



Position Paper

Cambiamenti climatici, salute, agricoltura e alimentazione

Novembre 2018

Autori:

*Agostino Di Ciaula, Patrizia Gentilini, Ferdinando Laghi, Gianni Tamino, Ugo Corrieri,
Maria Grazia Petronio, Antonio Faggioli*

Per contatti: isde@isde.it

Art. 5 del Codice di Deontologia Medica

Promozione della salute, ambiente e salute globale

Il medico, nel considerare l'ambiente di vita e di lavoro e i livelli di istruzione e di equità sociale quali determinanti fondamentali della salute individuale e collettiva, collabora all'attuazione di idonee politiche educative, di prevenzione e di contrasto alle disuguaglianze alla salute e promuove l'adozione di stili di vita salubri, informando sui principali fattori di rischio.

Il medico, sulla base delle conoscenze disponibili, si adopera per una pertinente comunicazione sull'esposizione e sulla vulnerabilità a fattori di rischio ambientale e favorisce un utilizzo appropriato delle risorse naturali, per un ecosistema equilibrato e vivibile anche dalle future generazioni.

Indice

	Pagina
1. Introduzione	4
2. Attività umane e alterazioni della biosfera	8
3. Le conoscenze recenti sul cambiamento climatico	12
4. Le cause dell'effetto serra	14
5. Conseguenze sanitarie dei cambiamenti climatici	16
6. Cambiamenti climatici e migrazioni	23
7. Ruolo dell'agricoltura sui cambiamenti climatici ed effetti del clima sull'agricoltura e sull'alimentazione	26
8. Produzione energetica da impianti a biomassa, influenza sui cambiamenti climatici e rischi per la salute umana	30
9. I benefici di alberi e foreste per i cambiamenti climatici e la salute umana	36
10. La falsa soluzione: la transizione dal carbone al metano	39
11. Gli scenari attesi e le proposte possibili	41
12. Bibliografia	49

1. Introduzione

ISDE Italia ha elaborato in passato alcuni documenti sui cambiamenti climatici in occasione delle varie Conferenze delle Parti (COP) che si svolgono in seguito agli accordi di Kyoto. In particolare, nel 2009 ha sottoscritto l'“*appello dei medici, ricercatori e scienziati italiani per il controllo dei cambiamenti climatici*”, in vista della COP 15 di Copenaghen.

In quel documento si affermava, tra l'altro, che “*a livello mondiale la concentrazione di anidride carbonica è aumentata di 1,6 ppm/anno nel periodo 1980-2008 e di 1,9 ppm/anno dal 1993 al 2008. Al ritmo attuale la concentrazione di CO₂, ora di 387 ppm, raggiungerà il valore di 410 ppm nel 2020. Le emissioni globali di gas serra da attività umane sono aumentate del 70% dal 1970, superando di gran lunga i valori pre-industriali.*” E poi: “*dal 1850, 11 degli ultimi 12 anni sono tra i 12 anni più caldi come temperatura superficiale media globale. Tale temperatura è aumentata di 0,74°C nel periodo 1906-2005, rispetto all'aumento di 0,6°C del periodo 1901-2000. Nei prossimi due decenni, perdurando le condizioni attuali, si stima un riscaldamento di circa 0,2°C per decennio.*

La precipitazione media globale a livello del mare è aumentata da 1,8 mm/anno (1961) a 3,1 mm/anno (1993). L'estensione dei ghiacci artici si è ridotta, dal 1978, del 2,7% per decennio e i ghiacciai alpini si sono ritirati in entrambi gli emisferi.

E' stato stimato che se non si ridurranno le emissioni carboniche entro la fine del XXI secolo, il riscaldamento della Terra potrà salire da 1,8° a 4°C. Il tempo per evitare la catastrofe ambientale fisica e chimica, degli ecosistemi biologici e dei singoli organismi viventi, quindi il collasso della Terra, è stimato in 5-10 anni, nei quali diviene necessario ridurre le emissioni carboniche e stabilizzarne la concentrazione.

Sono iniziati e sono destinati ad aggravarsi i seguenti effetti dei cambiamenti ambientali:

- innalzamento del livello delle acque marine, erosione delle coste, inondazioni interne, ritiro dei ghiacciai e delle calotte polari;*
- intense variazioni nelle quantità di precipitazione;*
- aumento della salinità degli oceani ed eutrofizzazione delle acque costiere;*
- struttura dei venti;*
- eventi meteorologici estremi (siccità, precipitazioni eccezionali, inondazioni, cicloni tropicali, ondate di calore);*
- estinzione del 20-30% delle specie sinora classificate, non in grado di adattarsi alla rapidità dei cambiamenti in atto, se la temperatura media globale supererà di 1,5-2,5°C quella del 1980-1999.*

Inoltre, nei diversi settori sono da temere i seguenti rischi:

- riduzione delle produzioni agricole per siccità e inondazioni;
- riduzione delle foreste e desertificazione;
- riduzione della disponibilità di acque e peggioramento della loro qualità;
- perdita di habitat.

Relativamente agli effetti sulla salute, l'OMS ha stimato la perdita per ogni anno di 5 Milioni di anni di vita in buona salute (DALY) e un incremento del 3% della mortalità per ogni grado di aumento della temperatura terrestre."

Per tali ragioni si richiedevano precisi impegni ai governi e, tra gli altri, in particolare:

"- stabilizzare le concentrazioni di anidride carbonica entro la soglia critica di 450 ppm, al fine di evitare il rischio di superamento di 2°C, rispetto all'era preindustriale, della temperatura media terrestre, ritenuta la soglia oltre la quale il cambiamento climatico produrrebbe danni irreversibili agli ecosistemi e all'umanità;

- ridurre le emissioni di anidride carbonica dell'80% entro il 2050 nei Paesi ricchi (50% a dimensione globale) rispetto al 1990;

- promuovere uno sviluppo che minimizzi le emissioni carboniche, non solo promuovendo scelte dei cittadini per bassi consumi ma soprattutto favorendo tali scelte da parte dei governi con adeguate politiche per il risparmio dell'energia, l'efficienza energetica e l'incremento delle fonti rinnovabili nei settori dell'edilizia, dei trasporti, dell'agricoltura, dell'industria e del turismo."

L'anno successivo (2010), in un documento elaborato congiuntamente con Greenpeace (ISDE Italia – Greenpeace. *SI SALVI CHI PUÒ - Gli impatti socio-sanitari del cambiamento climatico*), si approfondivano gli aspetti scientifici del riscaldamento globale e le cause dell'aumento dei gas "serra" o climalteranti (green house gases – GHG¹).

Anzitutto nel documento si afferma che *"Il cambiamento climatico mette in pericolo tutta la biodiversità del Pianeta e si prevede la scomparsa del 20-30% delle specie note se la temperatura media globale supererà di 1,5-2,5°C quella del periodo 1980-1999. Nemmeno noi, Homo sapiens, la specie dominante di tutti gli ecosistemi terrestri, usciremo indenni dal disastro climatico che abbiamo causato e che la nostra inazione non può che peggiorare. Gli incendi e le alluvioni di quest'estate 2010 sono campanelli d'allarme*

¹ L'anidride carbonica (CO₂) è il principale, ma non l'unico, GHG. Le emissioni di CO₂, che si stima siano responsabili del 55% del cambiamento climatico, derivano soprattutto dalla combustione di petrolio e carbone ma anche dalla deforestazione. Il secondo GHG è il metano (20% degli effetti). Seguono gas quali il protossido d'azoto (N₂O), gli idrofluorocarburi (HFCs), i perfluorocarburi (PFCs) e l'esfluoruro di zolfo (SF₆). I valori percentuali indicati sono frutto di stime non sempre condivise da tutto il mondo scientifico.

sempre più chiari per tutti. Gli scienziati sono giustamente prudenti nel mettere in relazione uno specifico evento meteorologico con il cambiamento climatico, ma alcuni cominciano a parlare apertamente del legame tra le emissioni di GHG, l'aumento delle temperature planetarie e... quello che stiamo vivendo.

Se non riduciamo subito le nostre emissioni di GHG, modificando i modi in cui produciamo energia, trasportiamo noi e le nostre merci, produciamo i nostri alimenti, se non la smettiamo di deforestare il pianeta (la deforestazione contribuisce con il 20% del totale delle emissioni di GHG) quel che ci sta capitando sarà solo il prologo di disastri ben più gravi e diffusi.”

Lo stesso documento chiariva le relazioni tra cambiamenti climatici e agricoltura:

“Il cambiamento climatico minaccia le produzioni agricole direttamente, ad esempio con alluvioni e siccità, ma anche in modo più complesso: ad esempio i cambiamenti delle temperature, dell'umidità ecc. modificano la distribuzione di agenti patogeni che colpiscono le varietà coltivate e le razze d'allevamento. Se intendiamo il termine “agricoltura” nella sua accezione più vasta, che comprende anche le attività di pesca e acquacoltura, le alterazioni generali della circolazione oceanica, lo scioglimento delle calotte polari e l'acidificazione degli oceani devono essere considerate come minacce al sistema mondiale di produzione degli alimenti. D'altra parte, le attività agricole sono tra quelle che contribuiscono al cambiamento climatico: se includiamo l'allevamento animale e le attività forestali (inclusa la deforestazione) il contributo del settore ammonta a circa il 30% dei GHG.”

Il documento si concludeva con la considerazione che i leader mondiali, che stanno perdendo tempo prezioso per affrontare e risolvere la questione climatica, si stanno assumendo una tremenda responsabilità.

I cittadini del Pianeta possono agire anche a titolo individuale adottando comportamenti virtuosi ma la loro maggiore responsabilità, oggi, è quella di esercitare una decisa pressione su chi li rappresenta per raggiungere immediatamente un accordo equo, ambizioso e vincolante per la salvare il clima della Terra e il nostro comune futuro, anche alla luce del progressivo incremento della popolazione mondiale e delle conseguenze che questo avrà sul pianeta.

A distanza di circa 8 anni dai due documenti citati non sembra che siano stati ancora messi in atto sforzi sufficienti ad arginare le conseguenze negative dei cambiamenti climatici e, in alcuni casi, si ha addirittura la consapevolezza di procedere in direzione contraria.

Secondo un recente rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità riferito all'Italia (Climate and Health Country profile – Italy, 2018), l'impatto dei cambiamenti climatici nel nostro Paese sta esacerbando le conseguenze derivanti da croniche deficienze infrastrutturali, da inquinamento industriale e dalle caratteristiche idro-geologiche e di vulnerabilità sismica proprie di questa area geografica.

