano, biosfera, criosfera, geosfera) attraverso interazioni con la radiazione e meccanismi di retroazione complessi. Il clima alle diverse scale spaziali e temporali dipende da una serie di processi fisici, chimici, radiativi e biologici spesso interconnessi. A causa di questa grandissima complessità, vari aspetti del sistema climatico sono ancora non compresi.

L'Organizzazione Meteorologica Mondiale, tramite il *Global Climate Observing System*, ha identificato le cosiddette variabili climatiche essenziali (<https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php?name=EssentialClimateVariables>), che sono le grandezze che è necessario misurare per studiare e quantificare i cambiamenti climatici e per fornire informazioni a coloro che debbono fare delle scelte per contrastarli. Le variabili climatiche essenziali permettono di studiare la variabilità dei forzanti climatici e dei principali processi ed effetti prodotti.

L'ENEA ha attivato nel 1992 un programma di campionamenti di aria per la misura dei gas ad effetto serra sull'isola di Lampedusa. Nel 1997 ha attivato una stazione di misura permanente dedicata allo studio del clima (<http://www.lampedusa.enea.it>), localizzata a Capo Grecale, lungo la costa nord-orientale dell'isola (35,52°N, 12,63°E). La misura di tutte le variabili climatiche essenziali atmosferiche è attiva da anni presso la Stazione di Lampedusa, che contribuisce a varie reti di misura europee e globali. Nel 2015 è stata

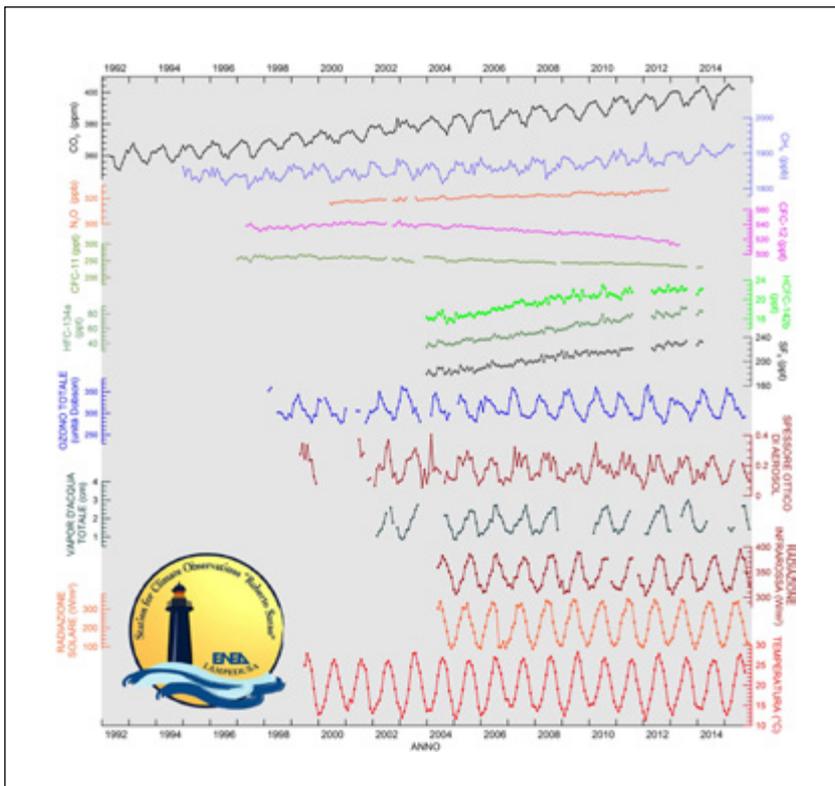


Fig. 1 Medie mensili di varie grandezze misurate presso la Stazione di Osservazioni Climatiche ENEA a Lampedusa

installata a sud-ovest di Lampedusa (35,49°N, 12,47°E) una boa oceanografica che servirà per integrare gli studi sul clima estendendoli alle variabili climatiche essenziali oceanografiche ed allo studio delle interazioni aria-mare.

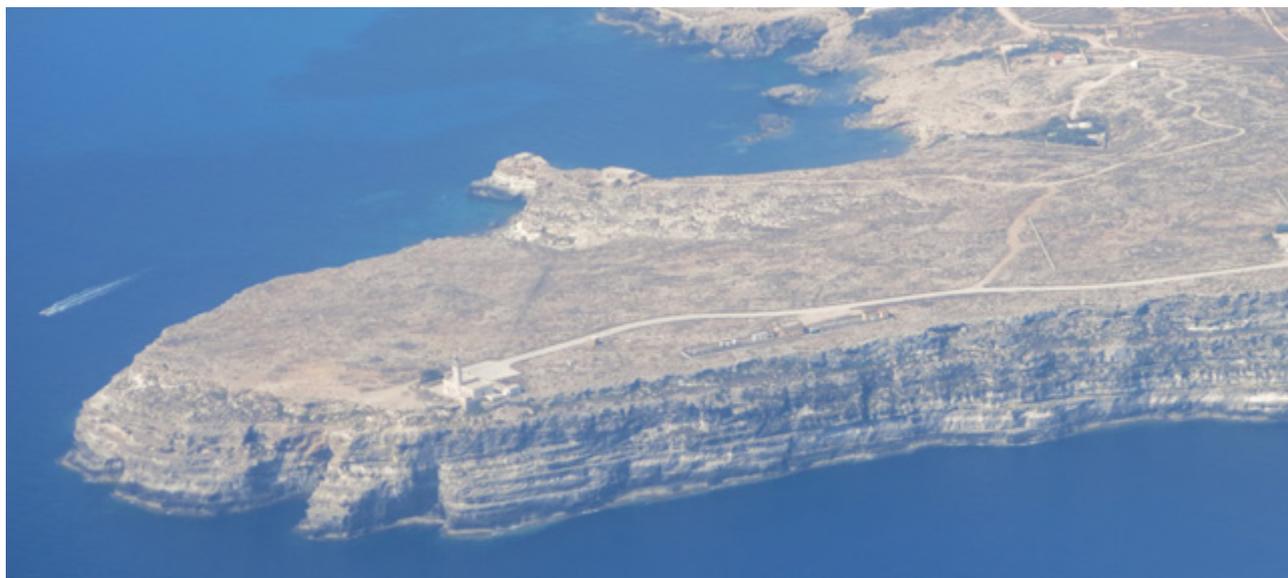
Lampedusa è un'isola di ridotte dimensioni, lontana da sorgenti rilevanti di inquinanti antropici, distante più di 100 km dal continente più vicino. Di conseguenza, le misure effettuate a Lampedusa sono rappresentative del Mediterraneo centrale e delle condizioni di fondo regionale.

La Figura 1 mostra l'evoluzione dei valori medi mensili di alcune delle grandezze osservate a Lampedusa negli ultimi 24 anni. Tra queste

troviamo i principali forzanti del clima, sia naturali che antropici, ed i flussi di radiazione, che permettono di osservare e quantificare gli effetti prodotti da modificazioni nella composizione chimica e struttura dell'atmosfera sul bilancio energetico.

Nubi, vapor d'acqua, altri gas ad effetto serra, aerosol e ozono sono i principali costituenti atmosferici in grado di influenzare il bilancio della radiazione ed il clima.

Le variazioni di lungo periodo più evidenti si osservano per CO₂, N₂O, e CH₄. Il contenuto atmosferico di CO₂ è aumentato di circa 45 parti per milione (ppm) in 23 anni. Il tasso di crescita e l'ampiezza del ciclo annuale mostrano una gran-



Una veduta dall'alto di Capo Grecale con al centro l'Osservatorio Climatico di Lampedusa

de variabilità interannuale, legata anche a fenomeni globali, come El Niño, ed a fenomeni di trasporto [4]. Per determinare il tasso di crescita medio è stato calcolato un *fit* della concentrazione media mensile di CO_2 con la funzione $f(t)=A + B t + C \sin(2\pi t + \varphi)$ dove t è il tempo. Il tasso di crescita annuale, B , è di 1,87 ppm/a. Applicando lo stesso *fit* ai dati mensili di CH_4 si ottiene un tasso di crescita annuale medio di 3,3 parti per miliardo (ppb) /a. Anche il protossido di azoto, N_2O , mostra una crescita rapida, di circa 0,7 ppb/a; CFC-11 e CFC-12 mostrano una progressiva riduzione dopo l'applicazione del Protocollo di Montreal e degli accordi successivi. Alcune specie, sostituti dei CFC e potenti gas ad effetto serra, mostrano invece una crescita molto rapida. È il caso di vari idroclorofluorocarburi (HCFC, sostituti dei CFC di prima generazione, la cui produzione è stata vietata nella Unione Europea dal 2010), e degli idrofluorocarburi (HFC, che hanno sostituito i HCFC

in quanto non contengono elementi dannosi per l'ozono).

La Figura 1 mostra la crescita degli ultimi anni di un HCFC (HCFC-142b), di cui si vede un rallentamento nella crescita a partire dal 2008, di un HFC (HFC-134a, usato principalmente nei sistemi di refrigerazione, è quello che sta crescendo più rapidamente, con un tasso di circa 8,5%/a), e di SF_6 . La loro concentrazione è ancora molto bassa (dell'ordine di parti per 10^{12} molecole, ppt), ma la loro presenza in atmosfera è dovuta quasi esclusivamente alle emissioni antropiche e sta rapidamente aumentando.

Tutti questi gas ad effetto serra hanno registrato una crescita notevolissima a seguito dello sviluppo industriale, a partire dal 1750. Il contenuto di CO_2 è passato da circa 280 ppm nel 1750 a 400 ppm nel 2014; la crescita è dovuta principalmente all'uso dei combustibili fossili e, in minor misura, alla produzione di cemento: da queste due sorgenti dal 1750 ad oggi sono stati emessi circa 375 miliardi

di tonnellate di CO_2 ; metà di questo quantitativo è stato emesso dagli anni '80 ad oggi. Il totale delle emissioni antropiche di CO_2 corrisponde a un contenuto addizionale in atmosfera di circa 580 ppm [5]. In media metà di queste emissioni rimane in atmosfera, un quarto viene assorbito dalla vegetazione terrestre ed un quarto dagli oceani.

Il contenuto atmosferico di metano è passato da circa 700 ppb nel periodo pre-industriale ai valori attuali di circa 1850 ppb.

Si stima che l'incremento di CO_2 , CH_4 , N_2O e degli altri gas ad effetto serra (incluso l'ozono) dovuto alle attività umane dal periodo pre-industriale ad oggi abbia prodotto una perturbazione al bilancio radiativo planetario infrarosso medio annuale alla tropopausa di quasi 3 W/m^2 . Per convenzione il segno del flusso verso il basso è positivo: di conseguenza una perturbazione positiva alla tropopausa corrisponde ad una diminuzione del flusso uscente (dovuta in questo caso ad un incremento dell'o-

pacità dell'atmosfera nell'IR). La diminuzione di flusso uscente è associata ad un incremento dell'energia radiativa intrappolata in troposfera (un incremento di effetto serra cui è associato un aumento di T).

Il vapor d'acqua è responsabile di circa il 50% dell'effetto serra naturale, e partecipa in numerosi processi, tra cui quelli legati alla formazione delle nubi, che giocano un ruolo importantissimo nel bilancio della radiazione, sia nello spettro solare che infrarosso. Il vapor d'acqua, inoltre, svolge un ruolo fondamentale nell'amplificare il riscaldamento prodotto dai gas ad effetto serra a vita lunga attraverso un potente meccanismo di retroazione positiva. Come appare in Figura 1, l'andamento del vapor d'acqua nel Mediterraneo presenta una forte componente stagionale. La tendenza alla crescita che appare in Figura 1 va verificata, poiché queste misure sono ottenute con strumenti diversi e non sono state ancora verificate nel dettaglio.

Anche l'ozono totale, misurato a Lampedusa con uno spettrofotometro Brewer, mostra un evidente ciclo annuale, con un massimo in primavera ed un minimo autunnale.

L'aerosol atmosferico presenta una forte variabilità stagionale ed interannuale, con massimi in primavera-estate legati soprattutto al trasporto di particelle minerali dal deserto del Sahara [6]. Le misure di spessore ottico dell'aerosol mostrano una piccola tendenza alla diminuzione, non statisticamente significativa.

Le misure di T, iniziate nel 1999 a Lampedusa, mostrano una significativa variabilità interannuale; sono evidenti estati particolarmente calde nel 2003, 2009, 2012 e 2015, ed inverni caldi nel 2006-2007 e 2009-2010.

Forzanti climatici ed evoluzione del clima

La variabilità della concentrazione delle specie di Figura 1 è il risultato di numerosi fattori, tra cui l'intensità e distribuzione delle sorgenti naturali ed antropiche e dei processi di rimozione, la vita media di ogni composto in atmosfera, e il trasporto.

La Figura 1 mostra anche l'evoluzione della densità di flusso di radiazione solare ed infrarossa (componenti verso la superficie), che risentono degli effetti delle variazioni di tutte le specie atmosferiche (incluse le nubi) e costituiscono contributi essenziali al bilancio energetico superficiale. I gas ad effetto serra, ad esempio, influenzano il bilancio energetico IR; vapor d'acqua e ozono, oltre che nell'IR, presentano bande di assorbimento nello spettro solare. Aerosol e nubi interagiscono in maniera complessa sia con la radiazione solare che IR. Questi processi radiativi contribuiscono a determinare l'evoluzione di T, che a sua volta influenza dinamica, radiazione, evaporazione, e numerosi altri processi.

Le variazioni relative di aerosol e vapor d'acqua su scala stagionale sono dell'ordine del 200-300%, e sono molto maggiori di quelle delle altre specie (2,5% per CO₂; circa 20% per l'ozono). La perturbazione radiativa prodotta dalle modificazioni stagionali di vapor d'acqua è significativa (nell'IR circa +25 W/m² alla superficie, e +10 W/m² alla tropopausa passando da 1 a 2 cm di vapor d'acqua). Vari studi effettuati a Lampedusa permettono di quantificare gli effetti radiativi prodotti dagli aerosol nel Mediterraneo. La perturbazione radiativa media giornaliera prodotta dal particolato nella regione spettrale solare è di circa -8 W/m² alla

tropopausa, e di circa -20 W/m² alla superficie, parzialmente compensata da effetti nell'IR [7, 8]. La perturbazione radiativa associata alle variazioni stagionali degli aerosol è di ampiezza simile. Gli effetti radiativi delle nubi sono ancora maggiori rispetto a quelli dell'aerosol.

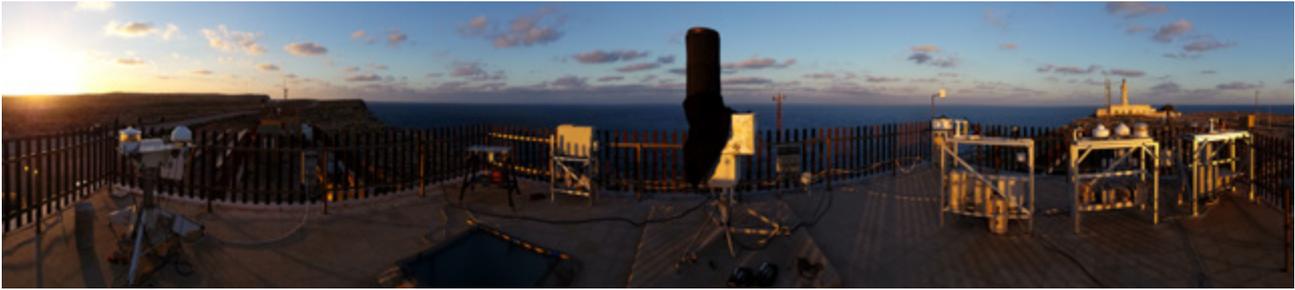
Comparativamente, la variazione stagionale di CO₂ produce una perturbazione radiativa dell'ordine di +0,12 W/m² alla superficie, e +0,16 W/m² alla tropopausa.

Di conseguenza, gli effetti radiativi delle variazioni stagionali di nubi, aerosol e vapor d'acqua sono molto maggiori di quelli prodotti dalle variazioni stagionali dei gas ad effetto serra antropici. C'è da tenere presente che, a differenza dei gas ad effetto serra persistenti, aerosol e nubi hanno una vita media breve, ed anche i loro effetti radiativi variano su scala locale e regionale.

Certezze, incertezze, e proiezioni future

L'individuazione delle cause del riscaldamento globale e delle altre variazioni in atto è uno degli aspetti di grande complessità della scienza del clima. L'attribuzione dell'aumento di temperatura all'incremento antropico dei gas ad effetto serra è basato su varie indicazioni, alcune delle quali sono molto robuste.

Molti esperimenti con modelli climatici mostrano che non sia possibile ricostruire l'aumento di T osservato negli ultimi 100 anni senza includere l'incremento dei gas ad effetto serra [ad es., 9]. Una delle indicazioni forti che il riscaldamento globale sia dovuto ai gas ad effetto serra è fornita da una specie di impronta caratteristica, che è quella che descrive la dipendenza con quota e



Una panoramica della strumentazione sul tetto dell'Osservatorio Climatico di Lampedusa

(nell'oceano) profondità e latitudine delle variazioni di temperatura [ad es., 10]. Processi diversi produrrebbero dipendenze diverse nella crescita della temperatura.

Recentemente, inoltre, sono state presentate le prime osservazioni dirette della perturbazione radiativa prodotta alla superficie dall'incremento di CO₂ avvenuta tra il 2000 ed il 2010 (22 ppm). Queste osservazioni mostrano una variazione di alcune strutture spettrali IR, e le caratteristiche degli spettri rendono inequivocabile l'attribuzione delle variazioni all'incremento antropico di CO₂ [11].

Data la complessità del sistema, rimangono tuttavia ancora vari aspetti e meccanismi solo parzialmente compresi. In particolare, esistono incertezze significative nella determinazione della sensibilità climatica, che è la quantificazione della risposta termica al raddoppio del contenuto atmosferico di CO₂. La determinazione della sensibilità climatica è particolarmente complessa a causa dell'alto grado di interconnessione e dell'esistenza di numerosi meccanismi di retroazione, che agiscono su differenti scale spaziali e temporali. Gli aspetti maggiormente critici nella determinazione della sensibi-

lità climatica, e quindi nella comprensione del funzionamento del clima, sono legati al ruolo di aerosol e nubi [12]. Come abbiamo visto, i loro effetti radiativi sono grandi (per gli aerosol, in particolar modo nel Mediterraneo), e piccole variazioni nella distribuzione e proprietà di queste due componenti possono aver influenzato nel passato, e possono influenzare nel futuro il clima. Variazioni passate delle caratteristiche di aerosol e nubi, molto difficili da determinare, possono aver compensato parte del riscaldamento prodotto dai gas ad effetto serra; una riduzione del loro effetto di compensazione potrebbe produrre un riscaldamento maggiore di quanto previsto [12].

Per questa ragione è necessario continuare le osservazioni dell'evoluzione del clima e gli studi che permettono di comprendere i processi e le interazioni ancora non ben compresi.

Ringraziamenti

Le misure a Lampedusa sono state supportate negli anni, oltre che da ENEA, da finanziamenti del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca (negli ultimi anni i Progetti

NextData e RITMARE), del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, dell'Agenzia Spaziale Italiana, dell'Unione Europea. Lampedusa contribuisce al Programma *Global Atmosphere Watch*, dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale, ed alle infrastrutture di ricerca Europee *Integrated Carbon Observation System*, *European Multidisciplinary Seafl oor and water column Observatory*, e *Aerosol, Clouds, and Trace gases*, oltre che a varie reti europee e globali di osservazione. La stazione di misura ospita strumentazione di vari Istituti di ricerca Internazionali. Si ringraziano Paolo Chamard, per aver avviato e seguito le attività a Lampedusa per numerosi anni, Florinda Artuso per il contributo alla misura di gas ad effetto serra, e Stefano Rinaldi e Claudio Chiodi per il supporto nella gestione e funzionalità della Stazione di misura. Si ringraziano inoltre il Comune di Lampedusa e Linosa e l'Area Marina Protetta delle Isole Pelagie per la proficua collaborazione e per aver favorito la crescita dell'infrastruttura ENEA a Lampedusa.

Per saperne di più:
alcide.disarra@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. IPCC (2014), "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", 151 pp., IPCC, Geneva, Switzerland
2. S. Levitus, J.I. Antonov, J. Wang, et al. (2001), "Anthropogenic warming of Earth's climate system", *Science*; 292, 267-270
3. M. Tsimplis, M. Marcos, S. Somot, B. Barnier (2008), "Sea level forcing in the Mediterranean Sea between 1960 and 2000", *Global Planet. Change*, 63, 325-332
4. F. Artuso, P. Chamard, S. Piacentino, et al. (2009), "Influence of transport and trends in atmospheric CO₂ at Lampedusa", *Atmos. Environ.*, 43, 3044-3051
5. C. Le Quéré, R. Moriarty, R.M. Andrew et al. (2015), "Global carbon budget 2014", *Earth Syst. Sci. Data*, 7, 47-85
6. T. Di Iorio, A. di Sarra, D.M. Sferlazzo, et al. (2009), "Seasonal evolution of the tropospheric aerosol vertical profile in the central Mediterranean and role of desert dust", *J. Geophys. Res.*, 114, D02201
7. A. di Sarra, C. Di Biagio, D. Meloni, et al. (2011), "Shortwave and longwave radiative effects of the intense Saharan dust event of 25-26 March, 2010, at Lampedusa (Mediterranean sea)", *J. Geophys. Res.*, 116, D23209
8. D. Meloni, W. Junkermann, A. di Sarra, et al. (2015), "Altitude-resolved shortwave and longwave radiative effects of desert dust in the Mediterranean during the GAMARF campaign: Indications of a net daily cooling in the dust layer", *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 3386-3407
9. G.S. Jones, P.A. Stott, N. Christidis (2013), "Attribution of observed historical near-surface temperature variations to anthropogenic and natural causes using CMIP5 simulations", *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 4001-4024
10. B.D. Santer, K.E. Taylor, T.M.L. Wigley, et al. (1996), "A search for human influences on the thermal structure of the atmosphere", *Nature*, 382, 39-46
11. D.R. Feldman, W.D. Collins, P.J. Gero, et al. (2015), "Observational determination of surface radiative forcing by CO₂ from 2000 to 2010", *Nature*, 519, 339-343
12. J. Hansen, M. Sato, P. Kharecha, K. von Schuckmann (2011), "Earth's energy imbalance and implications", *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 13421-13449

Invasioni biologiche nel Mediterraneo

È possibile trasformare un problema in un'opportunità?

DOI 10.12910/EAI2016-005

di **Emanuela Fanelli**, ENEA

I Mediterraneo: il mare più invaso del mondo

Il Mar Mediterraneo è ritenuto un *hotspot* di biodiversità con più di 17,000 specie segnalate finora, delle quali circa un quinto è considerato endemico del bacino (Coll et al., 2010). Un tasso tanto elevato di endemismi e una così alta ricchezza specifica rendono il Mediterraneo una delle aree a maggiore biodiversità del pianeta (Lejeusne et al., 2010). D'altra parte, le ecoregioni marine del Mediterraneo sono anche tra quelle più impattate a livello globale (Costello et al., 2010) a causa delle numerose e crescenti minacce che agiscono su tutti i livelli della biodiversità (Mouillot et al., 2011; Micheli et al., 2013), dell'impatto causato dal cambiamento globale (Lejeusne et al., 2010) e dalle

invasioni biologiche (Zenetos et al., 2012; Katsanevakis et al., 2013). L'introduzione di specie aliene (o specie non indigene - Non Indigenous Species -NIS) nel Mediterraneo è stata mediata dall'apertura del canale di Suez (1869), dal traffico

marittimo che ha veicolato organismi tramite il *fouling* e le *ballast waters* (acque di sentina), dall'acquacoltura e dal commercio per acquariofilia (Zenetos et al., 2012; Figura 1). Ad oggi circa 1000 specie aliene sono state introdotte nel Mediterra-

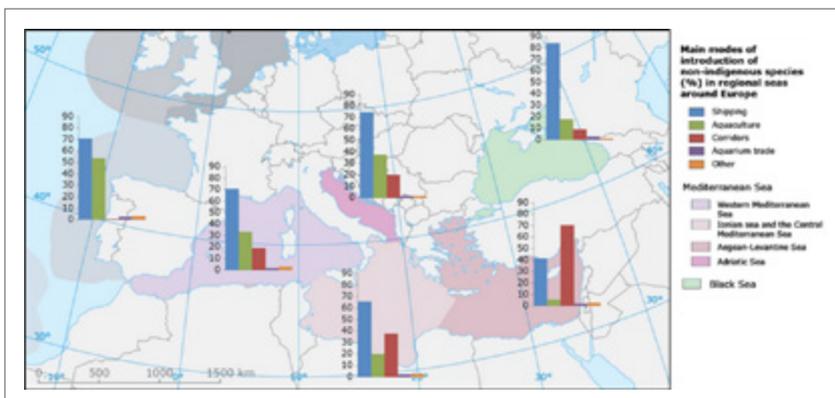


Fig. 1 Importanza relativa (%) delle vie di introduzione delle specie non indigene (NIS) nei mari europei al 2014

Fonte: Hellenic Centre for Marine Research - HCMR - database

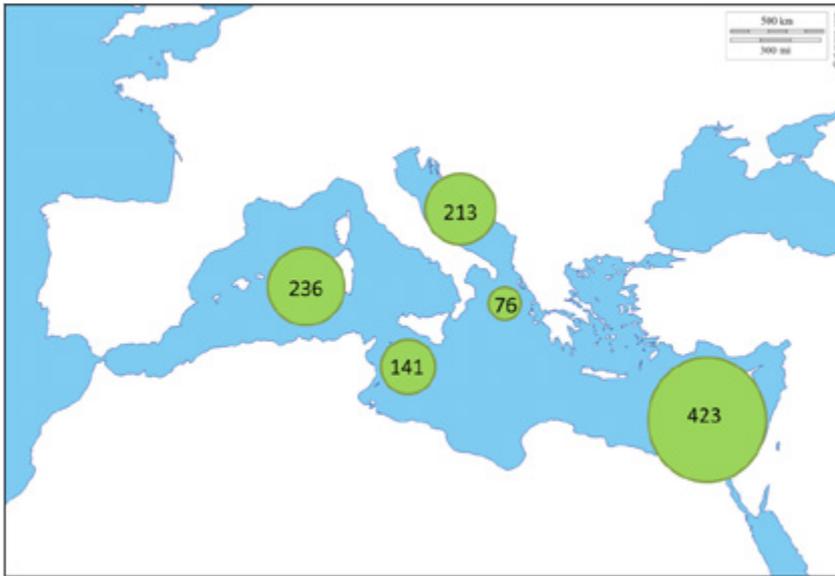


Fig. 2 Distribuzione di specie non indigene nel bacino Mediterraneo
Fonte: modificato da Zenetos & Streftaris, 2008

neo delle quali più della metà sono considerate in via di stabilizzazione e/o di estensione del proprio range attuale (Zenetos et al., 2012).

La distribuzione di tali specie differisce nei due bacini orientale ed occidentale, sia nel numero che nelle modalità di introduzione: mentre nel bacino occidentale la maggior parte delle specie sono state introdotte dal traffico marittimo, nel bacino levantino vi sono prevalentemente specie lessepsiane, entrate attraverso il canale di Suez (Figura 2).

Le specie marine non indigene possono diventare invasive e sostituire le specie native, causando in tal modo la perdita di genotipi nativi, modificare l'habitat, influenzare le proprietà delle reti trofiche e i processi ecosistemici, impedire la provvisione di servizi ecosistemici, avere un impatto sulla salute umana e causare perdite economiche (Grosholz, 2002; Wallentinus e Nyberg, 2007; Molnar et al., 2008; Vilà et al., 2010; Fanelli et al. 2015). D'altro canto alcune specie

aliene hanno un impatto positivo sui servizi ecosistemici e la biodiversità, ad esempio fungendo da "ecosystem engineers" (es. la sclerattinia *Oculina patagonica* nel bacino levantino) e creando nuovi habitat, controllando altre specie invasive, fornendo cibo e supportando il funzionamento ecosistemico in ecosistemi stressati o

degradati (Katsanevakis et al., 2014). Attualmente, più del 5% delle specie marine del Mediterraneo sono considerate specie non native (Zenetos et al., 2012; Figura 3).

In accordo con le ultime revisioni regionali, circa il 13.5% di queste specie sono classificate come invasive in natura, con dominanza delle macrofite (macroalghe e fanerogame marine) nel Mediterraneo occidentale e nell'Adriatico, e di policheti, crostacei, molluschi e pesci nei sotto-bacini centrale e orientale (Galil, 2009; Zenetos et al., 2012). La maggior parte delle specie sono presenti nel bacino levantino ed alcune sono esclusivamente distribuite nel bacino sud-orientale (Israele, Libano, Egitto), mentre altre colonizzano l'intero Mediterraneo (es. l'alga verde *Caulerpa cylindracea*).

La migrazione "lessepsiana"

Il termine "migrazione lessepsiana" (Por, 1971) indica la migrazione di specie attraverso il canale di Suez (opera concepita dall'ingegnere francese Ferdinand de Lesseps), general-

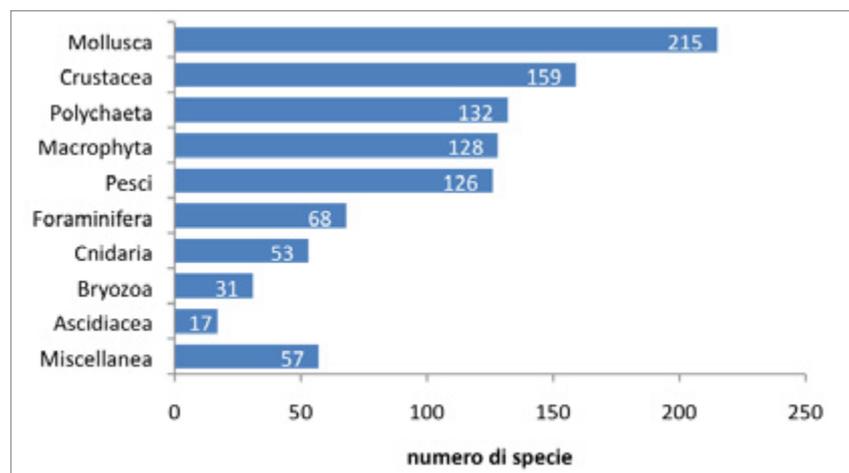


Fig. 3 Contributo delle specie marine non indigene nel Mediterraneo
Fonte: modificato da Zenetos et al., 2012

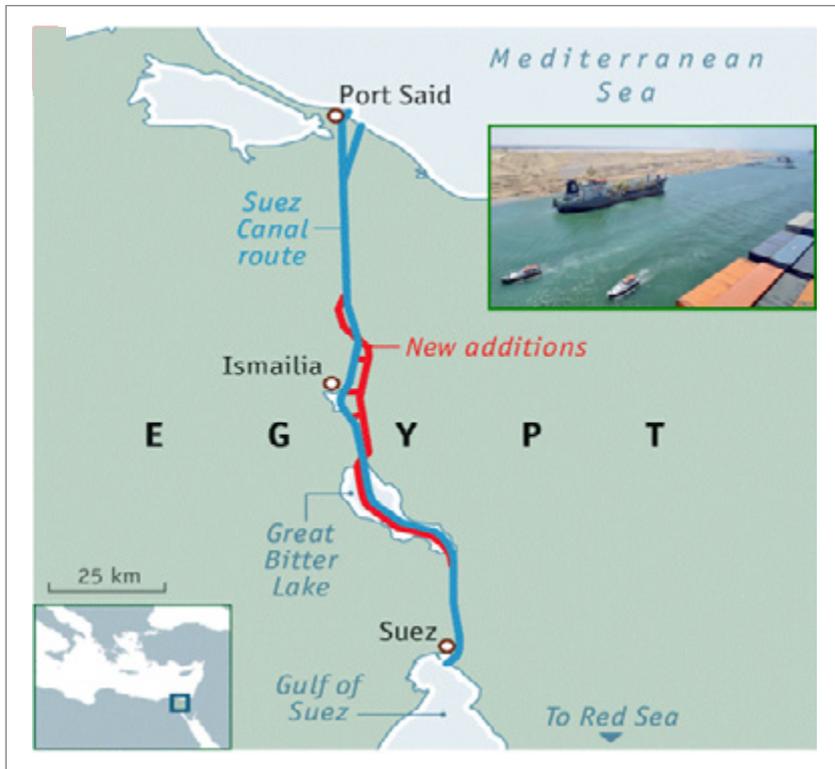


Fig. 4 Immagine del progetto di raddoppiamento del canale di Suez (in rosso), annunciato dal governo egiziano nell'agosto del 2014
Fonte: *The Economist*, 30 maggio 2015

mente dal mar Rosso al Mediterraneo, raramente in senso opposto. La migrazione lessepsiana è stata favorita da due distinti eventi, il primo senza dubbio è l'apertura nel 1869 del canale di Suez, il secondo è la costruzione della diga di Assuan nel 1964. Entrambi questi fattori rappresentano, secondo la teoria di Fox e Fox (1986), un "disturbo climatico", dato che hanno alterato la struttura mesologica del Mediterraneo orientale combinando i loro effetti, altrimenti difficili da distinguere (Bianchi e Morr, 2000). Dall'apertura del Canale di Suez, inoltre, la salinità dei Laghi Amari è andata diminuendo in maniera consistente e progressiva (tra 70 psu del 1870 e 45 psu del 1980), divenendo molto simile a

quella del Mar Rosso (Kimor, 1990). Questa serie di fattori ha contribuito ad incrementare il passaggio di specie da un bacino all'altro, con una progressione notevole per taxa capaci di muoversi attivamente come i pesci.

In anni recenti, infine, il governo egiziano ha attuato opere di dragaggio del Canale, aumentandone la profondità da 8 a 12 m e favorendo ulteriormente gli scambi idrici (in un certo senso, l'acqua del Mar Rosso scivola verso il Mediterraneo). Infine, nell'agosto del 2014, nonostante il parere contrario della comunità scientifica internazionale (Galil et al., 2015) e l'assenza di una qualsiasi valutazione scientifica di impatto ambientale, il governo egiziano ha

avviato la mastodontica opera di raddoppio del canale di Suez, il cui secondo canale, parallelo per 60 km al primo (Figura 4), è stato inaugurato il 6 agosto 2015 (fonte: *La Repubblica* 6 agosto 2015).

Il governo egiziano ha da sempre affermato che il nuovo canale non aggraverà ulteriori problemi all'attuale stato delle invasioni biologiche nel Mediterraneo (fonte: *The Economist* 30 maggio 2015: "No way for fish"), ma l'assenza di una valutazione di impatto ambientale indipendente da parte della comunità scientifica, e soprattutto la possibilità di mettere a punto strategie di mitigazione (vedi sotto), porterà sicuramente ad un aumento del flusso di specie dal Mar Rosso al Mediterraneo.

Cosa fare? Alcuni esempi di metodi di mitigazione in altri paesi

Esistono strategie di mitigazione per il controllo delle specie invasive? In diversi paesi del mondo, soluzioni più o meno plausibili sono già state sperimentate e in fase di attuazione, di seguito alcuni esempi. Il fiume Mississippi è invaso da due specie non indigene di carpe (*blackhead* e *silver carp*) importate dalla Cina negli anni '70. Il loro passaggio nei Grandi Laghi americani attraverso i canali ad essi afferenti (Chicago Sanitary e Shipping Canal) viene prevenuto grazie a sistemi di elettrificazione (2000 V) di tratti dei canali. Lelettrificazione è utilizzata in altre aree del mondo anche per allontanare i pesci dalle condotte di immissione nelle centrali elettriche.

Un altro metodo utilizzato in Canada per prevenire il passaggio di specie non indigene da un bacino all'altro, consiste nel creare coltri di bolle,



Fig. 5 Blooms della medusa *Rhopilema nomadica* in Israele

pompando aria compressa ad alta pressione attraverso condotte sottomarine caratterizzate dalla presenza di microscopici fori. Da queste condotte fuoriescono le bolle che formano una densa coltre. I pesci ne sono spaventati e le meduse le evitano per impedire la formazione di bolle nella sub-ombrella. Secondo l'esperto Mario Paris (ingegnere di una delle aziende che ha messo a punto tale sistema in Québec), una coltre di bolle generate da un condotta tripla nel canale di Suez costerebbe meno di un dollaro al m.

Nel canale di Panama, costruito all'inizio del 1900, un sistema di chiuse garantisce il passaggio delle imbarcazioni nel lago artificiale di Gatun. Si tratta di un bacino di acqua dolce che fornisce una barriera al passaggio di specie marine dal Pacifico al Mar dei Caraibi e all'Atlantico (con qualche insuccesso, si veda l'invasione dei pesci scorpioni, in inglese *lionfish*, *Pterois* ssp. di origine indopacifica nel Mar dei Caraibi e nell'Atlantico: Morris, 2011).

Il canale di Suez non può utilizzare un sistema di chiuse poiché il livello del mare è simile su entrambi i lati, ma una possibile soluzione potrebbe

risiedere nel ripristino della salinità originaria dei laghi Amari, grazie alla quale pochissimi organismi sopravvissero al passaggio dal Mar Rosso al Mediterraneo, fino a circa 80 anni dopo l'apertura del canale. Alcuni ricercatori, tra cui la biologa marina Noa Shenkar dell'Università di Tel Aviv, hanno organizzato un workshop internazionale nel 2014 per discutere proposte di mitigazione in tal senso. Tra queste, quella di maggior successo potrebbe essere il pompaggio di acqua salata nei laghi da impianti di dissalazione delle acque, con il fine di ripristinare l'originale salinità e la loro funzione di barriera naturale.

I "peggiori" invasori lessepsiani

Tra le numerose specie non indigene, ormai stabilmente presenti nel Mediterraneo, ve ne sono alcune che stanno causando enormi problemi ambientali, economici e alla salute umana. Di seguito alcuni esempi, non certamente esaustivi.

La medusa nomade (*Rhopilema nomadica*, Figura 5) ha ormai invaso il bacino levantino. Di color blu pallido e di circa 40 cm di diametro, con

migliaia di tentacoli urticanti, questa medusa si raggruppa in grossi sciame in estate, ed un singolo sciame può estendersi per più di 60 miglia. Durante la stagione degli sciame i pescatori non riescono a pescare perché le meduse riempiono letteralmente le reti e il loro muco ricopre completamente il pescato. I turisti non possono recarsi in spiaggia, con gravi perdite per l'industria turistica, stimate in diversi milioni di dollari. Questa specie blocca inoltre le condotte degli impianti di dissalazione e delle centrali elettriche (fonte: BBC 5 luglio 2011, <http://www.bbc.com/news/world-middle-east-14038729>). Il pesce palla a strisce (*Lagocephalus sceleratus*) è entrato nel Mediterraneo nel 2003 e si è rapidamente diffuso fino a raggiungere (seppur si tratta solo di record e non di popolazioni stabilizzate) la Spagna (Figura 6). È un predatore aggressivo ed attualmente si trova nella lista delle 10 specie di pesci più abbondanti del Mediterraneo orientale (in termini di biomassa). Questo pesce (come i suoi simili *L. lagocephalus* e *Spheroides pachygaster*) contiene tetrodotossina (TTX), una neurotossina altamente tossica che causa paralisi ed



Fig. 6 In alto a sinistra, un esempio di una cattura di pesca commerciale a Cipro (foto di Ernesto Azzurro). In senso orario: manifesti di allerta per le popolazioni locali (Isola di Paro, Italia e Tunisia) che invitano a non consumare i pesci palla



Fig. 7 Un esemplare di *Fistularia commersoni* catturato nell'isola di Linosa (foto di Ernesto Azzurro) e la copertina del numero di novembre 2014 di *Ecology Letters*
Fonte: Azzurro et al., 2014

è potenzialmente mortale. Ad oggi numerosi sono i casi di intossicazione, causati dal consumo del pesce, registrati in Egitto, Grecia, Turchia, Israele, Libano e Tunisia, con 7 morti accertate in Libano (fonte: *The Daily Star* 27 ottobre 2011).

Il pesce trombetta a puntini blu, *Fistularia commersoni*, è un carnivoro di alto livello trofico (Fanelli et al.

2015), che preda su specie ittiche di interesse commerciale quali zeri (*Spicara smaris*), boghe (*Boops boops*) e triglie (*Mullus* spp.: Kalogirou et al. 2007). Si è espanso rapidamente (Azzurro et al. 2013) e vi sono serie preoccupazioni circa il suo impatto sulla struttura e dinamica di popolazione delle comunità native. Recenti studi hanno inoltre relazionato il successo di specie dalla morfologia “strana”, quali ad esem-

pio il pesce trombetta o il pesce palla (Azzurro et al. 2014), con il loro successo come invasori, apportando un contributo importante anche ai fondamenti dell'ecologia teorica (Figura 7).

In vastissime aree della Turchia, le due specie di pesci coniglio del Mar Rosso (*Siganus rivulatus* and *Siganus luridus*) hanno letteralmente ripulito il fondo marino dalla copertura algale (Sala et al. 2011). Le



Fig. 8 Branchi di *Siganus luridus* (a sinistra) e *Sarpa salpa* (a destra) nell'isola di Linosa
Foto: Ernesto Azzurro

alghe forniscono habitat a moltissime specie, inclusi molti invertebrati, che a loro volta sono preda di pesci carnivori. Distruggendo questo habitat i pesci coniglio determinano il collasso delle complesse reti trofiche del Mediterraneo (Azzurro et al. 2007; Fanelli et al. 2015). In diverse aree del bacino levantino questa specie ha quasi del tutto soppiantato la specie nativa *Salpa sarpa* (Bariche et al. 2004).

L'alga verde *Caulerpa cylindracea* (Figura 9) può formare compatti tappeti multistrato spessi fino a 15 cm che intrappolano il sedimento, sviluppando uno strato anossico sottostante (Klein e Verlaque 2008). I suoi stoloni possono crescere rapidamente e incorporare altre macroalghe (Piazzi et al. 2005) o invertebrati (Žuljević et al. 2010) causandone l'eliminazione. Sono state osservate importanti variazioni nelle comunità delle aree invase (Argyrou et al. 1999; Klein e Verlaque 2008, e referenze ivi citate). Attualmente sono stati riportati sia effetti negativi che positivi sulle fanerogame *Cymodocea nodosa* e *Zostera noltii* (Ceccherelli e Campo 2002).

Il bicchiere mezzo pieno: è possibile ricavare una risorsa da un problema?

Come precedentemente riportato, azioni di mitigazione possono essere fattibili: purtroppo, allo stato attuale in Mediterraneo, gli unici esempi in tal senso sono i sistemi di depurazione/elettificazione delle acque di zavorra, per prevenire l'introduzione di specie non indigene attraverso questo vettore. Per le specie citate in precedenza, non sono possibili azioni di eradicazione. I pochi interventi intrapresi in tal senso in Mediterraneo o in altre aree geografiche (si veda



Fig. 9 Stoloni di *Caulerpa cylindracea* che formano un reticolo sopra la copertura algale

ad esempio alcune azioni di eradicazione tentate per il pesce scorpione ai Caraibi - http://oceanservice.noaa.gov/education/stories/lionfish/lion05_stop.html - o la corresponsione economica di un compenso per ciascun individuo riportato tentata dal governo cipriota per *Lagocephalus sceleratus* si sono rivelati infruttuosi. Anche se l'utilizzo di queste specie non rappresenta assolutamente una soluzione al problema, può forse coadiuvarne il controllo in termini demografici. Di seguito le potenzialità per l'industria della pesca, alimentare, della carta, biomedica e farmaceutica delle specie sopra elencate.

Industria della pesca o impiego in acquacoltura. Sia il pesce trombetta che i pesci coniglio (*Siganus luridus* e *S. rivulatus*) stanno acquisendo una crescente importanza economica nei mercati locali del bacino levantino mediterraneo. Il pesce trombetta grazie alle sue carni gustose e all'assenza di spine è attualmente molto apprezzato (Otero et al. 2013). I pe-

sci coniglio vengono abitualmente consumati nel bacino levantino da diversi decenni. Nelle filippine i pesci coniglio vengono allevati in specchi d'acqua salmastra con notevoli introiti per l'economia locale (fonte: EDGEDavao 10 novembre 20: 15, <http://www.edgedavao.net/>).

Industria alimentare. Nei mercati orientali numerosi sono i preparati a base di meduse ed in particolare di *Rhopilema esculentum* (Figura 10), specie co-generica della famigerata *R. nomadica*. Studi di settore potrebbero essere volti all'analisi delle proprietà eduli di questa specie ed un suo eventuale impiego come risorsa alimentare nei mercati orientali. Anche l'alga verde *Caulerpa cylindracea* potrebbe rappresentare una nuova fonte alimentare: attualmente questa specie è molto apprezzata, coltivata e commercializzata nelle isole del Pacifico (Fiji, Tonga, Samoa: Morris et al. 2014) e potrebbe divenire una futura risorsa anche nel Mediterraneo.

Industria della carta/cosmetica/materiali bio-medici. I tessuti delle meduse sono molto ricchi di proteine digeribili e di collagene, preziosa proteina strutturale dei tessuti animali, ricca di aminoacidi idrofobici. L'idrolizzato di collagene delle meduse esercita una potente azio-



Fig. 10 Preparato alimentare a base di meduse

ne antiossidante, foto-protettiva e anti-melanogenica sulle cellule di mammifero. Le potenzialità del collagene estratto da meduse, come an-

tiossidante naturale, fonte di peptidi bioattivi e biomateriali sono particolarmente interessanti per l'industria biomedica, farmacologica e cosmetica (fonte: Leone Antonella, contributo per EXPO2015, https://www.expo.cnr.it/it/system/files/Leone_Meduse.pdf). Attualmente con la richiesta di brevetto "WO 2014106830 A1 Jellyfish-derived polymer" un gruppo di ricercatori e tecnici israeliani stanno per brevettare un polimero ricavato dalle meduse (inclusa *Rhopilema*) che ha molteplici utilizzi, tra i quali un possibile costituente di pannolini (il polimero è in grado di assorbire il 100% del suo peso in acqua), prodotti per l'igiene femminile, guanti e carta ad uso medico, in forma di idrogel.

Industria farmaceutica/medicina.

Studi recenti indicano che la tetrado-tossina (TTX) estratta dai pesci palla può essere impiegata come analgesico (Nieto et al. 2012). Studi effettuati su *Rhopilema esculentum*, hanno mostrato come i peptidi del collagene di questa specie (non vi sono

studi sulla co-generica *R. nomadica*) somministrati oralmente svolgano un ruolo benefico come antipertensivi, sull'ipertensione renovascolare (Zhuang et al. 2012). Con il brevetto USA "US 8287912 B2 del 2012, Use of stinging cells/capsules for the delivery of active agents to keratinous substances" si è messo a punto un metodo per produrre agenti in grado di ripristinare la cheratina danneggiata di capelli ed unghie, a partire da cellule e capsule urticanti delle meduse. Inoltre in Cina le meduse sono tradizionalmente usate per il trattamento di ipertensione, bronchiti, tracheiti, asma e ulcere gastriche, campi di applicazione anch'essi da esplorare.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dott. Ernesto Azzurro di ISPRA – Sts Livorno per la gentile concessione di alcune foto e per i preziosi suggerimenti.