Nonostante le concentrazioni atmosferiche di inquinanti abbiano registrato, globalmente, un trend decrescente negli ultimi anni in Europa e America (ma non nei paesi asiatici), esse restano ancora costantemente al di sopra dei limiti indicati dall'OMS e persistono aree locali di elevatissima criticità.

Oltre ai problemi direttamente derivanti dall'utilizzo di fonti fossili, conseguenze rilevanti derivano anche dai rapporti tra cambiamenti climatici e contaminazione di suolo, acqua e catena alimentare e da una gestione non sostenibile di agricoltura, allevamenti, rifiuti e biomasse.

Tutto questo causa, attraverso diversi e complessi meccanismi, conseguenze sanitarie rilevanti, a loro volta responsabili di elevati costi sociali ed economici.

La presenza di ampie disuguaglianze ambientali, gestionali, sociali, economiche e sanitarie in diverse aree del mondo e del nostro Paese amplifica gli effetti negativi dei cambiamenti climatici e rende non più rimandabile l'adozione di soluzioni concrete per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità ormai chiaramente delineati a livello internazionale.

2. Attività umane e alterazioni della biosfera

La popolazione mondiale è in continuo e progressivo incremento (+1.1% per anno, un miliardo di persone in più nel prossimo decennio, circa due miliardi in più nel 2050, circa 3.6 miliardi in più entro fine secolo, vedi Tabella, fonte UN).

TABLE 1. POPULATION OF THE WORLD AND REGIONS, 2017, 2030, 2050 AND 2100, ACCORDING TO THE MEDIUM-VARIANT PROJECTION

Region	Population (millions)			
	2017	2030	2050	2100
World	7 550	8 551	9 772	11 184
Africa	1 256	1 704	2 528	4 468
Asia	4 504	4 947	5 257	4 780
Europe.....	742	739	716	653
Latin America and the Caribbean	646	718	780	712
Northern America	361	395	435	499
Oceania	41	48	57	72

Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision*. New York: United Nations.

L'incremento demografico comporterà aumento dei consumi, aumento delle risorse necessarie a sostenerlo e, inevitabilmente, incremento delle conseguenze negative derivanti da una crescita progressiva in un sistema limitato, la terra.

L'uomo esercita infatti influenze negative crescenti sulla biosfera a causa di attività come l'utilizzo di combustibili fossili, la combustione di biomasse e di rifiuti, la deforestazione, gli allevamenti intensivi, l'utilizzo di pesticidi e fertilizzanti chimici e forme di sfruttamento non sostenibile dei suoli agricoli.

L'azione dell'uomo appare oggi essere talmente rilevante e inedita nella storia del pianeta da aver giustificato la definizione di "Antropocene" per la corrente era geologica, nella quale l'*Homo sapiens* assume il ruolo e la responsabilità di forza in grado di alterare gli equilibri naturali spingendosi oltre i limiti di sicurezza necessari al mantenimento del suo stesso benessere sociale e psico-fisico [1].

Aree agricole sempre più estese e sempre più densamente abitate sono utilizzate non più con finalità alimentari ma per coltivare biomasse a fini energetici. Stati Uniti e Brasile sono leader nella produzione di bio-etanolo (circa 45 Mt e 24 Mt, rispettivamente) e gli ultimi anni hanno visto uno sviluppo enorme anche dei mercati asiatici. Nella EU-28 più del 60% del consumo globale di olio di palma è per fini energetici e l'Europa è leader mondiale

nell'utilizzo di biomasse a fini energetici, oltre ad essere il principale importatore di biomasse (in particolare pellets)[2]. Questo, sotto la spinta speculativa di incentivi statali per alimentare centrali a biomasse (come avviene in Italia), ha effetti negativi in termini di distorsioni produttive, tutela della biodiversità, produzione di inquinanti e cambiamenti climatici e, come avviene sempre più spesso, con produzione di energia elettrica che non sostituisce ma si somma a quella prodotta dalle tradizionali fonti fossili, deviando risorse dallo sviluppo di fonti realmente rinnovabili (solare, eolico) e dal miglioramento dell'efficiamento energetico.

La produzione di cosiddette "bioenergie" (da combustione di biogas, biocarburanti, biomasse, rifiuti) ha subito una chiara accelerazione, nel nostro Paese, a partire dal 2008 (in conseguenza delle politiche incentivanti), sino ad arrivare, in soli otto anni (2016), a coprire circa il 10% dell'intera produzione termoelettrica nazionale, producendo nello stesso anno circa 15 Mt CO₂ (Fonte: Terna). Oltre alle emissioni di CO₂ vanno messe in conto anche tutte le altre emissioni inquinanti tradizionalmente derivanti dai processi di combustione (particolato, altri inquinanti gassosi, composti organici clorurati, VOCs etc.), che causano un inevitabile aggravio del degrado ambientale e conseguenze sanitarie rilevanti a carico degli esposti.

Stesso destino sembra ormai destinato, almeno in Italia, alle aree boschive. A questo proposito, ha recentemente generato profonda preoccupazione l'approvazione del Decreto Legislativo "*Disposizioni concernenti la revisione e l'armonizzazione della normativa nazionale in materia di foreste e filiere forestali*", che favorisce in modo incondizionato e sistematico il taglio esteso di boschi ed aree fino ad oggi protette in modo indiretto perché ricadenti in contesti dove i costi di utilizzazione superano i ricavi (macchiatico negativo) soprattutto quando si attua una selvicoltura a basso impatto ambientale. Con la gestione attiva oggetto del decreto invece si intende rilanciare l'utilizzo delle masse legnose anche a fini energetici.

I cambiamenti climatici, gli impatti antropici sugli ecosistemi con la progressiva perdita di biodiversità hanno raggiunto livelli critici e rappresentano una seria minaccia alla salute umana a livello globale anche per gli effetti negativi su acqua e cibo, sia in termini di disponibilità, che di sicurezza alimentare.

Problemi legati a scarsità delle risorse idriche sono presenti in Italia soprattutto nelle aree interne e nelle regioni meridionali, con picchi di criticità durante la stagione estiva a causa delle ridotte precipitazioni e dell'incremento della richiesta idrica legato all'aumentata

densità di popolazione nelle regioni costiere e all'aumentato fabbisogno per le colture e per gli allevamenti di bestiame [3].

La riduzione della disponibilità di acqua sta anche diventando un problema nelle regioni italiane settentrionali a causa della deglaciazione dei ghiacciai alpini (la più rilevante riserva idrica in Europa). La perdita di massa idrica ghiacciata si è quasi raddoppiata negli ultimi 35 anni a causa dell'incremento delle temperature durante l'estate e della riduzione delle precipitazioni ad alta quota durante l'inverno [4].

Secondo un recente rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (Climate and Health Country profile – Italy, 2018), nel nostro Paese *“l'aumento delle temperature, l'erosione costale, alluvioni e siccità possono causare deficit idrici (6 regioni su 20 hanno richiesto lo stato di emergenza al Governo a causa dell'emergenza derivante dalla crisi idrica nel 2017). La crisi idrica potrebbe anche indurre una riduzione della produzione agricola, elevati rischi di incendi boschivi, aumento della desertificazione e potrebbe minacciare il progresso economico”*.

L'OMS ha stimato che tra il 2030 e il 2050 ci saranno 250.000 possibili decessi all'anno generati dagli effetti negativi delle modificazioni climatiche. Questa previsione è certamente sottostimata, in quanto non considera i concomitanti e inevitabili effetti indiretti di tipo economico, la possibilità di eventi meteorologici estremi e, a livello globale, le conseguenze della siccità, delle tensioni e dei conflitti causati dalla scarsità delle risorse primarie necessarie alla stessa sopravvivenza (cibo, acqua)[5].

Le conseguenze agro-alimentari dei cambiamenti climatici, addizionali rispetto agli effetti sanitari diretti dell'aumento della temperatura e degli inquinanti atmosferici, non risparmiano nessuno, in qualunque area del pianeta si viva (vedi paragrafo sugli effetti sanitari dei cambiamenti climatici).

La temperatura globale media è aumentata in maniera significativa soprattutto dagli anni '70 dopo una stabilità durata millenni e le condizioni climatiche del pianeta stanno rapidamente peggiorando, così come gli ambienti di vita e di lavoro e la salubrità di cibo e acqua, a causa dell'immissione praticamente senza freni di inquinanti nell'ambiente.

Abbiamo un passato recente (circa un secolo) caratterizzato da devastazione ambientale estrema e costruito sullo sfruttamento insostenibile e incontrollato di risorse umane e naturali.

È stato suggerito che gli adattamenti evolutivi possono essere rapidi e possono aiutare le specie viventi a superare condizioni di stress e che questo si sta già verificando, in alcuni casi, come conseguenza dei cambiamenti climatici. Quando, però, le condizioni ambientali cambiano troppo rapidamente, l'estinzione diventa più probabile dell'evoluzione[6].

Per questo la proposta di Wilson di lasciare metà del Pianeta alla natura (half earth), per ora visionaria, è l'unica soluzione possibile per mantenere sulla Terra condizioni di vita simili a quelle attuali (<https://www.half-earthproject.org/>).

3. Le conoscenze recenti sul cambiamento climatico

Nel 2014 il rapporto dell'ONU sul clima ribadiva che l'uomo è responsabile al 95% dei cambiamenti in atto e che le cause principali del riscaldamento globale sono la deforestazione e la combustione di combustibili fossili, utilizzati per le attività umane.

Le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera hanno raggiunto i più alti livelli "in 800 mila anni"², "resta poco tempo" per riuscire a mantenere l'aumento della temperatura entro i 2 gradi centigradi: è la sintesi del rapporto dell'*Intergovernmental Panel of Climate Change 2014* (IPCC, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>). La temperatura media della superficie della Terra e degli Oceani è aumentata di 0,85°C tra il 1880 e il 2012. Ecco in breve la sintesi di quel Rapporto:

1. Il riscaldamento globale e l'influenza delle attività umane sul clima sono un dato di fatto e non si possono negare (esteso a tutto il pianeta e globalmente quantificabile in 0,85°C dal 1880 al 2012).
2. Dagli anni cinquanta a oggi i cambiamenti osservati sono senza precedenti.
3. I trent'anni tra il 1983 e il 2012 sono stati probabilmente i più caldi degli ultimi 1.400 anni.
4. Anche gli oceani si sono riscaldati, assorbendo oltre il 90% dell'energia supplementare accumulata nel sistema climatico dal 1971 al 2010, con un incremento termico di 0,11°C per decennio in tale periodo nei primi 75 m dalla superficie. Inoltre è probabile che nell'ultimo mezzo secolo un riscaldamento sia avvenuto anche tra 700 e 2000 m di profondità.
5. Gli effetti del riscaldamento sono già visibili in tutto il pianeta: nell'acidificazione degli oceani, nello scioglimento dei ghiacci artici e nella minor resa dei raccolti in molte regioni.
6. La deglaciazione prosegue in tutto il mondo, con perdite di massa glaciale molto probabilmente quantificabili in circa 275 miliardi di tonnellate di acqua equivalente all'anno (oltre 7 volte il volume del Lago Maggiore) nel periodo 1993-2009. La fusione si è intensificata in Groenlandia e Antartide occidentale, da cui proviene il principale contributo all'aumento dei livelli marini.
7. I livelli oceanici sono cresciuti, con il concorso anche della dilatazione termica dell'acqua via via più calda, di circa 19 cm dal 1901 al 2010, con tasso medio di incremento di 3,2 mm/anno tra il 1993 e il 2010.

² Giovedì 9 maggio 2013 la stazione di rilevamento sul vulcano di Mauna Loa, nelle isole Hawaii, ha registrato una concentrazione di anidride carbonica (CO₂) nell'aria superiore a 400 parti per milione (ppm).

8. Senza un'azione coordinata per ridurre le emissioni di CO₂, le temperature aumenteranno nei prossimi decenni e entro la fine di questo secolo potrebbero essere di cinque gradi superiori ai livelli preindustriali.
9. Per contrastare la tendenza, i paesi dovrebbero ridurre a zero le emissioni entro il 2100.

La situazione si è ulteriormente aggravata e continua ad aggravarsi, mettendo in evidenza l'incapacità dei governi dei vari paesi del pianeta a trovare una soluzione, nonostante tante dichiarazioni e accordi, risultati inutili.

L'ultimo rapporto dell'IPCC (ottobre 2018, *vedi paragrafo 11*), con la consapevolezza dell'insufficienza degli sforzi sino ad ora compiuti a livello globale, ha ribadito la urgente necessità di contenere l'incremento della temperatura globale entro 1.5°C attraverso azioni **“rapide e di vasta portata”** e che **“i prossimi anni saranno probabilmente i più importanti nella nostra storia”**, perché abbiamo solo pochi decenni prima di conseguenze gravissime e potenzialmente irreversibili (<http://www.ipcc.ch/report/sr15/>).

Un recente rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (Climate and Health Country profile – Italy, 2018) prevede, in caso di uno scenario caratterizzato da emissioni elevate, un incremento della temperatura annuale media pari a circa 5.1°C tra il 1990 e il 2100. Se le emissioni globali si riducessero rapidamente, l'incremento della temperatura sarebbe contenuto a circa 1.6°C.

Alla luce delle considerazioni esposte è emersa chiaramente, a livello internazionale, la necessità di ridurre le emissioni di almeno l'80% entro il 2050 e di azzerarle entro la fine di questo secolo. Nel dicembre 2015, in occasione della conferenza sul clima di Parigi (COP 21), 195 Paesi hanno adottato il primo accordo giuridicamente vincolante sul clima, concordando di impegnarsi concretamente per limitare l'aumento medio della temperatura mondiale entro 1.5°C, per cooperare a livello internazionale al fine di raggiungere tale obiettivo, per rafforzare le capacità delle società di affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici e per fornire ai paesi in via di sviluppo un sostegno internazionale continuo e più consistente all'adattamento.

4. Le cause dell'effetto serra

Secondo il programma "*Climate Action*" della Commissione Europea (http://ec.europa.eu/clima/change/causes/index_it.htm), l'uomo esercita un'influenza crescente sul clima e sulla temperatura terrestre con attività come la combustione di combustibili fossili, la deforestazione e l'allevamento di bestiame. Queste attività aggiungono enormi quantità di gas climalteranti a quelle naturalmente presenti nell'atmosfera, alimentando l'effetto serra e il riscaldamento globale. Ma quali sono i gas in grado di alterare il clima, aumentando l'effetto serra (cioè lasciando passare le radiazioni solari luminose, ma non la radiazione infrarossa, cioè il calore, che la superficie del pianeta emette quando riscaldata dai raggi solari diretti)?

Molti di questi gas sono presenti in natura, ma l'attività dell'uomo aumenta le concentrazioni di alcuni di essi nell'atmosfera, in particolare:

- l'anidride carbonica (CO₂)
- il metano (CH₄)
- il protossido di azoto (N₂O)
- i gas fluorurati

La CO₂ è un gas serra prodotto soprattutto dall'attività umana (combustioni, estrazioni ed utilizzo di idrocarburi, allevamenti) ed è responsabile del 63% del riscaldamento globale causato dall'uomo. La sua concentrazione nell'atmosfera supera attualmente del 40% il livello registrato agli inizi dell'era industriale. L'oceano ha assorbito circa il 30% dell'anidride carbonica di origine antropogenica emessa, causando l'acidificazione di mari. Gli altri gas serra vengono emessi in quantità minori, ma catturano il calore molto di più della CO₂, a volte mille volte di più, come i gas fluorurati. Il metano è responsabile del 19% del riscaldamento globale di origine antropica e il protossido di azoto del 6%.

Le principali sorgenti antropogeniche del metano, che è dotato di potente effetto climalterante, sono (Fonte: global carbon project, <http://www.globalcarbonproject.org>) estrazione e utilizzo di combustibili fossili (105 Mt/anno, media 2003-2012), agricoltura e rifiuti (188 Mt/anno), combustione di biomasse (34 Mt/anno), zone umide (comprese dighe e bacini, 167 Mt/anno).

Il protossido d'azoto è soprattutto un sottoprodotto del processo biologico di denitrificazione in ambienti anaerobici e del processo biologico di nitrificazione in ambienti aerobici, ma anche di attività chimiche e di processi di combustione. Le emissioni di N_2O attuali sono in parte antropogeniche, le altre, naturali, come le emissioni degli oceani. Negli ultimi anni le attività umane come l'agricoltura, e in particolare l'uso di fertilizzanti, hanno determinato un significativo aumento delle emissioni di N_2O .

I gas fluorati sono prodotti a livello industriale, ma l'applicazione di cloro-fluoro-carburi (CFC) è ora proibita nella maggior parte dei paesi, in base al protocollo di Montreal del 1987 relativo alle sostanze che distruggono lo strato di ozono.

E' dunque evidente che se si vuole ridurre i gas ad effetto serra occorre limitare /eliminare i combustibili fossili, ridurre tutti i tipi di combustioni, ridefinire i sistemi di produzione agro-alimentare, migliorare l'efficienza energetica e ricorrere a fonti rinnovabili, porre attenzione al tipo di produzioni industriali, favorire una mobilità più sostenibile, trasformare l'agricoltura da fonte di gas serra a sistema per accumulare e trattenere tali gas, modificare/ridurre gli allevamenti intensivi e consumare sempre meno prodotti di origine animale ed evitare ulteriori deforestazioni.

5. Conseguenze sanitarie dei cambiamenti climatici

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) gli effetti attesi sulla salute umana, in particolare quelli secondari al graduale e progressivo riscaldamento del pianeta, devono essere considerati tra i più rilevanti problemi sanitari da affrontare nei prossimi anni [7].

La complessità delle modificazioni climatiche e delle sue conseguenze ambientali e sociali è in grado di generare rischi sanitari di diverso tipo, schematicamente classificati nella Tabella 1 [1, 8].

Tabella

Cause di incremento del rischio sanitario da cambiamenti climatici

<i>Categoria di rischio</i>	<i>Meccanismo causale</i>
Primario	Conseguenze biologiche dirette da ondate di calore, da eventi meteorici estremi e da elevati livelli di inquinanti atmosferici temperatura-dipendenti (ad es. ozono)
Secondario	Rischi mediati da modificazioni di processi e sistemi bio-fisici ed ambientali. In particolare: fabbisogno alimentare, disponibilità idrica, vettori di malattie infettive e (nel caso delle zoonosi) conseguenze ecologiche sull'ospite intermedio
Terziario	Effetti più diffusi (ad es. problemi di salute mentale in comunità agricole in crisi produttiva, migrazioni); Conseguenze di tensioni e conflitti legati alla scarsità di risorse primarie (acqua, cibo, legname, spazi vitali) originata dalle alterazioni climatiche

La maggior parte dei rischi sanitari derivano dalle influenze climatiche sui sistemi socio-ambientali che influenzano la disponibilità di cibo e acqua, l'andamento delle malattie infettive e l'integrità delle difese (naturali o realizzate dall'uomo: foreste, frangivento, dighe, sistemi di drenaggio idrico in aree urbane) contro i disastri naturali, e dalle conseguenze negative della alterata coesione sociale, delle migrazioni e dei conflitti.

Ci sono relazioni ben definite tra elevata temperatura atmosferica, morbosità e mortalità[9] e ci sono evidenze scientifiche sostanziali che documentano un'aumentata mortalità in diverse aree geografiche in relazione alle elevate temperature come effetto delle variazioni climatiche[10].

Nessuno al mondo può considerarsi al sicuro da danni causati dai cambiamenti climatici, che hanno effetti differenti in popolazioni con diverse caratteristiche economiche, sociali e fisiche[11] o che vivono in differenti aree.

Si stima che l'ondata di calore che ha colpito l'Europa nel 2003 abbia causato un eccesso di 70,000 morti in 12 Paesi europei, con gli effetti maggiori registrati in Francia, Germania, Spagna e Italia, in particolare in termini di malattie cardiovascolari e respiratorie [12].

In Kenya, esaminando i dati disponibili dal 1975, è stata dimostrata una correlazione tra i cambiamenti climatici locali (aumento della temperatura atmosferica, ridotte precipitazioni) e ritardi di crescita nei bambini, con rischi enormi legati al fabbisogno alimentare e alla salubrità degli alimenti in caso di ulteriore crescita della popolazione, delle temperature ambientali e della siccità[13].

Ipo-malnutrizione, dissenteria e malattie infettive sono le conseguenze prevalenti nelle popolazioni a basso reddito che vivono in aree remote del pianeta.

Chi vive in aree costiere (ad es. Bangladesh) è ad alto rischio di fenomeni naturali legati all'aumento del livello del mare. Chi vive nelle regioni circumpolari artiche è costretto a modificare le proprie abitudini alimentari a causa della riduzione e migrazione delle popolazioni animali, con crescenti difficoltà all'accesso delle tradizionali risorse alimentari[14].