Per saperne di più:
em Manuela.fanelli@enea.it

BIBLIOGRAFIA

- Argyrou M, Demetropoulos A, Hadjichristophorou M (1999) Expansion of the macroalga *Caulerpa racemosa* and changes in softbottom macrofaunal assemblages in Moni Bay, Cyprus. *Oceanologica Acta* 22(5): 517–528
- Azzurro E., Fanelli E., Mostarda E., Catra M., Andaloro F. (2007). Resource partitioning among early colonizing *Signanus luridus* and native herbivorous fish in the Mediterranean: an integrated study based on gut-content analysis and stable isotope signatures. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 87, 991–998
- Azzurro E., Tuset M.V., Lombarte T., Maynou F., Simberloff D., Rodriguez-Pérez A., Solé R.V. (2014). External morphology explains the success of biological invasions. *Ecology Letters* 17: 1455–1463
- Bariche M, Letourneur Y, Harmelin-Vivien M (2004) Temporal fluctuations and settlement patterns of native and Lessepsian herbivorous fishes on the Lebanese coast (eastern Mediterranean). *Env. Biol. Fish.* 70: 81–90
- Bianchi C. N., Morr, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Mar. Pollut. Bull.* 40, 367–376

- Ceccherelli G, Campo D (2002) Different effects of *Caulerpa racemosa* on two co-occurring seagrasses in the Mediterranean. *Botanica Marina* 45: 71–76
- Coll M., Piroddi C., Steenbeek J et al. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS One* 5(8): e11842
- Costello M.J., Coll M., Danovaro R., Halpin P., Ojaveer H., Miloslavich P. (2010). A census of marine biodiversity knowledge, resources and future challenges *PLoS One* 5: e12110
- Fanelli E., Azzurro E., Bariche M., Cartes J.E., Maynou F. (2015). Widening out native food webs: A stable isotopes study after Lessepsian fish invasion. *Biol. Inv.* 17(7): 2163–2178
- Fox M.D., Fox B.J. (1986). The susceptibility of natural communities to invasion. In R. H. Groves, and J. J. Burdon [eds.], *Ecology of biological invasions*, 57–66. Cambridge University Press, London, UK
- Galil B. (2009). Taking stock: inventory of alien species in the Mediterranean Sea. *Biol. Invasions* 11(2): 359–372
- Galil BS, F Boero, ML Campbell, et al. (2015). The enlargement of the Suez Canal and Introduction of non-indigenous species to the Mediterranean Sea. *Limnol. Ocean. Bull.* 24 (2): 41–43
- Grosholz, E. (2002). Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions. *Trends Ecol. Evol.* 17, 22–27
- Kalogirou et al. 2007. Kalogirou S, Corsini M, Kondilatos G, Wennhage H. (2007). Diet of the invasive piscivorous fish *Fistularia commersonii* in a recently colonized area of the eastern Mediterranean. *Biol. Invasions* 9: 887–896
- Katsanevakis S., Wallentinus I., Zenetos A., Leppäkoski E., Çinar M. E., Öztürk B. (2014b). Impacts of marine invasive alien species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European critical review. *Aquat. Invasions* 9(4): 391–423
- Kimor B. (1990). Microplankton of the Red Sea, the Gulf of Suez and the Levantine basin of the Mediterranean. *Bull. Inst. Ocean. Monaco*, N.S. 7: 29–38
- Klein J., Verlaque M. (2008). The *Caulerpa racemosa* invasion: a critical review. *Mar. Poll. Bull.* 56: 205–225
- Lejeune C., Chevaldonne P., Pergent-Martini C., Boudouresque C. F., Perez T. (2010). Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends Ecol. Evol.* 25, 250–260
- Micheli F., Levin N., Giakoumi S., et al. (2013). Setting priorities for regional conservation planning in the Mediterranean Sea. *PLoS One* 8(4): e59038
- Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C., and Spalding, J.M. (2008). Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Front. Ecol. Environ.* 6, doi: 10.1890/070064
- Morris, J. A. (2011). “Invasive Lionfish Facts.” Silver Spring, MD: NOAA National Centers for Coastal Ocean Science
- Mouillot D., Albouy C., Guilhaumon F., Ben Rais Lasram F., Coll M., Devictor V., et al. (2011). Protected and threatened components of fish biodiversity in the Mediterranean Sea. *Curr. Biol.* 21, 1044–1050.
- Nieto F.R., Cobos E.J., Tejada M.A., Sánchez-Fernández C., González-Cano R., Cendán C.M. (2012). Tetrodotoxin (TTX) as a Therapeutic Agent for Pain. *Mar Drugs.* 10(2): 281–305
- Otero M., Cebrian E., Francour P., Galil B., Savini D. (2013). Monitoring marine invasive species in Mediterranean Marine Protected Areas (MPAs): a strategy and practical guide for managers. Medpan North project. IUCN, Malaga, Spain, 136 pp
- Piazzini L, Balata D, Ceccherelli G, Cinelli F (2005) Interactive effect of sedimentation and *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion on macroalgal assemblages in the Mediterranean Sea. *Est. Coast. Shelf Sci.* 64: 467–47
- Por F.D. (1971). One Hundred Years of Suez Canal—A Century of Lessepsian Migration: Retrospect and Viewpoints. *Syst. Biol.* 20(2): 138–159
- Sala E, Kizilkaya Z, Yildirim D, Ballesteros E (2011) Alien marine fishes deplete algal biomass in the eastern Mediterranean. *PLoS One* 6(2): e17356
- Schlaepfer M.A., Sax D.F., Olden J.D. (2011). The Potential Conservation Value of Non-Native Species. *Cons. Biol.* 25(3): 428–437
- Vilà M., Basnou C., Pyšek P., et al. (2010). How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment. *Front. Ecol. Environ.* 8: 135–144
- Wallentinus I, Nyberg CD (2007) Introduced marine organisms as habitat modifiers. *Mar. Poll. Bull.* 55: 323–33
- Zenetos A., Gofas S., Morri C., et al. (2012). Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union’s Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Medit. Mar. Sci.*, 13/2, 2012, 328–352
- Zhuang Y., Sun L., Zhang Y., Liu G. (2012). Antihypertensive Effect of Long-Term Oral Administration of Jellyfish (*Rhopilema esculentum*) Collagen Peptides on Renovascular Hypertension. *Mar Drugs.* 10(2): 417–426
- Žuljević A., Thibaut T., Despalatović M., Cotalorda J.M., Nikolić V., Cvitković I., Antolić B. (2010). Invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* makes a strong impact on the Mediterranean sponge *Sarcotragus spinosulus*. *Biol. Invasions* 13: 2303–2308

L'economia circolare per il contenimento delle emissioni di gas serra

Strumenti integrati per l'uso efficiente delle risorse nei sistemi produttivi

DOI 10.12910/EAI2016-006

di **Claudia Brunori, Erika Mancuso, Antonella Luciano, Silvia Sbaffoni, Grazia Barberio, M. La Monica, C. Scagliarino e Laura Cutaia, ENEA**

L'iniziativa prioritaria per un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse, avviata nell'ambito della strategia Europa 2020, promuove il passaggio ad un'economia efficiente nell'uso delle risorse e a basse emissioni di carbonio per realizzare una crescita sostenibile. Promuovere un uso più efficiente delle risorse è essenziale per garantire la crescita e l'occupazione in Europa, in quanto consente di migliorare la produttività riducendo i costi e rafforzando la competitività. L'iniziativa delinea un quadro di lungo termine per gli interventi in diversi settori, fornendo sostegno alle strategie in materia di cambiamenti climatici, energia, trasporti, industria, materie prime, agricoltura,

pesca, biodiversità e sviluppo regionale.

Tra le varie strategie sostenute dall'iniziativa Europa, l'uso efficiente delle risorse può giocare un ruolo fondamentale nella mitigazione dei cambiamenti climatici in termini di contributo sostanziale alla riduzione di emissioni di CO₂. In quest'ottica la simbiosi industriale, nei progetti ENEA, è una via praticabile per la riduzione dei flussi di materia e per la valorizzazione delle risorse secondo una riallocazione più proficua.

Il pacchetto europeo per l'economia circolare

In linea con l'approccio seguito negli ultimi anni, il 2 dicembre 2015 è

stato pubblicato dalla Commissione Europea il pacchetto sull'economia circolare che prevede una serie di azioni per la chiusura dei cicli nei processi produttivi e nel ciclo di vita dei prodotti e dei servizi, con ricadute misurabili in termini di aumento delle percentuali di riciclo/riuso e di benefici tangibili per ambiente ed economia.

In particolare, il pacchetto sull'economia circolare prevede una Revisione della Direttiva sui Rifiuti con la definizione di target di riduzione dei rifiuti e di percorsi ambiziosi a lungo termine per la gestione sostenibile dei rifiuti ed il riciclo. Elementi chiave nella revisione della direttiva sui rifiuti sono di seguito elencati:

- Target Europeo: 65% di rifiuti urbani riciclati entro il 2030;
- Target Europeo: 75% di imballaggi riciclati entro il 2030;
- Limite massimo di smaltimento in discarica pari al 10% di tutti i rifiuti prodotti entro il 2030;
- Divieto di smaltimento in discarica per rifiuti non urbani;
- Promozione di strumenti economici per disincentivare lo smaltimento in discarica;
- Definizione di procedure semplificate e metodi di calcolo armonizzati per la valutazione delle percentuali di riciclo in tutti i Paesi europei
- Misure concrete per la promozione del riuso e del trasferimento di risorse tra industrie (simbiosi industriale);
- Incentivi economici per i produttori che immettono in commercio prodotti verdi e riciclabili e che supportano i sistemi di recupero e riciclo (ad es. imballaggi, batterie, apparecchi elettronici, veicoli).

L'implementazione del pacchetto per l'economia circolare dovrebbe consentire il conseguimento di una "win-win situation", con benefici sia dal punto di vista economico che ambientale e sociale, con risparmi per circa 600 miliardi di euro per le imprese europee (equivalenti all'8% circa del loro fatturato annuale), la creazione di 580.000 posti di lavoro, la riduzione delle emissioni di carbonio europee per 450 milioni di tonnellate per anno.

Eco-innovazione: motore trainante verso la chiusura dei cicli

Il motore trainante per la transizione verso l'economia circolare è l'eco-

innovazione, intesa come qualsiasi prodotto, processo, sistema di gestione, servizio o procedura, innovativi e finalizzati alla riduzione del flusso di materiali, del consumo di energia, dell'inquinamento e di altri fattori di pressione per ambiente e società, in riferimento all'intero il ciclo di vita. In tal senso l'eco-innovazione ha la capacità di creare valore e rispondere alle esigenze dei consumatori e delle imprese rispetto a standard ambientali e sociali e deve essere ritenuto uno strumento essenziale per la Green Economy. Tale strumento apre la strada ad un cambio radicale dei sistemi di produzione e consumo basati sull'approvvigionamento e l'uso sostenibile delle risorse e sulla riduzione/eliminazione delle emissioni, al fine di ottenere il disaccoppiamento tra crescita economica, impatti ambientali e consumo delle risorse. Affinché si possano ottenere reali benefici ed effetti positivi su ambiente, economia e società, l'eco-innovazione deve essere applicata non solo al settore delle eco-industrie ma all'intera catena di produzione di beni e servizi. Ciò implica, anche, un ripensamento degli stili di vita.

Valutazione integrata della relazione tra uso efficiente delle risorse e mitigazione dei cambiamenti climatici

La pressione ambientale (ad es. gas serra) è collegata al consumo di materiali sia per quanto riguarda l'impatto ambientale per unità di flusso di materiale trasformato in bene o prodotto, sia per il consumo stesso di risorse. Una valutazione appropriata dovrebbe tenere in considerazione entrambi questi aspetti complementari. Uno studio recente (John Barrett,

Kate Scott. *Link between climate change mitigation and resource efficiency: A UK case study*. Global Environmental Change 22 (2012) 299-307) ha proposto una metodologia integrata per valutare nel Regno Unito gli effetti positivi di mitigazione dei cambiamenti climatici derivanti dall'uso efficiente delle risorse e dalla dematerializzazione, combinando sia gli effetti di riduzione dell'inquinamento dei processi produttivi, sia l'effetto di riduzione del consumo delle risorse (acqua, materie prime ecc.).

Lo studio, basato su un approccio input-output esteso a livello multi-regionale, ha preso in considerazione sia i sistemi di produzione, sia quelli di consumo ed ha inteso definire un metodo per stimare il ruolo dell'efficienza delle risorse nella riduzione delle emissioni GHG per il Regno Unito al 2050. In particolare tale studio ha investigato 13 strategie del Paese per l'uso efficiente delle risorse, tra cui: *lean technologies*, sostituzione di materiali ad elevato consumo di CO₂, riduzione dei rifiuti, *landfill mining*, strategie per edilizia sostenibile, prolungamento della vita media dei prodotti, riduzione degli sprechi alimentari e degli scarti organici domestici. Lo studio ha dimostrato il grande potenziale derivante flussi di materiali controllati e ottimizzati rispetto agli scenari per la mitigazione della CO₂ ed ha consentito di evidenziare l'impatto potenziale delle varie strategie adottate, tra le quali il cambio negli stili di vita dei consumatori risulta avere uno tra i più significativi impatti. In particolare risultano strategie chiave l'ottimizzazione dei prodotti (minor consumo di risorse), l'allungamento della vita dei prodotti, i cambiamenti negli stili alimentari dei consumatori.

Simbiosi industriale – strumento eco-innovativo per l'efficienza delle risorse nel settore produttivo

Uno degli strumenti più potenti per l'uso efficiente delle risorse sul territorio e all'interno di aree e distretti industriali è la simbiosi industriale, un sistema organizzato che favorisce e promuove il trasferimento di risorse tra industrie dissimili.

Dal 2011 l'ENEA ha sviluppato 3 progetti di simbiosi industriale in tre regioni d'Italia: il "progetto Eco-Innovazione Sicilia" (maggio 2011 – dicembre 2015); il "Progetto Green - Simbiosi Industriale" in Emilia Romagna (ottobre 2013 – giugno 2015 in due fasi) e il progetto "Parco Industriale di Rieti-Cittaducale" (settembre 2014 - marzo 2016).

Il progetto Eco-Innovazione Sicilia è stato finanziato con legge finanziaria del 2010 ed ha visto la collaborazione di Confindustria Catania, della Camera di Commercio di Siracusa ed il supporto della Regione Sicilia e dell'Università di Catania. Tra i risultati più importanti del progetto si citano l'implementazione della prima piattaforma di simbiosi industriale operante in Italia che comprende, tra le altre cose, la realizzazione delle metodologie per acquisire le risorse disponibili da parte delle aziende (materiali di scarto, rifiuti, cascami energetici, capacità, servizi) attraverso la compilazione di specifiche tabelle input/output; la realizzazione di connettori logici tra le risorse disponibili da parte di una azienda ed i possibili settori di destinazione produttiva, archi <origine, destinazione>; la realizzazione di un database georeferenziato per le aziende che aderiscono al network; la realizzazione di algoritmi di collegamento tra le aziende, gli output messi a disposizione da queste (o gli

input ricercati) e le possibili sinergie con le altre aziende censite che potenzialmente potrebbero essere interessate alla condivisione di tali risorse; la registrazione del marchio della piattaforma (symbiosis); il sito web. Il progetto Eco-innovazione Sicilia è stato di estrema rilevanza dal momento che ha agito da apripista ed ha reso necessaria una intensa attività di collaborazione ed interazione con le istituzioni e le associazioni operanti sul territorio, al fine di acquisire la fiducia e la partecipazione delle aziende. In Sicilia il progetto ha visto la partecipazione attiva di circa 80 aziende sulle circa 2000 censite, le quali hanno condiviso più di 400 risorse, sulle circa 690 potenziali sinergie individuate dal lavoro effettuato dall'ENEA.

Il "progetto Green-Simbiosi Industriale", promosso da Unioncamere Emilia Romagna e ASTER, ha permesso di mettere a punto delle proficue interazioni tra 13 aziende operanti sul territorio emiliano, con il contributo di 7 laboratori di ricerca ed il coordinamento e la metodologia proposta da ENEA. Complessivamente il progetto Green-Simbiosi industriale ha consentito di individuare più di 90 possibili sinergie tra le aziende che hanno preso parte al progetto nonché tra queste ed il territorio circostante.

Il progetto per l'implementazione della simbiosi industriale nell'Area Industriale di Rieti-Cittaducale, realizzato con il supporto del Consorzio per lo sviluppo industriale della provincia di Rieti ed ancora in corso, è stato l'occasione per realizzare percorsi operativi di economia circolare per le imprese locali appartenenti a diversi settori (elettronica, farmaceutica, meccanica, alimentare ecc.). Il progetto ha visto la partecipazione di 27 aziende che hanno complessi-

vamente condiviso 142 risorse. Dalla loro interazione, tramite la metodologia ENEA, sono emerse 45 potenziali sinergie.

Per tutti e tre i progetti, con le dovute differenziazioni geografiche, istituzionali e della tempistica è possibile distinguere tre fasi principali.

Una prima fase organizzativa:

- realizzazione di database delle aziende (periodicamente aggiornato e revisionato anche nelle fasi successive);
- networking, cioè più momenti di contatto con le aziende selezionate al fine di illustrare il progetto ed invitarle ai tavoli di lavoro;
- invio e ricezione delle schede di raccolta dati input/output per le aziende;
- organizzazione tavoli di lavoro.

Una seconda fase esecutiva:

- svolgimento dei tavoli di lavoro;
- un primo momento di "data processing", cioè analisi di tutti i dati e individuazione delle sinergie;
- inserimento di tutti i dati sulla piattaforma di simbiosi industriale;
- un secondo momento di "data processing" e individuazione di eventuali nuove sinergie;
- selezione dei percorsi di simbiosi industriale da proporre alle aziende;
- studio approfondito di tutte le problematiche dei settori;
- prima stesura di manuali operativi (ossia manuali che illustrano tutti gli aspetti normativi, amministrativi, procedurali, tecnici, economici ecc. che riguardano una specifica sinergia - o gruppi di sinergie).

La terza fase conclusiva:

- svolgimento di tavoli di Concertazione in cui le aziende, gli *stakeholder* ed ENEA si confrontano sulla

fattibilità e sulle diverse specificità dei percorsi di simbiosi industriali individuati;

- revisione dei Manuali Operativi alla luce delle osservazioni emerse dalla fase di concertazione;
- stesura definitiva dei manuali così validati.

Si osserva che i manuali operativi costituiscono uno strumento “di lavoro” costruito per gli specifici percorsi di simbiosi industriale descritti (in altre parole per le specifiche aziende coinvolte e gli specifici flussi di risorse condivisi). Tuttavia, è indubbio che tali documenti possono costituire una solida base di partenza per realizzare manuali operativi di valenza generale (almeno per un determinato territorio e sistema di regole) che consentano di replicare percorsi di simbiosi industriale già realizzati.

Gli scenari con e senza simbiosi industriale

A titolo esemplificativo, in Tabella 1 si riporta il confronto tra le attuali destinazioni di alcuni sfridi prodotti da aziende operanti nel settore lapideo (scenario *Business As Usual* - BAU) rispetto a potenziali destinazioni di simbiosi industriale.

Il manuale operativo “Riutilizzo dei limi di segazione in sostituzione degli aggregati naturali” ha approfondito tutti gli aspetti normativi e tecnici

per riutilizzare i fanghi del taglio di basalto e pietra lavica e anche di pietre miste come filler per conglomerati bituminosi utilizzabili da parte di un’azienda di costruzioni presente sul territorio, arrivando a definire gli aspetti ostativi, quelli che necessitano di ulteriori approfondimenti e quelli invece perfettamente compatibili con il percorso individuato.

Tale caso studio rappresenta una risposta alle esigenze delle aziende del distretto produttivo della pietra lavica. Il distretto attualmente comprende circa 90 imprese del territorio etneo che producono ingenti quantità di sfridi, prevalentemente destinati alla discarica. La loro valorizzazione attraverso percorsi di simbiosi industriale comporterebbe importanti risparmi per le aziende, un incremento della competitività e concreti benefici ambientali.

Alcune considerazioni conclusive

La realizzazione di percorsi di simbiosi industriale, ossia il trasferimento di risorse direttamente da un’azienda ad un’altra, consente di ottenere risparmi diretti per le aziende coinvolte in termini di costi per lo smaltimento in discarica e/o per la gestione degli sfridi da parte di un gestore ambientale (per l’azienda che fornisce la risorsa); in termini di minore costo di approvvigionamento per l’azienda che riceve tale

risorsa; in termini di ottimizzazione dei trasporti, data la possibilità di ricercare aziende cooperanti con criteri di prossimità. Con un effetto di trascinamento, la simbiosi industriale consente di ridurre il consumo di risorse e gli impatti sia direttamente (sfridi riutilizzati anziché smaltiti in sostituzione di materie prime), sia indirette (risorse consumate ed emissioni generate nei due diversi processi che la simbiosi industriale consente di evitare: lo smaltimento da una parte, la produzione di materie prime dall’altra, con i relativi trasporti ed impatti per entrambi).

Complessivamente la simbiosi industriale consente, quindi, di ottenere soluzioni di tipo win-win, in cui tutti gli attori coinvolti possono trarre vantaggio dalle reciproche interazioni. L’esperienza ENEA mostra che la simbiosi industriale può avere bisogno, per essere vantaggiosa ed economicamente sostenibile, di realizzare economie di scala, ossia ad es. di una gestione consortile di scarti di un certo tipo per raggiungere le quantità e le caratteristiche tecniche in grado di soddisfare la domanda di tali risorse sul territorio. Tale aspetto, peraltro, non è un fattore limitante ma anzi può essere esso stesso volano di eco-innovazione e fattore di arricchimento per il territorio.

*Per saperne di più:
claudia.brunori@enea.it*

SCENARIO BAU					SCENARIO SIMBIOSI		
Aziende	Risorse	Quantità	UM	Attuale destinazione	Distanza (km)	Sinergia	Azienda
C23033	fanghi misti	20	t	discarica	77	Riutilizzo per conglomerati bituminosi (imprese di costruzione)	G46.002
C23032	fanghi di basalto	1185	m ³	riutilizzo	79		G46.002
C25035	fanghi misti	200	t	discarica	64		G46.002

Tab. 1 Confronto tra le attuali destinazioni di alcuni sfridi prodotti da aziende operanti nel settore lapideo e potenziali destinazioni di simbiosi industriale

Variazioni relative del livello dei mari

Previsione degli impatti sulle coste italiane e del mondo

DOI 10.12910/EAI2014-103

di **Fabrizio Antonioli**, *ENEA*

Circa un anno fa la concentrazione atmosferica media di anidride carbonica ha raggiunto e superato le 400 parti per milione, non è questo il miglior viatico rispetto alle raccomandazioni negoziate con la COP21 tenuta a Parigi lo scorso dicembre. Per prevenire effetti dannosi sulle coste italiane è bene poter comprendere quali scenari e conseguentemente quali impatti sono attesi per i prossimi decenni. Ricostruire le diverse componenti che concorreranno a definire le variazioni relative del livello del mare in un dato settore costiero costituisce la base per la programmazione e la difesa del territorio dal cambiamento globale atteso: l'adattamento al clima del futuro.

Le cause delle variazioni relative del livello marino

Nel corso delle ere geologiche il livello del mare ha sempre subito delle

oscillazioni. Tutte queste oscillazioni possono essere connesse a cause astronomiche, climatiche o geologiche; si tratta della sommatoria di variazioni che interessano l'intero globo a cui vanno sommate variazioni locali che differiscono, anche sensibilmente, da settore a settore. Durante l'ultimo periodo "caldo" molto simile al nostro, occorso 125 mila anni fa, il livello del mare era più alto di 8 metri dell'attuale (con 290 ppm di anidride carbonica nell'atmosfera). Un solco di battente fossile del tutto simile a quello attuale (Figura 1) è rimasto scolpito sulle pareti carbonatiche della Sardegna occidentale (una delle più stabili aree costiere italiane).

Detto con parole semplici, i quattro diversi contributi che concorrono all'attuale sollevamento di livello dei mari italiani sono: lo scioglimento dei ghiacci, il riscaldamento superficiale delle acque, l'isostasia ed i movimenti tettonici verticali. Ciò che

misura il mareografo (registratore del livello del mare posizionato nei porti su strutture solide e fisse) è l'effettiva sommatoria di tutti i movimenti relativi del mare, non a caso i mareografi di Trieste (o Marsiglia) e di Venezia (entrambi con circa 100 anni di funzionamento) mostrano dei trend molto diversi tra loro: il primo indica poco più di 13 centimetri di sollevamento, il secondo 24 centimetri. Venezia infatti, oltre alla componente dello scioglimento dei ghiacci e quella isostatica (molto simile a Trieste e Marsiglia), è sottoposta a notevoli abbassamenti tettonici.

Movimenti verticali delle coste: tettonica e isostasia

L'Italia è un paese geologicamente "vivo" dove vulcani, terremoti e bradisismi si manifestano con grande frequenza anche in aree costiere. A scala locale i movimenti geofisici costieri indotti dalla situazione

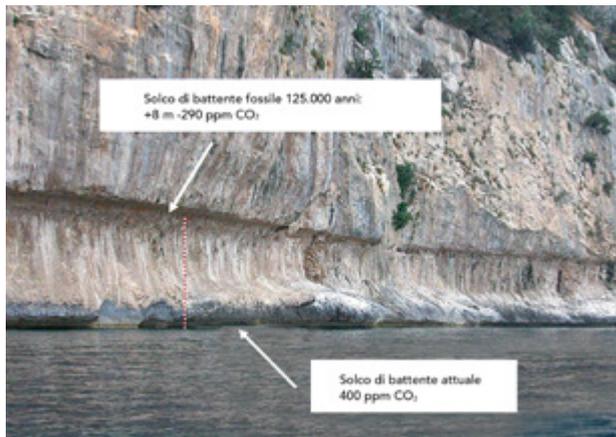


Fig. 1 Solco di battente fossile di 125mila anni rimasto scolpito sulle pareti carbonatiche del Golfo di Orseoi (Sardegna)

geologica locale costituiscono una componente da tenere presente nel computo delle variazioni relative del livello marino. Questi movimenti geofisici possono, infatti, sollevare o abbassare le coste italiane. È vero che non si tratta di variazioni dovute a oscillazioni climatiche, ma il loro effetto, nel computo del rischio futuro della costa, assume una grande importanza. I movimenti verticali tettonici sono stati riassunti nella Figura 2.

Appare chiaro come estese aree costiere in Toscana, Sardegna, Lazio meridionale, nonché porzioni della Sicilia occidentale, possono considerarsi sostanzialmente stabili. Il Friuli, il Veneto e l'Emilia-Romagna sono invece aree in grande subsidenza tettonica. Fra i principali settori attualmente in sollevamento lungo la penisola italiana vi sono la Calabria e la Sicilia orientale.

Da tali osservazioni si può facilmente dedurre come nelle aree costiere site in zone tettonicamente attive si instaurino movimenti tettonici di sollevamento o abbassamento i cui tassi oscillano fra -1 mm\anno +2.4 mm\anno.

La subsidenza nelle pianure costiere può essere correlata sia a cause naturali (per es. al costipamento dei sedimenti), sia connessa con le attività antropiche (bonifica idraulica, estrazione di fluidi, sfruttamento degli idrocarburi). A titolo di esempio, l'abbassamento della fascia costiera emiliano-romagnola ha fatto registrare tassi di subsidenza che hanno raggiunto i 70 mm/anno, di cui quelli riconducibili ad attività umane, per estrazione di gas ed emungimento di acqua, sono pari a 10-30 mm/anno.

Le previsioni sul livello marino futuro e gli impatti previsti sulle coste italiane

Nel 2004 è stata pubblicata una ricerca multidisciplinare che ha evidenziato come il livello del mare non ha mai subito accelerazioni così alte come quella avvenuta in questo secolo. Questa affermazione si basa sui dati archeologici relativi alla quota di piscine di allevamento di pesci di

epoca romana (2000 anni fa), oggi sommerse a -1,20 m nel mare Tirreno, e sull'analisi dei mareografi italiani (Lambeck et al., 2004).

Le previsioni di quanto si alzerà il livello marino nel prossimo futuro (anno 2100) sono basate sul riscaldamento del pianeta, sulle ricostruzioni paleoclimatiche, sui dati mareografici, sulle variazioni storiche della temperatura media della Terra, sulle masse di ghiaccio potenzialmente in scioglimento e sull'effetto dell'espansione termica degli oceani connesse al riscaldamento globale e conseguente concentrazione in CO₂. Il recente rapporto dell'IPCC 2013 (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) ha affrontato lo studio dei cambiamenti climatici in atto, lo sviluppo di scenari futuri (Figura 3), la definizione della vulnerabilità dei sistemi naturali e sociali, nonché le strategie di adattamento e di mitigazione secondo i diversi scenari di emissione considerati, a seconda dei possibili mo-



Fig. 2 Movimenti tettonici verticali sulle coste italiane espressi in mm\anno

delli di sviluppo socio-economico mondiale.

Per la creazione di mappe di allagamento delle piane costiere oggi depresse (al livello zero o sotto) è necessario tenere conto di quanto pubblicato da IPCC a livello globale e sommarlo con i movimenti geofisici locali. Nella panoramica globale, alcuni studi e mappe sono state redatte per il Bangladesh (Karim and Mimura, 2008), per la costa occidentale degli Stati Uniti (Strauss *et al.*, 2012), ed in dettaglio per la città di New York (Rosenzweig *et al.*, 2011), ma fatta eccezione per le coste inglesi (Shennan *et al.*, 2008) dove oltre alle previsioni IPCC sono stati tenuti in conto anche i movimenti tettonici ed isostatici, gli altri esempi finora pubblicati sono carenti di questi dati.

ENEA ha affrontato queste problematiche fin dai primi anni 2000, mettendo a punto metodologie sempre più raffinate (Antonioli *et al.*, 2002, 2003, 2007, 2010, 2011) per la creazione di mappe di allagamento delle piane costiere, collaborando anche con la Fondazione ENI Enrico Mattei per la valutazione economica delle aree allagate nella Piana di Fondi (Figura 4).

Lambeck (Lambeck *et al.*, 2011) ha utilizzato lo scenario IPCC 2013 RCP 8.5 (700 ppm di CO₂ nel 2100) con previsioni di sollevamento comprese tra +0,53 e +0,97 metri. A questi valori sono stati aggiunti tutti i valori locali di isostasia e tettonica. Sulla base delle quote attuali in Italia vi sono 33 aree sensibili (Figura 5) che, sulla base della loro attuale posizione (oggi depresse, cioè sotto il livello del mare) sono particolarmente vulnerabili al futuro innalzamento del livello del mare: le aree più estese si trovano sulla costa settentrionale del mare Adriatico tra

Trieste e Ravenna, altre aree particolarmente vulnerabili sono le pianure costiere della Versilia, di Fiumicino, le Piane Pontina e di Fondi, le Piane del Sele e del Volturno, l'area costiera di Catania e quelle di Cagliari ed Oristano. Tale mappa è basata su un DEM a 20 metri, e si può osservare come le zone che presentano le problematiche maggiori, cioè con molti km² di superficie intorno a quota zero, si trovano soprattutto nel Nord Adriatico. Sono comunque molti i settori nazionali che mostrano aree con coste basse già oggi a rischio di essere allagate nei prossimi 100 anni (circa 7500 km²).

Infine nel 2015, una ricerca multidisciplinare coordinata da ENEA ha redatto con grande dettaglio per il progetto RITMARE (Antonioli *et al.*, 2016) la previsione di allagamento da parte del mare in 4 aree costiere: la costa settentrionale dell'Adriatico (tra cui la laguna di Venezia), i golfi di Oristano e di Cagliari in Sardegna e la zona Mar Piccolo (Taranto, Pu-

glia) (Figura 6). I risultati applicati alle quattro Piane costiere indicate mostrano come il previsto innalzamento del livello del mare, nella zona Nord Adriatico, potrebbe allagare 4957 km² (usando lo scenario IPCC 2013) o 5451 km² (usando lo scenario Rahmstorf 2007), con la conseguente perdita di territorio e impatto sulle infrastrutture locali.

Nella Figura 7 vengono indicati gli scenari di inondazioni per le coste sopracitate, in particolare per il Nord Adriatico, sulla base delle componenti eustatiche, tettoniche ed isostatiche.

Nella Tabella 1 sono elencati i valori di risalita del mare recentemente proposti dai vari modelli e scenari IPCC. Nelle Tabelle 2 e 3 sono elencati i valori di risalita del mare proposti per la ricostruzione delle mappe ENEA-Ritmare di Figura 9 (Antonioli *et al.*, 2016).

*Per saperne di più:
fabrizio.antonio@enea.it*

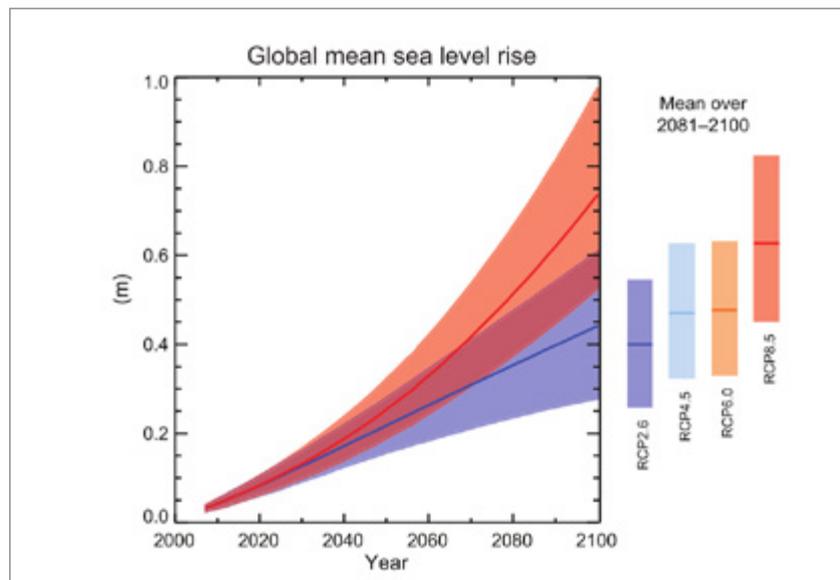


Fig. 3 Scenari di possibile risalita del livello del mare per il 2100
Fonte: IPCC 2013



Fig. 4 Mappa di allagamento al 2100 della Piana di Fondi e stima economica della FEEM

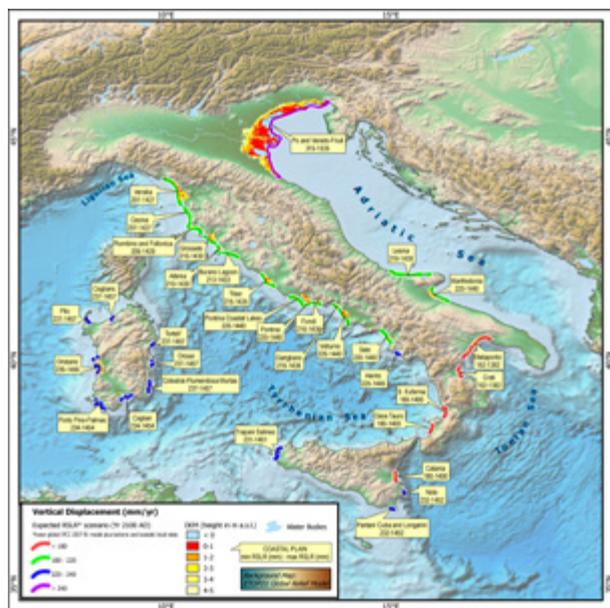


Fig. 5 Le 33 aree italiane a rischio di essere allagate al 2100. I valori utilizzati sono la somma dei movimenti isostatici, tettonici con la previsione IPCC 2007

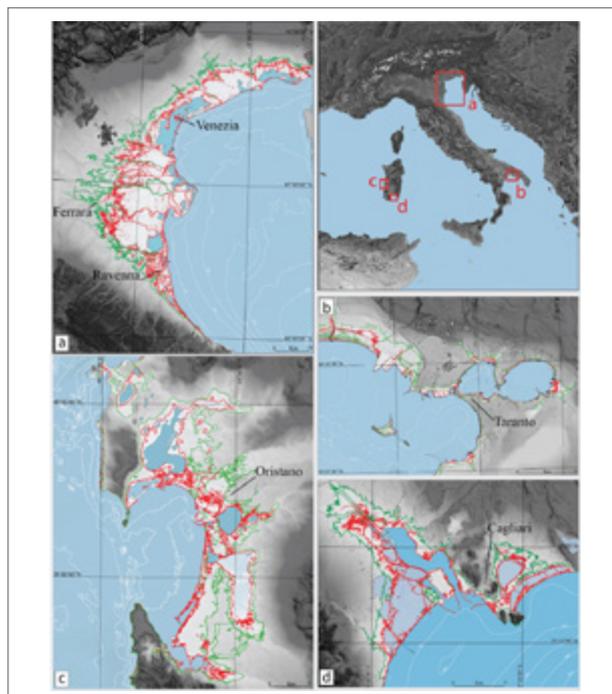


Fig. 6 Ipotesi di allagamento in 4 aree costiere (Nord Adriatico, Taranto, Oristano e Cagliari)
Fonte: Antonioli et al., 2016

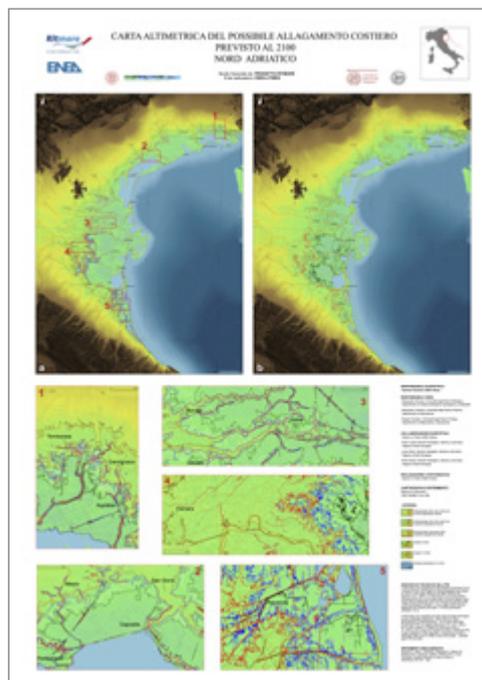


Fig. 7 Mappa di grande dettaglio sull'allagamento da parte del mare nel 2100 nell'area costiera del Nord Adriatico

Scenario	IPCC 2013	Kopp 2016	Mengel 2016	Horton 2014
RCP 2.6	28-60	24-61	28-56	25-70
RCP 4.5	35-70	33-85	37-77	n.a.
RCP 8.5	53-97	52-131	57-131	50-150

Tab. 1 Variazione globale del livello del mare in centimetri attesa al 21 ° secolo secondo vari studi per i diversi scenari di emissione. Il primo scenario (RCP 2.6) assume le politiche climatiche di successo limitare il riscaldamento globale a circa 2 ° C; l'ultimo (RCP 8.5), con emissioni non calmierate, un riscaldamento di circa 5 ° C

Nota: gli intervalli indicano gli intervalli di confidenza al 90 per cento ad eccezione del IPCC, che ha fornito solo un intervallo di confidenza 66 per cento

Fonte: Kopp et al., 2016

Proiezioni di sollevamento del mare			
Area	IPCC 2013 8.5 min scenario (cm)	IPCC 2013 8.5 max scenario (cm)	Rahmstorf 2007 max scenario (cm)
Nord Adriatico - area 2	58,4	101,1	142,8
Golfo di Oristano	54,5	94,9	134,5
Golfo di Taranto	51,6	92,1	131,7
Golfo di Cagliari	54,7	95,6	135,6

Tab. 2 Proiezione in centimetri della risalita del livello del mare attesa nelle diverse aree in studio

Fonte: da: Antonioli et al., 2016

Area	IPCC 2013 scenario 8.5 700 PPM CO ²		Rahmstorf 2007 scenario	
	km ²	Distanza (m)	km ²	Distanza (m)
a) Nord Adriatico	4957,6	59132,1	5451,7	61280,4
b) Golfo di Taranto	2,26	903,6	4,2	1730,6
c) Golfo di Oristano	104,20	9787,3	124,5	10374,5
d) Golfo di Cagliari	54,00	9137,5	61,2	12358,2

Tab. 3 Previsione dei km² allagati nelle 4 aree studiate da ENEA e RITMARE e distanza della linea di riva prevista nel 2100 rispetto a quella attuale

Fonte: Antonioli et al., 2016

BIBLIOGRAFIA

Antonoli F., Leoni G., Gambarelli G., Caiaffa E, Gorla A. 2002. Piana di Fondi carta del rischio di inondazione per innalzamento del livello del mare, calcolo del valore della perdita. Workshop ENEA Fondazione ENI Enrico Mattei, Volume Abstract, RT ENEA 04.07.2002

Antonoli F. 2003. "Vulnerabilità delle coste italiane: rischio di allagamento da parte del mare". In *La risposta al cambiamento climatico in Italia*. Ed. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 17-21

Antonoli F., Leoni G. 2007. Mappa Nazionale delle aree a rischio di allagamento da parte del mare. Dossier ENEA per lo studio dei cambiamenti climatici e loro effetti. RT ENEA, 83 pp.

Antonoli F., Anzidei M., Lambeck K., Auriemma R., Gaddi D., Furlani S., Orrù P., Solinas E., Gaspari, A., Karinja, S., Kova V., Surace L., 2007. Sea level change in Italy during Holocene from archaeological and geomorphological data. *Quat. Sci. Rev.* doi:10.1016/j.quascirev.2007.06.022

Antonoli, F., Ferranti, L., Fontana, A., Amorosi, A., Bondesan, A., Braitenberg, C., Dutton, A., Fontolan, G., Furlani, S., Lambeck, K., Mastronuzzi, G., Monaco, C., Spada, G., Stocchi, P., 2009. Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian coastline. *Quat. Int.*, doi:10.1016/j.quaint.2008.11.008

Antonoli F., Lambeck K, Anzidei M., Ferranti L., Leoni G., Scicchitano G., Silenzi S., "Relative sea level rise for 33 Italian coastal plain". Invited for Ipcc Kuala Lumpur meeting for sea level rise report 2013. IPCC Workshop on Sea Level Rise and Ice Sheet Instabilities 21-24 June 2010, Kuala Lumpur, Malaysia

Anzidei M, Lambeck K, Antonoli F., Furlani S., Mastronuzzi G., Serpelloni E., & Vannucci G. 2014 Coastal structure, sea-level changes and vertical motion of the land in the Mediterranean Geological Society, London, Special Publications, volume 388. doi 10.1144/SP388.20

Antonoli F., Amorosi A., Anzidei M., Deiana G., De Falco G., Fontolan G., Fontana A., Lisco S., Lo Presti V., Marsico A., Mastronuzzi G., Moretti M., Orru P., Serpelloni E., Vecchio A. 2016. Sea flooding scenario at four Italian coastal plains for 2100, submitted *Quaternary International*.

Lambeck K., Anzidei M., Antonoli F., Benini A, Esposito E., 2004. Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for modern sea level rise *Earth Planet. Sci. Lett.* doi:10.1016/j.epsl.2004.05.031

Lambeck K, Antonoli F., Anzidei M., Ferranti L., Leoni G., Scicchitano G., Silenzi S., 2011. Sea level change along Italian coast during Holocene and a projection for the future. *Quat. Int.* 232,1-2, 250-257 doi:10.1016/j.quaint.2010.04.026

Shennan, I., Milne, G., and Bradley, S. 2012. Late Holocene vertical land motion and relative sea-level changes: lessons from the British Isles. *Journal of Quaternary Science*, 27, 64–70

Kopp R.E., Kemp A.C., Bittermann K., Horton B.P., Donnelly J.P., Gehrels W.R., Hay C.C., Mitrovica J.X., Morrow E.D., and Rahmstorf S., 2016. "Temperature-driven global sea-level variability in the Common Era", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pp. 201517056, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1517056113>

+2 °C: quali rischi per l'area mediterranea?

I cambiamenti climatici globali e i loro effetti regionali

DOI 10.12910/EAI2016-008

di **Gianmaria Sannino, Giovanna Pisacane, Maria Vittoria Struglia e Adriana Carillo, ENEA**

La comunicazione sull'entità, la natura e gli effetti dei cambiamenti climatici spesso si limita a fare riferimento a stime globali e a fenomeni planetari. Tuttavia, è ormai accertato che la media della temperatura terrestre e delle altre variabili che caratterizzano il clima è un indicatore integrale, che non tiene conto di notevoli variazioni spaziali e temporali, ben più rilevanti ai fini della pianificazione di interventi di mitigazione e adattamento.

Nel quadro delle azioni intraprese dalla comunità scientifica internazionale per mettere a punto strumenti modellistici idonei alla previsione dei cambiamenti climatici a scala regionale, ENEA ha un ruolo riconosciuto nella produzione e analisi di proiezioni per la regione mediterranea, grazie ai modelli di

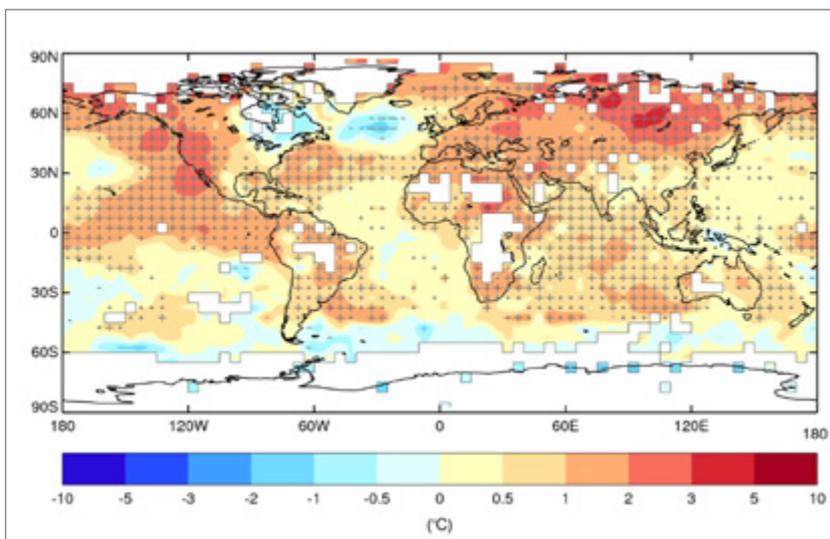


Fig. 1 Anomalie di temperatura media superficiale nel 2015 (periodo Gennaio-Ottobre 2015) rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. I box bianchi indicano le regioni in cui non è stato possibile stabilire con sufficiente grado di accuratezza il valore dell'anomalia. Le croci (+) indicano temperature che eccedono il 90° percentile, e cioè temperature particolarmente alte per quelle regioni, mentre i trattini (-) indicano temperature al di sotto del 10° percentile, cioè condizioni fredde inusuali per quelle regioni. Le croci e i trattini di dimensioni maggiori indicano temperature al di fuori della scala compresa tra il 2° e 89° percentile

Fonte: Met Office Hadley Centre

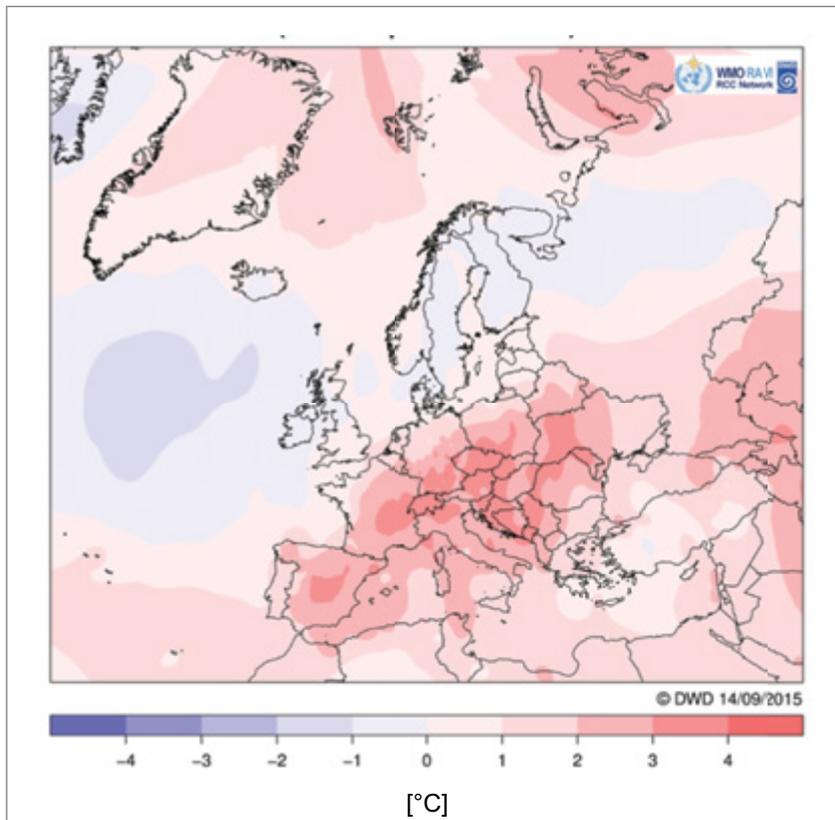


Fig. 2 Anomalie di temperature estive superficiali in Europa nell'estate del 2015 rispetto al periodo di riferimento 1961-1990
Fonte: WMO-DWD

circolazione atmosferica e oceanica che ha sviluppato e ottimizzato per quest'area nel corso degli anni.

I cambiamenti climatici globali

Il riscaldamento globale: osservazioni recenti

La temperatura globale media della superficie della Terra ha segnato un nuovo record nel 2015 (Figura 1, 2). L'anno appena trascorso è stato classificato dalle più importanti organizzazioni e centri di ricerca internazionali che si occupano di clima (e.g. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA-USA), NASA, World Meteorological Organisation (WMO), MetOffice (UK))

come l'anno più caldo dal 1880. Rispetto all'inizio dell'era industriale, la temperatura media della superficie della Terra nel 2015 è stata di circa 1 °C più alta (+0,74 rispetto al periodo di riferimento 1961-90).

Le temperature registrate nel 2015 sono in linea con un andamento al rialzo particolarmente evidente nel periodo 2011-2015, che si conferma come uno dei periodi più caldi dal 1880 (Figura 3). È infatti il 2014 il secondo anno più caldo dal 1880, con una temperatura media di +0,61 °C rispetto al periodo di riferimento 1961-90, mentre al 2013 spetta invece la quinta posizione. Il 2011 e il 2012, influenzati dal fenomeno de La Niña¹, hanno registrato una

temperatura media inferiore al 2013, 2014 e 2015, ma comunque più alta di qualunque altro anno precedente al 1998 e ai precedenti anni in cui La Niña si è manifestata. Il riscaldamento anomalo della superficie terrestre osservato negli ultimi cinque anni ha interessato la maggior parte dei continenti e degli oceani, incluse vaste aree di Europa, America del Sud, Asia, Oceania e America del Nord. La temperatura media globale è quindi già aumentata di quasi 1 °C a partire dalla Rivoluzione industriale del diciannovesimo secolo, inducendo il realistico timore che il limite dei 2 °C, e a maggior ragione quello di 1,5 °C auspicato dai Paesi presenti alla COP21, sia molto più vicino di quanto non si pensi.

Perché 2 °C?

Perché è stata fissata come soglia 2 °C e non, per esempio, 1 °C o 3 °C? Tale scelta è essenzialmente frutto di un compromesso tra quello che i ricercatori ritengono sia l'aumento di temperatura massimo che il pianeta possa tollerare senza rischiare conseguenze catastrofiche e irreversibili e le contromisure che, da un punto di vista politico, economico e sociale, appaiono realisticamente attuabili. Tuttavia, già l'aumento oggi osservato produce, in alcune regioni del globo, effetti cui è impossibile adattarsi. Ci si aspetta inoltre che ogni ulteriore aumento di temperatura possa indurre impatti più diffusi e pericolosi, dall'aumento del livello del mare alla maggiore esposizione della popolazione ad eventi estremi come ondate di calore, nubifragi, alluvioni o siccità, compromettendo la sopravvivenza di molti habitat naturali, la produzione di cibo e le riserve idriche.

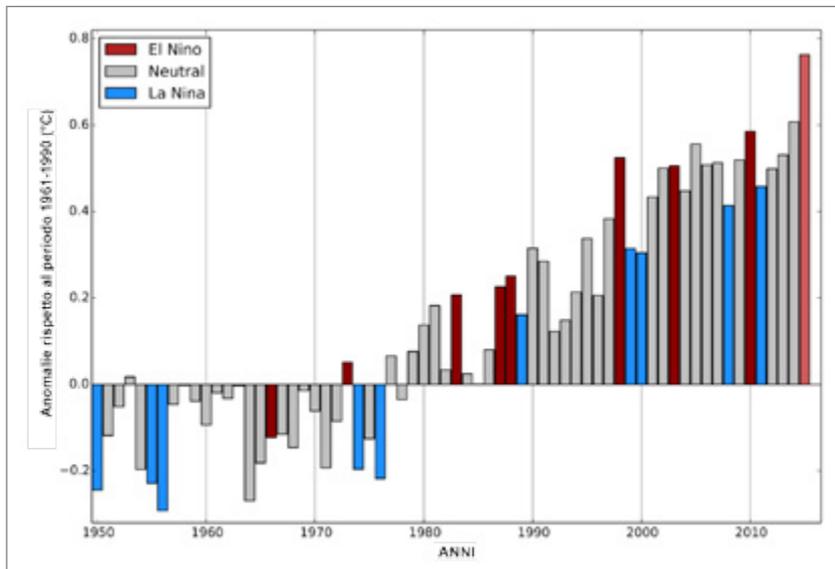


Fig. 3 Anomalie di temperatura superficiale media globale per il periodo 1950-2015 calcolate rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. Per il 2015 sono considerati i mesi da gennaio a ottobre. I colori delle barre indicano la presenza o meno (colore grigio) di periodi caratterizzati dal fenomeno di El Niño (rosso) o de La Niña (blu)

Fonte WMO

Le basi scientifiche

Temperatura globale ed effetto serra

L'assorbimento differenziale da parte del sistema Terra-atmosfera della radiazione solare entrante, al netto di quella retro-riflessa, determina la quantità di energia disponibile per alimentare tutti i fenomeni atmosferici e oceanici che osserviamo, e sostenere l'equilibrio radiativo-convettivo che ne deriva. L'equilibrio climatico del pianeta si raggiunge quando l'energia entrante e quella uscente si compensano sul lungo periodo (decine-centinaia di anni). Mentre la radiazione solare entrante è essenzialmente determinata dall'attività solare e dai parametri astronomici, la radiazione infrarossa uscente, su frequenze più basse, è il risultato di una straordinaria varietà di processi che ridistribuiscono l'energia entrante su un ampio spettro di scale spaziali e temporali, convertendola in una molteplicità di

forme. Nel bilancio energetico, il termine di effetto serra è quello dovuto all'assorbimento atmosferico di parte della radiazione che la Terra riemette verso lo spazio. L'energia viene così trattenuta vicino alla superficie del pianeta, aumentandone la temperatura rispetto a quella che avrebbe in assenza di atmosfera.

Vi è ormai un diffuso consenso scientifico sul fatto che un aumento della concentrazione atmosferica di gas serra antropogenici comporti un aumento della temperatura globale media. A partire dagli anni '50, le rilevazioni strumentali indicano una rapida crescita della concentrazione di diossido di carbonio (CO_2), quasi esclusivamente indotto dalle attività umane, in particolare dall'utilizzo di combustibili fossili e da variazioni di uso del territorio. Gli oceani contribuiscono a determinare il contenuto di biossido di carbonio in atmosfera, poiché essi intervengono nei pro-

cessi del suo sequestro e deposizione. La loro inerzia in risposta alle sollecitazioni atmosferiche, inoltre, agisce sulle scale temporali necessarie al raggiungimento di un nuovo equilibrio: anche se si stabilizzassero domani le emissioni di gas serra, ci vorrebbero tempi lunghissimi, dalle decine alle centinaia di anni, per vedere l'adattamento del sistema climatico all'incremento di gas serra già prodotto.

Il contributo dei gas serra al riscaldamento globale è, tuttavia, difficile da stimare con precisione, in quanto ad esso si sovrappongono la variabilità climatica naturale della Terra e gli impatti dell'inquinamento locale, con effetti di amplificazione o bilanciamento la cui entità è ancora in via di quantificazione. L'attuale concentrazione di diossido di carbonio, comunque, è stata valutata come la più elevata da due milioni di anni a questa parte e si stima che l'aumento netto della radiazione intrappolata nell'atmosfera indotto dalle attività umane sia di $1,6 \text{ W/m}^2$, con il conseguente aumento della temperatura media globale di circa $1,3 \text{ }^\circ\text{C}$. L'incremento di temperatura è, quindi, proporzionale al surplus radiativo con un *fattore di sensibilità* di $0,8 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$, il che equivale ad un aumento di $3 \text{ }^\circ\text{C}$ per un raddoppio della concentrazione di CO_2 .

Come si ottengono le mappe globali di temperatura?

Le mappe delle variabili climatiche rappresentano la complessa sintesi di una grande quantità di dati, ottenuti con strumenti di misura diversi, le cui relazioni spaziali sono spesso derivate con l'ausilio di modelli computerizzati.

I dati di temperatura superficiale vengono acquisiti da stazioni mete-

orologiche installate a terra, da navi di opportunità (generalmente navi commerciali e di collegamento) e da boe, sia ormeggiate che alla deriva (controllate in remoto), e quindi inseriti in complessi sistemi di elaborazione numerica che, combinandoli con le equazioni matematiche che governano la circolazione dell'atmosfera e dell'oceano, producono stime spazialmente coerenti dette *reanalisi*. In questo caso, i modelli vengono utilizzati come interpolatori dinamici dei dati puntuali osservati. Da circa 30-40 anni ai tradizionali dati di temperatura misurata si sono affiancati quelli offerti dalle osservazioni satellitari, che vengono derivati dalle misure in remoto dei campi di radiazione elettromagnetica emessa dall'atmosfera, attraverso complessi algoritmi che utilizzano essi stessi i modelli numerici come guida per ricavare i profili verticali e come interpolatori per produrre mappe medie su griglie spaziali regolari. Per la loro natura di misura *indiretta*, i dati satellitari presentano molti problemi interpretativi, ma anche l'indubbio vantaggio di una copertura effettivamente globale.

Le mappe delle proiezioni future della temperatura terrestre, invece, sono esclusivamente frutto di simulazioni modellistiche, cui i dati osservati forniscono condizioni iniziali e al contorno (ad es., la modulazione della radiazione solare entrante o la distribuzione spaziale della vegetazione).

Le proiezioni dei modelli climatici

Per studiare il comportamento e prevedere i cambiamenti del sistema climatico accoppiato atmosfera-oceano, gli scienziati utilizzano modelli computerizzati denominati AOGCM (Atmosphere-Ocean Ge-

neral Circulation Model). Essi si basano sulla descrizione matematica della circolazione atmosferica, di quella oceanica e delle loro interazioni, simulandone l'evoluzione dinamica e termodinamica indotta dalla radiazione solare che fornisce loro energia. I modelli numerici di ultima generazione rappresentano esplicitamente anche i ghiacci marini e il suolo.

La modellistica climatica ha delineato diversi scenari climatici futuri in risposta agli andamenti di concentrazione di diossido di carbonio in atmosfera (*representative concentration pathways* - RCP) indicati dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), corrispondenti a scelte di sviluppo socio-economico alternative. A tali scenari viene associata una stima probabilistica della loro effettiva possibilità di verificarsi, a seguito di una valutazione rigorosa del grado di confidenza con cui i processi coinvolti e le loro interazioni e retroazioni vengono descritti. Le conclusioni evidenziate nell'ultimo rapporto IPCC rilasciato nel 2014 (<http://www.ipcc.ch/index.htm>) sottolineano come nemmeno le misure più drastiche di abbattimento delle emissioni potranno impedire cambiamenti climatici radicali, ma come sia ancora possibile intervenire per ridurre i rischi, in altre parole dobbiamo *“gestire l'inevitabile ed evitare l'ingestibile”* attuando misure di adattamento e mitigazione.

La lista dei rischi potenziali è lunga, ma si possono evidenziare quelli che appaiono più minacciosi, anche da un punto di vista socio-economico, per l'impatto che avrebbero in termini di crisi idriche e alimentari e sulla salute pubblica, nonché sulla stabilità economica di intere comu-

nità, con un'evidente ricaduta sulla sicurezza e l'ordine democratico:

- il consistente aumento di livello degli oceani, principalmente per l'effetto combinato dell'espansione termica e dello scioglimento dei ghiacci continentali;
- l'incremento nella frequenza e nell'intensità di eventi estremi, quali siccità, onde di calore, precipitazioni intense, tempeste tropicali;
- la perdita di biodiversità, per l'incapacità degli organismi ad adattarsi a variazioni di temperatura troppo repentine;
- l'acidificazione degli oceani, che compromette le specie marine sensibili alle concentrazioni di carbonato di calcio (ad esempio i coralli) e le catene alimentari di cui fanno parte;
- il superamento di soglie di non ritorno per alcuni parametri, con l'alterazione brusca e non reversibile dello stato e del funzionamento di componenti critici del sistema climatico (*tipping elements*), e la conseguente impossibilità per il genere umano di studiare e implementare misure di adattamento.

La distribuzione spaziale dei cambiamenti climatici

In generale, non è possibile aspettarsi effetti spazialmente omogenei dei cambiamenti climatici globali. Essi variano considerevolmente da regione a regione, e possono essere indotti da processi che avvengono su vasta scala, da modificazioni locali o da fenomeni che si verificano in luoghi remoti (tele-connessioni). In generale, le variazioni climatiche a scala regionale e quelle a scala globale sono legate da effetti di retro-azione,

in cui le variazioni nella circolazione atmosferica planetaria (ad es. la localizzazione delle *storm tracks*²) alterano la sequenza di eventi meteorologici che determinano il clima locale, mentre gli effetti delle forzanti locali (ad es. topografia, linee di costa, uso del suolo) modulano, a loro volta, il segnale di larga scala. Gli strumenti correntemente utilizzati per ottenere proiezioni climatiche regionali vanno da particolari configurazioni dei modelli globali, ai modelli di circolazione regionali ad area limitata, a metodi statistici. Le assunzioni su cui si basano e i requisiti per il loro utilizzo differiscono da metodo a metodo, condizionandone l'applicabilità, le potenzialità e le limitazioni. I modelli di circolazione ad area limitata rappresentano probabilmente il metodo di regionalizzazione più diffuso, in quanto permettono di raffinare l'informazione proveniente dai modelli globali ad un costo computazionale relativamente contenuto, sebbene siano in genere utilizzati nella configurazione *one-way*³, che non permette di descrivere i meccanismi di retro-azione dalla piccola alla grande scala. Attualmente essi arrivano ad una risoluzione di circa 10 km e rappresentano spesso l'ultima interfaccia tra la previsione climatica, le valutazioni di impatto e la pianificazione gestionale.

L'informazione climatica regionale, sebbene cruciale, è tuttavia ancora affetta da incertezze non trascurabili, derivanti principalmente dall'aumento della variabilità associato alle piccole scale e dalla difficoltà di rappresentare con sufficiente accuratezza i processi fisici che le caratterizzano, oltre che da eventuali errori provenienti dai modelli globali. Per questo non ci si può affidare a singole proiezioni prodotte da singoli

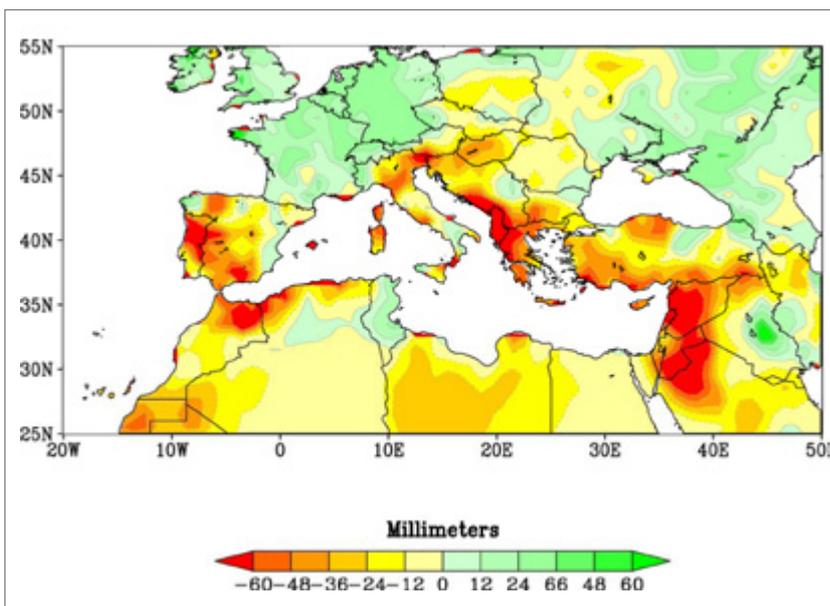


Fig. 4 Aree interessate da significative diminuzioni della disponibilità di acqua in inverno nel periodo 1971-2010 rispetto al periodo di riferimento 1902-2010

Fonte: NOAA

modelli, ma si organizzano esperimenti internazionali in cui i principali centri di ricerca contribuiscono alla costruzione di grandi insiemi di simulazioni numeriche prodotte da modelli regionali diversi, guidati da diversi modelli globali, al fine di ottenere distribuzioni probabilistiche affidabili delle variabili di interesse.

I cambiamenti climatici nella regione mediterranea

La regione mediterranea è stata identificata come una delle aree più sensibili al cambiamento climatico, dove l'alta densità di popolazione e l'intenso sfruttamento antropico sollecitano con urgenza la messa a punto di misure gestionali programmate ed efficaci (IPCC). Per questo motivo e per la varietà e complessità di processi che caratterizzano la regione e ne fanno uno straordinario laboratorio naturale, nel corso degli anni si

sono costituite collaborazioni di ricerca internazionali che organizzano iniziative concordate per l'avanzamento delle conoscenze scientifiche e delle capacità modellistiche relative a quest'area. All'interno del Coordinated Regional climate Downscaling Experiment (CORDEX, www.cordex.org) e del programma CLIVAR (Climate and Ocean: Variability, Predictability and Change), entrambi sponsorizzati dal WCRP (World Climate Research Programme) la regione europea allargata ad includere l'intero bacino mediterraneo è stata immediatamente riconosciuta come rilevante per la ricerca globale, tanto da meritare nel tempo due sezioni dedicate, Med-CORDEX e MedCLIVAR. In particolare, all'interno di Med-CORDEX, 20 diversi gruppi di modellistica da 9 diversi paesi (Francia, Italia, Spagna, Serbia, Turchia, Israele, Tunisia, Germania e Ungheria) in Europa, Medio Oriente e

Nord Africa realizzano simulazioni numeriche utilizzando 9 modelli regionali atmosferici, 8 modelli regionali oceanici e 12 sistemi regionali accoppiati⁴. I risultati prodotti dalle simulazioni vengono condivisi dalla comunità scientifica su una piattaforma WEB, ospitata e gestita dall'ENEA.

L'aumento di temperatura globale: implicazioni per l'area mediterranea

Recentemente sono stati pubblicati numerosi studi sull'evoluzione della temperatura e delle precipitazioni nell'area mediterranea, generalmente concordi nell'indicare una diminuzione della disponibilità di acqua a seguito di un ridotto surplus di precipitazione rispetto all'aumentata evaporazione a seguito dell'innalzamento delle temperature (Figura 4). Il generale decremento delle risorse idriche si accompagna a più frequenti episodi di siccità e di ondate di calore, con evidenti impatti sull'economia e il benessere delle popolazioni e conseguenze geo-politiche.

Il progetto IMPACT2C (<http://impact2c.hzg.de/>), finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del 7° Programma Quadro e terminato recentemente, si è proposto di quantificare gli impatti di un aumento di 2 C° della temperatura globale sul continente europeo, identificandone le vulnerabilità, valutandone l'esposizione ai rischi e i relativi costi economici, nonché le potenzialità di adattamento. ENEA ha partecipato mettendo a disposizione sia le sue competenze di modellistica climatica che quelle di modellistica idrologica, nel contesto di una valutazione *multi-model*.

I risultati di IMPACT2C, basati sulle simulazioni regionali allora disponibili nell'ambito di CORDEX e di

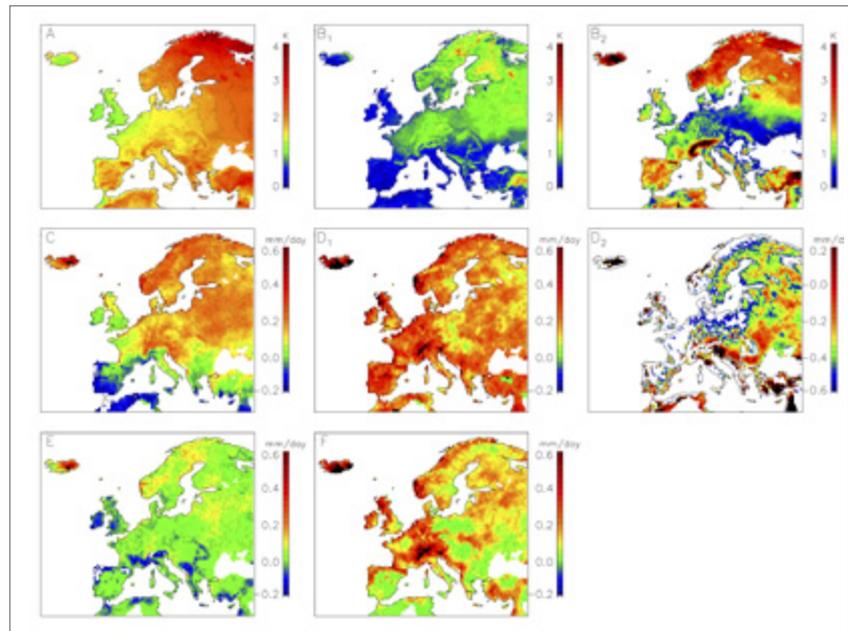


Fig. 5 Variazioni previste nella temperatura media annuale (A), precipitazione media annuale (C) e runoff, accompagnati dall'incertezza modellistica (B1, D1, F) e dai campi di correzione rispetto ai dati per il clima presente (B2 e D2)

Med-CORDEX, indicano un aumento di temperatura sull'area europea che varia secondo le zone: circa +2 C° lungo le coste settentrionali lungo tutto l'anno, +4 C° nell'Europa settentrionale e orientale in inverno, +3 C° nell'Europa meridionale in estate. La precipitazione media non presenta alterazioni statisticamente significative, sebbene si osservi un generico aumento sull'Europa centrale e settentrionale in inverno e solo su quella settentrionale in estate, quest'ultimo accompagnato da un'apparente diminuzione sull'Europa centrale e meridionale. Tuttavia, gli eventi estremi di precipitazione appaiono intensificarsi su tutto il continente.

La Figura 5 mostra le variazioni previste di temperatura superficiale (A), precipitazione (C) e runoff⁵ (E), queste ultime calcolate in ENEA col modello idrologico distribuito

WBM (Water Balance Model) in collaborazione con la City University di New York. I pannelli B₁, D₁ e F riportano le incertezze attribuite a tali proiezioni, stimate in termini di massima discrepanza tra i diversi modelli utilizzati, mentre i pannelli B₂ e D₂ descrivono la distribuzione spaziale delle discrepanze tra proiezioni e dati osservati in condizioni di clima presente. Dall'esame della figura risulta evidente che, se nel caso della temperatura il segnale di cambiamento climatico non è oscurato dal rumore intrinseco associato delle proiezioni, nel caso di precipitazione e runoff questo non accade, mentre su vaste aree del continente la variabile modellata e quella osservata, peraltro spesso in modo inadeguato, sono ancora troppo distanti. Va precisato, comunque, che l'attuale difficoltà della modellistica a caratterizzare il segnale non implica che esso

non esista o non sia rilevante, ma solo che vanno intensificati gli sforzi della comunità scientifica per arrivare ad una migliore comprensione dei processi in atto, per adeguare i modelli alla complessità della realtà da simulare e per costruire reti di dati sempre più fitte e affidabili.

I modelli ENEA per gli studi climatici sull'area mediterranea

Idealmente un modello regionale dovrebbe includere la rappresentazione di tutte le componenti del sistema climatico e descriverne le interazioni. L'interazione tra i due elementi fondamentali, atmosfera e oceano, avviene attraverso lo scambio all'interfaccia aria-mare di energia (calore ed energia meccanica) e acqua (precipitazione, evaporazione e apporto fluviale). I modelli climatici atmosferici includono, inoltre, moduli per la simulazione del suolo e della vegetazione; nelle versioni più recenti anche schemi di vegetazione "dinamica", in grado di modificare la copertura vegetativa simulata in funzione delle mutate condizioni climatiche. Gli stessi moduli che parametrizzano i processi nel suolo consentono anche una stima della quantità d'acqua che viene trattenuta negli strati intermedi e profondi del terreno oppure trasportata in superficie all'interno dei diversi bacini idrografici.

Il Mediterraneo è un bacino topograficamente molto complesso, formato da sottobacini di diversa profondità interconnessi da selle e stretti e circondato da regioni caratterizzate da un'orografia molto variabile, dove forti venti si incanalano innescando interazioni anche violente tra l'atmosfera e l'oceano e dando luogo a fenomeni locali molto intensi. La cor-

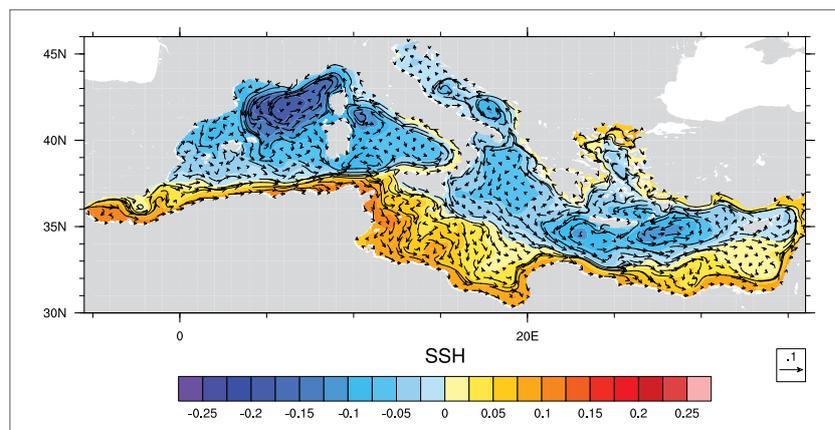


Fig. 6 Circolazione superficiale della componente oceanografica del modello climatico dell'ENEA. I colori indicano l'elevazione della superficie del mare, mentre le frecce indicano la direzione e intensità della corrente superficiale

retta descrizione della sua dinamica atmosferica e oceanica richiede, quindi, modelli ad alta risoluzione spaziale e temporale.

ENEA ha maturato negli anni una vasta esperienza nel campo della modellistica climatica. In particolare sono stati sviluppati modelli ad alta risoluzione della circolazione atmosferica per l'intera regione europea e della circolazione oceanica sia a scala di bacino (l'intero Mediterraneo) che di sottobacino, se necessario per risolvere fenomeni locali di particolare interesse. ENEA mantiene e coltiva specifiche competenze di fisica atmosferica e di oceanografia, sviluppando sempre nuove versioni *stand-alone*⁶ dei modelli e valutandone l'affidabilità nel riprodurre il clima attuale e la sua variabilità.

La Figura 6 mostra i risultati di una simulazione climatica oceanografica relativa agli anni 1958-2010, alla risoluzione di circa 10 km e forzata alla superficie con i campi di vento, temperatura, precipitazione, evaporazione e radiazione elettromagnetica prodotti indipendentemente da un

modello atmosferico regionale. Sono stati riprodotti in dettaglio sia i valori medi della circolazione che la sua variabilità, descrivendo in maniera realistica anche i principali eventi intensi osservati. In figura è riportata la circolazione media simulata, insieme alla climatologia dell'altezza relativa del livello del mare.

È stato inoltre sviluppato in ENEA uno dei primi modelli climatici accoppiati per il Mediterraneo, il modello regionale PROTHEUS, che risolve esplicitamente tutte le interazioni tra l'oceano, l'atmosfera, i fiumi, il suolo. PROTHEUS è composto dal modello regionale RegCM3 (atmosfera+suolo) e dal modello oceanico MITgcm sviluppato presso il Massachusetts Institute of Technology di Boston. In PROTHEUS è, inoltre, inserito il modulo interattivo IRIS (Interactive River Scheme), che stima la portata media dei fiumi a partire dal deflusso idrico totale simulato dalla parametrizzazione di suolo del modello atmosferico. PROTHEUS è stato sviluppato e utilizzato nel contesto di diversi progetti europei per

lo studio del clima e degli impatti climatici nell'area mediterranea (CIRCE, CLIMRUN, EUPORIAS, IMPACT2C).

La ricerca ENEA in questo campo è in costante sviluppo e ha portato ad una nuova configurazione del modello accoppiato (Figura 7), denominata Med-ESM (Mediterranean - Earth System Model), basata sulle versioni più aggiornate di tutte

le sue componenti e con aumentata risoluzione spaziale, sia orizzontale che verticale. È stato inoltre incluso un modello idrologico che riproduce il trasporto delle acque superficiali lungo il bacino idrografico e consente il calcolo giornaliero delle portate dei fiumi. Tale strumento non solo consentirà di approfondire ed estendere le attuali conoscenze sulle interdipendenze delle diverse com-

ponenti del sistema climatico, ma anche di fornire informazioni più affidabili per le valutazioni di rischio e vulnerabilità di aree estremamente sensibili al cambiamento climatico, e un migliore supporto alla modellistica degli impatti e alla pianificazione delle misure di intervento.

*Per saperne di più:
gianmaria.sannino@enea.it*

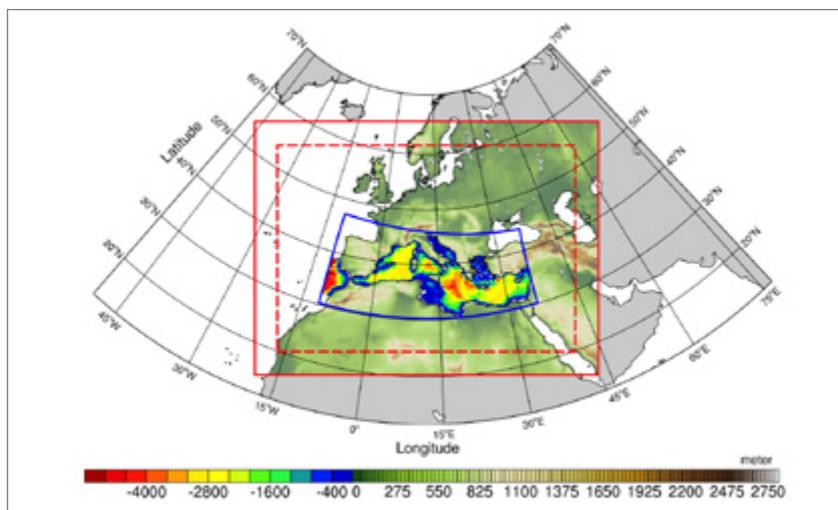


Fig. 7 Topografia e batimetria del modello climatico regionale sviluppato dal Laboratorio di Modellistica Climatica e Impatti dell'ENEA. Il rettangolo rosso esterno indica il dominio computazionale della componente atmosferica, mentre il rettangolo blu indica il dominio del modello oceanografico

¹ Con il termine El Niño e La Niña si indica in climatologia l'anomalo riscaldamento (El Niño) o raffreddamento (La Niña) dell'Oceano Pacifico centro-orientale tropicale che si manifesta con una periodicità variabile fra circa 3 e 7 anni. Queste anomalie della temperatura oceanica provocano una variazione della circolazione atmosferica a livello globale che causa siccità o alluvioni particolarmente intense in varie parti del globo. Anche la temperatura superficiale media globale ne risente, con anni El Niño particolarmente caldi e anni La Niña freddi

² Si definisce storm-track il percorso seguito dai sistemi ciclonici e temporaleschi sotto la spinta dei venti prevalenti

³ Nella configurazione one-way il modello regionale viene forzato da una simulazione globale indipendente, senza la possibilità di condizionarne l'evoluzione

⁴ Con sistema accoppiato si intende un modello complesso che include diversi moduli interdipendenti

⁵ Il runoff è la quantità di precipitazione residua al netto di evaporazione e infiltrazione nel suolo

⁶ Si dice versione stand-alone di un modello quella in cui esso non viene accoppiato con altri moduli potenzialmente interdipendenti

Eventi di calore intenso passati e futuri sulle città italiane nelle nuove simulazioni climatiche ad alta risoluzione

Lo sviluppo di proiezioni climatiche su scala territoriale contribuisce alla pianificazione di interventi preventivi per superare la logica dell'emergenza

DOI 10.12910/EAI2016-009

di **Alessandro Dell'Aquila** e **Sandro Calmanti**, *ENEA*

L'interesse nei confronti della variabilità climatica e delle sue mutazioni su scala locale, negli ultimi anni, si è allargato ben oltre la comunità scientifica, per coinvolgere in maniera sempre più diretta le amministrazioni locali. Gli eventi estremi, come nel caso delle ondate di calore, generano gravi ripercussioni sulle infrastrutture e sulla salute dei cittadini. Attraverso l'attività di ricerca e lo sviluppo di proiezioni climatiche su scala territoriale è possibile contribuire alla pianificazione di interventi preventivi, superando la logica dell'emergenza.

Le proiezioni climatiche disponibili per aree non sempre concordano pienamente sui possibili cambiamenti attesi per il prossimo futuro, in particolare nella rappresentazione di eventi di calore intenso. Occorre dunque comunicare correttamente agli utenti finali l'idea di incertezza associata alle proiezioni climatiche future. Parallelamente, la comunità scientifica deve puntare a migliorare le capacità dei modelli climatici nel riprodurre correttamente tali eventi e più in generale il clima osservato, per rendere più affidabili e fisicamente consistenti le proiezioni climatiche futuri.

In tale contesto, il Laboratorio Modellistica Climatica e Impatti dell'ENEA, che dal 2011 al 2014 ha coordinato il progetto europeo sui servizi climatici nell'area del Mediterraneo, denominato CLIM-RUN (Climate Local Information in the Mediterranean region: Responding to User Needs www.climrun.eu), sta realizzando una serie di studi e prodotti informativi riguardanti gli eventi di calore intenso nelle proiezioni climatiche future prodotti da diversi Modelli Climatici Regionali (MCR) ad alta risoluzione.

I Modelli Climatici Regionali

I Modelli Climatici Regionali (MCR) producono scenari climatici ad alta risoluzione (20 km ed oltre) per una data regione usando come forzanti a scala più grande Modelli Climatici Globali (MCG) meno risolti (risoluzione tra i 100 e i 200 km). I MCR migliorano sensibilmente la qualità delle proiezioni climatiche rispetto ai modelli globali MCG, soprattutto in regioni ad orografia complessa [1] e in prossimità delle regioni costiere [2]

I MCR hanno l'obiettivo generale di produrre dati a scala locale per gli studi di valutazione di impatto e adattamento alle fluttuazioni climatiche. Il principale vantaggio che si ha nell'uso di tali modelli rispetto ai modelli climatici globali è la possibilità di limitare le risorse di calcolo necessarie, pur mantenendo una elevata risoluzione spaziale. Tale risoluzione consente una più accurata descrizione dell'interazione fra la dinamica atmosferica e la superficie terrestre, sia dal punto di vista delle interazioni aria-mare che dal punto di vista dell'interazione con la topografia e degli effetti dell'uso del suolo. Fino a pochi anni orsono la maggior parte dei MCR erano essenzialmente composti da una componente atmosferica accoppiata ad un modulo che descriveva l'evoluzione della biosfera e forzata alla superficie marina da una temperatura superficiale del mare (TSM) prescritta. Anche se tale configurazione di MCR può essere sufficiente per molte applicazioni, ci sono casi in cui l'interazione aria-mare a piccola scala può influenzare sostanzialmente la struttura spaziale e temporale del clima regionale. Un esempio tipico è l'Oceano Indiano e dei suoi effetti sul monzone, per i

quali è stato chiaramente dimostrato che le interazioni aria-mare sono essenziali nel descrivere lo sviluppo del monzone asiatico [3].

Un altro importante esempio è costituito dalla regione mediterranea. Questa regione è caratterizzata da linee di costa frastagliate, una penetrazione di mare e terre emerse (penisola italiana ed ellenica) ed un'orografia estremamente complessa (Balcani, Alpi, Appennini e Pirenei), presenza di isole grandi (Baleari, Sicilia, Sardegna, Corsica, Creta e Cipro) e piccole. Dal punto di vista atmosferico, tale complessità morfologica porta alla formazione di fenomeni meteorologici intensi. Un tipico esempio è il maestrale, che soffia attraverso le valli del Rodano e della Garonna nel Golfo del Leone e in tutta la Corsica e la Sardegna attraverso lo stretto di Bonifacio. Un altro esempio è la bora, che soffia da nord-est attraverso una serie di valli, in Adriatico. Diverse località costiere del Mediterraneo centrale (ad esempio il Golfo di Genova) e orientale (ad esempio l'isola di Cipro) sono anche centri di ciclogenisi intensa indotta dall'orografia [4]. I processi fisici sopra accennati, tra le altre cose, hanno due caratteristiche fondamentali. In primo luogo, derivano da una forte interazione aria-mare e, in secondo luogo, avvengono a scale spaziali piccole. Ciò indica che un Modello Climatico Regionale accoppiato Atmosfera-Oceano (MCRAO) ad alta risoluzione è uno strumento ottimale, se non necessario, per fornire simulazioni accurate del clima passato, presente e futuro della regione mediterranea. Questo anche in considerazione del fatto che il bacino del Mediterraneo è stato identificato come una delle regioni più sensibili al riscaldamento globale [5] e quindi

potenzialmente molto vulnerabile ai cambiamenti climatici che potrebbero verificarsi nei prossimi decenni.

In questo contesto negli ultimi anni sono nate diverse iniziative a livello internazionale per la produzione di simulazioni regionali ad alta risoluzione sull'area euro-mediterranea, fra cui il progetto europeo FP6 ENSEMBLES [6] e l'iniziativa internazionale coordinata Med-CORDEX [7] i cui archivi sono ospitati dall'ENEA (www.medcordex.eu) che contribuisce anche con simulazioni climatiche prodotte con il suo modello numerico accoppiato Atmosfera-Oceano ENEA-PROTHEUS. Ad oggi la banca dati contiene oltre 110.000 file di dati per un totale di 4,5 TB. Sempre ad oggi, 125 ricercatori di 29 Nazioni del mondo hanno scaricato in tutto oltre 400.000 file dati (per un totale di quasi 14 TB). Tale iniziativa consta di simulazioni regionali a medio-alta risoluzione spaziale (da 50 km fino a circa 10) centrate sul dominio mediterraneo riportato in Figura 1.

Questo tipo di modellistica climatica permette di disporre di un insieme di dati climatici che possono essere analizzati sia per valutare come gli attuali modelli numerici riescano a riprodurre il clima osservato, sia per valutare i possibili cambiamenti climatici in atto, quelli futuri ed i loro relativi impatti.

Eventi di caldo intenso nel passato nelle simulazioni numeriche

Nel database Med-CORDEX sono presenti delle simulazioni cosiddette di 'valutazione' in cui si analizza la capacità dei modelli regionali di riprodurre le principali caratteristiche del clima osservato. In tali

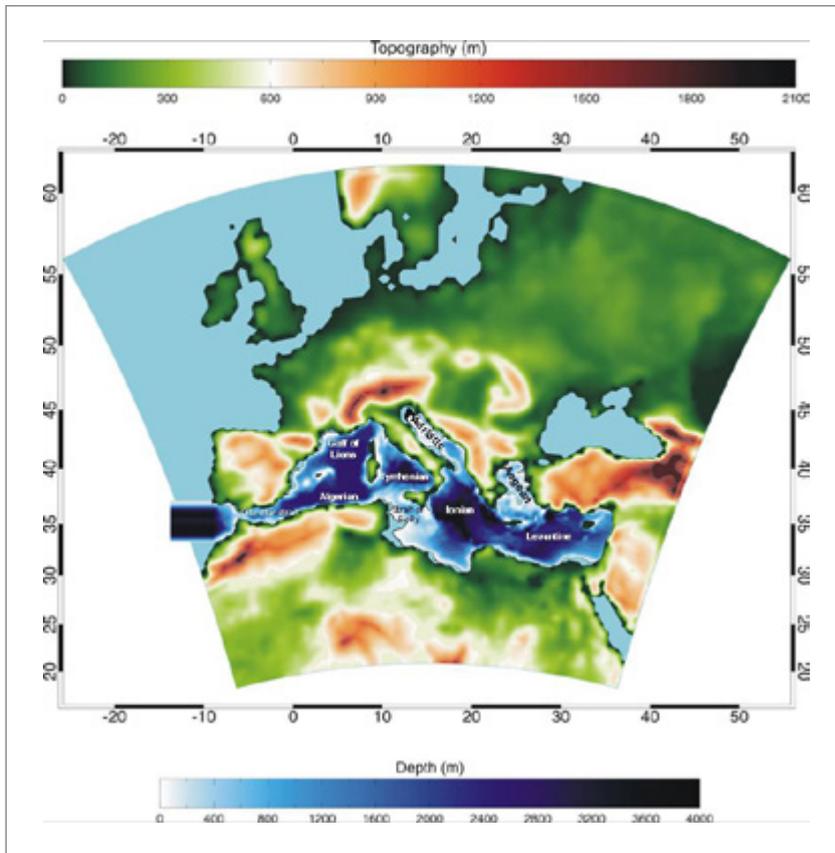


Fig. 1 Dominio dell'iniziativa internazionale Med-CORDEX con la corrispondente batimetria e topografia espresse in metri

simulazioni, al di fuori della regione di interesse, i modelli utilizzano come condizione al contorno per i campi meteo-climatici a grande scala (temperature, venti, umidità) dei dataset globali di riferimento a più bassa risoluzione, le reanalisi, che si basano su tutte le osservazioni meteo-climatiche disponibili (satelliti, stazioni meteorologiche, palloni sonda ecc.) riportati su un grigliato regolare ad una risoluzione di circa 100 km. In particolare, per l'iniziativa Med-CORDEX, la reanalisi adottata come condizione al bordo della simulazioni di valutazione è il sistema ERA-Interim (di seguito abbreviata ERAIM)

prodotto dal Centro Europeo per le previsioni meteorologiche a breve e medio termine di Reading (Gran Bretagna) (www.ecmwf.int) [8]. La risoluzione che raggiungono tali simulazioni non permette ancora di arrivare al livello di informazione dettagliata sulle città italiane, così per avere informazioni climatiche a livello urbano si utilizzano qui, in prima approssimazione, aree di circa 100x100 km che includano il territorio di un determinato Comune. Riportiamo in Figura 2 le informazioni relative alle aree che includono le città di Roma e Milano. In particolare nella figura sono riportate le frequenze medie degli

eventi di calore intenso per ogni stagione nella reanalisi ERA-Interim e in 20 diverse simulazioni regionali Med-CORDEX per il periodo 1979-2010. Tali eventi sono qui definiti come i giorni in cui le temperature sono superiori ad un certa soglia, scelta in questo caso come il 95° percentile rispetto al ciclo stagionale di riferimento nel clima presente osservato. Per la città di Roma la soglia è di circa 3 gradi rispetto alla media stagionale, per Milano di circa 4 gradi. Si nota come in generale le simulazioni climatiche regionali tendano a sovrastimare gli eventi di calore intenso sulla città di Roma rispetto alla reanalisi a più bassa risoluzione. Questa caratteristica è presente anche sulla città di Milano, ancorché meno accentuata. Su Roma i giorni in cui le temperature si discostano maggiormente dalla media stagionale sono più numerosi in inverno (in Era-Interim fino ad 8 giorni per stagione), mentre nelle altre stagioni sono in genere meno di 4. Su Milano i giorni di calore intenso sono maggiori in primavera ed inverno (intorno a 5 giorni di media). Riguardo alla città di Roma c'è anche da sottolineare che nel dataset Era-Interim, essendo caratterizzato da una risoluzioni relativamente bassa, i punti di griglia che vengono attribuiti a Roma possono includere anche dei punti di mare in cui le anomalie di temperatura sono generalmente minori. Il numero di eventi intensi nella reanalisi Era-Interim potrebbe dunque qui essere sotto-stimato. Nelle simulazioni regionali che ricostruiscono il recente passato c'è da sottolineare che soprattutto in estate è presente un grande spread per entrambe le aree urbane, con un numero di eventi intensi compreso tra 3 giorni fino a più di 10.

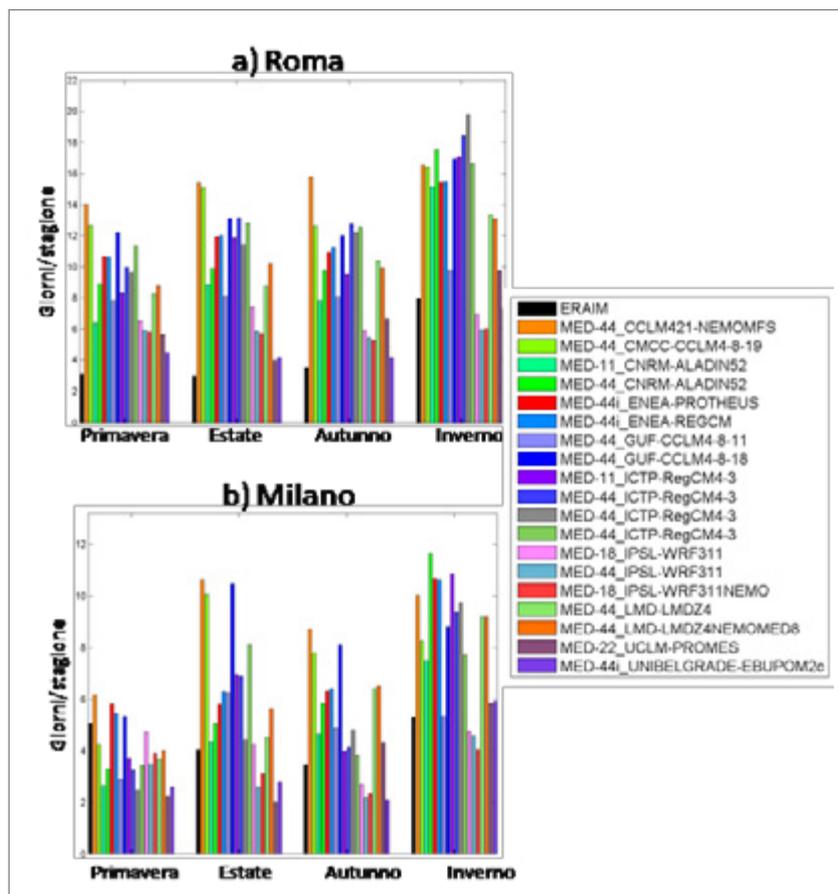


Fig. 2 Numero medio di eventi di calore intenso per il periodo 1979-2010 su delle aree che racchiudono le città di Roma e Milano per la reanalisi globale Era-Interim e per 20 simulazioni di valutazione Med-CorDEX forzate a larga scala dalla medesima reanalisi
Fonte elaborazione ENEA

Eventi di caldo intenso nel futuro: le proiezioni climatiche

Nell'ambito della iniziativa Med-CORDEX sono state prodotte anche diverse proiezioni climatiche per il XXI secolo, in cui i modelli regionali utilizzano come condizioni al contorno per i forzanti a larga scala le proiezioni climatiche globali a bassa risoluzione CMIP5 utilizzate per il Quarto rapporto IPCC. In particolare sono stati presi in considerazione due diversi scenari a seconda delle emissioni

previste per il prosieguo del XXI secolo: lo scenario RCP45 è uno scenario cosiddetto intermedio, in cui si prevede l'impiego di strategie internazionali comuni e tecnologie per ridurre le emissioni, mentre lo scenario RCP85 è uno degli scenari considerati ad alte emissioni, in cui il taglio di gas serra nel futuro viene considerato trascurabile. Le proiezioni climatiche associate a questi scenari vengono comparate con simulazioni definite 'storiche', forzate dalle concentrazioni di gas serra osservate nel XX secolo.

I cambiamenti di temperature medie stagionali per Roma e Milano previste nelle proiezioni climatiche Med-CORDEX per il periodo 2021-2050 negli scenari RCP45 e RCP85, rispetto al periodo di riferimento nelle simulazioni storiche 1971-2000, sono riportate in Figura 3. Al di là di una singola simulazione che prevede una diminuzione di temperatura media in primavera, tutte le altre mostrano un chiaro innalzamento delle temperature medie sulle due città. Nel caso dello scenario RCP45 il riscaldamento è in genere compreso sotto i due gradi rispetto al clima presente, con l'eccezione di una singola simulazione che prevede un anomalo riscaldamento in autunno, da attribuirsi con tutta probabilità a problemi numerici della simulazione. Nel caso dello scenario RCP85 la soglia dei due gradi di riscaldamento medio è superato in più occasioni su entrambe le città.