Le aree più densamente urbanizzate sono a rischio più elevato delle aree rurali e chi ci vive è più esposto agli effetti dei cambiamenti climatici[15]. I maggiori rischi sanitari per le popolazioni residenti in aree densamente urbanizzate sono particolarmente rilevanti in considerazione della previsione dell'incremento della popolazione urbana, nei Paesi in via di sviluppo, da 2.3 miliardi nel 2005 a circa 5 miliardi entro il 2030 (fonte: UN, Department of economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects: the 2017 revision).

In particolare, chi vive in aree densamente urbanizzate è ad elevato rischio per:

- morti premature causate da improvvise ondate di calore o da eventi meteorici estremi. Un recente rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (Climate and Health Country profile – Italy, 2018) prevede per l'Italia, in caso di scenario caratterizzato da elevate emissioni, un incremento delle ondate di calore con proiezioni che vanno da circa 10 giorni nel 1990 a circa 250 giorni (in media) nel 2100. Nello stesso rapporto si prevede un incremento sia del numero di giorni con fenomeni alluvionali (precipitazioni pari a 20mm o più) che degli intervalli di giorni privi di pioggia (da 30 a circa, in media, 45 giorni, con ampia variabilità annuale).

In un contesto internazionale, l'Italia subisce le maggiori conseguenze in termini di mortalità giornaliera correlata ad elevate temperature [16], seppure con ampia variabilità urbana, con effetti negativi più evidenti nelle grandi città (Torino, Milano, Bologna, Firenze, Roma, Napoli), al meridione e durante i mesi estivi. L'incremento in frequenza e intensità delle ondate di calore, associate al progressivo invecchiamento della popolazione, avranno in futuro un significativo impatto sanitario. Nell'estate del 2015 si è registrato un incremento del 13% dei decessi attribuibili alle elevate temperature nella popolazione italiana di età superiore ai 65 anni [17].

- Patologie (principalmente cardiovascolari e respiratorie, ma anche del periodo perinatale, metaboliche e cronico-degenerative) correlate agli inquinanti atmosferici, le cui concentrazioni sono strettamente dipendenti dall'utilizzo di combustibili fossili usati per la climatizzazione degli edifici (ad es. ossidi di azoto e carbonio) e dalla formazione di inquinanti secondari (soprattutto particolato secondario e ozono) prodotti dal traffico motorizzato.

- Effetti negativi sulla salubrità degli alimenti, come conseguenza dei cambiamenti climatici sull'agricoltura, sugli allevamenti, sulla distribuzione delle specie animali. La contaminazione della catena alimentare con sostanze chimiche tossiche può derivare sia dall'utilizzo di pesticidi come tentativo di correggere la ridotta produttività agricola che dalla contaminazione del suolo in aree interne (in particolare da PCB e diossine) in seguito a fenomeni alluvionali. La contaminazione del suolo può derivare dalla mobilitazione di sedimenti fluviali e di aree terrestri contaminate (ad esempio aree industriali, discariche) con successivo deposito di sostanze tossiche nelle aree alluvionate[18-22].

- Eventi meteorologici estremi comportano anche un incremento del rischio di contaminazione microbiologica di cibo e acqua con conseguenti epidemie infettive (leptosirosi, legionellosi, salmonellosi, leishmaniosi cutanea e viscerale, epatite A [23-27], documentati anche nel nostro Paese [27, 28].

È stato calcolato, solo per gli USA, un incremento del 4.5% della mortalità da patologie acute secondarie alle concentrazioni atmosferiche di ozono legate ai cambiamenti climatici tra il 1990 e il 2050[29]. Inoltre, alcuni gruppi di soggetti (ad es. bambini, anziani, pazienti affetti da patologie croniche o da disabilità, condizioni di svantaggio economico e sociale) sono particolarmente esposti agli effetti dei cambiamenti climatici per le loro particolari condizioni fisiologiche o fisiopatologiche.

Non deve inoltre essere sottostimato il possibile incremento di malattie infettive causate da agenti trasmessi da vettori (ad es. zanzare) la cui presenza nelle aree più sviluppate è in incremento proporzionale all'aumento delle temperature atmosferiche. Popolazioni non adeguatamente preparate (in termini immunitari) per far fronte a queste infezioni "nuove" sono considerate ad alto rischio per patologie come malaria (Africa), encefalite virale, Dengue, West Nile Virus, Chikungunya (Europa, USA). Le modificazioni climatiche favoriscono la diffusione della Dengue, causando un incremento della sopravvivenza del vettore (*Aedes albopictus*) e le sue migrazioni in aree geografiche non precedentemente endemiche[30]. Stime a lungo termine prevedono che circa il 50-60% della popolazione mondiale vivrà in aree a rischio di trasmissione di Dengue entro la fine di questo secolo[31]. Sebbene l'Europa sia stata esente da Dengue per gran parte del XX secolo, vi sono elevate probabilità che l'espansione del virus e del suo vettore interesserà anche questa regione geografica nei prossimi anni[32]. Per le stesse ragioni anche la Chikungunya è stata recentemente definita "patologia emergente" in Europa[33].

Per quanto concerne l'Italia, la cosiddetta "tropicalizzazione" del Mediterraneo legata alle modificazioni climatiche può favorire il ritorno nel nostro Paese della Dengue e di simili infezioni trasmesse da artropodi (in particolare *Aedes albopictus*, vettore ormai stabilmente presente nella nostra area geografica)[30] ed è stata raccomandata una sorveglianza sanitaria costante per queste malattie[34]. A questo proposito occorre ricordare che tali patologie possono non essere correttamente diagnosticate a causa della frequente impreparazione del personale sanitario nel riconoscerne i segni clinici,

dell'inadeguatezza di molti laboratori (specie se periferici), dell'assenza di specifico monitoraggio stagionale in alcune aree a rischio.

Secondo un recente rapporto dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (Climate and Health Country profile – Italy, 2018), in Italia *“c'è un rischio concreto di ri-emergenza di agenti infettivi endemici presenti in passato ... o di arrivo di patologie infettive esotiche”*.

L'European Centre for Disease Prevention and Control ha documentato, sino ad ottobre 2018, un totale di 1402 casi di infezioni da West Nile Virus in Europa, con 536 casi in Italia, 35 dei quali mortali (maggior numero di casi a livello continentale, <https://ecdc.europa.eu/en/west-nile-fever/surveillance-and-disease-data/disease-data-ecdc>)

Il futuro scenario climatico con meno precipitazioni e temperature più elevate causerà un aumento annuale di piante anemofile (la cui impollinazione avviene per mezzo del vento) e/o anemocore, molte di queste piante sono aliene e allergeniche (potrebbero diffondersi fino a 1.000-1.200 m s.l.m.). L'atteso aumento della presenza di specie allergeniche sarà causa di effetti sulla salute andando ad aumentare l'incidenza di malattie allergiche, la cui frequenza si stima aumenterà progressivamente in Europa [35].

È stato dimostrato che le alterazioni climatiche aumentano il rischio di eclampsia, preeclampsia e nascite pretermine [36].

Il riscaldamento globale è stato messo in relazione ad alterazioni del tessuto adiposo e alla prevalenza di obesità e sindrome metabolica[37] e, negli anziani, l'incremento medio della temperatura di 1°C aumenta la morbosità per diabete mellito[38].

Recenti evidenze derivanti da uno studio condotto in USA descrivono come l'incremento nella temperatura globale di 1°C abbia causato, in un intervallo temporale di 5 anni, un incremento del 2% di patologie psichiatriche. Lo stesso studio documenta che un incremento nella temperatura media mensile oltre i 30°C era correlato ad un incremento di patologie psichiatriche pari allo 0.5%. Questo, secondo gli Autori, avrebbe generato negli USA circa 2 milioni di nuovi casi di patologia psichiatrica[39].

Sono state anche descritte specifiche relazioni tra incremento della temperatura atmosferica e incidenza di suicidi[40, 41]. È stato recentemente documentato un incremento del tasso di suicidi dello 0.7% in USA e del 2.1% in Messico in seguito ad un

incremento di 1°C della temperatura mensile media. Gli Autori dello studio stimavano che l'assenza di efficaci misure di mitigazione climatica potrà comportare un incremento del numero di suicidi variabile tra 9.000 e 40.000 (intervallo di confidenza del 95%) in USA e Messico entro il 2050[40].

Particolare attenzione, inoltre, va posta sugli effetti sanitari direttamente causati dagli inquinanti gassosi clima-alteranti (in particolare ozono, metano e ossidi di azoto) responsabili delle variazioni climatiche.

L'ozono può causare problemi respiratori, scatena crisi asmatiche, riduce la funzione polmonare e causa patologie polmonari[42], compromette lo sviluppo dell'apparato respiratorio in età pediatrica[43] ed è stato messo recentemente in relazione all'insorgenza e alla frequenza degli attacchi di panico negli esposti[44]. È stato inoltre dimostrato che l'esposizione a lungo termine di ozono può contribuire alla patogenesi del tumore maligno del polmone[45], induce una serie di alterazioni neurologiche su base neuro-infiammatoria (riduzione delle capacità cognitive, ridotta attività motoria, cefalea, disturbi del ritmo sonno-veglia, disfunzione neuronale, degenerazione cellulare, alterazioni neurochimiche)[46] e aumenta il rischio di M. di Parkinson negli esposti[47].

Gli ossidi di azoto incrementano il rischio di tumore maligno del polmone[48] e causano decremento della funzione polmonare nei bambini per valori medi annuali di 50-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tutti gli inquinanti gassosi che influenzano le variazioni climatiche generano, soprattutto in aree già critiche dal punto di vista ambientale, formazione di particolato secondario, con tutte le conseguenze sanitarie ad esso correlate.

Tabella

Elenco sintetico degli effetti nocivi generali dei cambiamenti climatici sulla salute

- **Patologie da carenze quantitative e alterazioni qualitative delle acque destinate al consumo alimentare**
- **Malattie cardiovascolari e respiratorie da ondate di calore e temperature estremamente basse**
- **Incidenti e avvelenamenti a seguito di eventi meteorologici estremi, dissesto idrogeologico e incendi**
- **Malattie diffuse virali, batteriche e parassitarie trasmesse da vettori**
- **Malattie infettive da contaminazione microbica successiva ad eventi alluvionali**
- **Allergie e asma da pollini**
- **Patologie da inquinamento atmosferico**
- **Patologie da malnutrizione, da carenze nutrizionali e da contaminazioni alimentari**
- **Patologie psichiatriche**
- **Aumento del numero di suicidi**
- **Parti prematuri**

Particolarmente rilevante è anche l'analisi dei costi sanitari diretti e indiretti generati dai cambiamenti climatici.