A fronte di tali cambiamenti delle medie stagionali, rilevanti cambiamenti sono attesi anche nell'occorrenza di eventi intensi, in cui le temperature si discostano significativamente dalle media di stagione. In Figura 4 sono riportate i cambiamenti attesi nel numero di eventi di calore intenso medie per stagione nelle proiezioni climatiche Med-CORDEX. In alcune stagioni, come in inverno per la città di Roma, a fronte del rilevante aumento della temperatura media mostrato in Figura 3, la maggior parte delle simulazioni climatiche RCP45 prevede che il numero di giorni in cui la temperatura si discosta significativamente (oltre il 95° percentile) dalla media stagionale possa diminuire. Nello scenario RCP85 ad alte emissioni, al contrario, il numero di eventi

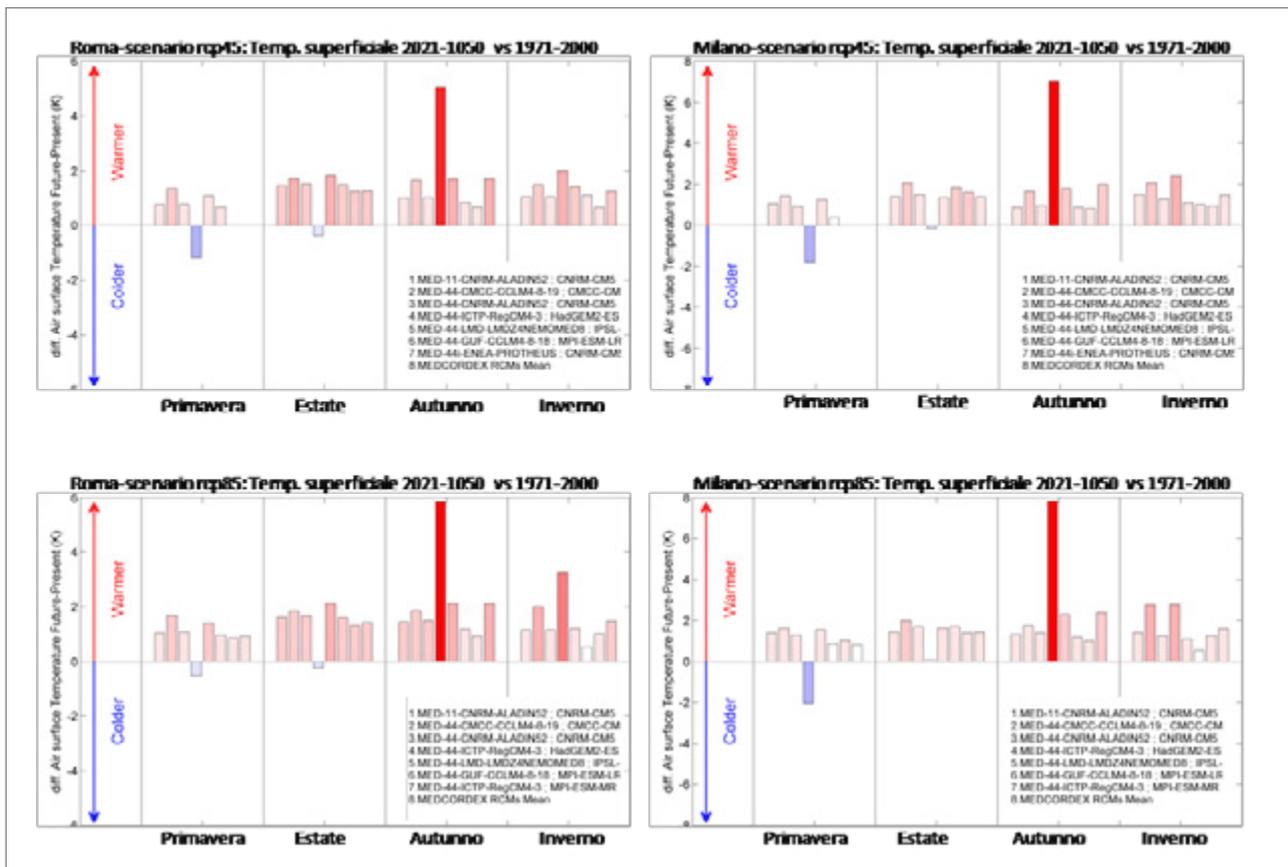


Fig. 3 Cambiamenti di temperatura media stagionale nelle proiezioni climatiche regionali Med-CORDEX (riportate nel riquadro a destra di ogni figura) per il periodo 2021-2050 sulle città di Roma e Milano per gli scenari RCP45 e RCP85
 Fonte: elaborazione ENEA

intensi sembra aumentare significativamente per entrambe le città in autunno e primavera. Nelle altre stagioni le simulazioni non mostrano un comportamento uniforme.

Conclusioni

Le simulazioni climatiche regionali ad alta risoluzione sono un importante strumento per studiare la variabilità climatica e i suoi cambiamenti a scala locale nelle proiezioni climatiche future, soprattutto in regioni caratterizzate da una orografia complessa ed intensi fenomeni di accoppiamento atmosfera-oceano come la

regione Euro-Mediterranea. In particolare possono rivelarsi una preziosa ed imprescindibile fonte di informazioni per lo studio di eventi climatici intensi, come le ondate di calore.

In questo studio è stata brevemente analizzata la capacità di riprodurre e prevedere eventi di calore intenso sull'area corrispondente a due delle maggiori città italiane, Roma e Milano, delle simulazioni regionali ad alta risoluzione prodotte nel contesto dell'iniziativa internazionale Med-CORDEX, a cui l'ENEA dà un importante contributo da un punto di vista logistico, modellistico ed analitico. In generale nelle simu-

lazioni di controllo le simulazioni regionali tendono a sovrastimare il numero di eventi di calore intenso (ovvero quando l'anomalia di temperatura giornaliera rispetto alla media stagionale supera il 95° percentile) rispetto ad un dataset a bassa risoluzione come la reanalisi Era-Interim. Nelle proiezioni climatiche future le simulazioni Med-CORDEX concordano nel prevedere un aumento delle temperature medie in tutte le stagioni per il periodo 2021-2050 rispetto al clima presente (1971-2000) con un aumento delle anomalie di temperature oltre il 95° percentile in autunno e primavera.

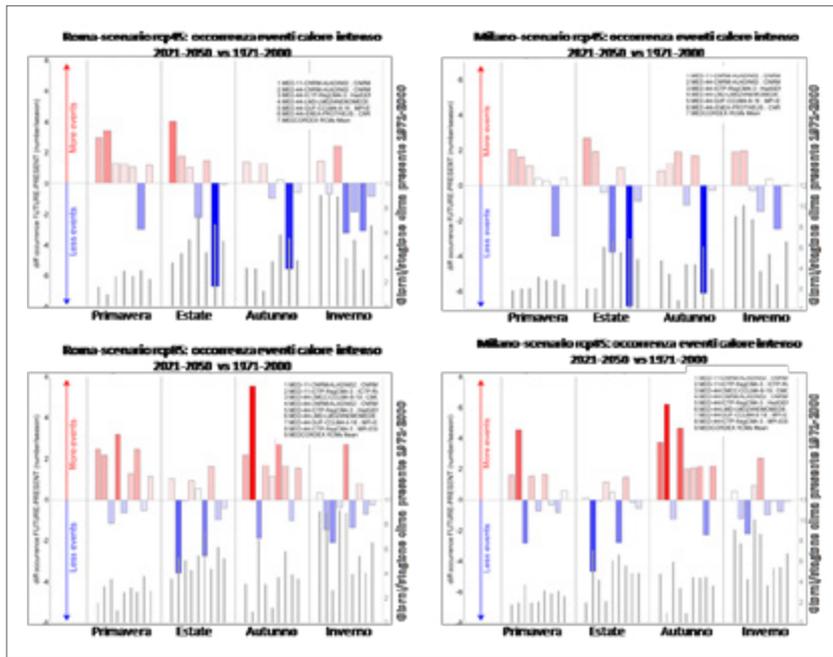


Fig. 4 Istogrammi delle differenze nel numero medio di eventi di calore intenso per stagione per il periodo 2021-2050 confrontato con il 1971-2000 nelle proiezioni climatiche regionali Med-CORDEX. Le barre rappresentano i cambiamenti nella frequenza di eventi intensi sulle città di Roma e Milano in ogni simulazione regionale (riportate a lato con le corrispondenti simulazioni globali che le guidano a grande scala) per ogni stagione. In grigio sono riportati il numero medio di eventi di calore intenso nel clima presente per ogni simulazione
Fonte: elaborazione ENEA

Per saperne di più:
alessandro.dellaquila@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. Artale V., Calmanti S., Carillo A., Alessandro Dell’Aquila, Marine Herrmann, Giovanna Pisacane, Paolo M. Ruti, Gianmaria Sannino, Maria Vittoria Struglia, Filippo Giorgi, Xunqiang Bi, Jeremy S. Pal, Sara Rauscher, 2010. An atmosphere-ocean regional climate model for the Mediterranean area: assessment of a present climate simulation. *Clim Dyn*, 35, 721-740, DOI: 10.1007/s00382-009-0691-8
2. Feser et al., (2011): Regional climate models add value to global model data”. *Bull. of the American Meteorological Society*, 92, 1181-1192
3. Meehl, GA, 1994: Coupled Land-Ocean-Atmosphere Processes and South Asian Monsoon Variability, *Science*, 266, pp. 263-267, DOI: 10.1126/science.266.5183.263
4. A. Buzzi, S. Tibaldi (1978): Cyclogenesis in the lee of the Alps: a case study. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*
5. Giorgi, F., (2006). Climate change hot-spots. *Geophys. Res. Lett.*, 33:L08707, doi:10.1029/2006GL025734
6. van der Linden P., and J.F.B. Mitchell (2009): ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp
7. Ruti PM and co-authors (2015): Med-CORDEX initiative for Mediterranean Climate studies. Accepted by *Bull. Amer. Meteor. Soc.*
8. Dee, DP et al., (2011): The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system, *Q. J. R. Meteorolog. Soc.*, 137, 553-597

Lo studio del cambiamento globale e della predicibilità climatica in ENEA tramite l'utilizzo di modelli del Sistema Terra

Possibili cambiamenti futuri nella distribuzione su scala globale delle aree a clima mediterraneo e progressi nelle previsioni climatiche tramite il modello del Sistema Terra EC-Earth

DOI 10.12910/EAI2016-010

di **Andrea Alessandri** e **Franco Catalano**, ENEA

La possibilità di prevedere il clima (predicibilità) deriva dall'interazione dell'atmosfera con componenti del sistema caratterizzate da variabilità lenta, come oceano e superficie terrestre. In particolare, recenti studi ENEA [1, 2] hanno evidenziato l'importante contributo di vegetazione, umidità del suolo ed evapotraspirazione alla predicibilità della precipitazione. Per studiare il clima del passato e del presente e per prevedere quali saranno le probabilità di anomalie climatiche per la prossima stagione o le tendenze tra qualche anno o tra qualche secolo, si utilizzano dei mo-

delli matematici che risolvono numericamente le complesse equazioni del moto dell'atmosfera e dell'oceano. Il Sistema Terra si basa su un intervallo ampio di interazioni dinamiche, fisiche, biologiche e chimiche che interessano la variabilità spaziale e temporale su più scale, meteorologiche e climatiche. L'importanza dei cicli biogeochimici e delle interazioni tra biosfera terrestre e clima (incluso l'effetto antropico) ha portato negli ultimi anni allo sviluppo di veri e propri modelli globali del Sistema Terra che hanno permesso di conseguire continui miglioramenti nella previsione del Clima. Tali mo-

delli consentono infatti di simulare il ciclo del carbonio nel Sistema Terra ed i relativi processi biofisici e biogeochimici, considerando quindi in modo esaustivo gli effetti dei gas ad effetto serra su variabilità e cambiamento climatico.

Le attività ENEA nell'ambito della modellistica e della predicibilità climatica per mezzo dell'utilizzo dei modelli del Sistema Terra sono presenti nel panorama europeo e internazionale grazie alle proposte innovative all'interno del consorzio EC-Earth per lo sviluppo del modello del Sistema Terra europeo (EC-Earth; <http://www.ec-earth>).

org/), alla partecipazione come uno dei main partner dell'EU-FP7 Collaborative-project *Seasonal-to-decadal climate Prediction for the improvement of European Climate Service* (SPECS; <http://specs-fp7.eu/>) ed alla costituzione di un network internazionale di collaborazioni tramite il progetto Marie Curie FP7 *Performance and usefulness of CLimate predictions: Beyond current liMITationS* (CLIMITS; <http://tinyurl.com/fp7-iof-climits>).

Grazie alle notevoli competenze acquisite, ENEA ha potuto partecipare alla call H2020 *Advanced Earth-system models; SC5-01-2014* come uno dei main partners del HORIZON 2020 Collaborative-Project *Coordinated Research in Earth Systems and Climate: Experiment, kNowledge, Dissemination and Outreach* (CRESCENDO; Coordinatore Leeds University). Il progetto è stato finanziato e, formalmente iniziato il 1 novembre 2015, ha l'obiettivo di sviluppare una nuova generazione di modelli del Sistema Terra europei che migliori la rappresentazione dei processi e la affidabilità delle proiezioni climatiche globali. I miglioramenti apportati a EC-Earth saranno la base modellistica per il contributo alle simulazioni degli scenari climatici (*Coupled Models Intercomparison Project Phase 6; CMIP6*) che vedrà ENEA per la prima volta in prima linea insieme ai maggiori Centri Climatici mondiali nel percorso verso il prossimo assessment report dell'IPCC (AR6) atteso verso fine 2020. In particolare, nell'ambito di CRESCENDO, ENEA implementerà e utilizzerà approcci innovativi per analizzare le simulazioni storiche e di scenario compiute, al fine di meglio comprendere le interazioni tra uso del suolo e cambiamenti climatici.

La proiezione dei cambiamenti delle aree a clima Mediterraneo nel 21mo secolo usando i modelli del Sistema Terra

Uno studio ENEA basato sulle ultime proiezioni climatiche per il secolo in corso, che utilizza l'insieme dei modelli del Sistema Terra disponibili nella comunità scientifica internazionale, ha recentemente evidenzia-

to una situazione di particolare criticità nelle aree a clima Mediterraneo [3]. Infatti, lo studio ENEA ha evidenziato come le regioni del pianeta con clima di tipo mediterraneo siano tra le più vulnerabili ai cambiamenti climatici. In particolare le zone euro-mediterranee meridionali come l'Italia peninsulare e il sud di Spagna, Grecia e Turchia potrebbero diventare sub-aride e aride, con estati ed

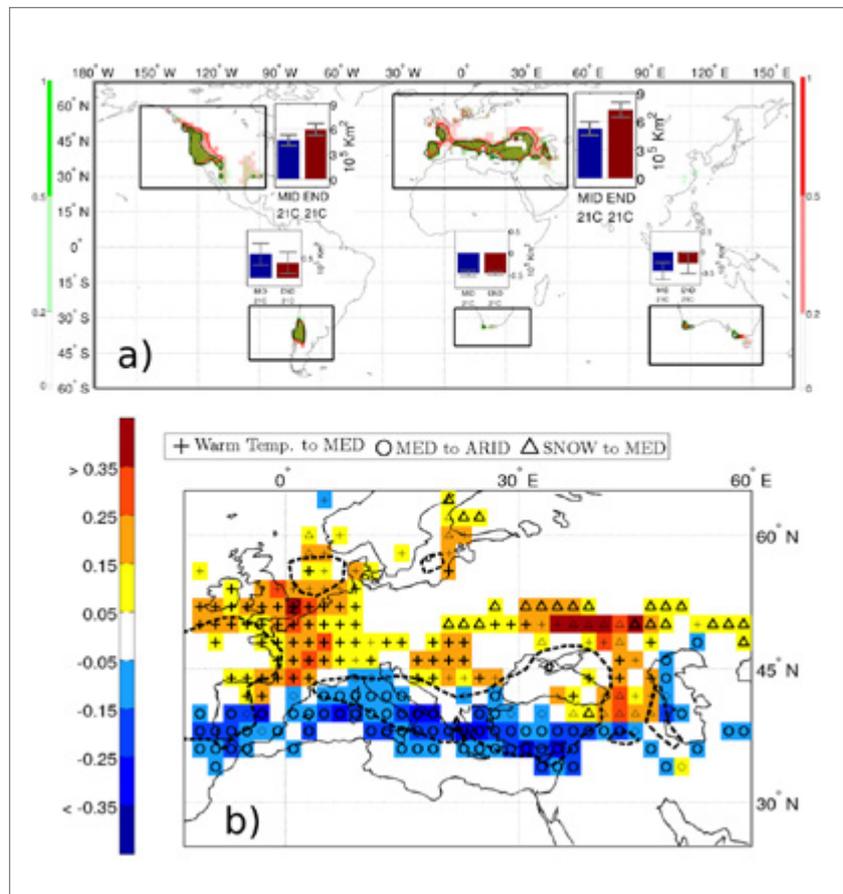


Fig. 1 a) Probabilità associata al clima di tipo mediterraneo dalle simulazioni CMIP5. In rosso per il periodo 2070-2100, in verde per il periodo 1979-2005. Gli istogrammi indicano, per ogni area sensibile, il cambiamento di area associata a clima mediterraneo rispetto al 1979-2005, in blu per il 2035-2065 ed in rosso per il 2070-2100. b) Proiezioni di cambiamento del clima nella regione euro-mediterranea. La scala di colore rappresenta la probabilità di variazione del clima mediterraneo nel periodo 2070-2100 rispetto al clima presente (periodo 1979-2005). I simboli indicano il tipo di transizione dominante: da clima temperato a mediterraneo (Warm Temp. to MED, croci); da clima mediterraneo a clima arido (MED to ARID, cerchi); da clima freddo con neve a mediterraneo (SNOW to MED, triangoli)

Fonte: [3]

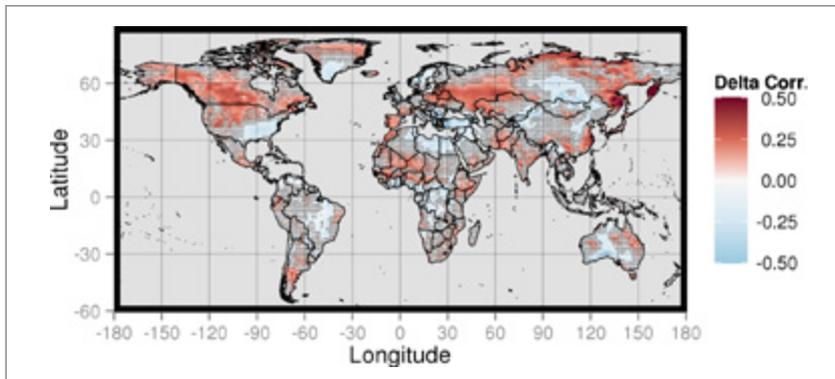


Fig. 2 Miglioramento dello skill (differenza di correlazione con le osservazioni) del modello in seguito alla nuova parametrizzazione della vegetazione sviluppata da ENEA per la temperatura a 2 m in inverno (dicembre-gennaio-febbraio), previsione a 1 mese
Fonte: [4]

inverni sempre più secchi rispetto a oggi (Figura 1). Questo è quanto emerge dall'articolo pubblicato da *Nature Scientific Reports* che riporta i risultati della ricerca ENEA in collaborazione con altri istituti di ricerca internazionali.

Lo studio delinea i possibili cambiamenti futuri nella distribuzione su scala globale delle aree a clima mediterraneo, tipicamente caratterizzate da estati asciutte e inverni umidi, evidenziando una loro espansione verso Nord e verso Est nel bacino euro-mediterraneo. Anche la parte occidentale del Nord America potrebbe essere interessata dallo stesso fenomeno. Queste proiezioni climatiche mettono in evidenza scenari che comportano serie ripercussioni sulle condizioni di vita in alcune delle aree più densamente abitate del pianeta.

Il miglioramento della predicibilità climatica nelle aree continentali alle diverse scale temporali usando il modello EC-Earth

Lo stato e la variabilità di superfici continentali e vegetazione caratte-

rizzano l'evoluzione di importanti parametri biofisici: evapotraspirazione, rugosità superficiale, contenuto d'acqua del terreno e albedo. Le dinamiche di vegetazione in particolare si sviluppano su un arco ampio e continuo di scale temporali, da quelle caratteristiche delle previsioni meteorologiche con orizzonte di 3-4 giorni, alla scala stagionale, decennale, fino alle scale caratteristiche del cambiamento climatico (centinaia di anni). Di conseguenza, una realistica modellazione delle dinamiche e degli effetti della vegetazione nei modelli climatici contribuisce in maniera decisiva al miglioramento delle previsioni climatiche.

A tale scopo è stata sviluppata in ENEA una nuova versione dello schema delle superfici continentali in grado di massimizzare la sensibilità del modello alla variabilità della vegetazione. In particolare, la evapotraspirazione, la rugosità superficiale, la capacità di campo del suolo e l'albedo sono ora rese dipendenti dalla vegetazione e dalla sua variabilità temporale.

La versione modificata di EC-Earth è stata utilizzata per eseguire delle previsioni climatiche retrospettive

e per valutare gli effetti della vegetazione sulla predicibilità del clima. I risultati mostrano un aumento significativo della performance del modello nella versione sviluppata da ENEA (MODIF) rispetto a quella originale (CTRL). In particolare, si osserva un notevole miglioramento nella previsione della temperatura a 2 m nella stagione invernale su Europa, Nord America, Nord Est, Argentina, Sahel, India, Medio Oriente, foreste boreali della Russia e costa Pacifica del continente asiatico (Figura 2). Il miglioramento è da attribuirsi principalmente alla variabilità introdotta sull'effetto di mascheramento della copertura nevosa da parte della vegetazione arborea ed al conseguente effetto sulla riflettività della radiazione solare alla superficie (albedo superficiale). Allo stesso tempo, sono stati osservati notevoli miglioramenti nella previsione della precipitazione, in particolar modo nella stagione estiva.

I risultati evidenziano come l'aumento della sensibilità del modello alla vegetazione permetta di migliorare le capacità predittive a scala globale anche su orizzonti di previsione lunghi, fino a cinque anni (Figura 3). Gli sviluppi del modello e la sensibilità delle previsioni climatiche alla vegetazione sono descritti in un articolo redatto in collaborazione con altri istituti di ricerca internazionali, in corso di pubblicazione su *Climate Dynamics* [4].

La vegetazione ha effetti rilevanti, sia locali e sia remoti, sul fenomeno delle onde di calore, mediati da evapotraspirazione, umidità del suolo ed albedo. La versione di EC-Earth migliorata da ENEA ha evidenziato un sensibile progresso nella previsione della temperatura a 2 m nella regione euro-mediterranea, inclusa

la previsione delle anomalie estive legate al persistere di onde di calore, che appaiono ancora così difficili da prevedere. In particolare, la dinamica della vegetazione introdotta da ENEA appare amplificare le anomalie di temperatura migliorando così considerevolmente la previsione delle anomalie legate all'onda di calore del 2003 sull'Europa (Figura 4). I risultati dello studio sono descritti in un articolo in preparazione [5].

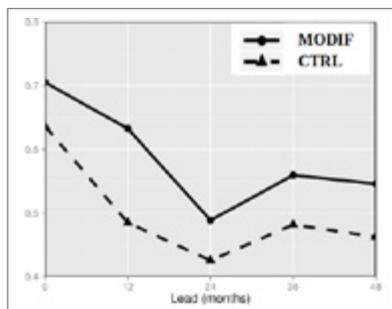


Fig. 3 Miglioramento della performance del modello a differenti orizzonti temporali di previsione per la temperatura a 2 metri. Le linee rappresentano la media, sull'intero globo, delle correlazioni con le osservazioni per la temperatura a 2 m. La linea continua corrisponde alla versione del modello migliorata da ENEA e la linea tratteggiata corrisponde alla versione originale del modello
Fonte: [4]

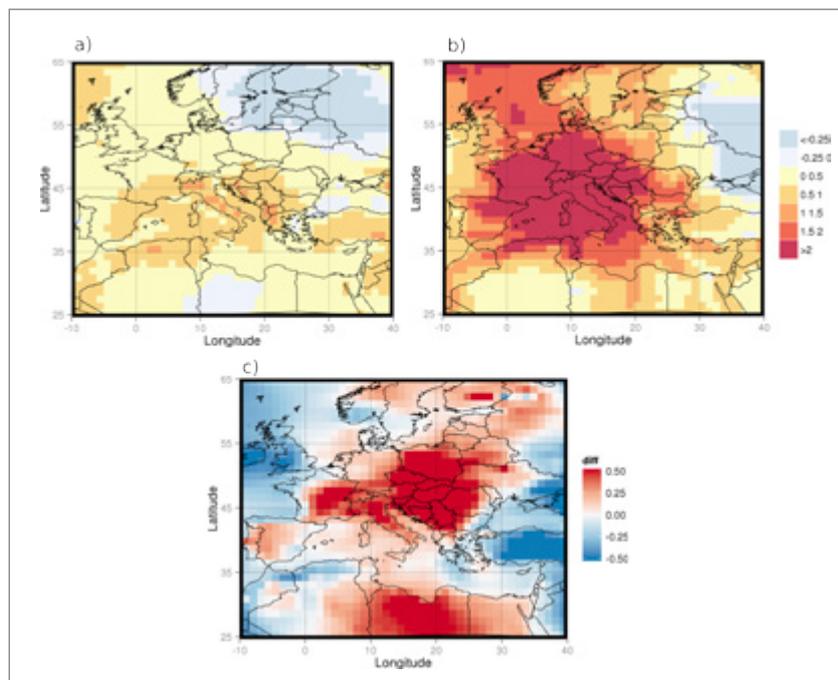


Fig. 4 Temperatura a 2 m durante l'onda di calore dell'estate (giugno-luglio-agosto) 2003: a) anomalie nella versione originale del modello; b) anomalie nelle osservazioni; c) differenza di anomalie nella versione sviluppata da ENEA rispetto alla versione originale
Fonte: [5]

*Per saperne di più:
andrea.alessandri@enea.it*

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Alessandri, A. Navarra (2008), "On the coupling between vegetation and rainfall inter-annual anomalies: Possible contributions to seasonal rainfall predictability over land areas", *Geophys. Res. Lett.*, 35, L02718, doi:10.1029/2007GL032415
- [2] F. Catalano, A. Alessandri, M. De Felice, Z. Zhu, R. B. Myneni (2016), "Observationally based analysis of land-atmosphere coupling", *Earth Syst. Dynam.*, 7, 251-266, doi:10.5194/esd-7-251-2016"
- [3] A. Alessandri, M. De Felice, N. Zeng, A. Mariotti, Y. Pan, A. Cherchi, J.-Y. Lee, B. Wang, K.-J. Ha, P. Ruti, V. Artale (2014), "Robust assessment of the expansion and retreat of Mediterranean climate in the 21st century", *Nature Sci. Rep.*, 4, 7211, doi:10.1038/srep07211. <http://www.nature.com/srep/2014/141202/srep07211/full/srep07211.html>
- [4] A. Alessandri, F. Catalano, M. De Felice, B. Van Den Hurk, F. Doblas Reyes, S. Boussetta, G. Balsamo, P. Miller (2016), "Multi-scale enhancement of climate prediction over land by increasing the model sensitivity to vegetation variability in EC-Earth".
- [5] F. Catalano, A. Alessandri, M. De Felice (2016), "Vegetation contribution to seasonal climate prediction", In preparation

La relazione cambiamenti climatici e sistema agricolo: tra adattamento e mitigazione

Il settore agricolo è chiamato a fornire soluzioni che siano in grado di incrementare l'adattamento delle colture agli effetti diretti del cambiamento climatico, oltre ad individuare soluzioni che contribuiscano alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti

DOI 10.12910/EAI2016-011

di **Maurizio Calviti, Nicola Colonna e Massimo Iannetta, ENEA**

Le conseguenze dei cambiamenti climatici in atto a livello globale, sui sistemi colturali italiani, saranno tanto più gravi quanto più gli stessi avverranno con rapidità ed imprevedibilità, mettendo a nudo la vulnerabilità intrinseca dei nostri agro-ecosistemi. I sistemi agricoli non si limitano a subire gli effetti diretti del cambiamento climatico, ma contribuiscono al rilascio di gas responsabili dell'effetto serra, aumentandone la concentrazione nell'atmosfera. Sviluppare ed applicare strategie di adattamento per ridurre o evitare gli effetti negativi del cambiamento climatico sia a breve termine (adozione di appropriate strategie di difesa,

modifica delle specie coltivate e/o cultivar e date di semina) che a lungo termine (destinazione d'uso del suolo e del sistema agricolo), rappresenta una delle sfide più importanti, irrinunciabili, del sistema produttivo agricolo in tutte le sue componenti e reti relazionali. Nello stesso tempo il settore della produzione primaria è chiamato a contribuire in modo sostanziale allo sforzo per la mitigazione, cioè a realizzare azioni in grado di limitare le emissioni e quindi l'accumulo di gas serra nella atmosfera, soprattutto in relazione ai gas climalteranti chiave per il settore agricolo, come il metano, il protossido di azoto e il biossido di carbonio. L'agricoltura tutela se stessa diminuendo

l'accumulo di gas serra sia attraverso azioni attive di riduzione delle emissioni che attraverso l'aumento e/o il mantenimento della capacità di stoccare il carbonio nei sistemi agricoli e forestali (suoli e vegetazione).

I sistemi di adattamento e mitigazione in agricoltura

Ruolo chiave dell'informazione e della conoscenza: l'approccio "knowledge intensive"

La scala dei fenomeni in atto, l'accelerazione dei cambiamenti, riscontrata negli ultimi 30 anni e la consistente e rapida variazione del clima prevista per l'immediato



futuro [2], richiedono di indirizzare, in modo attivo e coordinato, le trasformazioni dei sistemi agricoli verso una minore vulnerabilità ed una maggiore resilienza.

Per questo è necessario investire con decisione nella ricerca e nell'acquisizione di nuove conoscenze, garantire la diffusione e condivisione delle informazioni sui risultati della ricerca e adottare politiche e misure che facilitino le azioni di adattamento attraverso una forte partecipazione di tutte le componenti (agricoltori, decisori politici, istituzioni di ricerca, consumatori) coinvolte nel processo di produzione e consumo.

Gli agricoltori e le associazioni di categoria devono essere informati sugli elementi di cambiamento dello scenario climatico nel quale hanno storicamente costruito la loro esperienza professionale di pianificazione spazio-temporale delle risorse. Le strategie di adattamento non possono prescindere da un approccio "di conoscenza ad alta intensità" attraverso la quale gli agricoltori in primis debbono acquisire elementi di conoscenza, ad esempio, sulla fisiologia delle piante, la biologia dei parassiti, il loro riconoscimento, i principi ecologici di base che ne regolano la densità, i processi che

stanno alla base dell'arricchimento o dell'impovertimento nutritivo dei suoli, le tecniche per difendere così come quelle per conservare i suoli e la loro fertilità.

Senza la consapevolezza delle condizioni verso le quali sta evolvendo l'instabilità meteorologica che prelude ai cambiamenti climatici, si potrebbe correre il rischio che gli agricoltori adottino soluzioni gestionali di respiro temporale sempre più breve, e di maggior impatto sulle risorse naturali meno tutelate o, per converso, abbandonino le aree più esposte all'instabilità favorendo i processi di degrado e desertificazione.

In questo sforzo i consumatori non sono solo i destinatari finali del sistema produttivo agroalimentare ma sono soggetti attivi e partecipi, capaci con la loro consapevolezza di accompagnare o guidare le scelte. La produzione primaria di fronte alle sfide dei cambiamenti ambientali globali richiede la collaborazione attiva di tutti i soggetti coinvolti nella filiera di produzione e consumo.

Strumenti e strategie per i sistemi agricoli e le aziende

La PAC (Politica Agricola Comune) ha messo in piedi nel tempo alcuni strumenti operativi che possono potenzialmente contribuire a ridurre l'esposizione e la vulnerabilità del sistema produttivo agricolo agli effetti dei cambiamenti climatici ed aumentarne la resilienza, ma altri e nuovi strumenti sono necessari. Le misure della PAC che hanno un

maggior potenziale in termini di adattamento sono le regole e gli standard della eco-condizionalità, le misure agro ambientali (conservazione della fertilità, biodiversità e della sostanza organica) e forestali, i sistemi di gestione del rischio, i sistemi di supporto alle scelte degli agricoltori in particolare per le applicazioni in campo meteorologico e fitosanitario. Nello stesso tempo, attraverso i piani di sviluppo rurale, sono state promosse azioni per la mitigazione come quelle relative alla produzione di energia dentro le aziende stesse al fine di sostituire i tradizionali combustibili fossili e contenere le emissioni di metano ad esempio tramite l'introduzione degli impianti di digestione anaerobica per la migliore gestione dei reflui zootecnici e dei residui agricoli. Fondamentale, per entrambe le azioni di mitigazione ed adattamento, è il ruolo della ricerca

e dell'innovazione collegate in modo interattivo con il mondo operativo e con i decisori politici che beneficeranno di un approccio sistemico di tipo "knowledge intensive" [3].

Sintetizzando le azioni di adattamento dovranno riguardare differenti livelli del sistema produttivo agricolo come indicato nel documento di "strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici" del Ministero dell'Ambiente (http://www.miniambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/documento_SNAC.pdf):

- Livello strutturale: azioni per il miglioramento delle infrastrutture aziendali e del territorio al fine di ridurre l'esposizione e la vulnerabilità agli effetti dei cambiamenti climatici.
- Livello gestionale: azioni di pianificazione aziendale, innovazione



e modernizzazione della gestione del territorio, diversificazione produttiva, strumenti di supporto alle decisioni, sistemi di “early warning” per eventi meteo estremi o attacchi di organismi patogeni.

- Livello economico: revisione degli strumenti assicurativi di gestione del rischio. Il concetto di rischio climatico, inoltre, può comprendere anche il comportamento e la diffusione di fitopatologie e attacchi parassitari, che si mostrano nel tempo sempre più anomali come risultato delle condizioni climatiche e degli eventi estremi.

Le azioni di mitigazione potenziali sono molteplici ma quelle principali possono essere sintetizzate in:

- Diminuzione dei consumi energetici diretti ed indiretti.
- Integrazione e diffusione delle fonti di energia rinnovabile.
- Abbattimento delle emissioni di metano e di protossido di azoto prodotte dagli allevamenti e dalle pratiche di fertilizzazione.
- Aumento della capacità di conservazione del carbonio negli agroecosistemi.

I consumi energetici sono i principali responsabili delle emissioni di biossido di carbonio e la loro riduzione passa attraverso un efficientamento dei processi produttivi o la sostituzione delle fonti tradizionali con le fonti rinnovabili.

Per quanto riguarda le coltivazioni sia la razionalizzazione delle lavorazioni che l'innovazione nelle macchine e nelle tecniche consentono un notevole risparmio di energia ed analogamente le tecniche di agricoltura di precisione, attraverso l'ottimizzazione degli input sia minerali



Impianto di biogas da 1 MW che consente di valorizzare gli scarti e i sottoprodotti derivanti dalle attività agricole e dall'allevamento bovino dell'azienda agricola Chiesa (Asolo, Mantova)

che idrici od i trattamenti, consentono notevoli risparmi energetici indiretti. [4]

Nelle fasi di conservazione e trasformazione che spesso avvengono a livello aziendale hanno invece un ruolo importante le energie rinnovabili. Esse hanno dimostrato di poter essere facilmente integrate nei cicli produttivi sia a monte che a valle con una casistica di migliori pratiche ormai consolidate sia per la produzione di calore che di energia elettrica o tramite cogenerazione contribuendo così in modo significativo a diminuire i consumi di carburanti e combustibili fossili.

Innovare e rendere efficienti i processi produttivi

Sia al fine di aumentare la competitività delle produzioni tipiche italiane che di contribuire a mitigare i cambiamenti climatici, il settore agrico-

lo, costituito da migliaia di piccole aziende ed imprese, sta innovando i sistemi produttivi con numerose installazioni di rinnovabili ed elevati investimenti nel settore dell'efficienza energetica. Dai più semplici impianti fotovoltaici ai più complessi impianti di digestione anaerobica che contribuiscono alla chiusura dei cicli valorizzando scarti e reflui di processo attraverso il razionale impiego del digestato come ammendante, abbiamo una varietà ampia di soluzioni. Tali applicazioni hanno migliorato i bilanci ambientali ed economici delle imprese, consentendogli di sopravvivere in un contesto di remuneratività decrescente e di investire grazie ai risparmi ed agli incentivi in essere. L'energia, da tema spesso trascurato e considerato una semplice voce del costo di produzione nelle imprese agricole ed agroalimentari ha assunto un nuovo

peso nelle scelte strategiche aziendali ed è stata in parte motore di innovazione. Circa il 15% del fotovoltaico installato in Italia è di competenza di aziende agricole, così come vi sono oltre 1300 impianti di produzione di biogas di origine agroindustriale capaci di cogenerare e valorizzare grandi quantità di biomassa residua-

Adattare e rinnovare i sistemi di coltivazione

Le proiezioni che emergono dai più recenti studi climatologici di tipo modellistico, sia su scala globale che regionale e locale per l'Italia [5], sono concordi nel prevedere un ulteriore incremento delle temperature attribuibile in modo più o meno

modo particolare per le aree nordiche, grazie all'allungamento della stagione idonea allo sviluppo vegetativo, si prevede che la maggior parte delle conseguenze sarà negativa, porterà perdite economiche e avverrà in regioni già sotto pressione a causa di fattori socio-economici e ambientali, come la scarsità d'acqua. Le azioni di



le. Non sono da trascurare nemmeno le migliaia di installazioni di impianti di produzione termica basati sulle biomasse nel settore agricolo ed agriturismo o i casi, più limitati numericamente, di installazioni eoliche, solari termiche e geotermiche, spesso legate a situazioni specifiche locali che costituiscono, nel loro insieme, un patrimonio di esperienze da divulgare.

equivalente sia all'aumento delle temperature massime diurne che delle temperature minime notturne. Le proiezioni delle precipitazioni, benché più incerte segnalano, attraverso alcuni indici, rappresentativi della frequenza, dell'intensità e degli estremi di precipitazione, una futura e progressiva concentrazione delle precipitazioni in eventi più intensi e meno frequenti. Mentre alcune tra le conseguenze previste potrebbero essere benefiche per l'agricoltura, in

adattamento nel complesso dovranno includere lo sfruttamento di nuove aree agricole (dove possibile), il cambiamento nelle pratiche colturali [6], la modifica della tempistica delle operazioni in campo, il cambiamento delle varietà o persino delle colture, ma soprattutto l'ottimizzazione dell'uso dell'acqua. Quest'ultimo è forse l'aspetto che merita la maggiore attenzione per immaginare un futuro per l'agricoltura del sud Europa. Il Miglioramento Genetico, a tal ri-

guardo, contribuisce attraverso la valorizzazione di germoplasma di specie vegetali, già particolarmente adatte agli ambienti del Sud Italia (lenticchia, fava, orzo, frumento, pomodoro, patata), cui si associano caratteristiche di maggiore resistenza a stress idrici [7,8]. Inoltre, al fine di arrestare il processo di depauperamento di sostanza organica del suolo, soprattutto legato alla pratica di estese monocolture cerealicole, nuove varietà di leguminose ad alto tenore proteico sono in corso di selezione per essere integrate nel ciclo di produzione con consociazioni e/o rotazioni in modo da ottimizzare le pratiche colturali [9].

Nel settore delle Biotecnologie vegetali di nuova generazione, metodologie avanzate di 'genome editing' rappresentano nuovi potenziali strumenti di "bio-fortificazione" di specie di interesse agrario, introducendo in maniera mirata caratteristiche di interesse (resistenza a stress biotici e abiotici, miglioramento della qualità o quantità del prodotto). Nonostante le potenzialità più che promettenti di questa tecnologia, sarà però necessario tener conto della normativa che regola la sua applicazione alle piante coltivate, che dovrebbe idealmente essere aggiornata di pari passo con l'ottenimento di risultati di interesse applicativo.

La protezione fitosanitaria degli agro-ecosistemi: una sfida globale

Valutare e gestire efficacemente a livello territoriale la molteplicità e la complessità dei problemi ecologici legati al cambiamento globale (come ad esempio le emergenze fitosanitarie causate da cambiamenti climatici e/o specie invasive) è una sfida senza precedenti che richiede un approccio olistico che sia allo stesso tempo

semplificato e realistico, insieme alla disponibilità di tecnologie innovative per sviluppare rapidamente soluzioni adeguate.

Le linee di ricerca e sviluppo in tema di adattamento per la protezione delle colture da fitofagi e fitopatie si articolano su quattro principali aree di intervento (Agroecologia, Biotecnologie, Modellistica Avanzata e Tele-rilevamento) che se strettamente interconnesse in fase di progettazione di interventi integrati sul territorio possono complementare l'efficienza delle misure di prevenzione (protezione delle frontiere, applicazione della quarantena, ispezione delle importazioni).

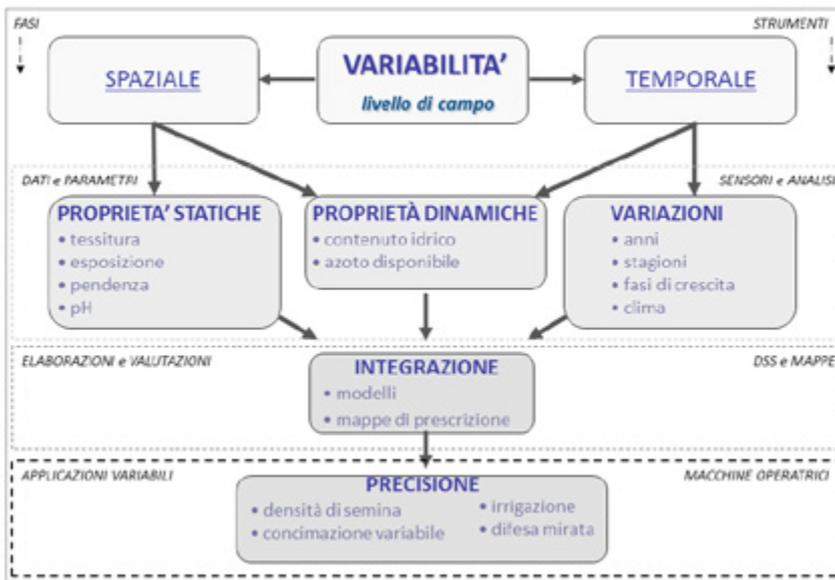
L'approccio agro-ecologico si basa su un processo di analisi profonda delle componenti biotiche ed abiotiche degli agroecosistemi che può portare alla individuazione di relazioni utili perché consentono lo sfruttamento di antagonismi naturali che nel loro complesso costituiscono la lotta biologica classica (predatori, parassitoidi, associazioni microbiche). La gestione agro-ecologica del sistema agricolo mira alla massima tutela della biodiversità al fine di garantire reti relazionali tra gli organismi che possono prevenire "esplosioni demografiche incontrollate".

Le biotecnologie vegetali (tradizionali e di nuova generazione) rappresentano potenti strumenti in grado di promuovere il controllo sostenibile delle avversità fitosanitarie, ma ad oggi non sembrano sufficienti a fornire un'efficace e stabile soluzione alla perdita dei raccolti attribuibile alla infestazione da insetti (ancora stimata al 14% a livello globale), sia come diretti fitofagi che come vettori di patologie. Occorre quindi promuovere la ricerca e lo sviluppo delle biotecnologie che abbiano come tar-

get i sistemi entomologici (Biotecnologie Entomologiche), con l'obiettivo di riuscire a "bio-indebolire" il potenziale invasivo di specie di insetti dannosi sia per quel che riguarda la loro prolificità riproduttiva che in taluni casi la capacità di trasmettere microorganismi patogeni [10].

L'Integrazione di Sistema. L'approccio biotecnologico, non supportato da una visione ecologica dell'agroecosistema, non può portare i risultati auspicati. Per affrontare questa sfida, occorrono strumenti di analisi e previsione di elevata affidabilità (physiologically based demographic models, PBDM) nel contesto di sistemi d'informazione geografica (GIS) per mettere a punto strumenti mediante i quali sia possibile comprendere in maniera dinamica agroecosistemi complessi sottoposti al cambiamento globale. La modellistica bio-ecologica fornisce infatti una sintesi quantitativa delle conoscenze disponibili sugli organismi dannosi, così da coglierne la dinamica ed utilizzarla come base per sviluppare rapidamente soluzioni razionali dal punto di vista ecologico ed economico [11]. I supporti informatici consentono altresì una ottimale pianificazione applicativa sia della lotta biologica classica che delle moderne strategie di lotta basate sulla sterilità con approcci che sempre più si collocano in un'ottica di "precisione" spazio-temporale.

L'agricoltura di precisione [12] è tra le forme di "agricoltura" che oggi può contribuire in modo determinante a rafforzare le caratteristiche di resistenza e resilienza dell'agroecosistema. E' basata su un livello elevato e puntuale di conoscenza di tutti i fattori che determinano la produttività agricola (suolo, clima, coltura, pratiche agricole) nello spazio e nel



Conoscere la variabilità spaziale e temporale per gestire in modo "preciso" gli interventi

tempo [13].

Consiste, più in generale, in un nuovo concetto di gestione agricola, tecnologicamente avanzata, nella quale si fa ricorso a macchine operatrici dotate di "sistemi intelligenti", in grado di dosare i fattori produttivi (fertilizzanti, antiparassitari, diserbanti), in relazione alle reali necessità dell'appezzamento che possono variare sia in funzione dello spazio che del tempo.

Oltre all'aumento dell'automazione, questo orientamento richiede tecniche di posizionamento e misura efficaci, con capacità di mappatura, a livello del singolo appezzamento, di parametri biofisici chiave, rappresentativi dello status di nutrizione e salute della piantagione. In uno scenario dove l'agri-

coltura gioca un ruolo sempre più determinante e strategico, la diffusione in tale settore di tecnologie aerospaziali e robotiche avanzate, sempre più accessibili, risponde alle esigenze di basare le decisioni su informazioni integrate. Ciò consente non solo di aumentare la produzione, ma anche di assicurare cibo di qualità alla popolazione mondiale, minimizzando gli impatti ambientali e sul clima, valorizzando nel contempo la biodiversità [14]. Le tecniche di precisione, unite alle tecniche di agricoltura conservativa che tendono a preservare le funzioni del suolo tramite modifiche profonde delle tradizionali lavorazioni del terreno, rappresentano il futuro dell'agricoltura, ma la loro applicazione e diffusione

è ancora limitata ad alcuni settori, pratiche e colture. Lo sforzo deve essere quello di renderle applicabili in ambiti diversi a costi contenuti, un obiettivo che si persegue con rinnovato impegno nella ricerca e nelle sue applicazioni (Agricare, LIFE + project 2015 [15])

Conclusioni

Rinnovare ed adattare la gestione degli agro-ecosistemi verso i principi della "sostenibilità" è un obiettivo primario, irrinunciabile per fare fronte ai cambiamenti climatici in atto. Risulta necessario dar luogo ad azioni concrete in grado di promuovere l'adattamento alle nuove esigenze, una riorganizzazione del sistema agricolo e la messa a punto di strumenti per misurare l'entità del cambiamento, con un forte impulso della ricerca integrata e multidisciplinare che sappia recepire le esigenze della pratica.

La ricerca in agricoltura condotta a livello europeo e l'industria agroalimentare possiedono il necessario know-how che, attraverso il trasferimento delle più moderne tecnologie e la promozione delle innovazioni, potrebbe migliorare la capacità adattativa anche nelle regioni meno sviluppate che, in generale, saranno quelle più severamente colpite dall'impatto climatico.

*Per saperne di più:
maurizio.calvitti@enea.it*

BIBLIOGRAFIA

1. Fischer G., Shah M., Tubiello F.N., van Velhuizen H. (2005), Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990–2080. *Philosophical transaction of the Royal Society-Phil. Trans. R. Soc. B* 2005 360 2067-2083; DOI: 10.1098/rstb.2005.1744
2. IPPC (2014): Quinto Rapporto di Valutazione sui Cambiamenti Climatici (AR5) http://www.ipcc.ch/pdf/assessment_report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf.
3. Sharma R., Peshin R., Khar S. and Ishar A.K. (2014), Agriculture Innovation System Approach for Sustainable Agriculture Development: A Review. *An International Journal of Agro Economist I*, n. 1, 1-7, Dec. 2014.
4. Rossi L., Colonna N., (2015), Agriculture and Energy: a tight nexus. In “World Food Production Facing growing needs and limited resources”. Edited by Giuseppe Bertoni. ISBN 978-88-343-2958-0 Pp 203-2008
5. Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti P., Perconti W., Piervitali E., (2015), Il Clima futuro in Italia: analisi dei modelli regionali- ISPRA-Stato dell’ambiente- ISBN: 978-88-448-0723-8.
6. Simelton, E., Fraser, E.D.G., Termansen, M., et al., 2009. Typologies of crop-drought vulnerability: an empirical analysis of the socio-economic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961–2001). *Environmental Science & Policy* 12, 38-452
7. Bacchetta L, Del Fiore A., Di Giovanni B., Padovani L.M, C. Santi, V. Tolaini V, Tronci C. (2015), Le risorse genetiche vegetali per la sostenibilità delle produzioni agroindustriali. *Energia, Ambiente e Innovazione Speciale III-2015 ENEA per EXPO: Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 91-92.
8. Cantale C., Latini A., Sperandei M., Pugnali M., Iannetta M., Ammar K., et al., (2007): Drought tolerant and susceptible wheat cultivars from field experiments to investigate the expression profile of TdDRF1 gene. *Journal of Genetics and Breeding*. 61(1-2), pp. 115-120.
9. Stamigna C, Chiaretti E e Chiaretti D (2015), *Genetica applicata alla costituzione di nuove varietà di piante*. *Energia, Ambiente e Innovazione Speciale III-2015 ENEA per EXPO: Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 27-28.
10. Calvitti M., (2011), Bacteria endosymbionts: a source of innovation in biotechnology for the control of vector-borne diseases. *Energia, Ambiente e Innovazione*. n. 6/2011, Roma, pp. 49-57.
11. Ponti L., Gutierrez A.P., Ruti P.M., dell’Aquila A. (2014), Fine scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1314437111>.
12. Basso B., (2015), *Agricoltura di precisione per aumentare l’efficienza d’uso delle risorse*. *Energia, Ambiente e Innovazione. Speciale III-2015 ENEA per EXPO Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 38-42
13. Cillis D., Pezzuolo A., Sartori L., (2015), *La gestione precisa parte dalla studio della variabilità*. *Informatore agrario*, 27/2015 pp 38-41
14. Borfecchia F., De Cecco L., Martini S., Giordano L., Trotta C., Masci D., et al., (2015), *Tecnologie aerospaziali integrate a supporto dell’agricoltura di precisione*. *Energia, Ambiente e Innovazione. Speciale III-2015 ENEA per EXPO: Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 74-77.
15. LIFE-AGRICARE project (2014) - *Introducing innovative precision farming techniques in AGRiculture to decrease CARbon Emissions LIFE13 ENV/IT/000583*. Veneto Agricoltura. www.lifeagricare.eu

Water-energy nexus: la parte oscura del ciclo dell'acqua, cambiamenti climatici ed economia circolare

La pressione sulla risorsa idrica sta spingendo verso nuovi paradigmi di gestione. Le acque di rifiuto sono oggi trattate con rilevante consumo di energia e potenziale emissione di gas ad effetto serra. Invece, le caratteristiche delle acque reflue sono tali da poter permettere un recupero energetico e di materie prime seconde. Le acque di rifiuto, quindi, possono trasformarsi da un costo per la società in un'opportunità a supporto di un'economia circolare

DOI 10.12910/EAI2016-012

di **Alessandro Spagni, Marco Ferraris, Davide Mattioli, Luigi Petta e Claudia Brunori**, ENEA

L'acqua e l'energia sono oggi interdipendenti (water-energy nexus); infatti, l'acqua è utilizzata in tutti i processi di produzione di energia e, allo stesso modo, l'energia è richiesta in tutte le fasi di prelievo, trattamento e trasporto dell'acqua (Figura 1). La crescente consapevolezza della scarsità delle risorse idriche, anche a seguito di eventi catastrofici (uragani, siccità ecc.), la continua crescita demografica, i cambiamenti climatici e il continuo incremento della domanda energetica, hanno

fatto emergere la consapevolezza dell'urgenza dell'affrontare le problematiche relative alla connessione tra acqua ed energia [1].

Il Water Exploitation Index (WEI, indice di sfruttamento dell'acqua), un indice che fornisce la più ampia rappresentazione dell'utilizzo dell'acqua in relazione alla sua disponibilità a lungo termine e fornisce indicazioni sui rischi del sovrasfruttamento della risorsa, evidenzia come la scarsità di acqua sia oggi un fenomeno piuttosto diffuso in Europa [2]: inoltre, mentre prece-

dentemente si riteneva che la scarsità di risorsa idrica coinvolgesse solo la parte meridionale dell'Europa, negli ultimi 10 anni il WEI ha evidenziato come fenomeni di scarsità di acqua stiano coinvolgendo anche paesi del Nord Europa. L'esempio più rilevante è il Belgio che, a seguito del prelievo di acqua per la produzione di energia, presenta oggi le stesse criticità sulla risorsa di Cipro, Italia e Spagna [2].

Mentre alcuni rapporti tra acqua ed energia sono immediati (ad esempio energia idroelettrica), altri, in-

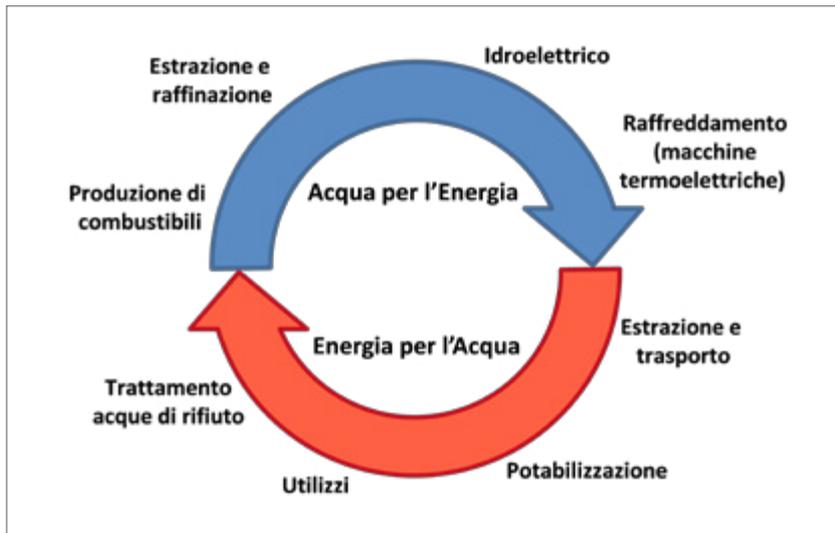


Fig. 1 Rapporto acqua-energia: water-energy nexus

vece, sembrano molto più “oscuri”. La parte più oscura delle connessioni tra acqua ed energia (Water-energy nexus) è il trattamento e la gestione delle acque di rifiuto. Obiettivo di questa nota è, quindi, di evidenziare tale rapporto e, soprattutto, come tale relazione possa divenire una opportunità per la gestione energetica, per i cambiamenti climatici e per la produzione di materie prime seconde.

Consumi energetici nel trattamento delle acque di rifiuto

La U.S. EPA [3], ha stimato che circa il 3% dell'intero consumo di energia elettrica degli interi Stati Uniti sia legato al trattamento delle acque reflue. Tali consumi sono inoltre attesi in crescita del 20% nei prossimi 10-20 anni a seguito del continuo miglioramento della qualità agli scarichi richiesto dalla normativa in evoluzione [3].

Le stime per l'Italia riportano per il trattamento delle acque di rifiuto valori pari a circa l'1% del consumo

energetico nazionale [4]. Assumendo un consumo elettrico nazionale di circa 340 miliardi di kWh/anno per il 2012 [5], la quota riservata alla depurazione è comunque superiore ai 3 miliardi di kWh/anno per un costo, solo di bolletta elettrica, di ben oltre 300 milioni di €/anno al costo approssimativo di 10 c€/kWh [5]. Le previsioni di un ammodernamento delle infrastrutture, del miglioramento della qualità delle acque allo scarico e dell'andamento del mercato dell'energia potrebbero condurre tali consumi verso valori non più sostenibili.

Bilancio di energia negli impianti di trattamento acque di rifiuto

Stabilire un bilancio di energia all'interno di un impianto di trattamento reflui è molto difficile in quanto i consumi variano notevolmente sia in relazione alla tecnologia utilizzata, sia in funzione delle pratiche di gestione.

Un recente progetto finanziato dal-

la Commissione Europea [6] ha analizzato dati di letteratura di 369 impianti in piena scala distribuiti su tutto il pianeta e caratterizzati da diverse potenzialità di trattamento e di tecnologie applicate. L'analisi ha evidenziato valori di consumi energetici variabili tra 0,13 e 5,5 kWh/m³ di acqua trattata, con consumi che, tendenzialmente, aumentano al diminuire della taglia. Data l'estrema variabilità, lo stesso report [6] evidenzia come il 50% dei dati disponibili riportino consumi compresi tra 0,25 e 0,86 kWh/m³. Gli impianti di maggiori dimensioni (potenzialità sopra i 100 mila abitanti equivalenti) presentano i valori minori di energia consumata con valori medi che si attestano sugli 0,4 kWh/m³. È da sottolineare come impianti tecnologicamente più avanzati, pur permettendo migliori standard di qualità allo scarico, presentino i consumi energetici maggiori. È comune, infatti, trovare valori superiori a 1,0 kWh/m³ per gli impianti che includono una filtrazione con membrana nella linea di trattamento [6-7]. La richiesta di migliori standard di qualità delle acque trattate, come richiesto dalla normativa in evoluzione o dettati dal bisogno di riuso della risorsa, spingeranno ulteriormente verso l'alto i consumi energetici relativi al ciclo dell'acqua.

Siccome oltre il 95% delle acque reflue in Italia prevede un trattamento almeno secondario, ovvero “un processo che in genere comporta il trattamento biologico” [8], di seguito si cercherà di analizzare questa tipologia di impianto. La ripartizione dei consumi energetici degli impianti di depurazione (che includono un trattamento almeno secondario) evidenzia come oltre il 50% dei consumi sia legato all'aerazione (Figura 2) [9-10].

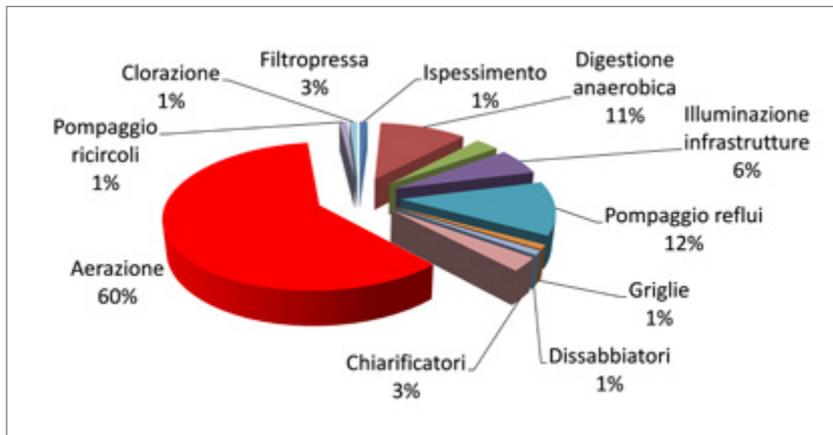


Fig.2 Esempio di ripartizione dei consumi energetici di un tipico impianto di trattamento reflui
Fonte: Menendez, 2010

È evidente, quindi, che la riduzione dei consumi energetici dei sistemi di trattamento reflui deve intervenire prioritariamente su tale fase.

Riduzione dei consumi energetici: può un impianto di trattamento di acque di rifiuto contribuire ad un sistema di produzione di energia?

Esistono vari modi per ridurre i consumi di energia richiesti da un impianto di trattamento reflui. Certamente, un ammodernamento delle pompe e delle apparecchiature elettriche può apportare un significativo miglioramento; ma il bilancio energetico può essere ulteriormente molto migliorato.

Ad esempio, esistono numerosi studi che evidenziano come una gestione ottimizzata dei processi di trattamento possa ridurre di oltre il 20% i consumi di energia legati all'aerazione in impianti a fanghi attivi [11-14]. È da sottolineare che negli ultimi anni gli sforzi della comunità scientifica si sono concentrati sullo studio della possibilità di sostituire i processi aerobici con altri anaero-

bici. Questi ultimi, oltre a non richiedere aerazione, permettono un bilancio energetico dell'impianto di trattamento reflui pressoché neutro o positivo, trasformando, quindi, l'impianto in un sistema di produzione di energia. Esistono oggi numerosi casi di impianti di trattamento acque di rifiuto che, a seguito di una profonda revisione del sistema di trattamento immettono energia elettrica in rete [15].

Le acque di rifiuto contengono energia sotto diversa forma: cinetica, potenziale, termica e chimica. Di queste, quella più sfruttabile, almeno nel futuro più prossimo, è l'energia di origine chimica [14]. L'energia chimica contenuta nei reflui è già oggi considerevolmente sfruttata per produrre metano (Figura 3).

Mentre processi anaerobici sono oggi diffusi (ancora non molto in Italia) per la stabilizzazione dei fanghi di supero (ovvero la biomassa prodotta in eccesso) degli impianti di depurazione e per la frazione organica dei rifiuti solidi urbani, trovano ancora modesta applicazione in piena scala per i reflui. I principali limiti che occorre superare per la larga appli-

cazione di processi anaerobici sono due: l'applicazione a flussi di acque "diluite" (come quelle dei reflui municipali) e la gestione dell'azoto.

Per i flussi diluiti, una tecnologia interessante è sicuramente l'Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) [16] che oggi trova larga applicazione soprattutto per acque industriali (Figura 4). Nonostante ci siano studi sull'applicazione di questa tecnologia in condizioni psicrofile [17], le qualità delle acque allo scarico non è ancora comparabile con quella dei processi convenzionali a fanghi attivi. Studi recenti stanno valutando l'applicazione di processi anaerobici combinati a filtrazione a membrana [18-19] ma chi scrive non è ancora a conoscenza di applicazioni in piena scala di queste tecnologie per reflui municipali.

La rimozione dell'azoto è comunemente effettuata attraverso un processo aerobico di ossidazione dell'ammoniaca a nitrato, seguito da uno anossico di denitrificazione con produzione di azoto molecolare che viene reimpresso in atmosfera. Dalla scoperta dei batteri Anammox (nome che sta per ANaerobic AMMonium OXidation) [20], grosso interesse è stato dedicato alla loro applicazione nei trattamenti dei reflui. Il primo impianto in piena scala è stato realizzato in Olanda nel 2002, mentre oggi ci sono almeno 25 impianti in piena scala operanti sul pianeta, dei quali nessuno in Italia [21]. Occorre sottolineare, però, che dalle prime applicazioni industriali, l'interesse è stato altissimo (per l'impatto che ha la nitrificazione sulla richiesta di aerazione negli impianti), tanto che molti gestori hanno tentato di realizzarlo in modo "casalingo" e non è da escludere, quindi, che esitano molte maggiori



Fig. 3 Impianto di depurazione di Biancolina (Bologna); sulla sinistra il primo Anaerobic Baffled Reactor (ABR) in Italia per la digestione anaerobica del liquame progettato dall'ENEA

applicazioni in piena scala di quante riportate in letteratura.

Potenzialmente esistono altre possibilità per recuperare l'energia chimica contenuta nei reflui (per esempio, produzione di idrogeno, celle a combustibile microbiche, celle elettrolitiche microbiche), ma queste sono ancora tecnologie a livello laboratoristico.

Acque di rifiuto e gas serra

Trasformare un impianto di trattamento acque di rifiuto da energivoro in uno ad energia neutra o positiva determina già una riduzione della immissione di gas serra nell'atmosfera. Ma questo non è tutto; le acque

reflue possono potenzialmente generare gas serra.

Il primo, e sicuramente più significativo, è il metano (effetto serra 23 volte la CO_2) [22]. La capacità di produrre CH_4 che deriva dalla presenza di sostanza organica è ben conosciuta da lungo tempo, tanto da essere sfruttata per recuperare energia da reflui e rifiuti. Quindi, se i reflui sono ben gestiti, la produzione di metano è più un'opportunità che un pericolo.

Studi in laboratorio ed in piena scala hanno evidenziato che gli impianti di trattamento possono emettere quantità significative di ossido nitroso (N_2O) [23] che è un potente gas serra (effetto serra circa 300 volte maggiore della CO_2). Evi-

denze sperimentali mostrano che la quantità di N_2O emessa durante il trattamento dei reflui dipende dalle condizioni operative applicate [23]. Tuttavia, non ci sono al momento dati organici su di un numero importante di impianti di queste emissioni, almeno in Italia.

Gestione acque di rifiuto verso un'economia circolare

Le acque sono oggi per lo più utilizzate in modo "lineare" [24]: sono, infatti, prelevate dall'ambiente, utilizzate (una sola volta) e reimmesse nell'ambiente di solito con caratteristiche qualitative peggiori (o almeno diverse) di quelle di origine [24].

Le acque di rifiuto prodotte sono quindi trattate con l'obiettivo di rimuovere le sostanze indesiderate. Stranamente oggi poca attenzione è di solito dedicata al destino delle sostanze rimosse, come della stessa risorsa primaria: l'acqua. L'acqua, ad esempio, potrebbe essere riutilizzata

prima di essere reimpressa nell'ambiente. Il riutilizzo, inoltre, dovrebbe prevedere diverse forme, in modo da massimizzare l'uso della risorsa e, allo stesso tempo, ridurre la richiesta tecnologica per il trattamento in un'ottica *fit-for-(re)use*. Gli esempi di riuso delle acque sono numerosi

e significativi [25], ma nel prossimo futuro, a seguito della crescente pressione sulla risorsa primaria, dovranno diventare pratica comune.

Attualmente, le sostanze contenute nelle acque reflue sono generalmente "bruciate" tramite processi biochimici con l'eccezione della frazione (di solito piccola) che viene utilizzata per produrre metano. La sostanza organica è ossidata a CO_2 , acque e fango di supero (quest'ultimo in alcuni casi utilizzato per produrre biogas, ma più spesso stabilizzato in condizioni aerobiche); il fango di supero deve essere, quindi gestito e smaltito. Invece, dalla sostanza organica, oltre al già citato metano, possono essere prodotti anche biopolimeri per l'utilizzo come plastiche biodegradabili quali, ad esempio, i poliidrossialcanoati [26].

Tra le sostanze presenti nei reflui, una discussione a parte deve essere dedicata all'azoto. L'azoto è presente nelle acque reflue sotto forma di ammoniaca e azoto organico. Oggi è rimosso dalle acque reflue per essere reimpresso in atmosfera. Allo stesso tempo, l'azoto atmosferico è fissato chimicamente ad ammoniaca attraverso il processo Haber-Bosch (altamente energivoro) per la produzione di fertilizzanti. In ottica di ottimizzazione dei processi, di riuso della risorsa idrica, l'azoto (ma stesso vale per il fosforo) contenuto nelle acque potrebbe essere utilizzato direttamente come fertilizzante nelle pratiche di riuso irriguo.

*Per saperne di più:
alessandro.spagni@enea.it*



Fig. 4 Impianto di tipo UASB per il trattamento anaerobico con recupero di metano dai reflui di una cartiera tedesca, realizzato da Envirochemie nell'ambito del progetto europeo (7th FP) Aquafit4use di cui ENEA è stata partner

BIBLIOGRAFIA

1. US DOE, Department of Energy (2014). The water-energy nexus: challenges and opportunities
2. EEA, European Environmental Agency (2012). Towards efficient use of water resources in Europe. EEA Report No 1/2012
3. US EPA, Environmental Protection Agency (2006). Wastewater management fact sheet, energy conservation. EPA 832-F-06-024
4. M. Campanelli (2013). Incidenza dei consumi energetici sul costo del servizio idrico integrato. In: Atti della 49a Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: Risparmio energetico negli impianti di trattamento dell'acqua
5. AEEG - Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas (2013), Relazione Annuale sullo Stato dei Servizi e dell'attività svolta
6. ENERWATER (2015). Standard method and online tool for assessing and improving the energy efficiency of waste treatment plants. Deliverable 2.1 - Study of published energy data
7. L. Palmowski, K. Veltmann, J. Pinnekamp (2012). Energy optimization of large scale membrane bioreactors – importance of the design flux. In: V. Lazarova, K.H. Choo, P. Cornel, Eds. Water-energy interactions in water reuse. IWA Publishing. London
8. ISTAT 2009. Censimento delle risorse idriche a uso civile Anno 2008
9. M.R. Menendez (2010). How we use energy at wastewater plants... and how we can use less. Annual Conference technical paper, NC AWWA-WEA (North Carolina American Water Works Association and the North Carolina Water Environment Association)
10. P.L. McCarty, J. Bae, J. Kim (2011). Domestic wastewater treatment as a net energy producer: can this be achieved? *Environmental Science and Technology*, 45, 7100-7106
11. NREL – National Renewable Energy Laboratory (2012). Energy Efficiency Strategies for Municipal Wastewater Treatment Facilities. Technical Report NREL/TP-7A30-53341
12. L. Luccarini, D. Pulcini, D. Sottara, A. Spagni (2015). Investigation of energy consumption and costs savings for a pilot scale SBR. In: Sewage Treatment Plants: Economic Evaluation of Innovative Technologies for Energy Efficiency. Tsagarakis K.P., Stamatelatos K. (Eds), IWA Publishing. London. Pp. 311-326
13. A. Spagni, S. Marsili-Libelli, M.C. Lavagnolo (2008). Optimisation on sanitary landfill leachate treatment in a sequencing batch reactor. *Water Science and Technology*, 58(2): 337-343
14. A. Meda, D. Lensch, C. Schaum, P. Cornel (2012). Energy and water: relations and recovery potential. In: V. Lazarova, K.H. Choo, P. Cornel, Eds. Water-energy interactions in water reuse. IWA Publishing. London
15. Y. Shen, J.L. Linville, M. Urgun-Demirtas, M.M. Mintz, S.W. Snyder (2015). An overview of biogas production and utilization at full-scale wastewater treatment plants (WWTPs) in the United States: Challenges and opportunities towards energy-neutral WWTPs. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 50, 346-362
16. G. Lettinga, A. F. M. van Velsen, S. W. Hobma, W. de Zeeuw, A. Klapwijk (1980). Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, 22, 699-734
17. E. Foresti (2002). Anaerobic treatment of domestic sewage: established technologies and perspectives. *Water Science and Technology*, 45, 181-186
18. L. Alibardi, N. Bernava, R. Cossu, A. Spagni (2016). Anaerobic dynamic membrane bioreactor for wastewater treatment at ambient temperature. *Chemical Engineering Journal*, 284, 130-138
19. A.L. Smith, S.J. Skerlosa, L. Raskin (2013). Psychrophilic anaerobic membrane bioreactor treatment of domestic wastewater. *Water Research*, 47, 1655-1665
20. M. Strous, J.A. Fuerst, E.H.M. Kramer, S. Logemann, G. Muyzer, K.T. Van De Pas-Schoonen, R. Webb, J.G. Kuenen, M.S.M. Jetten (1999). Missing lithotroph identified as new planctomycete. *Nature* 400(6743), 446-449
21. M. Remy, T. Hendrickx (2015). The Anammox reactor: drawing on more than a decade of experience. *Water*, 21, June, 40-42
22. H.D. Monteith, H.R. Sahely, H.L. MacLean, D.M. Bagley (2005). A Rational Procedure for Estimation of Greenhouse-Gas Emissions from Municipal Wastewater Treatment Plants. *Water Environment Research*, 77, 390-403
23. M.J. Kampschreur, H. Temmink, R. Kleerebezem, M.S.M. Jetten, M.C.M. van Loosdrecht (2009). Nitrous oxide emission during wastewater treatment. *Water Research*, 43, 4093-4103
24. G.T. Daigger (2012). Design and implementing urban water and resource management systems which recover water energy and nutrients. In: V. Lazarova, K.H. Choo, P. Cornel, Eds. Water-energy interactions in water reuse. IWA Publishing. London
25. T. Asano, F.L. Burton, H.L. Levere, R. Tsuchihashi, G. Tchobanoglous (2007). Water reuse: issue, technologies and applications. McGraw-Hill Companies
26. M. Arcos-Hernández, L. Montano-Herrera, O.M. Janarthanan, L. Quadri, S. Anterrieu, M. Hjort, T. Alexandersson, A. Karlsson, L. Karabegovic, P. Magnusson, P. Johansson, S. Bengtsson, F. Morgan-Sagastume, O. de Vegt, B. Laycock, S. Pratt, P. Halley, P. Lant, P., A. Werker (2015). Value-added bioplastics from services of wastewater treatment. *Water Practice and Technology*, 10, 546-555

La Convenzione-quadro sui cambiamenti climatici, da Rio a Parigi

La COP21 di Parigi è stato il culmine di un processo di negoziazione avviato nel 1992 con l'approvazione della Convenzione-quadro sui cambiamenti climatici. In questo documento si riassumono i passi principali del negoziato, attraverso le decisioni principali assunte anno per anno dai Paesi firmatari riuniti nelle Conferenze delle Parti della Convenzione

DOI 10.12910/EAI2014-103

di **Domenico Gaudioso**, *ISPRA*

La COP21 di Parigi è stato il culmine di un processo di negoziazione avviato nel 1992 con l'approvazione della Convenzione-quadro sui cambiamenti climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), avvenuta al termine dell'Earth Summit di Rio de Janeiro. Essa ha come obiettivo chiave "la stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche di gas a effetto serra, al fine di evitare "pericolose interferenze antropogeniche con il sistema climatico". Non prevede impegni vincolanti di contenimento delle emissioni, ma

solo l'obiettivo generico della stabilizzazione delle concentrazioni ad un livello tale da prevenire interferenze pericolose con il sistema climatico. Sulla base del principio delle "responsabilità comuni, ma differenziate", i Paesi industrializzati riconoscono le loro responsabilità primarie nella lotta ai cambiamenti climatici, assumendo l'impegno di riportare le emissioni di gas-serra, entro la fine del decennio, ai livelli del 1990. Il testo della Convenzione prevede la possibilità per i Paesi di approvare emendamenti o protocolli in occasione delle Conferenze delle Parti. Entrata ufficialmente in

vigore nel 1994, la Convenzione è stata nel tempo sottoscritta da 196 nazioni. Ripercorriamo qui di seguito i passi principali del negoziato, attraverso le decisioni principali assunte anno per anno dai Paesi firmatari riuniti nelle Conferenze delle Parti (Conference of Parties, COP) della Convenzione.

Berlino (COP1, 1995)

Dal primo incontro della Conferenza delle Parti emersero serie preoccupazioni sull'efficacia delle misure elaborate dai singoli Stati rispetto agli impegni della Convenzione-



quadro. Risultato del summit fu il “Mandato di Berlino” che fissava una fase di ricerca, della durata di due anni, per negoziare Stato per Stato una serie di azioni adeguate. I Paesi in via di sviluppo furono esentati da obblighi vincolanti addizionali, in ossequio al principio delle “responsabilità comuni, ma differenziate”.

Ginevra (COP2, 1996)

La Conferenza prese nota di una dichiarazione ministeriale che accettava le risultanze scientifiche sui mutamenti climatici contenute nel Secondo Rapporto di Valutazione dell’IPCC, auspicava il ricorso a politiche flessibili e stabiliva l’urgenza di “obblighi a medio termine legalmente vincolanti”; la dichiarazione non fu però adottata formalmente. COP2 adottò inoltre una decisione sulle linee-guida per le comunicazioni nazionali per i Paesi in via di

sviluppo. Tra i vari temi in discussione, gli obiettivi quantificati di limitazione e riduzione delle emissioni e una accelerazione dei colloqui basati sul Mandato di Berlino, in modo da adottare impegni per i Paesi alla COP3.

Kyoto (COP3, 1997)

Al termine della COP3, fu approvato il “Protocollo di Kyoto”, con il quale 38 Paesi industrializzati e Paesi in transizione verso un’economia di mercato sottoscrissero un impegno vincolante a ridurre complessivamente le proprie emissioni di 6 tipi di gas-serra (anidride carbonica, metano, biossido di azoto e altri tre gas di origine industriale) secondo obiettivi differenziati, che corrispondevano ad una riduzione complessiva del 5,2% rispetto ai livelli del 1990. Questo impegno di riduzione delle emissioni di gas-serra avrebbe dovuto essere raggiunto all’interno

del quinquennio 2008-2012 (primo periodo di adempimento). La COP rinviò alle sessioni successive lo sviluppo di regole per l’*emissions trading* e la definizione di metodologie per gli assorbimenti di carbonio.

Buenos Aires (COP 4, 1998)

La Conferenza adottò il “Piano di Azione di Buenos Aires”, che si concentrava sul rafforzamento del meccanismo finanziario, sullo sviluppo e sul trasferimento di tecnologie e sulle ulteriori attività finalizzate all’attuazione del Protocollo di Kyoto.

Bonn (COP5, 1999)

I lavori della COP5 si concentrarono sull’adozione delle linee guida per la preparazione delle comunicazioni nazionali da parte dei Paesi industrializzati, sul *capacity-building*, sul trasferimento di tecnologia e sui meccanismi flessibili.



Una veduta di Marrakech (Marocco)

L'Aja (COP6, 2000)

La conferenza de L'Aja, che avrebbe dovuto affrontare i nodi politici ancora irrisolti, fu subito segnata dai contrasti tra l'Unione Europea e gli Stati Uniti. La discussione si concentrò per giorni sulla proposta Usa sui crediti relativi agli assorbimenti di carbonio da parte di foreste e terreni agricoli, che sarebbero risultati utili agli Stati Uniti ai fini del raggiungimento degli obiettivi fissati a Kyoto. Ulteriori controversie, come quelle relative alle misure da adottare in caso di mancato adempimento agli obblighi e all'assistenza economica verso i Paesi in via di sviluppo per contrastare i mutamenti climatici, determinarono il fallimento del vertice.

Bonn (COP6 bis, 2001)

La conferenza, riunitasi quattro mesi dopo l'uscita degli Stati Uniti dal Protocollo di Kyoto, si chiuse con

un accordo sui temi politici più controversi, in particolare per quanto riguarda le modalità di utilizzo dei meccanismi flessibili e dei crediti per le attività agro-forestali. Fu inoltre approvata una serie di decisioni dettagliate per il supporto alle attività legate ai cambiamenti climatici, tra le quali quelle per il *capacity building* nei Paesi con economia in transizione e in quelli in via di sviluppo. Le decisioni su diverse questioni, in particolare il cambiamento dei meccanismi di uso del suolo e la silvicoltura (LULUCF) e la conformità, furono lasciate in sospeso.

Marrakech (COP7, 2001)

Il summit di Marrakech si concentrò in primo luogo sulla definizione delle condizioni necessarie per la ratifica del Protocollo da parte delle singole nazioni: per l'entrata in vigore degli accordi di Kyoto sarebbe stata necessaria l'adesione di 55 paesi, responsabili del 55% delle emis-

sioni di CO₂ nell'atmosfera nel 1990. Attraverso l'approvazione dei cosiddetti "Accordi di Marrakech", furono inoltre stabilite regole operative per garantire il rispetto degli impegni, per il *reporting* delle informazioni sulle attività agro-forestali e per l'utilizzo dei crediti generati da tali attività nell'ambito del Meccanismo di sviluppo pulito (CDM). La COP adottò inoltre la "Dichiarazione ministeriale di Marrakech", come input al Vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile di Johannesburg.

Nuova Delhi (COP8, 2002)

La dichiarazione ministeriale di Delhi sui cambiamenti climatici e lo sviluppo sostenibile ribadì la necessità di dare seguito alle conclusioni del Vertice di Johannesburg.

Milano (COP9, 2003)

Le decisioni formali adottate dalla Conferenza miravano a rafforzare il

quadro istituzionale della Convenzione e del Protocollo di Kyoto. In particolare, furono adottate le nuove linee-guida per il reporting delle emissioni, basate sulla Good Practice Guidance dell'IPCC, e le regole e le modalità per l'inclusione delle attività agro-forestali nel CDM.

Furono inoltre approvati due nuovi fondi, il Fondo speciale sui cambiamenti climatici e il Fondo per i Paesi meno sviluppati.

Buenos Aires (COP10, 2004)

Tra gli obiettivi della COP10, il completamento del lavoro incompiuto dagli Accordi di Marrakech, la revisione degli elementi costituti-

tivi del processo e l'elaborazione di un nuovo dialogo sul futuro della politica sui cambiamenti climatici. Le decisioni e le conclusioni adottate riguardavano: lo sviluppo e il trasferimento di tecnologie; l'uso del suolo, i cambiamenti di uso del suolo e la silvicoltura; il meccanismo finanziario dell'UNFCCC; le comunicazioni nazionali dei Paesi dell'Allegato I; il *capacity building*; le misure di adattamento e di risposta; l'articolo 6 della UNFCCC (istruzione, formazione e sensibilizzazione del pubblico); l'esame dei problemi di adattamento e mitigazione, le esigenze dei Paesi meno sviluppati; e le strategie future per affrontare i cambiamenti climatici.

Montreal (COP11, 2005)

La prima riunione delle Parti del Protocollo di Kyoto (Meeting of Parties, MOP), ossia dei Paesi che avevano ratificato il Protocollo decise di istituire un gruppo ad hoc sugli impegni successivi, post-2012, delle Parti dell'Allegato I del Protocollo di Kyoto (Ad-hoc Working Group on the Kyoto Protocol, AWG-KP), in accordo con quanto previsto dall'articolo 3.9 dello stesso Protocollo, che prevedeva ulteriori impegni delle Parti rispetto al contenimento del livello delle emissioni, "almeno sette anni prima della fine del primo periodo di impegno".

La COP 11 affrontò inoltre questioni



Immagine di Bali (Indonesia)

come il *capacity-building*, lo sviluppo e il trasferimento di tecnologie, gli effetti avversi dei cambiamenti climatici sullo sviluppo e sui Paesi meno sviluppati, e diverse questioni finanziarie e di bilancio relative a queste tematiche, incluse le linee-guida per la Global Environment Facility (GEF), che svolge il ruolo di meccanismo finanziario della Convenzione.

Nairobi (COP12, 2006)

La COP12 adottò una vasta gamma di decisioni, finalizzate a mitigare il cambiamento climatico e ad aiutare i Paesi ad adattarsi ai suoi effetti. Fu raggiunto un accordo sulle attività per gli anni seguenti nell'ambito del "Programma di Lavoro di Nairobi su impatti, vulnerabilità e adattamento", così come per la gestione del Fondo per Adattamento nell'ambito del Protocollo di Kyoto. Le Parti accolsero inoltre con favore il "Nairobi Framework", finalizzato a fornire ulteriore sostegno ai Paesi in via di sviluppo per sviluppare con successo progetti per il CDM. La COP 12 adottò inoltre il regolamento interno del Compliance Committee del Protocollo di Kyoto, rendendolo pienamente operativo.

Bali (COP13, 2007)

La Conferenza di Bali avviò i propri lavori assumendo ufficialmente come punto di riferimento delle proprie deliberazioni il Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, e li concluse approvando una tabella di marcia (nota come "Bali Road Map") della durata di due anni con l'obiettivo di definire un accordo internazionale di lungo termine per la lotta ai cambiamenti climatici.

Della "Bali Road Map" fa parte il Piano d'Azione di Bali (Bali Action Plan, BAP), un processo completo per consentire l'attuazione piena, efficace e costante della Convenzione attraverso azioni di cooperazione a lungo termine, fino all'orizzonte 2012 e anche al di là, al fine di raggiungere un risultato concordato e adottare una decisione. Tutte le Parti della Convenzione sarebbero state coinvolte nella realizzazione della Road Map. La COP decise inoltre che il processo sarebbe stato condotto nell'ambito di un organo sussidiario ai sensi della Convenzione, il Gruppo di lavoro ad hoc sull'Azione Cooperativa a Lungo termine (AWG-LCA). Il Piano d'Azione di Bali è diviso in cinque categorie principali: visione condivisa, mitigazione, adattamento, tecnologia e finanziamento. La Conferenza assunse inoltre una serie di decisioni, tra le quali quelle relative al lancio del Fondo per l'adattamento, al trasferimento tecnologico e alla riduzione delle emissioni dalla deforestazione.

Poznan (COP14, 2008)

Tra le decisioni della Conferenza di Poznan, si segnalano quelle finalizzate a rendere operativo il Fondo di adattamento nell'ambito del Protocollo di Kyoto, attraverso un prelievo del 2% sui progetti del Meccanismo di sviluppo pulito. Le Parti decisero inoltre che il Consiglio del Fondo di adattamento dovesse avere la capacità giuridica di concedere l'accesso diretto ai Paesi in via di sviluppo. Ulteriori progressi furono inoltre realizzati su una serie di questioni di particolare importanza per i Paesi in via di sviluppo, tra cui l'adattamento, la finanza, la tecnologia, il REDD e la

gestione delle catastrofi. A Poznan fu inoltre approvata una intensificazione del programma di negoziazione per il 2009.

Copenhagen (COP15, 2009)

La Conferenza di Copenhagen è stata uno degli eventi di maggiore rilievo politico di tutto il negoziato UNFCCC, con quasi 115 leader mondiali che parteciparono al segmento ad alto livello. La Conferenza produsse un accordo politico, l' "Accordo di Copenhagen", sostenuto da moltissimi dei Paesi partecipanti al vertice, che comprendeva l'obiettivo a lungo termine di limitare l'aumento medio globale della temperatura massima a non più di 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali, e un impegno finanziario (30 miliardi di dollari l'anno tra il 2010 e il 2012 e 100 miliardi di dollari a partire dal 2020) da parte dei Paesi industrializzati nei confronti delle nazioni più povere, al fine di incrementare l'adozione di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili e per la riduzione dei gas serra. Nonostante il consenso raggiunto, l'Accordo non fu ufficialmente adottato dalla COP, che si limitò a "prendere atto" del documento e ad estendere i mandati dei gruppi di negoziazione alle successive COP e CMP. Nel corso del 2010, più di 140 Paesi manifestarono il supporto nei confronti dell'Accordo di Copenhagen e almeno 80 Paesi fornirono 'informazioni' sui loro obiettivi nazionali di mitigazione e le azioni conseguenti.

Cancun (COP16, 2010)

Gli esiti della COP16 del 2010, a Cancun (Messico), si riassumono nei "Cancun Agreements", che in

sostanza davano mandato a due gruppi di lavoro di portare avanti il negoziato con una proroga di un anno.

La decisione riconobbe la necessità di ridurre drasticamente le emissioni globali di gas-serra al fine di limitare l'aumento della tempera-

ta invece che +2 °C. Gli accordi di Cancun diedero avvio a nuovi processi e istituzioni, tra cui il Cancun Adaptation Framework (CAF), la Commissione per l'Adattamento e il Meccanismo Tecnologico, che comprende il Comitato Esecutivo per la Tecnologia (TEC) e il Centro e la

Durban (COP17, 2011)

Gli esiti della COP17 riguardarono una vasta gamma di tematiche, in particolare: l'accordo relativo alla creazione di un secondo periodo di impegno del protocollo di Kyoto, dal 2013 al 2020; una decisione su un'a-



tura media globale a 2 °C rispetto a quella dei livelli pre-industriali. Le Parti decisero anche di prendere in considerazione, entro la fine del 2015, il rafforzamento dell'obiettivo globale di lungo termine e porre un target più ambizioso: contenere a +1,5 °C il riscaldamento del pianie-

Rete per la tecnologia per il clima (CTCN).

La decisione istituì anche un Fondo verde per il clima (Green Climate Fund, GCF) e designò un'entità operativa per la gestione del meccanismo finanziario della Convenzione.

zione di cooperazione a lungo termine nell'ambito della Convenzione; e un accordo sulle modalità per rendere operativo il GCF.

Le Parti altresì convennero di avviare l'Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action (ADP)", con il mandato "di

sviluppare un protocollo, o un altro strumento giuridico o un risultato concordato con forza di legge, ai sensi della Convenzione, e applicabile a tutte le Parti” da completarsi entro e non oltre il 2015, per poter poi entrare in vigore nel 2020, quando il Protocollo di Kyoto sarebbe scaduto. All’ADP fu dato mandato di esplorare e individuare le opzioni più ap-

propriate per una serie di azioni che potessero colmare il divario tra gli impegni pre-2020 in relazione all’obiettivo di stare sotto i 2 °C di riscaldamento globale.

Doha (COP18, 2012)

La COP di Doha (Qatar) si tenne tra novembre e dicembre 2012. La Con-

ferenza portò a una serie di decisioni denominate “Doha Climate Gateway”, che includono alcune modifiche al Protocollo di Kyoto, necessarie al fine di renderlo operativo per un secondo periodo di impegno (post-2012) e un accordo per completare il lavoro dell’AWGKP.

A Doha inoltre le Parti convennero di completare l’AWG-LCA e i nego-



ziati avviati in occasione della COP di Bali (BAP). Una serie di questioni che richiedevano ulteriore esame e approfondimento furono trasferite all'Organo Sussidiario di Implementazione (SBI) e all'organo sussidiario di consulenza scientifica e tecnologica (SBSTA), tra cui: la revisione dell'obiettivo globale per il triennio 2013-2015; gli impegni di mitigazione dei Paesi sviluppati e dei Paesi in via di sviluppo; i meccanismi di flessibilità del Protocollo di Kyoto.

Varsavia (COP19, 2013)

La COP di Varsavia (Polonia) concentrò il lavoro negoziale sull'attuazione degli accordi raggiunti nelle sessioni precedenti, tra cui il proseguimento dell'opera di ADP. La riunione adottò una decisione di ADP che, tra l'altro, invitava le Parti ad avviare o intensificare i preparativi per definire, prima della COP21, i cosiddetti Intended Nationally Determined Contributions (INDC), ossia i contributi alla riduzione globale dei gas serra che le nazioni intendevano dare su base volontaria e di farlo in maniera attraverso "clear and transparent plans". L'UE ha stabilito i suoi INDC nella misura di un taglio del

40% delle emissioni registrate nel 1990 entro il 2030 e del 60% entro il 2040.

A Varsavia, inoltre, le Parti adottarono una decisione che istituì un meccanismo internazionale sui danni associati agli impatti dei cambiamenti climatici.

Lima (COP20, 2014)

La COP20 di Lima (Perù) fu preceduta dalla pubblicazione del Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, invitato dalla stessa UNFCCC a fornire le basi scientifiche sui cambiamenti climatici e le strade per far procedere i negoziati verso lo sperato accordo in occasione della COP21. Dopo lunghe trattative, la COP20 adottò il "Lima Call for Climate Action", una decisione che delinea le tappe per un accordo in occasione della COP di Parigi. A Lima le Parti adottarono diverse decisioni, in particolare quelle finalizzate a: rendere operativo il meccanismo internazionale di Varsavia sui danni legati ai cambiamenti climatici; stabilire il programma di lavoro di Lima basato sulla differenza di genere; adottare la dichiarazione di Lima su educazione e sensibilizzazione sui cambiamenti climatici.

Il Lima Call for Climate Action contiene anche una decisione sugli INDC, che riconosce una architettura ibrida di accordo di mitigazione delle emissioni di gas-serra, in grado di abbinare l'approccio top-down (in cui è la COP che decide gli impegni) con quello bottom-up (in cui i singoli governi, su base volontaria, decidono sia il livello di impegno di riduzione attraverso gli INDC, sia il livello di trasparenza e chiarezza dei dati e delle informazioni fornite).

Da Lima a Parigi

Il 2015 è stato caratterizzato da una fitta agenda di riunioni negoziali dell'ADP, con l'obiettivo di sviluppare una bozza avanzata di accordo da presentare all'apertura della COP21, partendo da una prima bozza contenuta nella decisione 1/CP.20 della COP di Lima. La prima di queste riunioni si è tenuta nel mese di febbraio, a Ginevra, la seconda a fine agosto a Bonn; dall'8 al 10 novembre, più di 60 ministri si sono riuniti a Parigi in un meeting preparatorio della COP21 per verificare possibili compromessi, generare slancio politico e preparare la ripresa di negoziati.

Post Paris Agreement Progress Report of the International Research Network for Low Carbon Societies (LCS-RNet)

COP21 marked a significant turning point for global climate policy; all nations in the world are called on to address greenhouse gas emissions down to the maximum 2 °C threshold (in the effort to limit temperature increase to 1.5 °C). For this target to be achieved during the next half century, knowledge and wisdom from around the world must be built up and shared

by **LCS-RNet Secretariat**, *Institute for Global Environmental Strategies - IGES*; **LCS-RNet Steering Committee** and **C. Cassen**, *Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement - CIRED*; **Uwe Schneidewind**, *Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy*

COP21 marked a significant turning point for global climate policy at [1]. Actually, all nations in the world are called on to address greenhouse gas emissions down to the maximum 2 °C threshold (in the effort to limit temperature increase to 1.5 °C). For this target to be achieved during the next half century, knowledge and wisdom from around the world must be built up and shared. In addition, capacity-building along with technology transfer and financ-

ing are required to enhance low-carbon growth opportunities in developing countries¹. Accordingly, the creation of a research community with a sense of ownership in each country is vital to act as a long-term foundation for policy formulation. Further, the current implementation stage necessarily demands sharing scientific knowledge with non-state actors, including civil society, private industries, the financial sector, cities and local administrative bodies, the actors that will implement

mitigation measures, to trigger action in the low-carbon direction. This means that the way science is done and understood has to undergo major shifts in order to enable the co-creation of relevant knowledge for transition. Research communities themselves can also participate in social change as change agents. Some research groups have begun monitoring and assessing the implementation process of international nationally determined contributions (INDC), and making propos-

als for improvements. According to the IPCC, they are trying to conform to the requirement demanding consolidation of the information on the current status of science and technology, not only on the global and regional scale, but also for each constituent group. Following the Paris Agreement, the role of research communities in supporting the formulation and implementation of concrete and science-based policies is increasingly important.

What is LCS-RNet, what has been achieved and what is the path to post-COP21 development

Activities and Proposals of LCS-RNet over the last 7 years

The International Research Network for Low Carbon Societies (LCS-RNet), started from Japan's proposal at the Kobe G8 EMM, in 2008 [2]. LCS-RNet is a network of research communities engaging in climate policies in various countries. Currently, research institutes in Japan, Germany, France, Italy and UK, in close collaboration with India and Korea, play a key role in the network, promoting cooperation and activities with research communities in developed and developing countries. It has fostered policy proposals targeted at comprehensive and long-term transformation towards a low-carbon society. It also encourages debates on the need for "transition", getting ahead of the times.

First Five Years from 2009 to 2013: Activities as a Venue for Exchanging Climate Change Policy Research amongst Developed Countries

In the first five years from its inauguration to 2013, LCS-RNet has promoted knowledge exchange of

climate policies amongst developed countries through annual meetings, conducted research on common agendas, disseminated outputs, made policy proposals, and introduced policies in each country. After in-depth discussions on major policies over the first year (2008), in 2009 the research scope and the role of science were enhanced and reviewed to conform to low carbon transition that the new climate policy demands for society at large, including economics and social sciences. In the third year, we discussed the possibility that climate policies would become a leverage for new development while, in 2012, we focused on concrete policy proposals, such as energy systems and transition of cities. In 2013, the use of resources and the need for forward-looking investments in sustainable city policies were the key issue. Discussions at the annual meetings were collected into synthesis reports and published in a special issue of the international journal "Climate Policy" (Jan. 2013). Discussions were also reported to each country involved, and were somehow converted into policies in some of them.

Expansion of Our Activities from 2014 Based on Climate Change Transition towards COP21 in Paris

Since 2014 we have focused on preparing possible inputs to COP21 which would be a major turning point in terms of global climate policies. The 6th annual meeting in Italy was the opportunity to discuss energy systems, cities and land-use, international cooperation with developing countries, and, as a major topic, climate finance, which was a crossover with the three topics above [3]. A main outcome of the 7th an-

nual meeting in June 2015, building on previous discussion, was the LCS-RNet declaration, entitled "COP21: A Moment of Truth for Climate and Sustainable Development", which reported directions on important agendas at COP21 [4]. This has provided a major contribution to post COP21 decisions and policies, thanks to the LCS-RNet French research group and the French Government.

Response to the Network's Position Statement and Recommendations at COP21

The core assertions of this position statement are that:

- the policy shift toward the 2-degree target of the Cancun Agreements represents a global and historical major turning point;
- "carbon pricing" to promote future investments must be a common policy crucial to lead the world in this direction, taking into account that the key to transition lies in energy conservation and conversion to non-fossil fuel energy systems, and in the low-carbon development of cities and developing countries, where over 70% of the population will be concentrated;
- in relation to financing developing country cooperation we must break free from the "common but differentiated responsibilities" debate where responsibilities are shifted back and forth, and rather move on to sharing responsibilities at the current policy implementation stage.