Secondo un recente studio della Stanford University [49], i “costi sociali” delle emissioni di CO₂ (insieme dei costi da danni sanitari, danni all'agricoltura, varie conseguenze del cambiamento climatico etc.) sono elevatissimi, pari a circa 220 dollari/ton CO₂ emessa.

La Commissione Europea ha calcolato che, solo nella UE, la riduzione dell'inquinamento atmosferico mediante politiche di controllo e mitigazione delle variazioni climatiche genererebbe, grazie ad una riduzione della mortalità, benefici stimati in circa 38 miliardi di euro/anno entro il 2050.

Si ricorda a questo proposito che per “mitigazione” deve intendersi la riduzione delle emissioni di gas serra in modo da stabilizzare le loro concentrazioni in atmosfera a valori che consentano di contenere l'aumento di temperatura entro limiti sostenibili o comunque inferiori ai trend previsti. Le iniziative rivolte alla mitigazione devono essere considerate complementari (e non alternative) alle strategie finalizzate all'adattamento (resilienza), inteso come prevenzione per contenere o attenuare i potenziali danni attribuibili al cambiamento climatico.

In una prospettiva più ampia, la Commissione Europea prevede che ridurre considerevolmente il consumo di carbone ridurrebbe i costi necessari al controllo delle emissioni inquinanti (escludendo la CO₂) di circa 50 miliardi di euro entro il 2050 [50].

I benefici maggiori si prevedono per l'Asia orientale, con 220.000 – 470.000 morti premature/anno evitate entro il 2030 ed un risparmio economico pari a 70-840 dollari/tCO₂ [51]. Negli USA, si è stimato che i benefici (principalmente in termini di costi sanitari evitati) derivanti dal miglioramento della qualità dell'aria per politiche di riduzione delle emissioni di CO₂ possano essere sino a dieci volte superiori ai costi necessari per l'attuazione di tali politiche [52].

Arrestare e rendere reversibili le alterazioni climatiche significherebbe dunque, anche in brevi intervalli temporali, migliorare le condizioni di salute e contenere i costi primari e secondari dei danni attualmente in corso. Ignorarle, potrebbe rendere il problema irrisolvibile. Per queste ragioni una rapida inversione di tendenza deve considerarsi obiettivo primario per l'intera popolazione mondiale.

6. Cambiamenti climatici e migrazioni

La variabilità e le modificazioni climatiche comportano effetti ambientali negativi sia a breve- (eventi meteorici estremi, siccità) che a medio-lungo termine (riduzione della frequenza delle precipitazioni, aumento del livello del mare, riduzione della fertilità del suolo, migrazione di specie animali essenziali per soddisfare il fabbisogno alimentare in specifiche aree geografiche). Tutto questo può causare, oltre ai danni sanitari descritti in precedenza, fenomeni di migrazione a breve o lungo raggio anche dovuti a perdita di suolo utilizzabile o di proprietà private presenti nelle aree colpite.

La International Organization for Migration (IOM) definisce i “migranti ambientali” come *“persone o gruppi di persone che, per motivi importanti legati a modificazioni ambientali improvvise o progressive che influenzano negativamente la loro vita o le condizioni di vita, sono obbligati a lasciare le proprie case o scelgono di farlo, temporaneamente o permanentemente, spostandosi all'interno del proprio paese o all'estero”*.

Il numero di persone potenzialmente soggette a migrazioni forzate a causa delle modificazioni climatiche entro il 2050 è difficilmente calcolabile. Secondo alcune valutazioni previsionali varierebbe tra 50 milioni e un miliardo [53, 54]. Stime precise sono rese difficili dalle complesse interazioni dei cambiamenti climatici con altre variabili di tipo socio-economico (esistenza di conflitti, governance locale, livello di sviluppo sociale ed economico) nei confronti delle quali, tuttavia, le modificazioni climatiche certamente agiscono da amplificatore di gravità.

Uno studio recente ha esaminato le richieste di asilo in Europa da 103 diversi Paesi di origine tra gli anni 2000 e 2014, calcolando che le variazioni climatiche hanno causato, nel periodo considerato, una media di 351.000 richieste di asilo all'anno, seguendo una relazione statistica non-lineare con le variazioni di temperatura. Secondo gli Autori questo fenomeno avrà andamento crescente entro il 2100, con incrementi annuali stimati tra 4.5% e 188% (660.000 richieste addizionali per anno) a seconda della gravità dei possibili scenari futuri, per variazioni della temperatura comprese tra +2.6°C e +4.8°C [55].

Il World Bank Group ha stimato che il riscaldamento globale trasformerà più di 143 milioni di persone prevalentemente provenienti da tre “hot spot” (86 milioni dall'Africa sub-Sahariana, 40 milioni dall'Asia meridionale, 17 milioni dall'America Latina) in “migranti

climatici” a causa dei danni all’agricoltura, della siccità e dell’aumentato livello dei mari. Oltre alle migrazioni transfrontaliere, il report ricorda l’importanza delle migrazioni interne, che coinvolgono milioni di persone che si spostano in cerca di posti migliori per vivere (ad esempio da aree rurali ad aree urbane). Si ricorda che quest’ultimo fenomeno contribuisce in maniera significativa all’ulteriore aggravamento delle emissioni clima-alteranti e dei suoi effetti sanitari, a causa dell’aumentata densità abitativa in aree urbane. Secondo gli Autori del report del World Bank Group, la rapida applicazione di soluzioni utili a ridurre le emissioni di gas clima-alteranti potrebbe ridurre complessivamente il flusso di migranti climatici dell’80%, interessando “solo” 40 milioni di persone [56].

Un recente rapporto dell’Organizzazione Mondiale della Sanità (Climate and Health Country profile – Italy, 2018), ricorda come l’Italia sia fortemente interessata dal fenomeno delle migrazioni e che *“in meno del 10% i migranti si qualificano come rifugiati, in quanto nella maggior parte dei casi si tratta di migranti economici e climatici, che si spostano da aree caratterizzate da siccità e desertificazione”*.

I fenomeni migratori, interessando popolazioni particolarmente vulnerabili, dovrebbero essere interpretati come un meccanismo di resilienza [57]. Da questo punto di vista, le migrazioni dovrebbero essere identificate come uno dei meccanismi che consentono agli esseri umani di adattarsi alle modificazioni climatiche e di salvaguardare salute e benessere [58]. Le migrazioni causate dalle variazioni climatiche, influenzando sia sui livelli di vulnerabilità che su quelli di resilienza, possono comportare effetti sanitari positivi o negativi (malattie infettive, malattie non trasmissibili, sicurezza alimentare) e conseguenze sul benessere sia delle popolazioni migranti che di quelle che le accolgono [58]. Ad esempio, alcune comunità “riceventi” potrebbero essere esposte a malattie infettive per le quali hanno una limitata copertura immunitaria o, al contrario, poiché i rischi sanitari da cambiamenti climatici assumono connotazioni diverse in diversi contesti geografici (ad esempio aree densamente urbanizzate), popolazioni migranti potrebbero dover fronteggiare nuovi rischi propri dei contesti di destinazione. È anche possibile che le popolazioni migranti possano contribuire, nel medio-lungo termine, a ridurre il grado di vulnerabilità delle popolazioni che le accolgono agendo positivamente sia in termini di variazioni strutturali demografiche (ad es. riduzione età media, aumento tassi di natalità, riduzione indice di dipendenza strutturale) che di traslocazione di capacità e know-how (ad es. buone pratiche agricole, esperienze di resilienza maturate in altri contesti).

È dunque necessario modificare e rafforzare i meccanismi di cooperazione internazionale e i sistemi sanitari nazionali al fine di agevolare i “flussi di resilienza” generati dalle variazioni climatiche e l’inclusione dei migranti, riducendo per tutti i livelli di rischio sanitario e utilizzando adeguati ed efficaci modelli di assistenza ma anche misure di prevenzione primaria.

7. Ruolo dell'agricoltura sui cambiamenti climatici ed effetti del clima sull'agricoltura e sull'alimentazione

A seguito della ratifica della Convenzione sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e del relativo Protocollo di Kyoto, ogni paese membro è tenuto alla preparazione dell'inventario nazionale delle emissioni, adottando la metodologia IPCC per garantire la comparabilità delle stime tra i diversi paesi. L'inventario nazionale delle emissioni è suddiviso in 6 settori (Energia, Processi industriali, Solventi, Agricoltura, LULUCF (Land use, Land use change and Forestry), e Rifiuti); il settore **Agricoltura** prevede la stima delle emissioni di metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) per le seguenti categorie: fermentazione enterica, gestione delle deiezioni animali, suoli agricoli, coltivazione delle risaie e combustione dei residui agricoli. Le emissioni di questi due gas-serra di origine agricola, vengono calcolati a partire da indicatori statistici di attività (statistiche ufficiali) e fattori di emissione, che includono le peculiarità presenti in ogni paese. Le emissioni di anidride carbonica (CO₂) correlate al comparto agricolo vengono invece stimate e riportate nel settore LULUCF.

Negli ultimi anni si è posta molta attenzione all'impatto sui cambiamenti climatici degli allevamenti intensivi, soprattutto di bovini, per le emissioni di metano prodotto a livello intestinale.

Nel 2009 è stato pubblicato dal Worldwatch Institute l'articolo "*Livestock and Climate Change*" (www.worldwatch.org/files/pdf/Livestock%20and%20Climate%20Change.pdf), in cui viene analizzato l'impatto degli allevamenti animali, considerando l'intero ciclo di vita, sulle emissioni globali di gas-serra. Tale analisi attribuisce al comparto zootecnico il 51% delle emissioni globali di gas-serra. Si tratta di un valore molto elevato ed in contrasto con altri dati, compreso quello dell'IPCC o quello FAO del 2006 (FAO "Livestock's role in climate change and air pollution", <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/A0701E/A0701E03.pdf>), che riporta un'incidenza del 18%. E' difficile dire quale delle due valutazioni sia la più esatta, ma in ogni caso il peso degli allevamenti intensivi (circa 1,5 miliardi di bovini allevati, 2 miliardi tra ovini e caprini e circa un miliardo di maiali, oltre a molti milioni di volatili) è sicuramente rilevante, come conferma un articolo pubblicato su Lancet nel 2007 [59] che afferma che gli allevamenti sono responsabili per un quinto delle emissioni di gas serra.

Ma se l'agricoltura e la zootecnia sono corresponsabili dei cambiamenti climatici, questi si ripercuotono pesantemente sulla produzione agricola.