Moreover, the statement proposes that the huge investment of funds required for the conversion to low-carbon societies be used as leverage

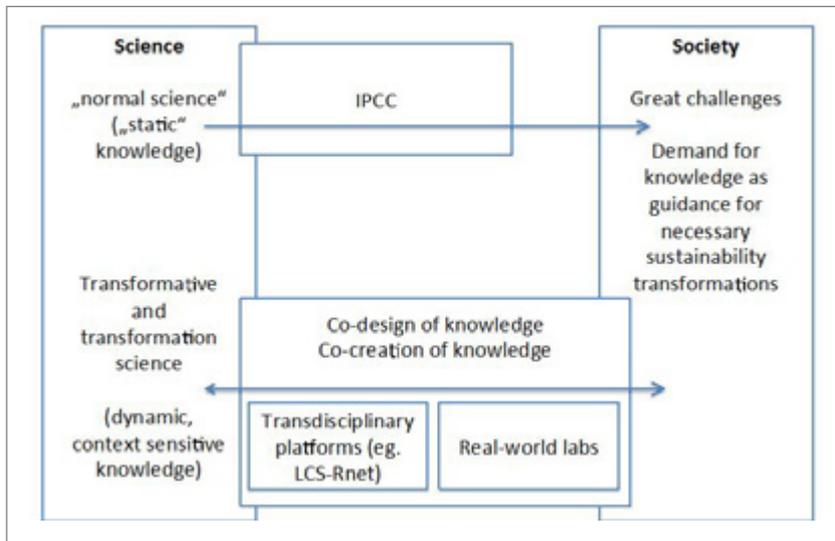


Fig 1 The changing role of science after Paris 2015

to boost the stagnating global economy. Based on forward-looking integrated research on shifting to low-carbon societies via the cooperation of researchers and research institutes deeply involved in the policies of their respective countries, this position statement garnered support in the form of signatures from over 220 scientists from 48 nations –including a Nobel laureate, experienced cabinet members, and 79 IPCC lead authors. The statement was submitted to the Government of France and received and discussed by considerable audience at COP21 side events, held at both the EU and France pavilions. One remarkable result is that Art. 109 of the Paris Agreement retains, slightly amended, one key sentence of the LCS-Rnet declaration about the ‘recognition of the social, economic and environmental value of mitigation activities’. This sentence is the anchor of: “conversion of economies based on various forms of ‘carbon-pricing’ with added social, economic and environmental value”; “effective utilisation

of ‘climate finance’ in developing countries based on proactive administration of the ‘common but differentiated responsibilities’ principle”; and “strengthened capacity-building in developing countries and the orientation of international finance to advance technology transfer”. The use of the enormous investments in urban systems and energy systems required for major social change as a trigger to bring about a “new industrial revolution”, along with the need of linking measures to new economic growth based on actual economies, were advocated.

The Changing role of Science After the Paris Agreement and LCS-RNet Future Plan

Due to the greater emphasis on the transformation of societies towards fully decarbonised economies resulting from the decisions at COP21 Paris 2015 and G7 summit in Elmau 2015, the conception of the role of science has to change. The concentration on scientific subjects will in-

creasingly be driven by the great societal challenges such as, e.g., climate change, as policy and society need increasing scientific knowledge and guidance to successfully design the ongoing transformation processes. Such a change could encompass three major shifts of science:

- Shift from an “inside driven” science to outside driven transformation research perspectives
- Shift from more static scientific knowledge to dynamic, context-sensitive transformation knowledge
- Shift from “normal” science to co-creation of knowledge between science and societies.

Such changes strongly demand rethinking the so far often very successful institutions –such as, e.g., the IPCC– that provide scientific knowledge as a basis for evidence and science-based policy-making. Stronger emphasis is needed on institutions fostering the co-design and co-creation of knowledge between societal actors and science, which in turn needs specifically-designed institutions to enable and encourage such processes. These can be transdisciplinary platforms, such as the LCS-RNet and other science-policy networks, or real-world labs that enable experimenting transition processes in real setting such as cities, companies, etc., or different IPCC working modes in line with its foreseen “solution-oriented expansion”.

Global Climate Policy After the Paris Agreement and LCS-RNet Future Plan

Rationale

The importance of scientific infor-

mation in climate policy goes without saying. From here on, we must recognize that rather than mere restrictive measures on GHG, integrated initiatives for conversion to low-carbon societies are necessary to move the world towards carbon neutrality over the long-term. Likewise, urgent response is required to accomplish this conversion in, approximately, the next 50 years, over one or two generations. The network will continue to grow in importance as researchers and policy-makers will continue to directly contribute to “information compilation” on domestic and foreign climate-related policies and “incite action” from a variety of actors, and as a community made up of like-minded constituents working toward climate stabilization.

In this new context, the LCS-RNet recognises the need to carry out new activities as a “permanent forum for discussion about the future direction of research necessary for climate policies for low-carbon transition, comparative research and assessment on actual low-carbon policies being advanced in countries around the world”, and will undergo a major renewal as the forum enters a new stage.

New developments of LCS-RNet after the Paris Agreement

The policy set forth here below is striving to strengthening the impacts from LCS-Rnet into the decision-making system. Fundamentally, this involves areas that require close watch in working toward creating a sustainable world with climate policy at the core, as well as expansion of the geographic reach, disciplines and target bodies (audience) of research communities, the detection of ef-

fective research issues via intense discussions with target bodies and dissemination of research results, and strengthened coordination with policy and society.

The main goals of the network in the next future are:

1. Contributing to a sustainable world by conforming to climate policies and Sustainable Development Goals (SDGs): Climate change is the first hurdle that must be overcome in the creation of sustainable societies. As such, in the immediate future the utmost effort must be focused on climate stabilisation.
2. Expanding nations’ participation, particularly in joint activities with the USA, China, and major economies and developing countries: based on the Paris Agreement, all nations are to participate in emission reductions.
3. Expanding to developing country cooperation: The Paris Agreement includes both the decision to increase developed country contributions to climate finance and advance capacity-building for effective policy planning and execution on the receiving developing countries’ side via mutual cooperation. To date, LCS-RNet has fostered the Low Carbon Asia Research Network (Lo-CARNet) as a sister network. Centering on this network, joint administration with other nations could be expanded.
4. Establishing legitimacy at the political level and securing funds for activities toward global expansion: The Paris Agreement determined further strengthening of policy on INDCs and strengthening of developing countries’ capacity-building. LCS-RNet will aim for greater impact by positioning its activities within part of this global framework.

Provision of start up activities, funds by each country and joint research programmes are necessary.

5. Advancing joint research related to common issues among participating nations (based on voluntary matchings) and increasing the interaction with policymakers and societies to strengthen new modes of transdisciplinary and problem driven co-creation of knowledge.

LCS-Research Network will implement concrete Measures to achieve the following goals:

- 1. Annual meetings.** Reports on research, discussion of future key agenda items with policymakers and stakeholders, co-creation of research agenda, and discussion of network administrative policy: yearly accumulation of knowledge and dissemination to national governments and others around the world.
- 2. Transdisciplinary deliberation on major issues** and mini-workshops for joint research. A few times a year, deliberations will be held in intimate small transdisciplinary groups on crucial topics, and linked to debate in annual meetings and debate on crucial issues among environment ministries, who are core stakeholders of the network.
- 3. Impact formation:** Emphasis will be placed on impacts by further emphasizing the close connection and joint development of research questions with policy and stakeholders and within efforts to enhance the dissemination of activities through various meetings, media, websites and journals.
- 4. Close cooperation with IPCC.** Having entered the age of implementation, coordination with the IPCC Working Group III has become more important. The up-

A focus on the Technology Transfer Mechanisms; the LoCARNet approach

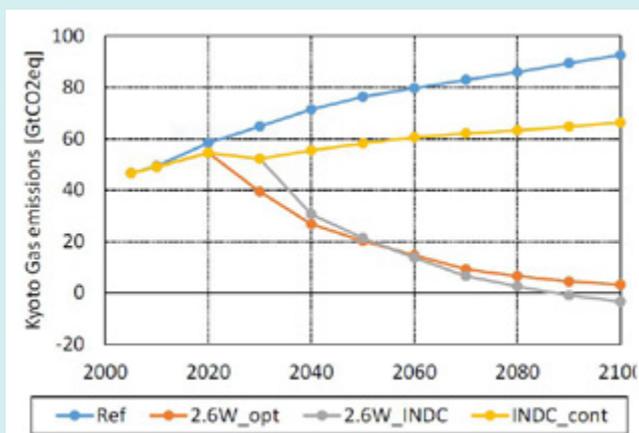
Although modeling exercises show that the INDCs (Intended Nationally Determined Contributions) will be able to peak out the global GHG (greenhouse gas) emissions in 2030 (NIES and MHIR, 2015), after 2030 the GHG emissions pathways proposed by INDCs are far from those required to achieve the 2-degree target. Furthermore, GHG emissions from Asia will be more than half those produced in the world in 2050 without further climate policies. Although the GHG emissions proposed by INDCs in Asia will be lower than that in the reference case, the GHG emission trend will still continue to increase.

Some Asian countries such as Indonesia, Thailand and Vietnam have proposed further reduction targets

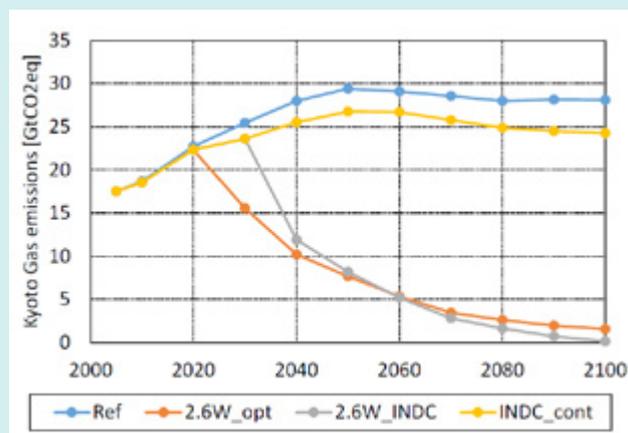
if international support is provided. Thereby, a Global support system including technology transfer, financial support and capacity-building will have to be established to meet the 2-degree target. Of the utmost importance will be the leap-frog development strategies, which will not follow the development pathways undertaken by the present developed countries with high GHG emissions yet will create new development pathways to keep emissions low from the long-term viewpoint. In order to proceed with such new and long-term horizon pathways, appropriate technology transfers from developed countries to developing countries will be imperative. In addition to the individual energy-saving technologies and renewable energy supply technologies, systems perspective such as urban infrastructure, transportation system, and energy sup-

ply and demand management must be also taken into account. Besides transferring the ‘hardware’ of technologies and infrastructure systems, the support of ‘software’ through capacity-building for use of modeling and other analytical frameworks to carry out comprehensive assessments is also crucial. Transfer of hardware complemented with such software is likely to enhance evaluation and adoption of best options in developing countries.

LoCARNet provides the platform between research community and policy-makers, particularly in terms of technology transfer. The necessary technology transfer and the practical technologies in each country are discussed and assessed by the country’s researchers in collaboration with developed countries.



[GHG emissions in the world]



[GHG emissions in Asia]

Fig. 2 Global and Asian GHG emissions using the AIM/CGE model
 Source: NIES and MHIR (2015) Assessment of INDCs using AIM/CGE[Global] (Ver.1),
http://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/indcs/indcs.html

coming IPCC assessments can benefit from the diversity of local, national, sectoral and global research produced by the researchers associated with LCS-RNet and also LoCARNet in Asia. Two key persons from our network, Jim Skea and PR. Shukla, were selected in 2015 as co-chairs of the IPCC Working Group 3 (technology and policy). Stronger impacts will be achieved via a close cooperation with the IPCC within the IPCC's policy on promoting "solution-oriented" expansion (H. Lee, IPCC Chair) and incorporation of community knowledge.

Conclusions

With the Paris Agreement climate mitigation is put to the test. The fact that all countries worldwide have expressed strong political commitment to mitigation weakens the position

of those who argue that no action should be taken domestically until something is done abroad. Hence, there is an unprecedented window of opportunity for action. Thereby the Paris Agreement represents a momentum for transition towards a low-carbon society that raises new challenges for the research community to more actively contribute to solutions to climate change and other great societal issues. Since 2008, LCSRnet has gathered a profound experience in a true bilateral dialogue between researchers and policy-makers and with the LocarNet. A clear success of the network was its capacity to influence, however modestly, the content of the Paris Agreement by supporting anchors to foster the dialogue between northern and southern countries.

Now LCS-Rnet is ready to play an even more active role in co-designing and triggering societal

transformation processes that come out from the effective implementation of the Paris Agreement. The upcoming IPCC assessments can benefit from the diversity of local, national, sectoral and global knowledge produced by the researchers associated with LCS-RNet and also LoCARNet in Asia, as well as on the emerging knowledge on the successful involvement of policymakers and societal stakeholders in the formulation of research questions and relevant knowledge for the transformation. The network can be of particular help to develop the discussion on innovative financial mechanism of low-carbon strategies in North and South countries by COP22 in Marrakech, and also to foster international collaboration on technology transfer. Gilin senicaes hocchic onfessenium poppublic iactum temenati, que pare, cio C. Serfera.

¹ Paris Agreement, Art. 11 <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>

REFERENCES

1. UNFCCC, 2015, Adoption of the Paris Agreement, <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
2. About LCS-RNet (http://lcs-rnet.org/about_lcsrnet/)
3. Transition and Global Challenges towards low carbon societies, ENEA special issue, 2015 (<http://www.enea.it/it/pubblicazioni/EAI/anno-2015/speciale-transition-and-global-challenges>)
4. LCS-R net, 2015, A moment of truth for climate and sustainable development, http://lcs-rnet.org/lcsrnet_meetings/2015/10/1489

Deep Decarbonization Pathways (DDPs): A catalyst for the Climate Change Debate

During 2015, most national governments submitted Intended Nationally Determined Contributions (INDCs) as part of the process towards a new global climate agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change. These INDCs, codified in the Paris agreement, are mostly focused on emission targets set by 2025 or 2030. Hence they do not provide a clear vision of the profound transformation of energy systems required by mid-century to maintain the 2 °C threshold

DOI 10.12910/EAI2016-015

by **Henri Waisman**, *Institut du Développement Durable et des Relations Internationales (IDDRI)*
and **Maria Rosa Virdis**, *ENEA*

Rationale for Deep Decarbonization Pathways (DDPs) Analyses

What are DDPs?

In the climate discussions, it is now recognized that all countries need to act according to their respective capabilities, as formalized in the national bottom up, voluntary, low-carbon strategies (or INDCs). Furthermore, it is clear that meeting the internationally-agreed 2 °C threshold will require a long-term perspective, consistently with the as-

essment by IPCC (2014) that such threshold demands that all economies reach near-zero greenhouse gas emissions by the second half of this century.

These changes in the nature of the climate policy debate have important consequences for the methodological approaches applied to inform this process. When considering full decarbonization, a “backcasting” approach centered on the long-term objective is required, which allows the exploration of the sequence of policy options enabling to achieve this desired target (Fay et al., 2015).

Given the domestic orientation of the INDC process, there will be no global, binding policy guidance on how each country approaches decarbonization. In-country analysts will need to develop detailed decarbonization trajectories for each sector of the economy, describing a sequence of changes in physical infrastructure, deployment of technologies, investment, consumption patterns, all based on available and anticipated technologies. We call such a trajectory Deep Decarbonization Pathway, or “DDP”.

DDPs are exploratory in nature,

non-prescriptive, and meant to help structure debates around different visions of the country-specific decarbonization challenge. A DDP needs to: 1) be national-scale, with sectoral disaggregation to take into account national priorities, circumstances, and be relevant for policy. 2) have a long-enough time scope to capture the necessary changes for decarbonization and, finally, 3) be transparent to be useful for stakeholders and policymakers.

The Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP)

The Deep Decarbonization Pathways Project is a collaborative global research initiative, convened by the Institute for Sustainable Development and International Relations (IDDRI) and the Sustainable Development Solutions Network (SDSN), that aims to encourage national teams to develop DDPs in order to understand how countries can reduce emissions consistently with the 2 °C threshold.¹ As of late 2015, the DDPP comprised of sixteen country research teams from industrialized and emerging economies, covering 74% of global energy-related CO₂ emissions.² The teams do not represent the positions of their national governments, but are all engaged in their domestic policy debates. Each team has developed a set of national DDPs to explore what is physically required to achieve deep decarbonization in their own country's economy, while taking into account socio-economic conditions, development priorities, existing infrastructure, natural resource endowments, and other relevant factors. These DDPs are not meant to give normative visions on the future evolution, yet are aimed at serving as a basis in the

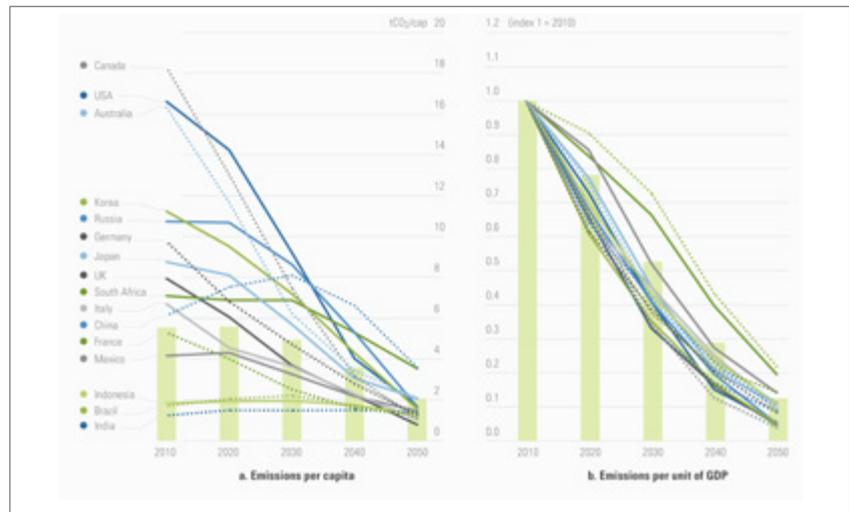


Fig. 1 (L) Energy-related CO₂ emissions per capita for DDPP countries, (R) Energy-related CO₂ emissions per unit of GDP for DDPP countries 2010 to 2050, indexed to 2010
Source: DDPP (2015)

country-led debates to reveal the points of discussion to define the adequate national policy and actions according to the specificities of the country's context.

Process

The DDPP considers the issue of emission reductions from a bottom-up approach, by which each country research team defines its emission trajectories independently of any *ex-ante* allocation rule. In order to ensure consistency with the amount of emission reductions required to maintain the 2 °C threshold, the DDPP consortium chose to use the IEA (2014) 2DS scenario as a benchmark for global average emissions, which translates into a global average of energy-related emissions of 1.7 tonnes CO₂ per capita by 2050 to reach a 50% chance of staying within the 2 °C threshold.³

Adoption of a common accounting framework (referred to as the "dashboard"⁴), which tracks carbon, energy, infrastructure stocks, and

investment costs at the sector and subsector levels, provides a basis for cross-country benchmarking and comparison.

Results of the DDPP 2015 Analysis

What emission profiles for different countries?

The DDPs reach a 80-90% decrease in the energy-related emissions intensity of GDP for all countries; however, very different rates and timing of absolute emission reductions occur between groups of countries (Figure 1). This heterogeneity reflects different rates of 2010-2050 economic growth, initial per capita incomes, rhythms of capital stock renewal and deployment, and initial physical energy-related infrastructure that define the potential for deployment of low-carbon options.

What physical changes occur?

Cross-cutting analysis of national DDP scenarios indicates that ambi-

tious mitigation requires simultaneous action on “three pillars” of energy system transformation: energy efficiency and conservation; decarbonization of energy carriers like electricity, biofuels and hydrogen; and fuel switching of energy end-uses to decarbonized energy carriers like electricity.

Because of the synergies between the pillars (e.g. using low-carbon electricity to power vehicles), deep decarbonization cannot be achieved if any of the pillars are absent or implemented at insufficient scale. On average across 16 DDP studies, the energy intensity of the economy reduces by 65% from 2010 to 2050; carbon intensity of electricity supply drops by 93%; and the share of electricity in final consumption more than doubles to over 40% (DDPP 2015).

However, the national DDPs are very different in terms of technologies and sequences of actions. This reflects the specifics of each country regarding the initial nature of infrastructure, building stock and speed of development, societal preferences (e.g. the acceptability of nuclear power), geographic specifics (e.g. amount of renewable resources available, spread-out vs. dense, hot vs. cold climate, availability of geologic sequestration) and economic factors (e.g. production structures and trade). The country-specific strategies to operationalize the deep decarbonization transformation are presented in-depth in the DDPP country reports, available at: <http://deepdecarbonization.org/countries/>

Is mitigation compatible with domestic socio-economic aspirations?

DDPP investigates the interplay between decarbonization and domestic

socio-economic priorities. In all the DDPs, economic growth and development were not constrained by carbon concerns, but rather the energy system was designed to provide all the energy services needed to meet the national objectives, including expanded access to energy in developing countries. This is shown by activity levels associated with crucial energy services in physical quantities (e.g. passenger-km, industrial production).

In addition, each team was able to define the most sensitive socio-economic issues posed by decarbonization in their country, and design their scenarios to explicitly meet these national priorities. Conclusions reached in the DDPP analysis include:

- It is possible to simultaneously improve income distribution, alleviate poverty, and reduce unemployment and transition to a low-carbon economy, as demonstrated in the South-African DDP.
- Reducing fossil fuel demand and developing domestic renewables capacity can increase the energy security of energy-importing countries, as seen for example in the Italian, Indian or Japanese DDPs.
- The reduction of uncontrolled fossil fuel emissions significantly benefits public health, as seen in the Chinese DDPs, where deep decarbonization resulted in a 42-79% reduction of primary air pollutants.
- The aggressive energy efficiency required under deep decarbonization is a way to improve access to energy and address energy poverty, as demonstrated in the UK analysis.

- The implementation of energy efficiency in residential buildings and personal transport under deep decarbonization can lower net energy costs for households. This is illustrated in the Australian DDPs, where the costs of private energy and transport use per household falls by 13% from 2012 to 2050 in parallel with a 55% income increase per household.

What are the investment requirements and the costs?

Deep decarbonization is essentially the process of improving infrastructure and equipment by replacing inefficient and carbon-intensive with efficient and low-carbon technologies that provide the same (or better) energy services. At the global scale, this will require the deployment of vast amounts of new equipment based on clean technologies.

Assessment of the investments needed for the deployment of low-carbon infrastructure is done by developing technology cost learning curves consistent with these market demands to derive investment requirements in the DDPs. Applying historically-based assumptions about technological learning to key low-carbon technologies for power generation, fuel production, and transportation shows dramatic reductions in the cost of these technologies can be expected at the required scale of production, relative to the cost without learning. Those savings illustrate how international cooperation in developing markets for low-carbon technologies can reduce costs for all countries relative to a go-it-alone approach, while providing large markets for technology providers and large incentives for further innovation.

The result of this assessment is that energy investment under deep decarbonization does not represent a large increase over the energy investment required in the absence of climate policy, but rather a transition from fossil fuel to low carbon technologies. The gross investment requirement for low-carbon technologies in the DDPPs constitute 1-2% of GDP for the DDPP countries, or an increase of 6-7% in the total investment in these economies, on average about 1.2% GDP (Table 1).

Under deep decarbonization, the scale of investment in low-carbon technologies will be orders of magnitude higher than current levels, creating major economic opportunities for forward-looking countries and businesses, provided there is sufficient certainty in climate policy. Policies may be required to aid firms and consumers with the higher upfront capital costs of low-carbon technologies. This, however, is compensated by avoided expenditure on fossil fuels, as illustrated in the DDP analysis for the United States, in which the net cost of supplying and using energy for a deeply decarbonized scenario in 2050 rises by less than 1% over the period from 2014 to 2050.



Photovoltaic system built by Conergy on the roof of the shopping center Romagna Valley Shopping in Savignano sul Rubicone

Deep Decarbonization in Italy

Three alternative pathways that could reduce Italian CO₂ emissions by 80% by 2050, compared to 1990, were developed by ENEA and FEEM, in the framework of this project. To contribute to the national debate on deep decarbonization, DDPPs are designed around the challenges the Italian energy system faces and the future technological developments that will need to be pursued to chart

feasible deep decarbonization pathways, in particular:

- (i) the limited social acceptability of some technology options (CCS);
- (ii) obstacles to further increasing the supply of some renewable sources;
- (iii) the technological difficulty to manage power generation from intermittent renewables;
- (iv) the current lack of CCS technologies at reasonable costs.

		2020	2030	2040	2040
Annual Investments in the 16 DDPP scenarios (\$)	Low-carbon power generation	270	514	701	844
	Low-carbon fuel production	57	117	124	127
	Low-carbon transport vehicles (passengers + freight)	157	333	626	911
	Total (Billion US \$)	484	963	1452	1882
Annual Investments in low-carbon technologies as % of GDP		0,8%	1,2%	1,3%	1,3%

Tab. 1 Annual investment in key low-carbon technologies and their share of GDP for DDPP countries (billion USD2015)
Source: DDPP (2015)

The three pathways analyzed differ in their underlying assumptions about which of the various technologies will be available and able to penetrate the Italian energy system.

1. The *CCS + Renewables scenario (CCS)*: couples availability of abundant renewable sources with capture technology and CO₂ storage sites also for industrial process emissions
2. The *Energy Efficiency scenario (EFF)*: relies on advanced energy efficiency technologies and a greater renewable energy use compensating for smaller CCS potential.
3. The *Demand Reduction scenario (DMD_RED)*: the energy system responds to limited availability of CCS and high cost of decarbonization.

The decarbonization scenarios have been produced by combining insights from a very detailed bottom-up energy system model (TIMES-Italy), with two top-down Computable General Equilibrium models (GDyn-E and ICES).

Results show that to reduce domestic emissions by at least 80% (compared to 1990) by 2050, a smooth and efficient transition is needed. All three DDPs achieve energy and process emissions below 90 MtCO₂, or 1.5 tCO₂ per person. The carbon intensity of energy is drastically reduced (3.0% to 3.2% average annual rate). Renewable sources and electricity (electrification of final consumption up to 46%) progressively replace fossil fuel consumption (30% to 35% of fossil fuel consumption by 2050), and improvements in energy efficiency further reduce their demand. The faster or slower development of CCS determines the long-term role of fossil fuels. Yet, limiting their role has significant impacts on energy source diversification and energy

security: while in 2006 Italy's import dependence reached 87%, by 2050 it may drop to below 30-35%.

Decarbonization of power generation processes is almost complete (a -96% decrease in their emissions in 2050 compared to 2010 level). Renewable energy sources (RES) can provide up to 93% of power generation by 2050 and the contribution of variable RES expands after 2030 reaching 55% to 58% of total net generation by 2050. End-use technologies efficiency is crucial to achieving the 2050 targets in all DDPs.

The DDPs require considerable effort in terms of low-carbon resources and technologies and in economic terms. Compared to a Reference Scenario, cost changes are significant: from 10% to 30% higher cumulative net costs over the period 2010-2050. The emphasis switches from fossil fuel costs and operating costs towards investments in power generation capacity and more efficient technologies and processes.

The macroeconomic analysis, in line with cost estimates for other EU countries, points at increasing decarbonization costs in the range between 7% and 13% of GDP relative to the reference scenario. All DDP scenarios estimate per capita GDP to grow over the examined period, although less rapidly when decarbonization policies are implemented. But decarbonization is likely to induce a structural change in the economy that could benefit both the electricity generation sectors and energy-intensive industries. Such change will also reallocate employment across sectors, from fossil fuel extraction, refining, and commercialization towards renewable energy generation and energy-intensive industries.

The DDPs examined are technically feasible: they rely on the deployment of already available or close-to-the-market technologies. Still, some technical hurdles remain to be addressed with appropriate R&D and investment efforts: the management of variable renewable energy, concerns over the contribution of biomass, and challenges with respect to the deployment of CCS technologies.

What DDPs Contribute to the National Climate Policy Practice

DDPs fill a gap in the climate policy dialogue by providing a more concrete understanding of what is required for countries to reduce emissions consistently with the 2 °C threshold through an explicit plan for deep decarbonization actions by sector and over time. By making the long-term emissions consequences of investment decisions explicit, DDPs can help avoid “dead-end” investments that are not compatible with deep decarbonization in the long term.

DDPs allow stakeholders to concretely envision the path to decarbonization and to catalyze a mutual learning process, structured around a positive vision. The emphasis on technological possibilities encourages stakeholders to focus on the opportunities inherent in the technological change and transformation of existing systems.

DDPs can provide a framework to coordinate policy formation and investment across jurisdictions, sectors, and levels of government. By providing a transparent and concrete understanding of what a low-carbon transition entails – scope and timing of infrastructure chang-

es, technology options, investment requirements, RD&D needs, market potential – DDPs can help align public and private sector interests and expectations.

DDPs provide a framework for understanding synergies between deep decarbonization and other sustainable development priorities including prosperity. They can help countries ensure that the energy transformation and other decarbonization measures (e.g. land use) also support long-term goals, such as energy access, employment opportunities, environmental protection, and public health.

DDPs could increase trust in the international climate policy process. A transparent approach to understanding the long-term challenges in different countries can place greater focus on opportunity-seeking and collective problem-solving. Making long-term national aspirations and the underlying assumptions that inform DDPs clear to other countries can help to identify areas for policy cooperation, joint technology RD&D, market development and transformation, trade, and mutual assistance.

Finally, undertaking national DDP exercises will be essential for understanding the ambition of current IN-



DCs focused on 2025 and 2030, and increasing the ambition of future national commitments to reduce their greenhouse gas emissions.

Conclusions

The sixteen national analyses in the Deep Decarbonization Pathways Project have demonstrated how deep decarbonization is technically and financially possible in a set of countries representing 74% of global energy system emissions, based on an innovative approach to the 2 °C threshold. The combined DDPs in the DDPP potentially cut the Gord-

ian knot of burden sharing that has bedeviled climate negotiations, and offer an approach to deep decarbonization that complements the INDCs.

The DDPP has also raised a host of fruitful research questions to be addressed under the twofold objective of increasing the robustness and relevance of the analysis, and helping catalyze the national discussions amongst policymakers and stakeholders that are necessary to establish policy to decarbonise the global economy.

1 Further information on the DDPP initiative, the 2015 Global Synthesis Report, and country level reports can be found at www.deep-decarbonization.org

2 Australia, Brazil, Canada, China, France, Germany, India, Indonesia, Italy, Japan, Mexico, Russia, South Africa, South Korea, the United Kingdom, and the United States

3 The IEA 2DS reaches 15 Gt of global energy-related CO₂ emissions by 2050 and we assume a global population of 9 billion by 2050, in line with the medium fertility projection of the UN Population Division)

4 <http://deepdecarbonization.org/research-methods/ddpp-collective-toolkit/>

Formulation of a Nationally Determined Contribution to Climate Change Mitigation in Colombia

Defining a Nationally Determined Contribution to Climate Change Mitigation is a process that requires several rounds of political negotiations and strong technical and scientific data and information. In countries like Colombia, this process is particularly sensitive considering the requirements of economic development, and overcoming poverty and vulnerability

DOI 10.12910/EAI2016-016

by **Ricardo Delgado, Ángela Cadena and Mónica Espinosa**, *Universidad de los Andes (Colombia)*

The Colombian INDC background can be traced back to 1993, when the National Environmental System was created by the Law. However, it was only in 2011 that the National System for Climate Change was established. This system is composed of four strategies: the National Plan for Climate Change Adaptation, the Strategy for Financial Protection Against Disasters, the National Strategy to Reduce Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) and, the Colombian

Low-Carbon Development Strategy (CLCDS).

The modeling effort, complementary studies and discussion processes that led to the definition of the Colombian INDC were developed within the CLCDS framework. This work started even before the creation of the National System for Climate Change (2010) and was a joint effort led by three parties. In the first place, two national ministries: the Ministry for Environment and Sustainable Development (MESD) and the Ministry of Foreign Affairs (MFA); secondly,

the National Planning Department (NPD), a technical agency of the Colombian government; and academia, represented by researchers of different schools at Universidad de los Andes (Uniandes), with the support of other international and national research centers. In order to facilitate the identification, evaluation, and the subsequent adoption and implementation of the mitigation/adaptation measures, other public agencies, business associations and civil society were involved and heard by the three leading parties

along the whole process. This was a central pillar of this work even though parties felt that discussions were not sufficient enough to listen to all relevant actors.

This paper aims to summarize the process that led to the identification of the Colombian INDC. We focus on the definition process of the mitigation targets. The definition of the adaptation goals, a clear interest of the Colombian government, as it was pointed out in Paris, followed a different track and resorted to more 'classical' studies. It is important noting that the CLCDS was part of a coordinated action by the MAPS Programme, aimed to "establish the evidence basis for long-term transition to robust economies that are both carbon efficient and climate resilient"¹.

The remaining part of the paper is divided into four sections. In the first one, the work done to define the sectoral future scenarios and its mitigation options is presented. The outputs of this process were used as main input for the production of the sectoral action plans that are briefly described in the second section. The third section summarizes the process followed to define a nationwide mitigation goal, which then became the Colombian INDC. In the last section, some concluding remarks are reported.

Sectoral Future Scenarios and Options for Low-Carbon Development

The CLCDS is an initiative of the MESD derived from the mandate of the Colombian government. MESD is in charge of carrying out the political process within the government and also with the stakeholders and civil society. However, in the case of

Climate Change Mitigation, these political processes require huge amounts of technical information and scientific evidence to support the decisions to be taken. Simultaneously to the start of the CLCDS, two institutions were conducting studies related to the Climate Change in Colombia and relevant to the strategy: National Planning Department (NPD) and Universidad de los Andes. NPD is in charge of the strategic planning of the country through the design, orientation and evaluation of the Colombian public policies. As part of its functions, NPD was developing a CGE model to assess the impacts that climate change might have on the Colombian economy. Within this study, NPD's goal was to identify the potential losses in GDP as a consequence of changed climate trends. On the other hand, in 2010, Uniandes was conducting several studies relating to the construction of marginal abatement cost curves for the Colombian energy sector. These studies allowed the University to have a research group with experience and skills in both sectoral activity modelling and climate change abatement analysis. That is how NPD and Uniandes joined MESD to support the political process with strong technical and scientific information. MESD decided that, in order to implement any policy recommendation regarding the mitigation of Climate Change in Colombia, the stakeholders and civil society should be involved. Furthermore, MEDS recognized that the formulation of sectoral development strategies was out of its scope and beyond its responsibility as a ministry, even if these strategies aim to contribute to a better environment. Eventually, a wide and long discussion process

with the participation of other sectoral ministries, stakeholders and civil society was undertaken to formulate the CLCDS. This approach improved the quality of the outputs and contributed to recognize the feasibility of the identified actions.

MESD concentrated its resources and efforts in accompanying the sectoral ministries in order to formulate the so-called Sectoral Action Plans. It provided them with information about the purpose of the CLCDS as well as the action to reach it. The focus of the first research stage was the construction and evaluation of a set of sectoral mitigation action portfolios. Within these portfolios (one per sector), each identified mitigation action was characterized in terms of abatement potential, investment and operation costs, benefits, implementation timing and possible barriers. Simultaneously, and aiming to reduce the potential opposition to the process and to improve the quality and confidence on the information obtained through the modelling exercises undertaken by Uniandes, stakeholders, business associations, academics and civil society were invited to participate. Two groups of people were created: a steering committee and a Scenario Building Team (SBT).

The steering committee was composed of the directors and senior representatives from different organizations. This group was in charge of giving the mandate to the SBT to provide and validate the information used by the models and to build the scenarios. In order to get the needed political support for adopting the mitigation actions identified during the research phase, this group was informed about the modeling process, the results and its implications



through their representatives in the SBT. This committee attended two “High Level” meetings, convened either by the Colombian President or by the Ministry of Environment. The first meeting was held on February 2012, during which the mandate to convene the SBT was obtained. The second meeting was held on August 2012 and then the results were shared.

Members of the SBT were invited as experts on the technical details of each sector. Within the SBT, one group for each sector was created: energy, transportation, manufacturing industries, housing, agriculture and waste. Additionally, a group of macroeconomic experts was set up to ensure the consistency, across all sectors, of the expected future socio-economic scenarios. Each sectoral SBT included agents from several origins. For example, the energy SBT included experts from power utilities, oil and gas companies, coal miners, industries and other energy consumers, ONGs, universities, and the Ministry of Mining and Energy.

As its name indicates, the SBT was devoted to provide the information used to characterize and model several plausible future scenarios. The SBT’s meetings were convened to discuss and reach agreements about assumptions and data. Some of the agreements included: definitions regarding what is and what is not part of the baseline, technological parameters of the productive processes, mitigation opportunities within each sector, stimulus and barriers for the implementation of mitigation actions, timing for the implementation, among others. The SBT’s meetings were also focused on the scenario for the validation of results and their publication.

Five SBT meetings were held over eight months. Involving society in the modeling process was a strenuous job for the modeling group based at Uniandes. However, once this stage was overcome, the outputs benefited from the fact that they rely on public data and assumptions agreed with the representatives of the Colombian society. These ad-

vantages, of course, did not exempt from possible discussions and even controversies when the final INDC was defined.

As the main goal of this stage was to endow the sectors with information regarding their opportunities to reduce the expected GHG (Greenhouse Gas) emissions avoiding their impact on the economic development, research was conducted and the outputs obtained at the sectoral level. In order to facilitate the communication and prioritization of mitigation measures, the obtained mitigation portfolios took the shape of marginal abatement cost curves (MACC or MAC curves). Indeed, the MACC were the main input used by the MESD and the sectoral ministries to formulate, at a later stage, the Sectorial Action Plans for climate change mitigation (PAS for its Spanish acronym). These MACCs were calculated using 2010 as base year and considering a 30-year time span. Despite the importance of the MACCs, they were not the only products obtained during this stage

of the study. As mentioned, the detailed description of each mitigation action was provided.

This macroeconomic group was in charge of the definition of the cross-sectoral assumptions. This group worked to produce the forecasts that were used by the sectoral teams as inputs for their models: GDP growth, sectoral participation within this growth, and population scenarios. NPD usually provides official forecasts for these variables. However, these are fairly detailed for periods up to one decade and, more generally, for longer times. Uniandes and NPD worked together to produce the required long-term forecasts. Researchers did a comparative and clustering analysis to help to illustrate the impacts of GDP growth scenarios on the country. This analysis consisted in finding countries that, over several time periods ago, looked like Colombia today in terms of income per capita. This exercise helped to construct macroeconomic scenarios and gave a very useful insight for the sectoral groups.

Sectoral Action Plans

After concluding the studies to identify the sectoral future scenarios and the options for low-carbon development, MESD and the other sectoral ministries started producing the Sectoral Action Plans (PAS) for Climate Change Mitigation. They were formulated over 2013 and 2014, and used the MACC produced in the previous stage of the CLCDS as main input. PAS aim to identify the sectoral mitigation priorities as well as policies and implementing means to facilitate its inclusion in the sectoral planning and even in the National Development Plan.

Ministries of Transportation, Energy and Mining, Commerce, Industry and Tourism, Agriculture and Rural Development and Housing, Cities and Territory formulated a total of eight PAS. This formulation was led by experts on climate change within each ministry. Most of them participated in the studies to identify the sectoral future scenarios and mitigation opportunities.

PAS are not only a list of mitigation actions, they also include the formulation of a group of policies and programs devoted to mitigate the GHG emissions within each sector. The analysis contained in each of the mitigation action plans was complemented by identifying their intrinsic co-benefits and the coherence with the ministerial policies for the development of the sectors. Partly, as a result of this work, the National Development Plan of the re-elected President Juan Manuel Santos included a chapter named “Green Growth” where such issues as climate change mitigation were included as priorities for the development policies of the productive sectors.

This was the vehicle used to transfer, or at least share, the leading role in mitigating climate change from MESD to the sectoral ministries. However, and despite the fact that most of the PAS formulation started from technical analysis and scientific results, the final outputs were more a sort of political arrangements and policies than concrete mitigation goals.

From a Sectorial Perspective to a Nationwide Mitigation Goal

Until 2014, mitigation studies and political processes were assessed

with a sectoral approach, despite the fact that all the sectors within the Colombian economy were included. In that year, priorities were shifted towards the identification of a national GEI abatement goal to be presented to the international community, as agreed in the decisions of the previous Conference of the Parties. The sectoral approach is still prevalent, since it is clear that implementation will be done at this level, and it will even require an additional disaggregation towards the geographical regionalization.

In the time span between the sectoral studies and this new endeavor, some significant issues appeared. In the first place, IDEAM was producing the first Biannual Updated Report (BUR). This BUR contains the National Inventory of GHG for the years 2010 and 2012. Since the sectoral studies were carried out using the latest available inventory (2000 and 2004), the emission values for the base year (2010) was obtained using models or by following the inventory methodology to produce the information required. It is clear that the base year emission values used to calculate future emission scenarios must be exactly the same as the ones reported on the BUR.

Secondly, international energy prices fell dramatically during this time. Hence, the heavy dependence of the Colombian economy on oil and coal exports generated the need to recalculate growth scenarios. All the sectoral models were adjusted to better represent the expectations of NPD. Additionally, the time horizon was extended up to 2050. This change has allowed to account for new technologies that are expected to be available within the next decades.

Thirdly, during the sectoral studies

and considering that REDD strategy was devoted to identify mitigation opportunities in the forestry and land use change (FOLU) sector, this was separated from the CLCDS studies. However, being FOLU the bigger emitter in Colombia, it was imperative to include it into the na-

ests, pastures and crops. Researchers at Uniandes worked with partners at IFPRI in order to cover all emission reduction and mitigation actions in the AFOLU sector.

The Energy modeling group was also strengthened by the connection between Uniandes and the Mining and

search stage of the CLCDS a national emission baseline was constructed. This was obtained from the aggregation of the sectoral baselines where double accountability was avoided. The mitigation actions were recalculated and the portfolio was extended to include some new NAMAs, some



tional mitigation goal using the same approach. To do so, the studies for the Agricultural sector were re-engineered and the group was reinforced by the incorporation of the researchers from the International Food Policy Research Institute (IFPRI). IFPRI was using an array of models to assess the changes in the use of soils and their assignation between for-

Energy Planning Unit (UPME). The latter is a branch of the Ministry of Mining and Energy and is in charge, among others, of the official energy statistics and scenario forecasts.

All the changes mentioned above and some other requirements regarding the structure of the INDC were assessed during a second wave of research. In sum, during this re-

actions from the Clean Development Mechanism, and some other actions and quantifiable policies from the PAS. In this case, all the emitter sectors were included (specially the newly added FOLU sector). The extended portfolio was used to feed a scenario building tool, specifically developed for this study. Such tool allowed to construct several national

mitigation scenarios by adding and tuning mitigation actions. Each mitigation scenario was characterized by its abatement path over time and the curve of fixed and variable costs. This information was used by the NPD, with the support of Unian-des, to calculate the macroeconomic impacts of the investments required to implement each scenario and the savings derived from the improvement in production efficiency. All this information was used for the Colombian Government to select the unconditional and conditional commitments that were presented to the international community before COP21. This final process went through a very intense participation by the stakeholders in a renewed interest regarding the commitment that the country was going to subscribe to. This renovated interest coincided with the imminence of the decisions that were going to be taken during COP21. The closer the international community was getting to the consensus that during COP21 a global agreement was going to happen, the greater the interest of the national stakeholders in the process to define the Colombian goal. Some supplementary analyses were also performed during this stage. In order to facilitate the discussions regarding the fairness and ambition of

the Colombian mitigation scenarios, a theoretical mitigation scenario required by science and equity was calculated. With a view to facilitate the discussions on implementation, some preliminary proposals for sectoral allocation of mitigation goals were formulated. Finally, a review of available policy instruments and market mechanism that can be used for the implementation of the required mitigation actions was performed, and a preliminary proposal for the Colombian government was put forward.

Conclusions

A national goal for GHG mitigation was defined for the very first time in Colombia. Next step is to set out sectoral and regional mitigation efforts in order to honor this commitment. Defining these efforts is a complex process, involving issues such as income, employment, and sectoral and regional competitiveness. This creates uncertainty in achieving the preset objectives and in the actions of the different agents configuring what in game theory is known as the prisoner's dilemma. Each of the GHG emitter sectors is tempted to assume that early action will bring them a competitive loss compared to other sectors that will surely not take

the actions required, or those who wait to pursue such action. On the other hand, the competitive sectors will have the same reasoning to deal with this situation, and as a result none of the "players" will decide to invest to achieve the set target under the pretext of not losing competitiveness, when cooperation among sectors is a strategy that provides benefits to all.

Finding the instruments and mechanisms to ensure that all sectors join their efforts to achieve the proposed goal in an economically-efficient manner is imperative. Mechanisms such as a carbon market and carbon taxes will contribute in this direction. Whilst these schemes are implemented, some instruments designed to achieve higher efficiency in economic activity must be tried; so must the elimination of subsidies and other market-distorting measures.

The implementation of regional mitigation plans requires efforts in communicating decisions and commitments, evaluating local and regional impacts, removing barriers and creating incentives (hopefully aligned) to deploy actions that can lead to the planned goal.

*Contact author:
acadena@uniandes.edu.co*

¹ The Mitigation Action Plans and Scenarios (MAPS) is a collaboration amongst developing countries that contributes to ambitious climate change mitigation taking into account economic development and poverty alleviation (<http://www.mapsprogramme.org/category/about-us/background/>)

An approach to sustainable-development-based energy and climate policies in India

Planning for India's energy future requires addressing multiple and simultaneous economic, social and environmental challenges. While there has been conceptual progress towards harnessing their synergies, there are limited methodologies available for operationalising a multiple objective framework for development and climate policy. We propose a 'multi-criteria decision analysis' (MCDA) approach to this problem, using illustrative examples from the building and cooking sectors

DOI 10.12910/EAI2016-017

by **Radhika Khosla, Navroz K Dubash**, *Centre for Policy Research, New Delhi*;
Srihari Dukkupati, Ashok Sreenivas, *Prayas (Energy Group), Pune*;
 and **Brett Cohen**, *Energy Research Centre, University of Cape Town*

India faces a challenging decade ahead in energy and climate policy-making. Problems are multiple: sputtering energy production capabilities; limited energy access; rising fuel imports; continued electricity governance and pricing challenges; and growing environmental contestation around land, water, and air. In addition, India's intended climate 'contribution' for the global climate negotiations will necessarily influence its domestic energy use, since energy accounts for 77% of

its greenhouse gas emissions (WRI 2014). India's energy future thus requires addressing multiple and simultaneous challenges, that together suggest great complexity.

So far, India's approach to energy policy-making has been largely supply-oriented and in silos, leading to a number of disconnects: between energy planning and social objectives, between domestic and foreign policy energy debates, and between energy and climate policy. Bridging these disconnects requires a shift in

the decision-making process to explicitly consider the linkages across India's multiple sustainable development objectives. This principle is already enshrined in the National Action Plan on Climate Change's "co-benefits" approach. However, while conceptually promising, the approach has not yet been backed by a methodology to operationalise it. In this brief, we introduce "Multi-Criteria Decision Analysis" or MCDA as a potentially useful way forward. MCDA presents a set of

well-established approaches for a range of decision-making arenas, and can be deeply salient to Indian energy policy because it allows decision-making to account for complexities, while maintaining rigor and deliberation. In presenting an MCDA approach, we build on other efforts to operationalize multiple objective approaches to Indian energy decisions. These include an early framework for multi-criteria analysis (Dubash et al. 2013), energy dashboards (Sreenivas and Iyer 2015; SSEF 2015), and state and sectoral analyses (Jain et al. 2015; GGGI 2014).

The remainder of the brief describes the essence of an MCDA approach and lays out its benefits, details and applications. The approach is applied illustratively to two case studies: access to modern cooking fuels and building energy efficiency. We present key insights from the two cases in the following sections.

Operationalizing an MCDA Approach

The synergies between sustainable development and climate consider-

ations are of growing significance. While some national studies track *ex post* achievement of these sustainable development objectives, the primary challenge is to move beyond an illustration of their potential towards a methodology that allows an *ex ante* focus during policy-making.