Una delle conseguenze negative del riscaldamento globale sarà, infatti, un calo della produzione di cibo nel mondo a fronte di un aumento della popolazione. Le regioni più colpite saranno quelle dove già oggi esiste un problema legato alla sicurezza alimentare, mettendo in difficoltà il lavoro di agricoltori, pescatori e di tutte quelle persone che dipendono dalle risorse forestali per nutrirsi.

Le 2.600 pagine del rapporto IPCC pubblicato a marzo 2014 contengono la parola “rischio” per 230 volte, molte delle quali legate proprio alla scarsità di cibo e alla possibilità che si verifichino conflitti dovuti a un aumento delle persone che soffrono la fame. Mentre è previsto che la popolazione mondiale raggiungerà quota 9 miliardi nel 2050, la produzione di cibo si ridurrà a causa di un calo della resa dei campi agricoli, già in atto, come grano e mais.

Un riscaldamento di 2°C o più sarà in grado di penalizzare la produzione di cereali nelle zone tropicali e temperate, tuttavia con sensibili differenze in base alle regioni e alle varietà agronomiche impiegate. Oltre i 4 °C, specie se in concomitanza con un aumento della domanda di cibo, sono da attendersi importanti rischi per la sicurezza alimentare, soprattutto alle basse latitudini (fasce tropicale ed equatoriale).

Stessa sorte subirà il settore ittico. Il pescato di alcune aree marine dei tropici calerà del 40, se non del 60 per cento con gravi ripercussioni sulla sussistenza delle popolazioni di decine di stati insulari che basano la loro alimentazione sui “frutti” provenienti dagli oceani. In continenti come Africa e Asia è già in atto una corsa all'accaparramento di terreni e di aree ricche di risorse naturali da parte delle multinazionali del settore alimentare. Una corsa che nel medio e lungo termine potrebbe essere anche fonte di conflitti e rivolte armate.

Anche la disponibilità d'acqua di superficie e di falda, seppure prevista in aumento alle elevate latitudini, potrà ridursi in modo significativo in molte regioni subtropicali già attualmente aride (e anche intorno al Mediterraneo), aumentando così la competizione per l'accesso alle risorse idriche. Inoltre, l'aumento delle temperature, della presenza di sedimenti e inquinanti minaccerà la potabilità dell'acqua anche in presenza dei metodi convenzionali di trattamento.

In qualunque parte del mondo si assista alle distorsioni industriali della produzione agricola, le alterazioni della produttività dei suoli derivanti dal riscaldamento globale, da eventi meteorici estremi, da siccità, da proliferazione di insetti e piante infestanti hanno

indotto un preoccupante incremento dell'utilizzo di pesticidi[60, 61] e, come conseguenza, delle numerose patologie ad essi correlate[62], anche a causa dell'aumento della loro volatilizzazione con l'incremento della temperatura atmosferica e della maggiore contaminazione delle falde acquifere[63].

Secondo l'ultimo rapporto ISPRA sulla presenza di pesticidi nelle acque, in Italia si utilizzano circa 130.000 tonnellate/anno di pesticidi, che contengono circa 400 sostanze diverse. In media, il 64% delle falde superficiali italiane sono contaminate e, in alcune regioni, le contaminazioni superano il 90%, con livelli in incremento rispetto agli anni precedenti. Questi dati sono certamente sottostimati in considerazione della quasi totale assenza di controlli sulle falde acquifere nelle regioni centro-meridionali.

Si legge nel rapporto ISPRA: *“per alcune sostanze la contaminazione per frequenza, diffusione territoriale e superamento dei limiti di legge, costituisce un vero e proprio problema, in alcuni casi di dimensione nazionale”*... *“c'è consapevolezza ... che il rischio derivante dalle sostanze chimiche sia attualmente sottostimato ... è necessaria una particolare cautela anche verso i livelli di contaminazione più bassi”*.

Parallelamente all'incremento dell'uso dei pesticidi, c'è un incremento dei rischi sanitari legati al loro utilizzo. Sono infatti numerose le malattie (soprattutto oncologiche, endocrino-metaboliche, neurologiche, riproduttive, respiratorie) il cui rischio aumenta in seguito ad esposizione a dosi piccole e prolungate nel tempo di pesticidi sia in età adulta che, soprattutto, nei bambini, nei quali i pesticidi possono anche causare alterazioni dello sviluppo cognitivo e neuro-comportamentale.

È rilevante sottolineare che l'esposizione si verifica non solo per motivi occupazionali, ma anche per ingestione di alimenti contaminati e per motivi residenziali (abitazioni in prossimità di campi agricoli trattati ma anche ambiti cittadini esposti a uso di insetticidi).

Diventano anche sempre più frequenti le dimostrazioni della trasmissione transgenerazionale del rischio sanitario da esposizione a pesticidi. L'esposizione materna durante la gravidanza può ad esempio aumentare il rischio di leucemia infantile [64], di tumori cerebrali in età pediatrica (anche in seguito a esposizione pre-concezionale del padre)[65], può influenzare il fenotipo metabolico dei figli attraverso meccanismi di programmazione fetale che determinano, ad esempio, alterazioni dell'espressione genica e successiva comparsa di obesità[66, 67].

È in corso un crescente e vivace dibattito internazionale sulla pericolosità biologica del glifosato, uno degli erbicidi più utilizzati al mondo, recentemente classificato dalla IARC come “probabile cancerogeno”. Indipendentemente dai possibili effetti cancerogeni e oltre

ai ben noti (e indiscussi) effetti negativi sull'ambiente, autorevoli evidenze scientifiche indicano un ruolo causale per effetti sanitari non oncologici sia negli animali che negli esseri umani, anche per dosi ultra-basse assunte cronicamente, rendendo consigliabile un rapido e definitivo abbandono del suo utilizzo (http://www.isde.org/glyphosate_appeal.pdf). Proprio la storia del glifosato ci insegna, tuttavia, che l'utilizzo di queste sostanze non sia così indispensabile come vorrebbero farci credere. Tra i "sostenitori" della chimica in agricoltura è dominante la previsione di catastrofi colturali e alimentari in caso di sospensione dell'utilizzo di glifosato. In realtà, gli esseri umani hanno vissuto bene senza glifosato fino alla fine del XX secolo. Questa sostanza è stata introdotta nel mercato nel 1974. I dati statistici dimostrano un drammatico incremento dell'utilizzo di glifosato per la coltivazione della soia in USA tra il 2002 e il 2014, con incremento solo modesto nella produzione ma, nello stesso intervallo temporale, con un incremento significativo delle erbe infestanti resistenti al trattamento[68]. Assistiamo oggi ad un incremento delle conseguenze ambientali e sanitarie dell'uso di glifosato (e dei suoi co-formulanti, persino più pericolosi) e delle resistenze ad esso, che lo renderanno presto inutile. D'altra parte abbiamo la possibilità, come sempre accade, di alternative sostenibili al suo utilizzo (<http://www.pan-europe.info/resources/reports/2017/10/alternative-methods-weed-management-glyphosate-and-other-herbicides>).

L'utilizzo del glifosato e, più in generale, dei pesticidi, è incompatibile con un futuro basato sulla salubrità dell'ambiente, sulla tutela della salute umana e sulla difesa della biodiversità e le modificazioni climatiche potranno solo aggravare la situazione.

Il percorso verso un'agricoltura "a misura d'uomo" è la chiave necessaria per affacciarsi su un futuro nel quale la tutela di ambiente e salute e il rispetto dei diritti primari delle Comunità devono tornare ad avere la priorità che gli spetta nella nostra scala di valori.

È ormai inderogabile la scelta di soluzioni sostenibili che riportino al primo posto i reali bisogni delle Comunità e la tutela dell'ambiente, scalzando gli interessi di forme imprenditoriali sempre più aggressive.

È dunque urgente tornare a pratiche agricole che non debbano essere sostenute dall'uso di pesticidi, privilegiando colture a destinazione alimentare, produzioni commisurate a reali fabbisogni delle Comunità, fertilizzanti organici derivati da compostaggio aerobico, tecniche agronomiche che incrementino la fertilità dei suoli, incentivino la biodiversità e preservino la qualità delle acque e degli alimenti.

8. Produzione energetica da impianti a biomassa, influenza sui cambiamenti climatici e rischi per la salute umana.

L'urgente necessità di ridurre le emissioni di gas climalteranti ha incrementato il ricorso alle "fonti rinnovabili". Tuttavia, in tale definizione vengono comprese fonti energetiche molto diverse fra loro (sole, vento, maree, energia idraulica, geotermica e, appunto, da biomassa) sia per gli impatti sulla salute che sull'ambiente. Il termine "biomassa" è a sua volta comprensivo di varie tipologie di combustibili.

Il DLgs 28/2011 definisce biomassa: *"la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani."*

L'art.2 dello stesso decreto definisce, inoltre, i seguenti prodotti derivati:

- *Bioliquidi: i "combustibili liquidi per scopi energetici diversi dal trasporto, compresi l'elettricità, il riscaldamento ed il raffreddamento, prodotti dalla biomassa";*
- *Biocarburanti: i "carburanti liquidi o gassosi per i trasporti ricavati dalla biomassa";*
- *Biometano: il "gas ottenuto a partire da fonti rinnovabili avente caratteristiche e condizioni di utilizzo corrispondenti a quelle del gas metano e idoneo alla immissione nella rete del gas naturale".*

Le biomasse possono quindi fungere direttamente da combustibile o essere trattate con processi di digestione anaerobica per produzione di biogas/biometano, che può a sua volta essere combusto.

A questo tipo di utilizzo della biomassa, si affianca la produzione di biocarburanti/biodiesel da coltivazioni dedicate, che utilizzano –in maniera evidentemente incongrua- suolo agricolo, destinandolo ad un impiego che entra in competizione con la produzione di cibo sia per l'uomo che per gli animali. Si tratta, inoltre, di monoculture ad elevata richiesta aggiuntiva di energia per tutti i processi di trasformazione necessari e che presentano rischi aggiuntivi per la salute umana, in considerazione anche delle grandi quantità di prodotti chimici impiegati (fertilizzanti/pesticidi).

Anche la produzione di energia da combustione delle biomasse, per altro, presenta rilevanti criticità sia sotto l'aspetto dell'impatto sanitario che per l'emissione di gas climalteranti, già evidenziate in passato, e ribadite anche recentemente dalla comunità

scientifico internazionale (www.scientificamerican.com/article/congress-says-biomass-is-carbon-neutral-but-scientists-disagree/).

L'assunto principale in base al quale la produzione di energia da combustione di biomasse è considerata fonte "rinnovabile" è che, bruciando le biomasse (ad esempio la legna), la produzione di gas climalteranti –in primo luogo la CO₂ - sarebbe bilanciata dalla CO₂ assorbita dalle piante durante la loro crescita.