Four broad sustainable development objectives comprise the common set of social preferences that cut across decision-making within an energy policy context. These are economic, social, environmental and institutional objectives which should ideally be served simultaneously. Within this context, we apply the MCDA approach illustratively to two sectors, cooking and building. The cooking sector is important because over 700 million people in India do not have access to modern cooking fuels and the adverse health effects of traditional, open-stove cooking result in an estimated one million premature deaths annually (Census 2011; Smith et al. 2014). Selecting effective policies to provide modern cooking fuels for rural households is therefore a development imperative.

Buildings, on the other hand, rep-

resent India's rapid urban transformation, and it is expected that two-thirds of the buildings stock to exist in 2030 is yet to be built (Kumar et al. 2010). Building energy efficiency policies offer benefits that go beyond energy savings, such as carbon mitigation, energy security, job creation, and increased socio-environmental outcomes. However, if unaddressed, the sector could lock India into a high-carbon growth path. We focus on evaluating energy efficiency policy options for new building envelopes in the residential sector, where most new construction is expected.

We analyze both sectors using an MCDA approach and discuss its advantages for decision-making in the following section. The input data for the case studies, and part of the methodology in the buildings case, draws on NITI Aayog's Indian Energy Security Scenarios, a bottom-up energy accounting model.ⁱ The MCDA approach results are presented graphically in the "spider diagrams" in Figure 1 and 2. The larger the area of a spider, the better the policy alternative will be at fulfilling

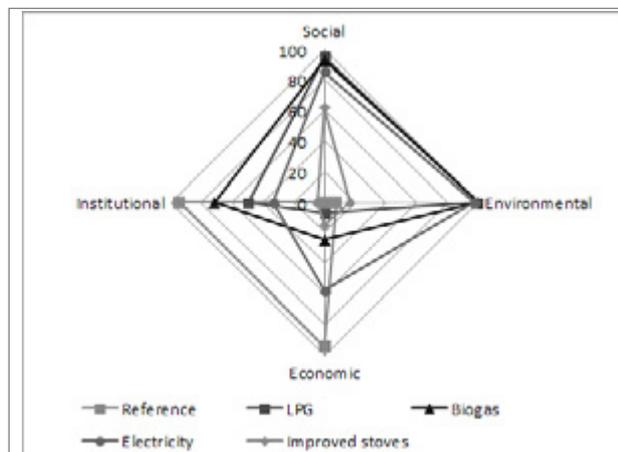


Fig. 1 Cooking spider

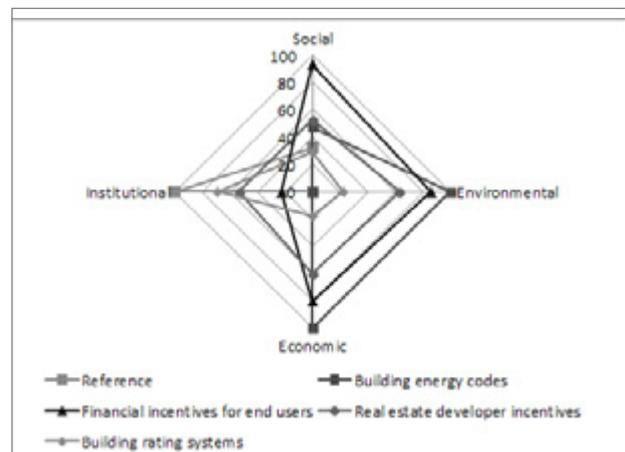


Fig. 2 Buildings spider

multiple objectives. These outcomes are illustrative, because they are preliminary and are not fully based on stakeholder consultations beyond expert input.

Insights for Policy

An MCDA approach provides important benefits: a structure for addressing multiple objectives simultaneously, a means to account for information that is not easy to quantify (such as distributional questions), and a rigorous consideration of choices involving synergies and tradeoffs when there are different stakeholder opinions on policy priorities. Examples from the two cases

help demonstrate these benefits. First, the approach requires policy-makers to explicitly state the policy objectives to be achieved, and the weight given to each objective. For example, in the cooking case, the economic, social, environmental and institutional objectives are explicitly laid out at the start of decision-making. Figure 3 shows the policy question with its explicit objectives and their translation to specific metrics or criteria, against which different policy options can be evaluated. This approach encourages consideration of factors that are often ignored, such as household drudgery. Further, the approach requires identifying the relative weight given

to each objective, such as minimizing household air pollution versus reducing greenhouse gas emissions. This attention enhances the transparency of process, and the effectiveness of the final decision. Second, MCDA offers a range of tools for incorporating both quantitative and qualitative information with equal rigor. Importantly, the approach allows the use of qualitative information, for example, the consideration of implementation obstacles, which are often hard to analyze but nonetheless crucial to consider. In the buildings case, institutional questions are explicitly considered as a combination of *ex ante* implementation challenges, such as interests

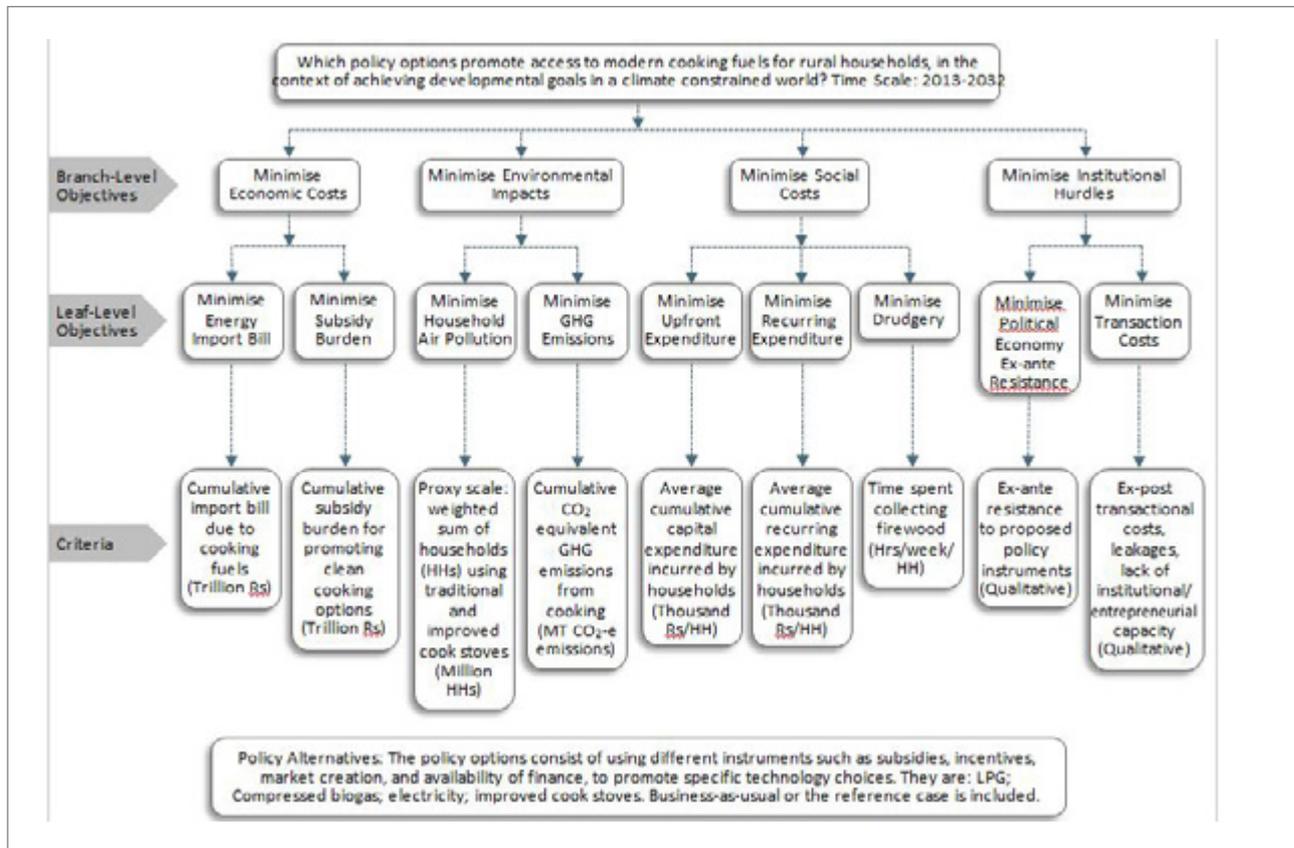


Fig. 3 Multiple objectives and policy alternatives for the cooking sector study

for or against a policy, and *ex post* elements such as the availability of required capacity or skills. As Figure 2 demonstrates, by including qualitative analysis on implementation, the results shift considerably - the building energy code policy that fares best on environmental, social and eco-

broadening of the information base beyond expert analysis to include relevant stakeholders likely adds to the complexity of the process, but certainly enhances buy-in and enriches the analytical base. Last, the process of deliberation and repeated iteration involving a wide

could either lead to clear winners or losers amongst the alternatives being considered. Or, it could facilitate further deliberation on the tradeoffs, and ways to improve the policy alternatives (by piecing together components that do well on many objectives, if possible) to fur-

Key Steps of a MCDA Approach

Step 1: Define the problem. Identifies the policy question's scope and time horizon by bringing all stakeholders on board at the start.

Step 2: Identify policy objectives and specific metrics for assessment. Requires a clear understanding of national priorities thereby allowing for a greater range of alternatives to be considered.

Step 3: Identify policy alternatives to evaluate. Requires consideration of

alternative policy approaches and an identification of the metrics for success.

Step 4: Analyze the alternatives. Identifies data gaps and provides a transparent basis for discussions.

Step 5: Elicit stakeholder preferences and normalize quantitative and qualitative information. Allows qualitative information to be equally integrated with quantitatively determined objectives.

Step 6: Aggregate through weights

and compare consequences. Captures the interactive effects across policy objectives and the relative importance of the criteria.

Step 7: Uncertainty and sensitivity analysis. Tests the robustness of the inputs and the process by identifying any inordinate changes to the results from changing assumptions.

Step 8: Choose the preferred policy alternative. Implement the preferred alternative and evaluate results to feed back into the policymaking process.

nomic fronts, scores worst on ease of implementation. It thereby brings the attention of policy-makers to the institutional trade-offs of this policy option.

Third, given the careful consideration of qualitative information and subjective weighting of objectives, MCDA approaches are necessarily underpinned by an early involvement of stakeholders. These include technical experts, policy-makers, industry, end-users and civil society. For example, in the cooking case, to assess the relative importance of limiting drudgery versus other objectives, it is important to understand the preferences of the target cook stove users themselves. This

range of stakeholders improves the sectoral knowledge base. The approach demands an identification of key issues, addition of information and refinement of argument and scores, all of which help plug data gaps to create a robust energy and sustainable development data spine. The buildings example is a case in point, as answering the policy problem requires researching data varying from the upfront investment needed for efficiency, to the local pollution reduced from lower diesel generator use.

Approaching a policy problem in this manner sheds light on the complementarities and tradeoffs between different objectives, which

ther minimize tradeoffs and identify better policy options.

Conclusion

Development policy-making, which incorporates energy and climate considerations, is a complex undertaking. It involves multiple objectives and various actors operating at different levels of governance. The MCDA approach proposed offers a useful way to work within this complexity, and facilitates a sustainable development approach to energy and climate policy-making. MCDA is particularly suitable in the climate context as it allows policy-makers to place rela-

tive weights on economic and social development objectives, compared to climate objectives, consistent with India's co-benefits based approach to climate policy. Moreover, it allows transparent assessment of complementarities and tradeoffs across development and climate objectives. While this brief is focused on mitigation, an MCDA approach can be used for a wide range of applications, including adaptation, as well as for other questions of social policy. In the immediate term, using the approach would strengthen coherence between India's domestic and international position on climate change, which rests on the principle of not compromising development needs. Further, it can be employed to distinguish between additional climate actions that India could undertake with external aid which fall outside the scope of co-benefits. In the longer term, it can be used for opportune plan-

ning purposes that are already in progress, such as India's National Energy Policy, or sectoral feasibility of India's climate commitments. Ultimately this approach, underpinned by active deliberation, gives rise to decision processes that are participative, transparent and repeatable. Recognizing that MCDA approaches can be time and resource intensive, they are proposed as a starting point for more structured and inclusive policy-making – to allow for India's energy and climate actions to be compatible with its broader social, economic and environmental goals.

Acknowledgement

This article is an updated reproduction of a policy brief of the Centre for Policy Research (CPR) available at: <http://www.cprindia.org/research/reports/approach-sustainable-development-based-energy-and-climate-policy>. It was produced

in partnership with the Energy Research Centre, and the Prayas (Energy Group) as part of a larger project: Towards a Robust Development Focused INDC, funded by the Climate and Development Knowledge Network (CDKN). CDKN is a programme funded by the UK Department for International Development (DFID) and the Netherlands Directorate-General for International Cooperation (DGIS) for the benefit of developing countries. The views expressed and information contained in it are not necessarily those of or endorsed by DFID, DGIS or the entities managing the delivery of CDKN, which can accept no responsibility or liability for such views, completeness or accuracy of the information or for any reliance placed on them. We are also grateful for additional financial support from the Oak Foundation. All responsibility for analysis and views expressed in this report rests with the authors.

¹ Our calculations use a draft version of IESS version 2, made available to us for this analysis. Version 2 of the IESS is now available at indiaenergy.gov.in

REFERENCES

- Census. 2011. Households By Availability Of Separate Kitchen And Type Of Fuel Used For Cooking. New Delhi: Government of India. Available at <http://www.censusindia.gov.in/2011census/Hlo-series/HH10.html>.
- Dubash, Navroz K., D Raghunandan, Girish Sant, and Ashok Sreenivas. 2013. "Indian Climate Change Policy- Exploring a Co-Benefits Approach." *Economic and Political Weekly XLVIII* (22): 47-61.
- GGGI. 2014. Green Growth Strategy for Karnataka. Seoul: Global Green Growth Institute.
- Jain, Abhishek, Poulami Choudhary, and Karthik Ganesan. 2015. Clean, Affordable and Sustainable Cooking Energy for India - Possibilities and Realities beyond LPG. New Delhi: Council on Energy, Environment and Water.
- Kumar, Satish, Ravi Kapoor, Rajan Rawal, Sanjay Seth, and Archana Walia. 2010. Developing an Energy Conservation Building Code Implementation Strategy in India. New Delhi: USAID India.
- SSEF (Shakti Sustainable Energy Foundation). 2015. An Energy Security Index for India. New Delhi: SSEF (forthcoming).
- Smith, Kirk R, Nigel Bruce, Kalpana Balakrishnan, Heather Adair-Rohani, John Balmes, Zoë Chafe, Mukesh Dherani, H. Dean Hosgood, Sumi Mehta, Daniel Pope, Eva Rehfuss. 2014. "Millions Dead: How Do We Know and What Does It Mean? Methods Used in the Comparative Risk Assessment of Household Air Pollution." *Annual Review of Public Health*: Volume 35: 185-206.
- Sreenivas, Ashok, and Rakesh K Iyer. 2015. "A 'Dashboard' for the Indian Energy Sector". *Economic and Political Weekly L* (11): 13-16.
- World Resources Institute (WRI). 2014. Climate Analysis Indicators Tool (CAIT). WRI's Climate Data Explorer. Washington DC: World Resources Institute. Available at <http://cait2.wri.org/wri>

Integrating socio-economic development and decarbonisation in South Africa

South Africa is one of the few countries in the world with both high unemployment and low employment elasticities, largely owing to a low-skilled labour force and an economy geared to high-skilled, high-productivity growth. On top of this, it has much higher than average greenhouse gas emissions than similar developing countries both per capita and per unit economic output, these emissions being the result of an energy- and emissions-intensive economy historically formed to exploit South African mineral and coal resources

DOI 10.12910/EAI2016-018

by **Hilton Trollip, Tara Caetano, Alison Hughes and Bruno Merven**, *Energy Research Centre, University of Cape Town*

Since 2013 until 2015, South Africa participated in a collaborative effort called the Deep Decarbonisation Pathways Project (DDPP), aimed at exploring the technological and economic feasibility of a global low-carbon economy consistent with the international goal of limiting anthropogenic warming to less than 2 degrees Celsius (°C). A general finding of the project was that deep decarbonisation of these economies is technically achievable while accommodating other national priorities.

A central feature of the organisation of the DDPP was that a bottom-up approach was followed, whereby country teams autonomously chose their objectives and methods and then fed these into a common 'dashboard' developed jointly by the teams. The results are not forecasts, but largely 'backcasts' where aspects of desirable futures are identified and the analysis involves exploring how, and to what extent, these aspects might be realised. From the outset, the South African team at the University of Cape

Town's Energy Research Centre, set its own targets and priorities for decarbonisation and developed appropriate methods and modelling functionality to explore and illustrate these. Details are provided in the 50-page 'Pathways to deep decarbonisation in South Africa' report [3]. The rest of this article is based on this report (unreferenced statistics in this paper can be found in the report) and focuses on the approach taken to setting priorities and targets and modelling and illustrating potential futures.

South African background

South Africa is classified as a middle-income developing country, with a population of some 53 million. It has a history of centuries of gross social and economic inequality and widespread poverty. Significant gains in the extension of basic services and social grants to the poor have been made since the first democratic elections in 1994, but the middle-income categorisation masks South Africa's status as one of the most unequal societies in the world, with a Gini co-efficient of 0.69: 45.5% of the population lives below the upper-bound poverty line [13], and the unemployment rate is 24% using the strict measure and 40% using the broad measure which includes discouraged workseekers. Moreover, income poverty has not decreased significantly over the past 20 years [11]. South African growth, which averaged some 3% per annum since 1994, has stagnated since the 2007/2008 international financial crisis and there is a strong probability this will persist if structural issues are not attended to.

While the tertiary sector makes up 70% of GDP, mining, minerals and secondary beneficiated products account for almost 60% of export revenue [4]. The initial shift of the economy in the late 19th and 20th centuries from being primarily subsistence and agricultural was driven by these minerals and related industries which are strongly interlinked with the rest of the economy. Most importantly, related to the main concern of integrating socio-economic development with decarbonisation, is that this group of industries is highly energy- and emissions-intensive, relying on coal either directly



or indirectly through coal-powered electricity for their energy supply.

Among these industries, electricity generation, some 95% of which is powered by coal, is critical both for powering industrial development and for basic services for residents and the commercial/tertiary sectors. The electricity sector accounts for about 50% of total emissions.

The combined effect of South Africa's socio-economic situation and its energy-intensive economy is a significant variance between emissions per capita and levels of development and those of most developing countries. While emissions of similar developing countries are typically below 5 t CO₂ per capita, South Africa's emissions intensities per capita are similar to those of much richer industrialised countries such as Italy, UK and Japan, at some 8–10 t CO₂ per capita. Emissions intensities for GDP are also much higher, at some 1.6 kg CO₂ per US\$ GDP, compared to 0.2–0.3 kg CO₂ per US\$ GDP for typical industrialised countries.

Integrated approach

Against this background, the essence of the South African challenge can be stated as: How to decarbonise a highly emissions-intensive developing economy while addressing issues

involving a deeply unequal economy and society with high levels of poverty and unemployment. The primary objective of the DDPP was thus defined as illustrating, based on economic research and quantitative analysis, how both income poverty and unemployment could be significantly reduced while complying with a specified limit on CO₂ emissions from the energy sector [6,12].

Quantitative analysis involving both economic futures and energy sector emissions had previously been carried out at the ERC using linked economic and energy-system modelling [7] but this analysis had not set its objectives as reducing unemployment and income-poverty and did not provide the necessary results or data on which to base DDPP analysis. The models also simulated existing government policies which are questionable in terms of achieving the combined challenges set by the ERC DDPP team.

Other available illustrations of economic futures also did not provide the necessary credible analysis or results sought by the DDPP team. For example, the South African National Development Plan (NDP) and NDP Diagnostic Report [4,5] provide accurate information on the socio-economic situation but, in the view of the ERC team, the NDP does not provide a credible set of futures for a number of reasons. GDP growth rates of more than 5% (much higher than growth in recent decades) were used as a central panacea in how the NDP addressed unemployment and income-poverty. Known structural issues were not adequately addressed and accessible quantitative analysis was not provided.

Another shortcoming of the existing ERC linked modelling and the

NDP was that their timeframes were until 2030 and DDPP had a 2050 timeframe. Especially in the case of large industrial fixed-infrastructural assets such as those at the core of the South African energy- and emissions-intensive economy, the impacts of investments in massive plant, structural economic changes and technology changes involved in decarbonisation require a timeframe of at least 30 years to be properly considered.

The ERC team therefore carried out dedicated qualitative economic research to explore options to reduce poverty and unemployment and also, where necessary, to extend the functions of the models to analyse these. This involved three interlinked areas of work. Firstly, the dynamics and features of the existing economy in terms of its potential and its limitations to address income poverty and unemployment needed to be sufficiently understood to identify credible options to reduce these with a more moderate and realistic GDP growth rate than that of the NDP. Secondly, these options needed to be modelled quantitatively to illustrate their operation in a credible economic analysis framework. Thirdly, this all had to be done while considering and modelling CO₂ emissions quantitatively to illustrate an energy sector that would remain within the emissions constraint while providing the economy with an adequate energy supply.

South African economy – current dynamics

The first area of work was to gain the necessary understanding of the dynamics and features of the existing economy. A key feature and chal-

lenge of the socio-economic structure is the entrenched marginalisation and effective exclusion of a large part of the population. South Africa is one of only a few countries in the world with high unemployment rates and low employment elasticities. Even when there is higher growth there is not a corresponding increase in employment – so called ‘jobless growth’. In the absence of a fundamental change in the historic (and still prevailing) growth path, ‘such countries are unlikely to grow themselves out of their employment crises any time soon’ [8].

A second social and economic exclusion relates to education, skills and the economy. While experiencing high unemployment South Africa actually has a shortage of skilled workers and this acts as a limit on economic growth. One of the questionable simplifications of some futures, such as the NDP, that rely on high GDP growth to address unemployment (and poverty) is the assumption that the demand for the skilled positions needed to achieve this growth will be met. South Africa has been attempting for many years, unsuccessfully, to implement a

policy of high-growth, high-productivity. The lack of skills acts as a limit to growth.

Recent comprehensive analyses of the performance of South Africa’s education system indicates that it is prudent to consider futures that involve the South African labour force continuing to have a large unskilled component. While this may be overly pessimistic about the potential for success in the changes to the education system that most agree are necessary, it is a relevant and realistic possibility. This means, firstly, that, in the short term, limits on growth related to skill shortages in the existing economic structure can be relieved only by relaxing tight visa requirements on foreign skilled workers. But even if this were done, the indigenous unskilled workforce would still face high employment rates. Even if the performance challenges of the education system were to be effectively addressed, this would only lead to a gradual improvement of the labour force skills profile starting in more than 10 years.

The central point of departure in the ERC team’s approach to formulating



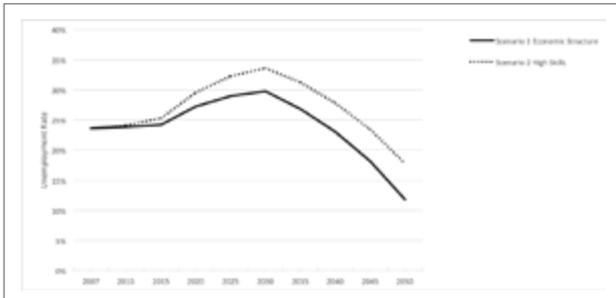


Fig. 1 Economic modelling results: unemployment

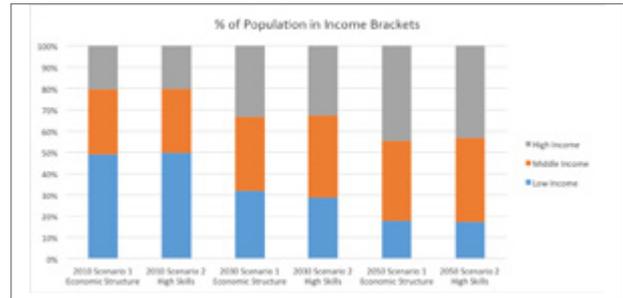


Fig. 2 Economic modelling results: income

options for credible and acceptable futures was a commitment to exploring credible ways that a largely unskilled labour force could be accommodated in the economy while at the same time reducing income-poverty; and this not to be done by increasing employment by reducing wages below living-wage levels or by continuing the current jobless growth and extension of additional welfare grants funded by taxes. While welfare grants are seen as an interim necessity they are not seen as a medium-to-long-term solution for income poverty: only employment at at least living-wage levels is seen as an acceptable solution. This did not mean that improving the performance of the education system was not seen as a key priority, but prudent futures did not rely on this, and addressed futures where this did not necessarily occur.

Modelling economic futures

The ERC ‘linked economy and energy system model’ mentioned earlier consists of the eSAGE computable general equilibrium (CGE) top-down model soft-linked to a South African instance of the TIMES bottom-up energy systems model called SATIM [7]. To explore options for achieving growth while reducing low-skilled labour unemployment,

the CGE was first used to explore employment effects by calculating the jobs created by different economic sectors per additional unit of production to identify the best performers. Concurrently, the emissions per unit of product were also calculated. The unskilled labour effects were plotted against these emissions, which produced a set of favoured sectors that yielded most unskilled jobs per unit additional production with lowest emissions. Two scenarios were modelled – the ‘economic structure’, which explored changes to the structure of South Africa’s economy, and the ‘high skills’ scenario, which assumed that the labour force skills profile begin significantly improving after 2030. They both used the linked model and the energy demand for these modelled economies was met under a carbon constraint of 14Gt cumulative to 2050 for the energy sector[12].

In the ‘economic structure’ scenario, the CGE was used to explore structural changes to the economy. This involved adjusting the capital productivity of the favoured sectors while reducing the elasticity of substitution between labour and capital. The result of this was augmented growth in the favoured sectors and an increase in employment. At the same time, trade elasticities for these sectors were adjusted to

simulate trade-openness causing increased trade demand and additional growth.

The ‘economic structure’ scenario achieved a decrease in population living under the poverty line from 45.5% to 17% by 2050 while the ‘high skills’ scenario achieved a decrease to 18%. Most notably, the economic structure scenario achieved 12% unemployment by 2050, down from 24% in 2013 compared with 18% for the ‘high skills’. Both resulted in an initial increase in unemployment which is caused by the ‘youth bulge’ and expected increase in labour participation in 2030.

For both scenarios the economy grows significantly, roughly doubling by 2050, with the ‘high skills’ scenario growing at 2.6% p.a. marginally less than the ‘economic structure’ at 2.8% p.a.. All sectors grow, although the energy- and emissions-intensive sectors grow more slowly in the ‘economic structure’ scenario as more investment flows to the favoured sectors. The biggest proportional change in the ‘economic structure’ scenario is in agriculture, which is twice as big as in the ‘high skills’ scenario and, while it accounts for most of the unemployment reduction, is still only 7% of GDP in 2050. It must be emphasised that the focus was on modelling the effects of changing the structure of the econo-

my and increasing skilled labour, not on practical policies that could implement these. Implementation is a complex matter and is not dealt with here. However, South Africa does have a successful history of stimulating economic sectors through a wide variety of policies and mechanisms, and the current energy- and emissions-intensive industries have been and remain a key beneficiary of such policies [9]. Implementation would involve re-directing resources and expertise towards sectors that can support the top priority of reducing employment among the unskilled while also increasing economic production, i.e. not sacrificing growth. To improve plausibility, in addition to the modelling, the thinking and results were shared with a number of eminent South African economists and CGE modellers to check the validity and plausibility of the adjustments and the results of this exercise were incorporated in the modelling.

Modeling energy system and emissions futures and the link with the economic model

ERC has built and operates a bottom-up energy systems model for South Africa, SATIM, with detailed information on both the demand and supply sides [10]. In addition to being able to identify the optimal mix of technologies that make up energy systems to meet the useful energy needs of all sectors of the economy fed through from the CGE model, SATIM also has a high level of detail on the end-uses of all sectors. For example, it models details of household energy usage based on extensive previous ERC research. This information was used to inform the assumption made in DDPP that



by 2050 the economy and the energy system make provision for 100% household electricity connection and adequate energy production.

As well as being adequately detailed on the demand-side, SATIM also has detailed supply-side modelling. SATIM ‘builds’ an energy system, optimising both supply- and demand-side elements on costs while applying a cumulative emissions constraint of 14 Gt [12]. Through the linked modelling, required investments in new electricity generation plant are fully accounted for in price effects in both the SATIM energy model and eSAGE CGE and also, the capital investment requirements for the electricity sector are accounted for in the CGE through the link.

Of special relevance is the electricity supply system because it accounts for about 50% of current emissions. A central element of decarbonisation is the shift from 95% coal-powered electricity supply to zero coal in 2050. Coal is substituted by a mix of wind-power, photo-voltaics, con-

centrated solar power with storage and gas-powered generation. This is achieved without early retirement of coal plant.

Emissions

Along with focusing on reducing income-poverty and unemployment as key objectives, a central decision taken by the ERC team in the initial research was to model emissions by placing a fixed constraint on the energy systems model of 14Gt cumulative to 2050 for energy sector emissions [12]. This was a departure from most other DDPP teams that implemented various policies such as carbon prices and other mechanisms to achieve feasible technology switches and/or economic structure changes and then (typically) assessed what the ‘cost’ to GDP growth would be. The emissions reductions were seen as feasible if this impact on GDP growth was acceptable.

Similar questions were posed by the ERC team but in a different order, fo-

cussing on the socio-economic challenges, namely: first, what plausible economic pathways could achieve significant rates of income-poverty and unemployment reduction, for a plausible labour market? And second, what does it take to build an energy system that provides adequate energy for these economic pathways with a 14Gt cumulative CO₂ constraint? Using the linked model the DDPP analysis illustrates such plausible economic pathways and the details of existing commercially available technologies that could provide an energy system for these economic pathways.

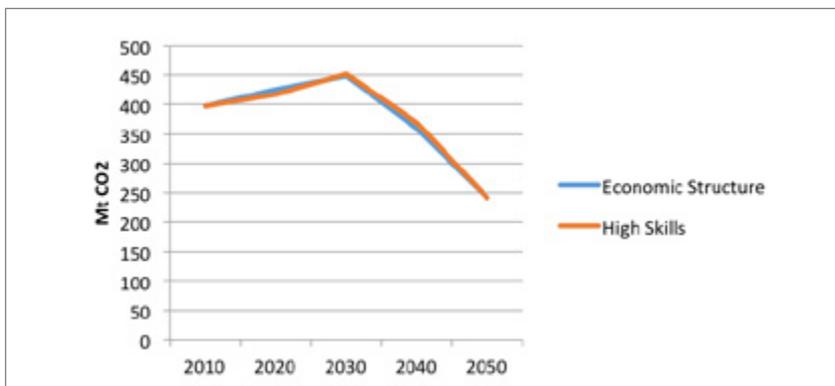


Fig 3 Energy related CO₂ emissions

Contact author:
Hilton.Trollip@uct.ac.za

[1] Pathways to deep decarbonization 2014 report, Deep Decarbonization Pathways Project. 2015. SDSN – IDDRI

[2] Pathways to deep decarbonization 2015 report, Deep Decarbonization Pathways Project. 2015. SDSN – IDDRI

[3] Altieri, K. et al. 2015. Pathways to deep decarbonization in South Africa, SDSN - IDDRI

[4] National Development Plan, November 2011. South African National Planning Commission (NPC). 2011

[5] Diagnostic Report, June 2011. South African National Planning Commission (NPC), 2011

[6] The energy sector in this context includes all combustion of fuels

[7] The operations of the linked model are describe in the paper: Economywide Implications of Energy Build Plans: A Linked Modeling Approach. Arndt et al. 2014. The 6th International Conference on Applied Energy – ICAE2014.

[8] Should and can labour-surplus, middle-income economies pursue labour-intensive growth? The South African challenge. Nattrass and Seekings. 2015. CSSR Working Paper No. 351, University of Cape Town

[9] Industrial policy and unemployment: Can South Africa do better in labour-demanding manufacturing? Black, A. 2012. Econ3x3, November 2012

[10] SATIM energy and emissions model:
<http://www.erc.uct.ac.za/Research/esystems-group-satim.html>

[11] Trends in South African income distribution and poverty since the fall of Apartheid. Leibbrandt, M., Woolard, I., Finn, A., Argent, J. 2010. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 101, 2010

[12] This 14Gt figure is consistent with the mid-line for energy emissions of the official South African mitigation policy and Intended Nationally Determined Contribution (INDC). The ERC team took the early decision to avoid the highly charged debate on ‘fair contributions’ and to choose this official emissions constraint as exogenous, so as to fulfill its primary objectives of its participation in DDPP, namely exploring economic pathways that could achieve socio-economic objectives and illustrating energy systems that could feed these economic pathways while being aligned with official emissions mitigation policy

[13] ZAR 620 per capita per month in 2011 when the latest poverty line determination was made. From: Poverty Trends in South Africa. An examination of absolute poverty between 2006 and 2011. 2014. Statistics South Africa, Pretoria. ISBN 978-0-621-41873-6

Giuseppe Onufrio

*Direttore Esecutivo di
Greenpeace Italia*



Massimo Beccarello

*Direttore Energia e Ambiente
in Confindustria*

.....
Punto & Contropunto è mediata da una tradizione anglosassone. In molte riviste, ma anche in testi divulgativi, si mettono a confronto sullo stesso argomento le opinioni di personalità provenienti da approcci empirici e culturali differenti. Anche la nostra rivista intende proporre questa modalità
.....

1. Quali i punti importanti, se ritenete che ve ne siano, dell'Accordo di Parigi?

O: L'accordo di Parigi, oltre a introdurre per la prima volta l'obiettivo di mantenere la temperatura al di sotto dei 1,5 °C, introduce un meccanismo progressivo di verifica e controllo degli impegni, forse troppo lento, ma chiaro. Gli impegni attuali sono giudicati espressamente insufficienti e dunque l'accordo ha anche il senso di una presa di coscienza globale che non ha precedenti. Tra i punti invece discutibili, l'assenza di un impegno preciso sulla deforestazione e il livello delle risorse per i Paesi in via di sviluppo che è insufficiente, per quanto il testo finale sia migliore su questo punto rispetto alle bozze precedenti.

B: La ventunesima Conferenza delle Parti dell'UNFCCC, tenutasi a Parigi lo scorso dicembre, costituisce una tappa fondamentale nello sviluppo della politica internazionale di lotta ai cambiamenti climatici.

Per la prima volta nella storia 195 Paesi hanno sottoscritto un accordo globale che ha lo scopo di affrontare una delle più importanti sfide del nostro tempo: contenere il surriscaldamento del pianeta entro i limiti di sostenibilità stabiliti dalla comunità scientifica. L'obiettivo che ci si è posti è particolarmente ambizioso

so e ben definito: contenere l'innalzamento medio delle temperature al di sotto di 1,5 °C rispetto ai livelli preindustriali.

Meno chiari sono gli strumenti per raggiungere l'obiettivo, dato che non emerge dal testo dell'Accordo un metodo condiviso per ridurre le emissioni in maniera efficace ed equilibrata.

L'Accordo di Parigi è prima di tutto un successo politico, per il quale un grande merito va riconosciuto all'Unione Europea (e ai suoi Stati membri), che da circa vent'anni mantengono la *leadership* indiscussa nella lotta ai cambiamenti climatici.

Il principale merito del testo sottoscritto è quello di formalizzare una responsabilità condivisa nella sfida globale al surriscaldamento del pianeta, sfida che da oggi non interessa più solo il *club* dei Paesi che ai tempi del Protocollo di Kyoto potevano dirsi "ricchi", ma tutti i firmatari dell'Accordo, anche se con alcune differenze.

Negli ultimi venti anni la globalizzazione ha stravolto gli equilibri che contrapponevano un occidente ricco di risorse e *know-how* a intere aree del mondo che si avviavano alle prime fasi di sviluppo economico concreto. Negli ultimi 10 anni l'economia globale è stata trainata proprio da quei Paesi che ponevano al centro dell'agenda politica la crescita economica, ad ogni costo e con ogni

mezzo: si pensi ai paesi BRICS o al sud-est asiatico, le cui performance – nonostante la crisi recente – rimangono in termini di PIL ben più dinamiche di quelle della vecchia Europa.

Il successo di Parigi sta proprio nel riconoscimento che la sostenibilità ambientale va di pari passo con lo sviluppo economico, e che per raggiungere gli ambiziosi obiettivi condivisi dalla comunità internazionale, sarà necessario lo sforzo di tutti.

2. Ritenete che vi saranno conseguenze e cambiamenti dopo l'accordo?

O: L'accordo è stato preceduto e seguito da diverse iniziative che hanno creato un contesto estremamente positivo. La moratoria sulle miniere di carbone di USA e Cina è un passo importante, come anche le diverse iniziative di disinvestimento dal carbone e dalle fossili che hanno preceduto la COP21. Finanziare i grandi progetti fossili, come ha finora fatto la Banca Mondiale, sarà adesso molto più difficile. Questo non vuol dire che la strada sia in discesa, ma che una dinamica nuova si è innescata e che sta producendo cambiamenti nelle politiche dei principali attori in campo. La partita è aperta, non sarà una passeggiata ma si può vincere.

B: Conseguenze e cambiamenti ci devono essere, altrimenti avremo solo perso tempo. Sicuramente l'Europa vede confermati i propri obiettivi di decarbonizzazione al 2030 e al 2050, per i quali continuerà a sviluppare le politiche stabilite dal Pacchetto Clima-Energia e dalla strategia sull'*Energy Union*.

Proprio per questo, in assenza di sforzi equiparabili da parte delle altre aree economiche del mondo – ad oggi non pervenuti –, vediamo la necessità di un cambio di passo, sempre più urgente e non più procrastinabile. Difatti non possiamo parlare seriamente di lotta ai cambiamenti climatici globali se non teniamo in considerazione che l'Unione Europea è l'unica area economica del mondo ad aver adottato una normativa vincolante sulla totalità delle emissioni prodotte sul proprio territorio,

mentre il contributo europeo alle emissioni globali è in progressivo calo (ad oggi è circa il 9%).

I cambiamenti di rotta più significativi dovranno riguardare le politiche di mitigazione di quei Paesi che oggi prevedono di raggiungere il picco di emissioni fra 15-20 anni, alla luce del fatto noi europei già nel 2014 abbiamo ridotto le nostre del 23% rispetto ai livelli del 1990. Questo cambio di passo – o meglio “allineamento” agli standard europei – è ancor più urgente alla luce del meccanismo di revisione dei contributi nazionali previsti dall'Accordo di Parigi: bisogna infatti scongiurare il rischio che l'Unione Europea sia la sola ad inasprire i propri obiettivi di mitigazione, peraltro già tra i più ambiziosi in assoluto.

Il secondo cambiamento che dovrà accompagnare la decarbonizzazione interesserà le politiche pubbliche in capo ai singoli Governi: bisogna già da ora impostare una strategia di lungo periodo che coinvolga in maniera proattiva enti pubblici e privati nel finanziamento alla politica di lotta ai cambiamenti climatici, i cui costi dovranno essere ripartiti equamente tra i diversi settori dell'economia. I vincoli di spesa pubblica e, in molti casi, l'elevato indebitamento degli Stati, non possono far ricadere solo sul settore privato l'onere per gli investimenti necessari alla riduzione delle emissioni.

3. Tra i punti dell'accordo è stata auspicata una quasi totale de carbonizzazione entro il 2050 per i Paesi industrializzati. Ritenete che sia possibile? E con quali strumenti?

O: Come Greenpeace produciamo scenari di de carbonizzazione totale da una decina d'anni e più di una volta i nostri scenari a breve sulle rinnovabili sono stati superati dal mercato, anche se siamo stati quelli ad avvicinarsi di più alla realtà, rispetto a previsioni “ufficiali”. Non solo è possibile ma avrebbe anche vantaggi importanti sia sull'occupazione che su altri aspetti che sono relevantissimi, come l'inquinamento dell'aria che rappresenta un'emergenza sanitaria e non solo in Asia, ma anche, pur in termini diversi, in Europa e in Italia.

Occorrono politiche e misure coerenti per i diversi settori, che mettano al centro le fonti rinnovabili e la mobilità sostenibile progressivamente elettrica. Sulle politiche e misure ci vorrebbe molto più spazio che una domanda. I titoli sarebbero:

a. stabilità a lungo termine delle politiche sulle rinnovabili;

novabili da rivedere periodicamente; dall'eliminazione dei sussidi diretti e indiretti alle fossili all'incentivazione delle tecnologie rinnovabili non ancora competitive. Quello che assolutamente non si deve fare è promuovere politiche stop-and-go o peggio misure retroattive per colpire le rinnovabili. Il nostro Paese, che ha avuto una buona performance nella crescita delle rinnovabili, da



b. stabilità a lungo termine delle condizioni di mercato (prezzi);

c. procedure trasparenti di pianificazione;

d. accesso alla rete elettrica per tutti.

Poi occorre anche un set ampio di misure normative: da standard minimi obbligatori di efficienza in tutti gli utilizzi dell'energia, obiettivi obbligatori per le quote di rin-

alcuni anni sta promuovendo politiche distruttive sulle rinnovabili tese a bloccarne l'ulteriore evoluzione invece di consolidarla.

B: Come già detto, l'Accordo di Parigi dovrebbe stimolare un cambio di rotta nei paesi poco virtuosi, mentre per l'Europa si confermano gli obiettivi già stabiliti. Solo

quando le altre aree economiche del mondo intensificheranno i propri sforzi, l'obiettivo sarà credibile e finora, sinceramente, non ne vediamo le condizioni.

Tornando all'Europa, bisogna ricordare che già nel 2008 i Capi di Stato e di Governo dell'Unione Europea avevano indicato come linea-guida di lungo periodo il taglio delle emissioni dell'85-90% entro il 2050, obiettivo poi confermato dalla *Roadmap verso un'economia a basso contenuto di carbonio* del 2011.

Dobbiamo constatare che a Parigi non è stato sposato l'approccio *top-down* finora adottato dall'Unione Europea, in cui si stabilisce un obiettivo e si impone una legislazione di tipo vincolante per il suo raggiungimento. Si è piuttosto preferito un approccio *bottom-up*, in cui ogni Paese decide in base alle specificità nazionali il proprio contributo di riduzione, gli strumenti più idonei per attuarlo e il periodo di riferimento. Da queste premesse appare chiaro l'intento di alcuni Stati di impegnarsi nello sforzo di riduzione delle emissioni globali, senza però compromettere le proprie ambizioni future in termini di crescita economica e sviluppo (ad esempio, la Cina, che oggi conta per oltre un quarto delle emissioni globali, prevede di raggiungere il picco emissivo solo nel 2030, per poi iniziare un processo di graduale riduzione).

L'estrema eterogeneità dei piani nazionali sul clima, che costituiscono la colonna portante per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione, mina alla radice l'idea di creare uno strumento unico – ad esempio un mercato globale delle emissioni – e quindi di garantire un *level playing field* tra chi dovrà sostenere gli oneri della sfida al surriscaldamento globale.

4. L'accordo avrà un impatto sui temi dell'energia e sull'andamento della occupazione?

O: Se preso in modo coerente e dunque se si procederà verso una de carbonizzazione spinta, certamente ci sarà un impatto assai rilevante e non solo nel settore strettamente energetico, ma avrà un impatto in tutti i settori di utilizzo dell'energia e dunque nell'intera economia, dal settore delle costruzioni ai trasporti, dalla manifat-

tura a gli usi residenziali. La de carbonizzazione spinta come delineata nel nostro scenario Energy [R]evolution (2015) prevede di aumentare gli investimenti che a livello globale stimiamo nell'ordine di 1660 miliardi di dollari all'anno fino al 2050, solo per il settore elettrico. Questi investimenti sarebbero compensati per oltre la metà dai risparmi in combustibili fossili e relativi investimenti e dunque coprirebbero abbondantemente il gap tra lo scenario di decarbonizzazione e quello di riferimento dell'IEA (WEO 2014). L'impatto sull'occupazione diretta nel settore energetico – escludendo l'indotto, che è più difficile da stimare – è di 19 milioni di posti aggiuntivi rispetto allo scenario di riferimento, il che porterebbe l'occupazione totale nel solo settore energetico a 46 milioni di persone globalmente.

B: La produzione e il consumo di energia pesano per il 70% delle emissioni globali, percentuale che incide in maniera determinante sullo scenario emissivo dei singoli Paesi.

È quindi evidente che la lotta ai cambiamenti climatici passa attraverso una profonda trasformazione dei sistemi di approvvigionamento e utilizzo dell'energia, con le conseguenze inevitabili che ne derivano per le scelte del mix energetico in capo ai Governi nazionali.

In Europa il settore termoelettrico già da anni investe ingenti risorse nella trasformazione in chiave *'green'* dei propri processi produttivi e, in Italia in particolare, la produzione di energia da fonti rinnovabili è tra le più significative del continente.

Anche il settore industriale ha dimostrato di poter efficientare le proprie produzioni in maniera significativa, come mostrano i più recenti dati di prestigiosi istituti internazionali (OCSE, Agenzia Europea dell'Ambiente) e nazionali (Rapporto GreenItaly 2015, Relazione sullo stato della Green Economy in Italia a cura del Consiglio Italiano per la Green Economy).

Altri settori, che pur contribuiscono in maniera importante alle emissioni climalteranti, come i trasporti e il residenziale, offrono margini più ampi di riduzione delle emissioni, poiché fino ad ora hanno contribuito in

maniera meno significativa al percorso di decarbonizzazione.

È evidente che gli ulteriori sforzi di mitigazione derivanti dall'Accordo di Parigi richiederanno un avanzamento sempre più repentino della frontiera tecnologica, nella direzione di una "zero emissions economy".

Se l'intento è sicuramente condivisibile da un punto di vista teorico, risulta molto più arduo valutare gli effetti che questo percorso avrà sugli attuali sistemi economici, e infatti non è un caso che l'Accordo di Parigi rimandi ai Governi nazionali la definizione di strumenti adeguati per raggiungere l'obiettivo.

L'unica certezza, ad oggi, è che una trasformazione di tale portata avrà impatti non trascurabili sugli attuali assetti produttivi, così come sulla modalità di trasporto e urbanizzazione. In definitiva, si creeranno nuovi posti di lavoro, ma se ne perderanno altri e, nel medio termine, le conseguenze sui sistemi di *welfare* e sulle finanze pubbliche potrebbero creare tensioni sociali non trascurabili, soprattutto se non accompagnate da adeguate misure di supporto.

Tutto ciò è ancor più vero in un contesto in cui non è chiaro in che modo potranno essere comparati gli sforzi dei Paesi che hanno sottoscritto l'accordo, con il rischio che l'Europa continui per la strada virtuosa, ma costosa, intrapresa già negli ultimi anni, mentre il resto del mondo andrà ad un passo decisamente più moderato verso la decarbonizzazione (questo è già ricavabile dal confronto dei contributi nazionali presentati a Parigi dai diversi Paesi, tra i quali quello dell'Unione Europea è sicuramente il più ambizioso).

5. Il tessuto industriale italiano potrà reggere la sfida internazionale in merito a un cambiamento dei modi di produrre?

O: Sono sicuro di sì. Siamo stati capaci di installare 11 GW di solare fotovoltaico in un solo anno, battendo il record della Germania, solo la Cina ci ha superato. Il nostro Paese ha una difficoltà a generare e a diffondere innovazione ma quando ci riesce è più efficiente e veloce di

altri e questo lo vediamo in diversi campi. La questione che abbiamo di fronte è mettere assieme i diversi interessi e strategie, e fare sistema integrando le grandi aziende e il tessuto prevalente che è fatto di piccole e medie imprese. Certo che se l'inerzia del passato fossile prevarrà allora avremo dei problemi. La svolta nelle strategie di Enel è un ottimo segnale sia in Italia che globalmente. Speriamo che anche altre grandi aziende si muovano nella stessa direzione. Mobilità elettrica pubblica e privata, produzione di calore con quote crescenti di rinnovabili, efficientamento degli edifici: le politiche di decarbonizzazione avrebbero un effetto di stimolo positivo per tutta l'economia. E, da ultimo ma non meno importante, va assolutamente rilanciata la ricerca: nuove soluzioni e nuove tecnologie richiedono anche investimenti nella conoscenza e nell'analisi. Una risorsa decisiva per la sfida enorme che abbiamo di fronte è l'intelligenza e la conoscenza, sarebbe ora che la politica lo capisca e ne tragga le opportune conseguenze.

B: Allo stato attuale, dobbiamo essere prudenti e realistici.

Se è vero che le nostre imprese sono all'avanguardia nello sviluppo di processi produttivi sempre più sostenibili, chiedere alla manifattura di sostenere i maggiori oneri della decarbonizzazione rischia di spiazzare molte produzioni, anche a livello nazionale.

Bisogna infatti considerare che una percentuale significativa del nostro settore manifatturiero rientra nel meccanismo europeo di scambio di quote di CO₂ (ETS), la cui riforma è in corso in questi mesi a Bruxelles.

L'ETS, che comprende circa 11.000 impianti in Europa e 1.300 solo in Italia, rappresenta il principale strumento della politica climatica ed energetica dell'Unione Europea e la sua riforma è una tappa fondamentale verso il percorso segnato dall'Accordo di Parigi.

Purtroppo, dalla proposta della Commissione europea per la regolazione del meccanismo nel periodo 2021-2030 emergono più problemi che soluzioni, poiché è altamente probabile che l'assegnazione di quote a titolo gratuito ai settori esposti al rischio di delocalizzazione,



che oggi costituisce il principale strumento a tutela della nostra industria, non sia sufficiente a garantire gli impianti coinvolti dal rischio di “dumping ambientale”. Per noi è fondamentale che il costo sostenuto dalle imprese europee per la lotta ai cambiamenti climatici non sia unilaterale, pena la delocalizzazione progressiva di interi comparti produttivi. Purtroppo dobbiamo constatare che a Parigi non si è riusciti a cogliere quella che per noi è una precondizione della sostenibilità ambientale, cioè il *level playing field* tra competitori del mercato globale.

Nel testo non si fa mai cenno, se non per sommi capi, ai *carbon markets* (come l'ETS), al *carbon pricing* più in ge-

nerale o a sistemi di *carbon tax* come parte della fiscalità ambientale, segno che la comunità internazionale non è ancora pronta a sviluppare un metodo condiviso per ridurre le emissioni.

6. Si parla sempre di più di trasferimento di tecnologie verso i Paesi in via di sviluppo in modo da favorire l'abbassamento delle emissioni climalteranti. Vi saranno impatti positivi per la nostra economia sotto forma di maggiori opportunità?

O: Anche in questo campo il nostro Paese può giocare un ruolo globale. A patto che sappia integrare capacità

nel mercato interno e proiezione in Paesi terzi. La vecchia logica per cui, ad esempio, gli investimenti in rinnovabili vadano fatto prevalentemente all'estero mentre qua spingiamo per tornare a usare più gas sono un *nonsense*. Come ha detto Francesco Starace, amministratore delegato e direttore generale di Enel, a una riunione internazionale di Greenpeace, se le rinnovabili funzionano bene nei Paesi emergenti possono funzionare benissimo anche da noi.

B: Il progresso tecnologico costituisce le fondamenta sulle quali costruire una qualsivoglia politica di lotta ai cambiamenti climatici, tanto nei paesi industrializzati quanto in quelli in fase di transizione.

Lo sviluppo di nuove tecnologie è essenziale per garantire l'efficacia degli sforzi che i Paesi sviluppati dovranno compiere sul fronte interno ed è anche una *conditio sine qua non* dei processi di trasferimento tecnologico verso i paesi in via di sviluppo.

In questo frangente deve inserirsi la visione strategica dei singoli Governi, che affianchi agli investimenti del settore privato un chiaro e coerente impegno dello Stato, il quale dovrà essere in grado di orientare opportunamente le politiche pubbliche (fiscali, industriali, di R&I) verso i settori strategici per la trasformazione dell'economia in chiave *'green'*.

Auspicialmente, in Italia potremo sfruttare l'occasione offerta dall'annunciato *'Green Act'*, per garantire il contributo dell'Italia al *Green Climate Fund* confermato dalla COP21 e, allo stesso tempo, rivedere i principi cardine che governano la complessa fiscalità ambientale ed energetica del nostro Paese.

7. Se dall'Accordo di Parigi dovesse scaturire una reale transizione verso una Low Carbon Society, sarà equa?

O: Dipende da come la si farà. In linea di massima, comunque, un'economia a basse emissioni di carbonio è di per sé tendenzialmente più equa. Come Greenpeace l'abbiamo sperimentato in un progetto che abbiamo pro-

mosso due anni fa di una micro-rete a scala di villaggio, basata su impianti fotovoltaici e su un sistema di accumulo con batterie, a Dharnai nella regione del Bihar, una delle più povere dell'India. Il sistema – che comprende anche 10 impianti di pompaggio dell'acqua e una rete di illuminazione pubblica a LED - è stato messo in piedi in tre mesi e il villaggio, di oltre duemila persone, ha finalmente la luce tutto il giorno, pagando bollette eque per finanziarsi. Se funziona in un'area rurale dell'India vuol dire che, con gli opportuni adattamenti, potrebbe essere replicato anche altrove.

B: Questo è un punto fondamentale dell'Accordo. Come detto in precedenza, il salto di qualità compiuto a Parigi consiste nel riconoscimento di un'urgente azione collettiva che impegni tutti gli Stati parte dell'accordo. È chiaro che questo avverrà secondo i principi, già riconosciuti dal Protocollo di Kyoto, di *'common but differentiated responsibilities'*, secondo cui i Paesi che meno hanno contribuito alle emissioni globali devono partecipare in maniera proporzionale alla loro riduzione. A questo si aggiunga il principio del *'loss and damage'*, che consiste nel riconoscimento di una sorta di risarcimento danni per i Paesi in via di sviluppo impattati da cambiamenti climatici ai quali da soli non possono far fronte.

Questi due principi, insieme al fondo da 100 miliardi di dollari per finanziare il *'capacity building'* nelle aree più povere del mondo, dovrebbero garantire l'equità della transizione energetica ed economica.

Bisogna però fare molte attenzione alle modalità con cui queste ingenti somme di denaro verranno effettivamente spese e a chi saranno destinate. Per le imprese italiane ed europee il rischio concreto è che competitor di aree del mondo oramai ampiamente sviluppate, come la Cina, l'India e il Brasile, godano di vantaggi competitivi dovuti non solo ai vincoli ambientali meno severi imposti nelle rispettive giurisdizioni, ma anche di aiuti pubblici che i nostri sistemi economici non possono garantire.

Si tratta di fattori che inevitabilmente andranno ad impattare sulla competitività, e sulla stessa composizione, dei nostri tessuti produttivi.

8. Vi sarà un ruolo delle città, magari anche opportunità, nel processo di de carbonizzazione, magari con un rilancio di una corretta pianificazione urbana che tenga conto anche del ruolo delle aree agricole?

O: Le città sono fondamentali com'è ovvio. La difficoltà qua è sia culturale – portare la logica della de carbonizzazione a livello di pianificazione locale fino a come si fanno le gare d'appalto. Ci sono esperienze positive in giro per l'Italia anche se, purtroppo, prevalgono ancora visioni del passato su come le città debbano evolversi. Pensare di continuare a costruire strade per la mobilità su gomma è, ad esempio, un problema serio. Oppure promuovere aeroporti in ogni città. Invece la priorità assoluta dovrebbe essere quella di promuovere infrastrutture per la mobilità elettrica collettiva e privata. Il ruolo dell'agricoltura è importante – ed è più generale non riguarda solo le città; anche in questo campo occorre una politica che sviluppi le capacità del sistema agricolo sia di assorbire carbonio che di produrre servizi a km zero.

B: Già oggi le città svolgono un ruolo fondamentale nella lotta ai cambiamenti climatici e sicuramente a Parigi è

stato certificato un loro coinvolgimento proattivo.

Sono numerose le iniziative di carattere transnazionale, come il Patto dei Sindaci, che coinvolgono anche importanti città italiane, e sempre di più le Regioni e altre realtà legate al territorio inseriscono piani di riduzione delle emissioni nei propri programmi amministrativi. In questo contesto, un ruolo fondamentale sarà giocato dalle strategie nazionali di adattamento che ogni Paese metterà in atto a livello nazionale. La risposta ai cambiamenti climatici, difatti, non passa soltanto dalla riduzione delle emissioni, ma anche da una pianificazione strategica del territorio, dalla messa in sicurezza delle aree più a rischio, dal risanamento delle zone degradate e da una gestione più oculata dei territori e delle loro risorse.

In questo frangente le due parole chiave che dovranno guidare la transizione sono “urbanizzazione intelligente” e “mobilità sostenibile”: se non cambiamo il modo di utilizzare l'energia nelle nostre abitazioni e nei nostri uffici e, allo stesso tempo, non modifichiamo radicalmente le modalità di trasporto e spostamento di merci e persone, qualsiasi sforzo di mitigazione guidato dallo sviluppo di tecnologie *'green'* risulterà vano o, perlomeno, del tutto insufficiente.

La dimensione del lavoro nelle Smart Cities

Il contributo dell'innovazione dei modelli organizzativi delle attività lavorative alla crescita economica e allo sviluppo sostenibile delle Smart Cities

DOI 10.12910/EAI2016-019

di **Marina Penna e Bruna Felici**, ENEA

Il concetto di “smart city” è il punto di incontro verso cui si tende a far convergere i molteplici punti di vista che caratterizzano le esigenze di sviluppo delle comunità urbane: mobilità, energia, ambiente, urbanistica, cultura, partecipazione, governo, innovazione sociale e così via. Per questi ambiti, comunemente affrontati e gestiti con logiche volte a potenziarne le contrapposizioni derivanti da interessi concorrenti, è possibile trasformare la diversità in risorsa, impostando paradigmi nuovi grazie alle connessioni funzionali e gestionali abilitate dalle ICT.

L'attività lavorativa è un elemento cardine della vita della comunità urbana e dell'organizzazione della città, perché incide, in modo significativo, sulla qualità della vita delle

persone e delle famiglie, sull'economia delle città, sulla domanda di mobilità, sui consumi, sulle relazioni sociali, sullo sviluppo urbano.

Nel concetto di *smart working* convergono molteplici visioni attinenti la sfera personale, aziendale, istituzionale e collettiva: l'approccio “smart” consiste nel tenere in considerazione e valorizzare in un sistema organico le complesse interconnessioni attraverso le quali queste visioni si esplicano all'interno della comunità.

Lo *smart working* può essere, quindi, inteso come uno strumento di politica partecipata attraverso cui sviluppare la capacità di intervenire in modo consapevole, sfruttando le potenzialità delle tecnologie della comunicazione per “connettere” gli interessi concorrenti in un quadro

complessivo di mutuo scambio e di mutuo apprendimento.

Il processo che qui si immagina è inverso a quello seguito dalle attuali logiche di *governance* “per competenze”, che richiedono di “spacchettare” individui, gruppi, istituzioni in una somma di ruoli concorrenti e procedono poi a sfrondare ogni singola pila di pacchetti da tutto quello che è ritenuto secondario rispetto al “core business” affidato ad ogni singola “competenza”.

L'approccio per competenza, nell'affrontare individui, gruppi, aziende e istituzioni si basa sulla sola informazione che deriva dal ruolo che ciascuna entità svolge in relazione alla competenza di interesse, perdendo così l'informazione che deriverebbe dal considerarlo un elemento unitario che riassume in sé molteplici

Ripensare i modelli organizzativi del lavoro

L'attuale grado di sviluppo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) premette di ripensare i modelli organizzativi del lavoro per renderli progressivamente meno dipendenti dalla localizzazione del lavoratore in sedi prestabilite.

La conseguente possibilità di riorganizzare la logistica degli spostamenti casa-lavoro prelude alla trasformazione degli assetti urbani, soprattutto quelli caratterizzati da elevato pendolarismo e dalla contrapposizione tra quartieri congestionati dove si concentrano le attività lavorative, e quartieri dormitorio, spesso privi di servizi e di identità.

Ancora più significativa è la possibilità di incidere sulla "risorsa" tempo, che nella nostra società ha acquisito un valore economico crescente ed è misura di qualità della vita; risorsa scarsa a valore unico, non moltiplicabile e non replicabile.

Si apre, dunque, la possibilità di impostare politiche integrate capaci di contribuire allo sviluppo delle Smart Cities incidendo significativamente sulla domanda di mobilità, sul welfare, sulla parità di genere, sull'inclusione sociale e la lotta alla criminalità.

Politiche "smart" a tutti gli effetti, dato che possono essere realizzate attraverso processi che riducono, invece che aumentare, i costi a

carico dei lavoratori, dei datori di lavoro e della collettività.

Ma, parafrasando Virgilio, "... c'è un guardiano assiso all'ingresso, un terribile fantasma che veglia sulla soglia", assai poco smart e difficile da scalzare. È la resistenza al cambiamento che si annida nelle regole e nella mentalità comune, l'attaccamento pregiudiziale a sistemi organizzativi che guardano al rispetto dei processi formali più che al raggiungimento di risultati. In termini economici questo si è finora tradotto in progressiva perdita di competitività nei confronti di chi sa assimilare l'innovazione.

ruoli, funzionalmente connesso ad altri individui, gruppi, aziende e istituzioni attraverso una fitta rete di relazioni.

Nella sfera delle politiche del lavoro, un individuo è quindi alternativamente visto come imprenditore, lavoratore, consumatore di beni o servizi, genitore, figlio, fornitore o dispensatore o fruitore di cultura, di assistenza parentale o sociale e così via. Egli è quindi, alternativamente, esaltato o additato, aiutato od ostacolato in funzione della sua relazione del momento con la specifica "competenza" su cui ci si concentra. L'impossibilità di organizzare, condividere e gestire in tempi brevi grandi moli di informazioni, che ha reso fino ad ora accettabile la limitatezza di un tale approccio, viene meno alla luce delle nuove possibi-

lità che gli ambienti *cloud* e la "big data analysis" hanno aperto. Le politiche possono aprirsi a più efficaci approcci integrati, avvalendosi delle tecnologie e ottimizzando l'impiego delle risorse.

Trascurare il funzionamento delle interconnessioni non equivale, infatti, ad eliminarle, ma affida al caso il meccanismo di "moltiplicazione degli effetti" che esse generano a valle di un intervento di "governance". Non è infrequente il caso in cui le conseguenze che derivano dall'incontrollata moltiplicazione degli effetti che procede da una azione messa in campo con lo scopo di rispondere a una circoscritta istanza, abbiano prodotto il risultato di peggiorare la situazione complessiva di un più ampio bacino di soggetti interessati.

Ricerca, attraverso nuove organizzazioni del lavoro, la conciliazione dei tempi di vita e dei tempi di lavoro è uno dei modi per mettere a frutto le "interconnessioni" permettendo ad esse di moltiplicare "in positivo" l'effetto di ogni azione in settori che riguardano tutti gli aspetti della comunità urbana e che si potenziano vicendevolmente in una prospettiva di "decarbonizzazione" dell'economia, equità sociale e di genere, di miglioramento della qualità della vita e aumento della produttività.

Allo *smart working* si associa la possibilità di svolgere il proprio lavoro in modo indipendente da una sede fisica prestabilita, di qui la necessità di un'organizzazione che operi coinvolgendo il lavoratore nella pianificazione delle attività, accordandogli una maggiore autonomia organiz-



zativa e decisionale e sostituendo il controllo della presenza in ufficio con la valutazione dei prodotti del suo lavoro.

È evidente però che, se le modifiche organizzative richieste da una buona impostazione del lavoro a distanza possono favorire il miglioramento dell'organizzazione complessiva delle attività lavorative, non è né automatico, né scontato che ciò avvenga.

Allo stato attuale non mancano alcune preoccupanti derive verso un utilizzo miope delle moderne tecnologie. Quando manca la capacità di traguardare l'evoluzione che la tecnologia abilita, prevale la tendenza a concentrare gli sforzi per mantenere inalterati i modelli organizzativi del lavoro. Si preferisce così ridurre le tecniche di comunicazione in artificiosi congegni

di controllo a distanza. Si propongono così dispositivi capaci di tradurre la frequenza di spostamento del mouse di un computer in una curva di attività del lavoratore o di spiare, per lo stesso fine, il battito delle ciglia e la frequenza della respirazione, eloquenti esempi di umilianti quanto efficaci inibitori di produttività.

È evidente che la capacità di organizzare e governare le informazioni per creare "l'effetto domino" voluto deve essere costruita e che le scelte tecniche e i comportamenti tecnici si traducono in scelte e comportamenti sociali e politici.

La Giornata del Lavoro Agile

La *Giornata del Lavoro Agile*¹ è alla sua terza edizione. Lanciata in forma sperimentale per il nuovo Piano ter-

ritoriale degli orari, per "un'organizzazione del lavoro che segua le trasformazioni della città", la giornata ha registrato una ampia adesione di lavoratori del Nord Italia, in gran parte dell'area metropolitana di Milano. Il tema portante riguarda lo sviluppo urbano secondo un'ottica multifunzionale; la città è pensata non solo come spazio dell'abitare e della relazione, della produzione e del consumo di beni e servizi, ma anche come luogo per sviluppare nuove pratiche e modalità di lavoro in spazi condivisi.

È cresciuta la partecipazione delle aziende e dei loro dipendenti coinvolti su base volontaria, passando da 5681 a 8175 lavoratori. Si è trattato di un percorso inclusivo ratificato da un protocollo di intesa sottoscritto dalle Federazioni e Associazioni in rappresentanza delle

aziende e dei lavoratori².

La città per un giorno è divenuta laboratorio partecipato di sperimentazione, di tempi e modi per la mobilità sostenibile, di utilizzo di luoghi multifunzione e servizi variamente accessibili e fruibili dai cittadini, di conciliazione di ambiti di vita e di lavoro.

Il territorio, per la densità abitativa e per l'estensione geografica che caratterizza il suo tessuto produttivo, si presenta come un spazio di osservazione ideale di una grande area metropolitana che va ben oltre il confine regionale.

Sebbene in versione *light* rispetto ad una sessione evoluta di *smart working*³, la Giornata del Lavoro Agile rafforza la convinzione che nuove forme di organizzazione del lavoro possano contribuire a trasformare lo stesso mondo del lavoro, impattando positivamente sull'efficacia e produttività delle aziende, sulla qualità della vita delle persone e sulla migliore gestione degli spazi collettivi. I dati raccolti a Milano sono coerenti con quanto è noto da tempo sulle aziende e le istituzioni che hanno già adottato analoghe misure sul lavoro a distanza.

Dal punto di vista *collettivo* agire in maniera intelligente sull'organizzazione del lavoro in termini di tempi e luoghi, significa incidere significativamente anche sulla mobilità privata con un potenziale impatto sul livello delle emissioni e sui consumi energetici e in generale sulla qualità complessiva dell'ambiente urbano. L'Italia oltre ad essere uno dei paesi europei con il più alto tasso di motorizzazione si caratterizza per l'alta mobilità delle sue grandi aree urbane; nelle maggiori città italiane il 59,4% degli spostamenti è effettuato con l'automobile, contro il 38%

di Madrid o il 40% di Londra⁴. La Giornata Agile ha permesso di evitare in un solo giorno circa 170mila km di percorrenza, ottenendo così un risparmio nel consumo di carburante pari a circa 14mila litri.

Sul piano *individuale* il risparmio di ore per gli spostamenti nel tragitto casa-lavoro si traduce spesso in un incremento del tempo dedicato alla famiglia, alla casa e alle proprie attività personali di relazione. Si tratta di un aspetto che, ancor più che al dato quantitativo⁵, rimanda al ruolo della dimensione qualitativa nella vita quotidiana, come d'altronde ben illustrato anche dalle conclusioni della Commissione Stiglitz-Sen-Fitoussi⁶.

Osservare il benessere e il progresso sociale, secondo una visione che si è ormai consolidata, significa uscire dalla tradizionale lettura contabile della performance economica per andare verso l'osservazione di un modello complesso e complementare per la presenza di più fattori. Tra questi ve ne sono diversi che appartengono alla dimensione della relazione sociale, che è data dall'insieme delle capacità e possibilità dei singoli di scegliere liberamente i modi e i tempi della partecipazione attiva anche alla vita comunitaria.

Il tema della socialità non è dunque secondario rispetto a quanto trattato nel presente articolo; il legame esistente tra gli aspetti sociali e l'assetto urbanistico delle città impone che la sperimentazione di nuovi modelli di mobilità o di organizzazione del lavoro sia accompagnata da una riflessione sulla riqualificazione delle periferie o, più in generale, da una idea per una città del futuro⁷.

Non meno interessante il *punto di vista delle aziende* secondo le quali l'introduzione di nuove forme di



Illustrazione di Maria Grazia Capitelli (ISPRA)

organizzazione del lavoro determina diversi benefici che vanno ben oltre, anche in questo caso, del mero dato numerico legato al risparmio dei costi. Molte infatti dichiarano di osservare una maggiore motivazione dei propri dipendenti, un migliore equilibrio tra lavoro e vita familiare, la riduzione del tasso di assenteismo, l'incremento delle prestazioni e della produttività dei singoli⁸. Per realizzare reali vantaggi comuni va promossa una cultura aziendale realmente coordinata e collaborativa, che sappia uscire da una logica di controllo diretto per una visione di delega e di lavoro per obiettivi.

Prospettive di sviluppo dello "smart working" in Italia

L'Ufficio Studi dell'ENEA sta indagando il contesto di mutamenti economici, tecnologici, sociali, culturali e giuridici associati ai modelli di organizzazione del lavoro che le ICT rendono progressivamente meno dipendenti dalla localizzazione del lavoratore in sedi prestabite.

La conseguente possibilità di riorganizzare la logistica degli spostamenti casa-lavoro consente di sviluppare strumenti di *policy* per far fronte a specifiche esigenze. È, ad esempio, il caso del piano adottato a Londra in occasione dei Giochi Olimpici del 2012 per promuovere il ricorso al telelavoro in aziende pubbliche e private nel periodo in cui era attesa la maggiore affluenza di persone, con lo scopo di mitigare traffico e sovraffollamento dei mezzi pubblici⁹.

Negli USA è in atto una politica più strutturata di lungo periodo basata su una diversa organizzazione del lavoro. Con il 2010 Telework Enhancement Act¹⁰ le Agenzie Federali sono state incaricate di raggiungere, tramite il telelavoro, obiettivi progressivi di conciliazione tra lavoro e vita, di affidabilità e continuità delle operazioni delle

funzioni federali essenziali durante eventuali situazioni di emergenza (quali attentati, pandemie, eventi meteo estremi ecc.) e di efficienza di gestione, con riduzione dei costi di gestione, di impatto ambientale e di quelli legati agli spostamenti.

È possibile andare ben oltre: la profonda e pervasiva discontinuità organizzativa della società, introdotta dalle ICT, possiede, infatti, le caratteristiche dei complessi processi sociotecnici associati ai “large technical systems”, capaci di determinare estesi processi di riorganizzazione sociale, politica ed economica¹¹. Nell’ottica di *smart city* sopra descritta, questi strumenti di *policy* possono indurre profondi cambiamenti nelle abitudini di mobilità, nei consumi, nell’organizzazione di vita e di lavoro e possono aprire nuove prospettive per il welfare e la parità di genere, fino ad arrivare a determi-

nare una profonda trasformazione degli assetti urbani. Ciò vale soprattutto per quelli caratterizzati da pendolarismo e dalla contrapposizione tra quartieri congestionati dove si concentrano le attività lavorative e quartieri dormitorio.

Purtroppo la PA Italiana mostra evidenti limiti nell’assimilare i processi innovativi. Nel Networked Readiness Index¹², su 144 paesi censiti, l’Italia è al 99° posto per politiche e regolamentazioni e al 112° per utilizzo di ICT da parte della Pubblica Amministrazione. L’ENEA si propone di sviluppare strumenti tecnici di supporto ai decisori politici e agli amministratori per valutare preventivamente gli impatti di politiche integrate come quelle sopra descritte e predisporre i contesti idonei alla realizzazione e al monitoraggio di progetti dimostrativi su scala provinciale.

¹ Possibilità di lavorare in luoghi diversi dal consueto luogo di lavoro. Secondo i dati ad oggi disponibili, relativi alla precedente edizione del 2015, il 90% circa dei partecipanti ha lavorato da casa, secondo un modello più vicino all’attuale telelavoro che allo smart working

² Per maggiori dettagli sull’organizzazione del percorso si rimanda al sito:

http://www.comune.milano.it/wps/portal/ist/it/servizi/impresa/piano_territoriale_orari/giornata_lavoro_agile

³ Il 90% circa dei partecipanti dell’edizione 2015 ha lavorato da casa, secondo un modello più vicino all’attuale telelavoro che allo smart working. La terza edizione prevede una evoluzione dell’esperienza per la presenza di 40 sedi di coworking accreditati, in vari punti della città, in cui sperimentare un modello innovativo che valorizza la flessibilità e l’autonomia dei lavoratori e delle lavoratrici

⁴ Studio Acì, Fondazione Caracciolo, 2013

⁵ Nel caso di Milano l’indagine ha evidenziato un risparmio medio giornaliero di quasi due ore ciascuno

⁶ La misurazione delle performance economiche e del progresso sociale, Rapporto della Commissione Sarkozy sulla misura della performance dell’economia e del progresso sociale, 2009

⁷ “Un'altra idea guida nel mio progetto con i giovani architetti è quella di portare in periferia un mix di funzioni. La città giusta è quella in cui si dorme, si lavora, si studia, ci si diverte, si fa la spesa. Se si devono costruire nuovi ospedali, meglio farli in periferia, e così per le sale da concerto, i teatri, i musei o le università. Andiamo a fecondare con funzioni catalizzanti questo grande deserto affettivo”. Renzo Piano, “Il rammendo delle periferie”, *Il Sole 24 Ore*, 26/1/2014

⁸ Conclusioni della ricerca dell'Osservatorio sullo Smart Working del Politecnico di Milano, *Smart Working: ripensare il lavoro liberare energia*, 2012 e la ricerca *Telelavoro, tra cultura e tecnologia*, realizzata dal gruppo di lavoro Unindustria, il Gruppo di lavoro Innovazione e Tecnologie del Sindacato Romano Dirigenti Aziende Industriali e il Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Roma Tor Vergata, 2011

⁹ <https://www.mobileworkexchange.com/mobileworker/view/1133> ; <http://blog.smart-pa.com/post/32322040392/remote-working-after-2012-london-olympics>

¹⁰ US Office of Personnel Management. 2013 Status of Telework in the Federal Government. Report to the Congress

¹¹ Michela Nacci, *Il Potere Invisibile. Implicazioni Politiche dei Macrosistemi Tecnici*, in *Spazi e politica nella modernità tecnologica* ISBN 88-8453-392-9 ©, Firenze University, 2006

Alain Gras. *I macrosistemi tecnici: una seconda natura della modernità*, trad. it., «Iride», 1, 1998

¹² Tasso di innovazione dei paesi, misurato dal World Economic Forum (WEF) sulla base di 54 indicatori. Per maggiori informazioni consultare il Global Information Technology Report disponibile al link: http://j.mp/WEF_GITR_2014

La Piattaforma Logistica Nazionale, un contributo alla riduzione delle esternalità del trasporto merci in Italia

La realizzazione della Piattaforma Logistica Nazionale, ossia della piattaforma digitale in grado di assicurare e gestire l'interconnessione dei nodi di interscambio modale (porti, interporti, centri merci, piastre logistiche), contribuirebbe al raggiungimento degli obiettivi europei e nazionali di abbattimento delle emissioni di CO₂ e, più in generale, alla riduzione delle esternalità negative prodotte dal settore del trasporto merci in Italia, migliorando nel contempo la sicurezza del trasporto, la scorrevolezza del traffico stradale e generando notevoli benefici per la collettività

DOI 10.12910/EAI2016-020

di **Sara Manno, Silvia Orchi e Maria Pia Valentini, ENEA**

I trasporti rappresentano un settore economico strategico e decisivo per la modernizzazione, la sostenibilità e la competitività delle economie nazionali. Complessivamente, l'Italia presenta un costo della logistica "tradizionale" maggiore dell'11% rispetto alla media europea, con un aggravio per il sistema stimabile in circa 12 miliardi di euro¹. Attualmente, le esigenze della domanda sono gestite facendo ricorso, quasi esclusivamente, al trasporto su gomma con uno scarso utilizzo del trasporto ferroviario e dell'intermodalità. Questi aspetti

influenzano negativamente la composizione del costo logistico italiano. Alla luce del contesto di riferimento nazionale, una delle soluzioni apparse ammissibili nel breve tempo e aventi ampio margine di penetrazione tra gli operatori, anche sulla scorta delle possibilità offerte dall'evoluzione delle tecnologie ICT, è risultata la dotazione al sistema logistico nazionale di strumenti telematici, flessibili e integrabili tra loro, in grado di migliorare la pianificazione, la progettazione, l'esercizio, la manutenzione e la gestione dei sistemi di trasporto. L'iniziativa è stata lanciata

dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti² e sta trovando concreta attuazione con la realizzazione della Piattaforma Logistica Nazionale (PLN), ossia la piattaforma digitale in grado di assicurare e gestire l'interconnessione dei nodi di interscambio modale (porti, interporti, centri merci, piastre logistiche) migliorando nel contempo la sicurezza del trasporto merci, a partire dalla costituzione di UIRNet SpA, organismo di diritto pubblico (DM n. 319 del 2012), società partecipata dai principali attori del sistema logistico italiano e soggetto attuatore

unico adibito a mettere in produzione la PLN per conto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti³. Attualmente si è in attesa dell'individuazione del Gestore Unico che dovrà svolgere i servizi previsti dalla piattaforma, aggiornare e sviluppare la PLN ed eventualmente commercializzare dei servizi aggiuntivi. I servizi della piattaforma sono destinati ai trasportatori, alle aziende della logistica, ai gestori degli interporti e alle aziende produttive.

Nel corso degli anni sono stati realizzati diversi studi sulla Piattaforma Logistica Nazionale (PLN). Quelli di maggior rilievo ai fini della presente analisi sono: il Business Plan (BP) redatto per il futuro gestore della piattaforma dalla McKinsey, l'indagine conoscitiva presentata da Uirnet SpA alla Camera dei Deputati nel settembre 2012 e lo studio commissionato dalla stessa, alla società di consulenza nazionale European House Ambrosetti pubblicato nel settembre 2014.

Il BP, in riferimento al mercato potenziale dell'autotrasporto, stima per il periodo 2015-2034 una evoluzione pari all'1-2% all'anno, per giungere

ad un totale di 5,8 milioni di utenti potenziali alla fine del periodo, di cui 0,7 milioni in conto terzi e 5,2 milioni in conto proprio e prevede che a regime il *market share* captato sia pari al 32% per l'autotrasporto in conto terzi e al 2,8% per l'autotrasporto in conto proprio.

Nell'indagine conoscitiva presentata alla Camera dei Deputati sono mostrati i benefici attesi, stimati in circa 2,4 miliardi di euro l'anno, di cui 1,7 miliardi per l'ottimizzazione dei tempi nei porti/interporti; 0,2 miliardi per lo *shift* modale da "strada" a "ferrovia"; 0,5 miliardi per la riduzione della volatilità del sistema logistico nazionale. Nell'analisi non sembra essere stato valutato il beneficio in termini di minori esternalità ambientali che il progetto potrebbe generare grazie all'ottimizzazione del trasporto merci su gomma (riduzione delle percorrenze e aumento del Load Factor).

Nello studio Ambrosetti si stima invece che i benefici generati dalla realizzazione della PNL, per il solo settore della logistica, ammonterebbero a circa 1,2 miliardi di euro l'anno, cui si aggiungerebbero i benefici

prodotti sul PIL e sull'occupazione. Lo studio opera anche una valutazione della riduzione dei costi esterni derivante dall'ottimizzazione del trasporto merci su strada. La stima è stata realizzata sulla base dei risultati di uno studio americano su progetti pilota nel settore del trasporto merci⁴ secondo cui l'ottimizzazione dei flussi logistici produrrebbe una riduzione delle esternalità compresa tra il 10% e il 16% del totale dei costi esterni del trasporto merci. Per il caso italiano, questi ultimi sono stati ripresi tal quali dallo studio condotto da Amici della Terra (AdT) nel 2005 su dati del 2003, che stimava un ammontare dei costi esterni del trasporto merci pari complessivamente a circa 15,9 miliardi di euro l'anno⁵: 1 miliardo di euro per emissioni di gas serra, 3,6 miliardi di euro per inquinamento atmosferico, 3,2 miliardi di euro per inquinamento acustico, 0,4 miliardi di euro per l'incidentività, 7,7 miliardi di euro per la congestione delle strade. Utilizzando i parametri dello studio americano, quindi, i benefici conseguenti all'ottimizzazione del settore logistico sarebbero contenuti in un interval-

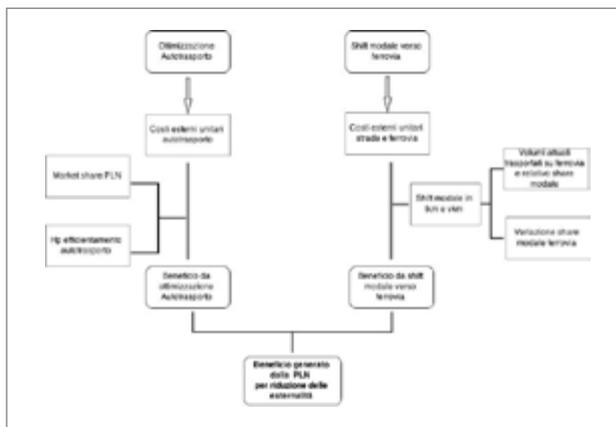


Fig. 1 Flussogramma della stima della riduzione dei costi esterni del trasporto merci da realizzazione della Piattaforma Logistica Nazionale
Fonte: elaborazione ENEA

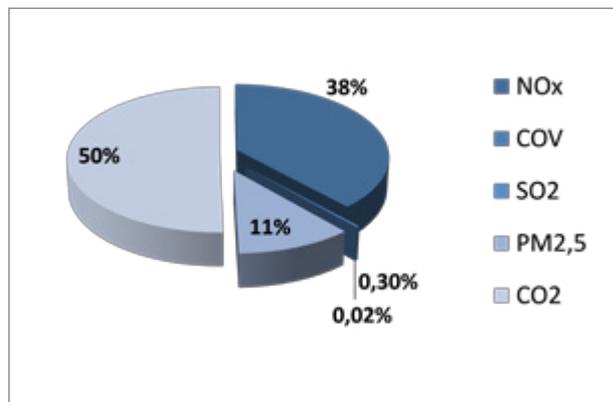


Fig. 2 Composizione percentuale dei costi esterni delle emissioni nocive del trasporto merci su strada in Italia nel 2012
Fonte: elaborazione ENEA su dati ISPRA e Manuale Europeo sui costi esterni del trasporto

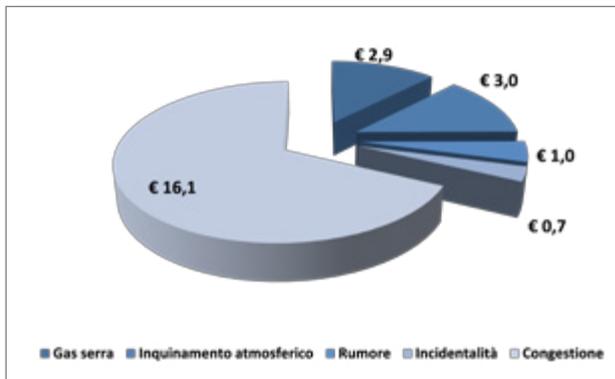


Fig. 3 Composizione percentuale dei costi esterni del trasporto merci su strada nel 2012 (milioni di €)
 Fonte: elaborazione ENEA su dati ISPRA e Manuale Europeo sui costi esterni del trasporto

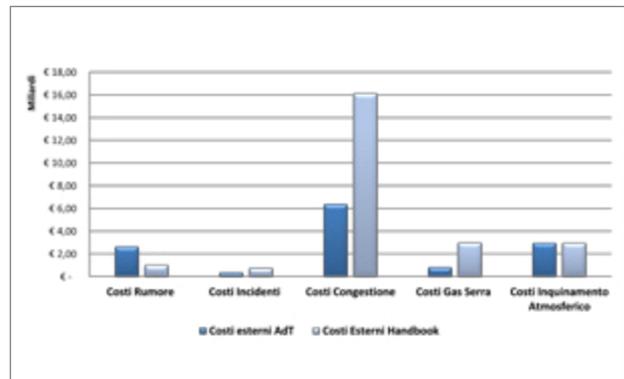


Fig. 4 Costi esterni del trasporto merci su strada, confronto tra lo studio Amici della Terra (2003) e la rielaborazione ENEA (2012)
 Fonte: Amici della Terra, dati ISPRA e valori economici del Manuale Europeo sui costi esterni del trasporto

lo compreso tra 1,6 e 2,5 miliardi di euro l'anno.

Attingendo all'inventario ISPRA delle emissioni del trasporto su strada per l'anno 2012 e alla versione aggiornata del Manuale Europeo sui costi esterni del trasporto⁶, si è proceduto ad una autonoma valutazione della riduzione delle esternalità negative del trasporto merci in Italia conseguenti all'attivazione della PLN, prendendo come riferimento proprio la domanda che a regime la PLN potrebbe attirare secondo il BP. La valutazione ha riguardato sia il miglioramento dell'efficienza dell'autotrasporto sia il trasferimento modale da strada a ferrovia.

Per quanto riguarda la valutazione dei benefici per l'autotrasporto, dapprima è stata acquisita la stima dei costi esterni complessivi del trasporto merci su strada in Italia nel 2012; successivamente tale valore è stato rapportato alla domanda potenziale stimata nel BP per la PLN; infine è stata applicata un'ipotesi di riduzione delle esternalità pari a quella suggerita dallo studio americano precedentemente citato.

Per calcolare i benefici attesi dallo spostamento su ferrovia che, secon-

do l'indagine conoscitiva presentata alla Camera dei Deputati nel 2012, porterebbe lo *share* modale del trasporto merci su ferrovia dall'attuale 4% ad un 10% (in termini di tonnellate), è stato necessario quantificare il trasporto merci su ferrovia negli ultimi anni così da poter valutare lo *shift* modale in valori assoluti. Mettendo a confronto le prestazioni del trasporto su strada con quelle del trasporto su ferro, sono stati poi valutati i benefici. La Figura 1 illustra il diagramma di flusso che esemplifica la metodologia seguita.

In totale, le emissioni nocive del trasporto merci stradale in Italia nel 2012 hanno generato costi pari a € 2,9 miliardi di euro per l'inquinamento atmosferico e a 3,0 miliardi di euro per il cambiamento climatico, per un totale di circa 6 miliardi di euro; la Figura 2 ne illustra la composizione per ciascuno dei principali inquinanti.

Sempre nel 2012 si stima che il trasporto merci su strada abbia generato congestione della rete per un ammontare di costi esterni pari a circa 16,2 miliardi di euro, inquinamento acustico per circa 1 miliardo di euro e incidentalità per circa 0,7 miliardi

di euro. Nel complesso, quindi il trasporto merci su strada in Italia nel 2012 avrebbe prodotto diseconomie esterne per un totale di circa 23,8 miliardi di euro, di cui la Figura 3 illustra la composizione. La congestione rappresenta la voce preponderante delle esternalità con una quota pari al 68% del totale.

Il valore così aggiornato (Figura 4) è decisamente più elevato rispetto alla stima realizzata da Amici della Terra nel 2005 su dati del 2003 (13 miliardi euro/anno per il solo autotrasporto). Le motivazioni sono svariate.

Infatti, nel periodo intercorso, da un lato il totale delle percorrenze è aumentato di circa 1,5 miliardi di veicoli-km, soprattutto per effetto di un aumento dell'attività dei veicoli leggeri, in particolare in ambito extraurbano; d'altro canto, i miglioramenti tecnologici sui veicoli intervenuti dal 2003 al 2012 hanno fatto sì che le emissioni nocive si riducessero. Altro elemento discriminante nella stima dei costi esterni è stato il costo unitario marginale attribuito alle singole esternalità nei due studi messi a confronto.

Pur partendo da un valore di costo esterno complessivamente più eleva-



to rispetto a quello considerato dal precedente studio, la nuova stima dei benefici conseguenti all'attivazione della PLN risulta inferiore. Infatti si è ritenuto opportuno considerare solo la quota di mercato raggiungibile dai nuovi servizi della PNL come desumibile dal Business Plan, ottenendo un valore compreso tra 400 e 630 milioni di euro l'anno per la parte relativa alla razionalizzazione dell'autotrasporto.

A questa stima sono però da aggiungersi i benefici derivanti dallo *shift* modale da strada a ferrovia.

L'incremento atteso per lo share

modale della ferrovia, secondo l'indagine conoscitiva alla Camera dei Deputati del 2012, è pari al 6%. Da questo dato è stato estrapolato lo *shift* modale da strada a ferrovia in termini di tonnellate, tonnellate-km e veicoli-km sottratti alla strada.

Le assunzioni di base per questo calcolo hanno riguardato la percorrenza media di una tonnellata su ferrovia, assunta pari a 500 km e il carico medio per i mezzi pesanti di peso compreso tra 24-40 tonnellate, assunto pari a 20 tonnellate (fonte: Ecotransit World). Sulla base di tali valori e dei costi unitari suggeriti nel

manuale europeo, sono state calcolate le esternalità risparmiate per le tonnellate di merci passate da strada a ferro, da cui si deriva una riduzione delle esternalità complessive pari a circa 698,9 milioni di euro l'anno, di cui il 58% rappresentato da una minore congestione, il 37% dalla riduzione delle emissioni di inquinanti, il 5% per una minore incidentalità e l'1% per la riduzione del rumore. A tali benefici si devono sottrarre i costi esterni dovuti alle emissioni nocive di un'extra-produzione di energia elettrica per il maggior utilizzo della ferrovia, stimati pari a 56,6 milioni

	Beneficio (milioni di €)
Razionalizzazione autotrasporto	400 ÷ 630
Shift modale	642
Totale	1.042 ÷ 1.272

Tab. 1 Beneficio prodotto dalla Piattaforma Logistica Nazionale per riduzione delle esternalità del trasporto merci

Fonte: elaborazione ENEA

di euro. In ultima analisi, quindi, lo *shift* modale produrrebbe benefici netti pari a circa 642,3 milioni di euro l'anno.

Complessivamente la realizzazione della PLN, partendo dalle assunzioni del BP, comporterebbe un risparmio per minori esternalità compreso tra 1-1,3 miliardi di euro l'anno, come mostra la Tabella 1 a fronte di 1,6-2,5 miliardi di euro l'anno stimati dallo studio commissionato da UIRNet SpA.

A questi aspetti positivi se ne aggiungono numerosi altri che la realizzazione della piattaforma potrà concretizzare, derivanti dall'aumento di valore aggiunto generato da una maggiore efficienza del settore della logistica, un impatto positivo sull'occupazione e una incidenza sulla crescita del PIL; rispetto a questa ultima grandezza, i benefici annui da minori esternalità, così come sopra contabilizzati, rappresenterebbero circa l'1%.

In ultima analisi, tuttavia, occorre fare delle considerazioni in merito all'aleatorietà della stima di due elementi fondamentali per la valutazione degli impatti.

Il primo attiene alle previsioni di domanda contenute nel BP che potrebbero apparire troppo ottimistiche sia per quanto riguarda la crescita del settore sia per quanto riguarda l'avanzamento della quota di mercato acquisita potenzialmente dalla piattaforma.

Il secondo elemento di incertezza è dato dalla stima in termini economici delle esternalità stesse. Pur essendo, i valori del Manuale Europeo, il risultato di molti anni di ricerca, non tutte le questioni di metodo e di merito hanno acquisito un riconoscimento univoco e inappellabile. La difficoltà sta nel dover ricondurre a valori economici dei beni che, per loro natura, non hanno un mercato di riferimento come la salute, la sicurezza e l'ambiente. Tale opera-

zione, seppur con i limiti del caso, è tuttavia indispensabile affinché venga attribuita una quantificazione univoca e omogenea ad un fenomeno che comunque esiste e che non può continuare ad essere ignorato o sottostimato.

L'investimento nella PLN, iniziato ormai dieci anni fa, è comunque auspicabile, in quanto i benefici che possono derivarne sicuramente giustificano le risorse impegnate. Infatti, ponendoci al 2022, ossia appena dopo il *payback period* e quando la PLN sembra aver raggiunto la maggior parte dei traguardi previsti nel BP, la quota dei costi operativi compreso il canone che il gestore dovrà versare, sarà pari ad appena il 4÷5% dei benefici ottenuti dalla riduzione delle esternalità.

Per saperne di più:
mariapia.valentini@enea.it

¹ SRM. Logistica e sviluppo economico: Scenari economici, analisi delle infrastrutture e prospettive di crescita. Giannini Editore

² “Piano di Azione Nazionale sui Sistemi Intelligenti di Trasporto (ITS).” Febbraio 2014

³ Decreto Ministeriale n. 18T del 20 giugno 2005 (poi dalla Legge Cresci Italia)

⁴ Climate Group, Smart 2020, 2008

⁵ Studio Amici della Terra “I costi sociali e ambientali della mobilità in Italia”, 2005

⁶ Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final report.” RICARDO-AEA. Gennaio 2014

BIBLIOGRAFIA

“I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia. Quinto rapporto”. Amici della Terra e Ferrovie dello Stato. Ottobre 2005

“La Piattaforma Logistica Nazionale. Un progetto di sistema per la crescita e la competitività della filiera logistica e dell'Italia”. Documento di discussione e di orientamento strategico. The European House Ambrosetti. Settembre 2014

Allegato depositato dai rappresentanti di UIRNet SpA alla Commissione IX Trasporti, Poste e Telecomunicazioni – Indagine conoscitiva. Settembre 2012

Studio e analisi del potenziale sviluppo economico e finanziario della concessione, Gara per la selezione del promotore, Allegato 2 - Business Plan. Dicembre 2013

“Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final report.” RICARDO-AEA. Gennaio 2014



La diagnosi energetica: un obiettivo centrato dal sistema produttivo italiano

di **Domenico Santino, Silvia Ferrari e Marcello Salvio**, ENEA

Questo breve articolo, che ha come oggetto l'efficienza energetica, anticipa i temi che saranno trattati nel prossimo numero della Rivista.

Abbiamo voluto “preparare” i nostri lettori, infatti la rubrica si chiama “Cosa ci aspetta domani”. Abbiamo anche scelto di non dare solo un semplice annuncio ma di trattare e di introdurre il tema, per quanto possibile, con un breve articolo. Il “resto” vi aspetta nel secondo numero della nostra Rivista. Quindi appuntamento a giugno.

L'efficienza energetica italiana si presenta con toni in chiaro-scuro, con aspetti ancora da migliorare e altri meritatamente consolidati. Tra questi ultimi è possibile annoverare il buon risultato ottenuto dal nostro Paese per il soddisfacimento dell'obbligo di effettuare la diagnosi energetica dalle imprese classificate come “energivore” e “grandi imprese”. Da un'analisi preliminare dei dati emerge come nelle imprese sia aumentata la consapevolezza che ridurre le spese energetiche significa anche migliorare la competitività sul mercato e che la diagnosi energetica rappresenta uno strumento chiave per ottenere benefici economici rilevanti. Per approfondire questo argomento e altri correlati al tema dell'efficienza energetica, a giugno verrà pubblicato un numero monografico della rivista con una panoramica sulle principali soluzioni tecnologiche applicate ai settori produttivi.

La direttiva 27/2012 UE ha posto tra i suoi obiettivi la sensibilizzazione dei clienti finali rispetto alle azioni da

intraprendere per migliorare il livello di efficienza dei consumi energetici, imponendo ai Paesi membri di stabilire obblighi per lo svolgimento di diagnosi energetiche. Il Decreto Legislativo 102/2014 che ha recepito la direttiva ha, pertanto, stabilito un regime obbligatorio di diagnosi energetiche che incide sui clienti con determinati parametri tecnico-economici.

In questo contesto l'ENEA, a supporto delle attività istituzionali previste dal decreto, ha intrapreso numerose iniziative per facilitare il lavoro dei soggetti interessati, come tavoli di lavoro, convegni, corsi, incontri diretti. In tale contesto ha favorito l'elaborazione di documentazione per specifiche categorie in modo da uniformare la reportistica come linee guida settoriali per la elaborazione delle diagnosi e format di rendicontazione. Inoltre, ha predisposto il portale dedicato alla raccolta dei documenti di diagnosi prodotti dai soggetti obbligati e non.

Ad oggi sono state inviate 14.000 diagnosi da 7128 aziende, di cui il 34% energivore.

La rivista dell'ENEA è ora
disponibile su:

www.enea.it