Questo assunto è però del tutto errato per più di un motivo.

Anzitutto, non tiene conto del fattore tempo: la pianta può impiegare decine, se non centinaia, di anni per utilizzare la CO₂ presente in atmosfera per produrre il legno, - attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana -, mentre quando viene bruciata il carbonio viene rilasciato e si combina con l'ossigeno atmosferico - formando CO₂ - in brevissimo tempo. Ci vorranno così diversi decenni o anche secoli per riassorbire la CO₂ rilasciata dalla combustione, mentre gli obiettivi fissati da Parigi per la riduzione delle emissioni di CO₂ sono a breve termine (2030).

Un altro aspetto da considerare è che nel bilancio della CO₂ vanno considerate le fasi di estrazione e di trasporto delle biomasse che incrementano in maniera relevantissima la produzione di gas climalteranti, soprattutto quando le biomasse vengono veicolate per centinaia o migliaia di chilometri dopo l'estrazione e con mezzi di trasporto (camion, navi) alimentati con combustibili fossili.

Infine l'estrazione delle biomasse dagli ecosistemi forestali altera i cicli biogeochimici e la fertilità, andando così a compromettere la funzionalità degli ecosistemi e quindi determinando una diminuzione dei sink, un incremento di CO₂ in atmosfera ed una riduzione della biodiversità, a rischio di estinzione[69].

Purtroppo la Direttiva Europea sulle Rinnovabili (Renewable Energy Directive, RED), nonostante il parere opposto di centinaia di scienziati (<https://empowerplants.files.wordpress.com/2018/01/scientist-letter-on-eu-forest-biomass-796-signatories-as-of-january-16-2018.pdf>), ha inquadrato come "a bassa emissione di carbonio" -e quindi "rinnovabile"- l'energia prodotta dall'abbattimento e combustione di boschi e foreste. Secondo alcuni Autori [70], tuttavia, sostituire i combustibili fossili con il legno aumenterà probabilmente, entro il 2050, di 2-3 volte il carbonio nell'atmosfera per gigajoule di energia finale.

Quindi una pratica, quella dell'uso delle biomasse, presentata come neutra od addirittura in grado di contrastare i cambiamenti climatici, si rivela in realtà di segno diametralmente

opposto anche per gli effetti negativi sulla conservazione della natura e per le alterazioni delle funzioni ecosistemiche.

Per contrastare i cambiamenti climatici sarebbe molto meglio incrementare la fertilità dei suoli grazie al sequestro di carbonio organico da parte degli ecosistemi batterici e preservare così l'integrità dei cicli biogeochimici di boschi e foreste.

Purtroppo, la recente approvazione, da parte del Consiglio dei Ministri italiano, del Testo Unico Forestale -malgrado le vibrante proteste di parte consistente del mondo accademico, di Associazioni (non solo ambientaliste) e Istituzioni- va in direzione opposta³.

Dal punto di vista energetico, inoltre, le biomasse, rispetto ai combustibili fossili, hanno una bassissima densità di energia e sono reperite da ambiti territoriali di norma assai estesi, per cui, come avviene nel caso dei biocarburanti, richiedono una grande quantità di lavoro e di investimenti per l'effettivo utilizzo. Tutto ciò rende l'energia da biomassa poco efficiente, dipendente dal fossile (nella fase di estrazione e di trasporto), molto costosa e, infine, ma non certo da ultimo, dannosa dal punto di vista della emissione di gas climalteranti e dell'impatto ambientale.

Quale è dunque il motivo per cui la domanda di biomassa è in continua crescita, tanto da apparire addirittura "fuori controllo"? (<https://www.drax.com/sustainability/biomass-demand-control/>)

Nel nostro Paese, la produzione di energia da biomasse, in realtà, si sostiene solo grazie a ingenti sussidi pubblici, finanziati in gran parte da aumenti tariffari sui consumi elettrici, anche grazie all'avallo dell'Unione Europea (UE) che ha, infatti, ad esempio, consentito, non considerandoli "aiuti di Stato", lo stanziamento di 4.7 miliardi di euro che il nostro Paese ha destinato alla incentivazione della produzione di biocombustibili, mentre altri 5,5 miliardi sono previsti, entro il 2020, per promuovere l'uso delle biomasse. Queste importanti incentivazioni economiche hanno, tra l'altro, attirato anche l'attenzione della criminalità organizzata -come ampiamente riportato dagli organi di informazione-, che ha trovato nei disboscamenti illegali, e nel traffico delle biomasse in genere, un cespite importante di illeciti guadagni.

³ - <http://www.greenreport.it/news/aree-protette-e-biodiversita/no-allapprovazione-del-decreto-legge-ammazza-foreste-fine-legislatura/>
- <http://www.isde.it/lettera-aperta-al-presidente-della-repubblica-sergio-mattarella-e-per-conoscenza-al-presidente-del-consiglio-paolo-gentiloniper-la-difesa-del-patrimonio-ambientale-italiano-della-salute-dei/>
- http://www.isde.it/wp-content/uploads/2018/02/2018.02.19-Comunicato-stampa-congiunto-isde_energiaperitalia_biomasse-1.pdf
- <http://comunivirtuosi.org/16653-2/>

Per quanto concerne, poi, l'impatto sulla salute umana, anche quello che riguarda le biomasse, come di norma avviene nei processi di combustione, porta alla formazione e all'immissione in ambiente di migliaia di sostanze tossiche ed inquinanti (particolato, metalli, idrocarburi policiclici aromatici –IPA-, diossine) i cui rischi sono ormai ampiamente documentati.

Qualità dell'aria e biomasse

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stima che solo l'8% della popolazione mondiale respiri un'aria che rispetta parametri considerati cautelativi per la salute (<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en>). Secondo la Lancet Commission on Pollution and Health, le morti premature causate nel mondo dall'inquinamento atmosferico sarebbero oltre 6 milioni [71].

L'Agenzia Europea dell'Ambiente, nel suo Rapporto "Air Quality in Europe 2017" valuta che oltre 500.000 morti premature siano determinate in Europa dall'inquinamento dell'aria e pone l'Italia, con oltre 90 mila morti, ai vertici di questa triste classifica. L'Italia è sotto procedura d'infrazione per la inadeguata tutela della salute umana.

Un problema, quindi, di rilevanza planetaria le cui ricadute più gravi colpiscono le fasce più suscettibili della popolazione: feti, bambini, donne in gravidanza, anziani.

La causa principale dell'inquinamento atmosferico è rappresentata dall'attività antropica e soprattutto dai processi di combustione per la produzione di energia, combustione di legna per il riscaldamento domestico, incenerimento di rifiuti, incendi boschivi, processi industriali, utilizzo di mezzi di trasporto.

Già oggi, dai dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, <http://www.isprambiente.gov.it/en/publications/reports/italian-emission-inventory-1990-2015.-informative-inventory-report-2017>), risulta che in Italia le biomasse solide siano responsabili di oltre il 70% del particolato fine (PM2.5) primario, che rappresenta circa la metà del PM2,5 totale presente in atmosfera.

Nell'ottobre del 2013, la International Agency for Research on Cancer (IARC) ha classificato il particolato quale agente cancerogeno certo per l'uomo (gruppo 1), al pari dell'inquinamento atmosferico (out air pollution).

Per il particolato fine e ultrafine, inoltre, numerosissimi studi epidemiologici hanno dimostrato anche un aumento di eventi avversi a breve termine a carico del sistema cardio-vascolare (infarto, ictus, emorragia cerebrale) e respiratorio[72].

All'impatto sanitario da particolato, va poi aggiunto quello derivante da emissioni di diossine, furani, IPA, metalli, ossidi di azoto, etc., sostanze spesso veicolate dal particolato (azione "carrier" del particolato nei confronti degli altri inquinanti) in una sinergia assai negativa per la salute umana.

La combustione di biomasse, biogas e biocarburanti, perciò, contribuisce ad accelerare i cambiamenti climatici e a peggiorare la qualità dell'aria e, con essa, la salute umana.

Per tutti questi motivi, ISDE da sempre si batte per contrastare e ridurre le combustioni di origine antropica (<http://www.isde.it/wp-content/uploads/2016/04/2016-Campagna-ISDE-No-Combustioni.pdf>).

Studi epidemiologici su centrali a biomasse.

Sono numerosi gli studi epidemiologici che hanno indagato gli effetti sulla salute sia dei lavoratori che delle popolazioni esposte alle emissioni delle centrali a biomasse ed una ampia revisione di letteratura è stata pubblicata di recente[73].

Nove studi hanno preso in esame gli impatti sulla salute derivanti dalla produzione di energia elettrica da combustione di biomassa. Nei lavoratori addetti alle varie fasi produttive, l'esposizione a endotossine e funghi presenti nella biomassa è risultata associata a sintomi e malattie respiratorie (ad es. bronchite cronica e disturbi della respirazione)[74, 75]. L'esposizione multipla a gas (anidride solforosa, ossido nitrico, biossido di azoto, ammoniacca, idrogeno solforato, monossido di carbonio) ha evidenziato un rischio elevato di effetti respiratori e neurotossici[76] mentre l'esposizione multipla a metalli (arsenico, berillio, cadmio, piombo, manganese, selenio, alluminio) si associa ad elevato rischio cancerogeno, neurotossico e a problemi respiratori[76].

Anche vivere vicino a una centrale a biomassa dimostra di aumentare il rischio di disturbi respiratori e alla cute[77] .

Infine, una analisi comparativa fra tutte le forme di produzione energetica, ha dimostrato che il rischio di eventi fatali determinati dalla produzione e dalla distribuzione di biomassa è, fra tutti, il più alto[78]. Durante la produzione della materia prima i rischi sono considerati simili a quelli dell'agricoltura e della silvicoltura, la fase termica è invece associata all'esposizione a diverse sostanze pericolose (ad es. carcinogeni, monossido di carbonio, ossidi di zolfo, piombo e sostanze organiche volatili) e durante lo stoccaggio delle biomasse vi è un rischio più elevato di esplosione, incendio e inquinamento atmosferico[79].

I livelli di polverosità variano tra i diversi tipi di biomasse (ad es. paglia, pellet di legno, trucioli di legno, mattonelle di legno)[80], ma in generale l'esposizione ad endotossine, actinomiceti, batteri e funghi e particolato[80, 81] è alta; livelli aumentati di interleuchina 1 - spia di un'inflammazone subcronica e cronica delle vie respiratorie[81]- sono stati trovati nell'aria espirata dai lavoratori.

Conclusioni

Le centrali a biomasse impattano negativamente sui cambiamenti climatici, attraverso la produzione di gas climalteranti, per nulla affatto “bilanciata” dall'assorbimento della CO₂ durante la fase di crescita. Cambiamenti climatici che potrebbero essere, invece, efficacemente contrastati aumentando il sequestro di carbonio organico nei suoli grazie alla evoluzione naturale di boschi e foreste e a pratiche di agro-ecologia.

Le evidenze scientifiche emerse dagli studi sia sui lavoratori esposti che sulle popolazioni residenti intorno a centrali a biomasse, inoltre, dimostrano che esse hanno importanti effetti negativi sulla salute umana, per l'emissione in atmosfera di sostanze tossiche ed inquinanti.

Peggiorare ulteriormente la qualità dell'aria in Italia - come inevitabilmente accadrà incentivando la produzione di energia elettrica da biomasse (e il Testo Unico Forestale, di recente licenziato dal Parlamento italiano, va in questa direzione) – rappresenta un onere inaccettabile non solo per i danni alla salute, ma anche per i costi sociali e sanitari collegati.

Da quanto sopra riportato emerge la necessità e l'urgenza di eliminare qualunque forma di incentivo all'utilizzo delle combustioni per fini energetici e/o industriali. Tali pratiche devono, anzi, essere penalizzate attraverso meccanismi economici di pressione fiscale, anche in ossequio alle indicazioni dell'UE per il perseguimento di una economia circolare. Occorre privilegiare e incentivare strategie per un recupero totale della materia, per la produzione di energia da vere fonti rinnovabili (solare, eolico, onde e maree) e per la salvaguardia della fertilità e salubrità del suolo attraverso il compostaggio.

9. I benefici di alberi e foreste per i cambiamenti climatici e la salute umana

Le foreste hanno grande influenza sui cambiamenti climatici. Anche il solo cambiare la composizione degli alberi nelle foreste può modificare profondamente il ciclo del carbonio e, in misura considerevole, le temperature superficiali del pianeta.

Purtroppo le nostre scelte stanno peggiorando la situazione. Ad esempio, in Europa dal 1750 al 1850 si sono persi 190.000 Km² di foreste, per sfruttamento massivo. Dal 1850 al 2010, con l'entrata in gioco dei combustibili fossili e dell'agricoltura intensiva, che occupa minori spazi aperti, si sono riguadagnati 386.000 km². La riforestazione tuttavia è avvenuta piantando soprattutto conifere (dal legno ritenuto più pregiato), che sono aumentate di 633.000 km² a spese delle latifoglie, diminuite di 436.000 km². Ciò ha modificato i flussi di energia e acqua tra terreno e atmosfera, causando un deficit di assorbimento nelle piante di anidride carbonica pari a 3,1 milioni di tonnellate e un aumento di energia termica assorbita dal pianeta pari a 0,12 watt/m² [82].

Il contributo di queste variazioni al riscaldamento climatico globale è notevole: per il decennio 2003-2012, è stato pari al 18 per cento [83]. La gestione umana delle foreste sta quindi contribuendo ad accentuare il riscaldamento climatico invece di mitigarlo, malgrado un complessivo incremento della copertura degli alberi!

Grande importanza hanno anche le foreste urbane [84]. Benché le città occupino soltanto il 3% della superficie terrestre, consumano il 78% dell'energia e sono responsabili del 60% delle emissioni di gas serra. Le zone boschive e gli alberi, dentro e in prossimità delle città, svolgono azioni fondamentali: assorbono la CO₂ e gli agenti inquinanti; forniscono ombra e rinfrescano l'aria mitigando le ondate di caldo; attorno agli edifici riducono del 30 per cento la necessità di usare **climatizzatori**, mentre nei luoghi freddi proteggono le case dal vento e consentono così di risparmiare dal 20 al 50% dell'energia per il **riscaldamento**; recuperano suoli degradati e prevengono siccità e inondazioni (<https://www.un.org/development/desa/fr/news/forest/forests-and-cities.html>).

Oltre metà della popolazione mondiale vive nei centri urbani e salirà al 70% nel 2050 (<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>). Per rendere le città dei luoghi più sostenibili, resilienti, sani e gradevoli è imprescindibile investire negli spazi verdi. La FAO (<https://www.un.org/en/events/forestsday/>) indica la via: "le foreste e gli alberi all'interno e attorno ai centri urbani forniscono habitat, cibo e protezione per numerosi animali e molte specie vegetali. Il che contribuisce anche a salvaguardare ed accrescere la biodiversità". Purtroppo invece dappertutto assistiamo al

taglio sistematico di grandi quantità di alberi sia nei boschi sia nelle città, principalmente allo scopo di alimentare le centrali a biomasse, che sono in continuo aumento perché incentivate con grandi quantità di denaro pubblico. Tutto ciò, nonostante la UE [85] attribuisca all'Italia 60.000 morti/anno per PM2,5 atmosferico, di cui il 50% secondo l'ISPRA è primario emissivo, il 68% del quale, sempre secondo ISPRA, viene dalla combustione delle biomasse legnose [86]. Incrociando queste stime, la combustione di biomasse legnose potrebbe causare circa 20.000 morti/anno (68% di 60.000/2). Secondo GSE, il 20% della potenza emissiva [87] totale di tutte le biomasse italiane è dovuto alle centrali incentivate con denaro pubblico, che così generano migliaia di morti precoci/anno legate alle sole emissioni di particolato, A questo vanno aggiunti gli incrementi di rischio sanitario legato alle emissioni di altri inquinanti prodotti dalla combustione del legno (ad es. composti organici clorurati, metalli pesanti).

Tuttavia, nonostante l'appello di centinaia di scienziati (http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2018/04/UPDATE-800-signatures_Scientist-Letter-on-EU-Forest-Biomass.pdf), le Direttive UE promuovono ulteriormente le biomasse non considerando l'incremento del rischio ambientale e sanitario che questo comporta [70].

Il periodico taglio delle foreste, necessario per rifornire le biomasse intese come fonte energetica, causa inoltre diminuzione della biodiversità [88], il cui aumento invece favorisce l'assorbimento di carbonio nelle foreste, riducendo i gas serra e i cambiamenti climatici [89].

Se invece li manteniamo vivi attorno a noi, alberi e foreste sono estremamente benefici: vi sono numerose evidenze che favoriscono la guarigione delle persone malate, mentre nei sani promuovono il benessere, prevengono le malattie neurodegenerative e proteggono il cervello dall'invecchiamento innescando fenomeni neurotrofici e di neurogenesesi [90-94].

Varie ricerche nel Mondo mostrano minore mortalità e malattie tra chi vive presso spazi verdi adeguati. Qing Li [95] in una vastissima indagine su tutto il Giappone ha evidenziato la correlazione diretta tra maggiore copertura forestale e minore mortalità da cancro.

Il verde esplica la sua funzione specialmente mediante la immersione completa (in Giappone "Shinrin-yoku", tradotto in "Forest bathing"). Tra i fattori terapeutici è chiamata in causa l'emissione di monoterpeni, che attivano i linfociti NK (natural killer) e causano notevole aumento delle proteine anticancro [95]. Sono inoltre studiati i campi elettromagnetici emessi dagli alberi [96-99]: spazi verdi e foreste formano luoghi naturali rigeneranti e protettivi che irradiano una forte spinta vitale e portano benessere alle persone.

Inevitabilmente noi abbiamo bisogno di alberi e boschi, il più possibile lasciati alla loro evoluzione naturale, senza interventi umani, ricchi di biodiversità. Tagliando e bruciando alberi danneggiamo l'ambiente, la salute e acceleriamo i cambiamenti climatici; lasciandoli vivere e frequentandoli troviamo benessere, longevità e proteggiamo noi stessi, i nostri cari e il nostro Pianeta.

10. La falsa soluzione: la transizione dal carbone al metano

La sostituzione tra combustibili fossili (in particolare metano come sostituto del carbone) è stata in più occasioni proposta, a livello internazionale, come soluzione possibile per fronteggiare le conseguenze dei cambiamenti climatici, suscitando numerose obiezioni.

L'allontanamento dal carbone come fonte energetica è un'ovvia necessità, universalmente valida ed urgente per numerose ragioni economiche, ambientali e sanitarie. Se dovessimo porre su una scala gerarchica il potere inquinante dei combustibili fossili ci sarebbero, senza dubbio, al primo posto carbone e pet-coke, all'ultimo il metano.

Tuttavia, questo non significa affatto che la combustione del metano non sia inquinante e che non possa avere conseguenze ambientali e sanitarie rilevanti.

Anche la combustione di metano inquina, genera considerevoli quantità di gas serra e conseguenze sanitarie ed economiche misurabili e, soprattutto, in molti casi *evitabili*.

Brucciare gas naturale riduce di circa il 50% le emissioni di CO₂ rispetto al carbone, ma il 50% non è abbastanza. L'obiettivo al quale puntare con rapidità secondo l'ultimo report IPCC è l'azzeramento delle emissioni antropogeniche di CO₂ entro il 2050, con una riduzione di almeno il 45% rispetto ai valori del 2010 già entro il 2030.

Sostituire il carbone con il metano non sembra dunque essere un ponte verso un futuro meno inquinato ma una strada più lenta che conduce verso pericolosi ritardi nel raggiungimento degli obiettivi previsti e verso probabili e irreversibili conseguenze.

Alle insufficienti riduzioni nella produzione di CO₂ si deve aggiungere il pesante effetto clima-alterante delle emissioni fuggitive. Il metano, infatti, ha un effetto clima-alterante circa 84 volte più potente del carbone nel breve termine, circa 30 volte nel lungo termine. È stato calcolato che le emissioni fuggitive legate all'uso del metano ammontano, in media, all'1-9% del gas prodotto, l'equivalente delle emissioni di circa 35-314 centrali a carbone.

Infine, puntare ancora sulla produzione di energia da fonti fossili (anche se le meno inquinanti) ritarda ancora il necessario sviluppo delle fonti rinnovabili, la vera strada verso un futuro sostenibile.

È stato calcolato che i costi sanitari delle emissioni da combustione di gas naturale per fini energetici ammontano a circa 0.096 US\$ per kWh di energia generata. Nel caso di una sola centrale da circa 700MW alimentata a gas naturale questo significa un costo di 4.76 milioni di US\$[100], principalmente sostenuto da un aumento della mortalità a lungo termine, dalla compromissione delle attività quotidiane, da patologie respiratorie.

Da tale stima sono escluse le possibili ricadute in età pediatrica, in termini di riduzione della fertilità, in gravidanza e sulle generazioni future.

Gli impianti alimentati a gas naturale contribuiscono in maniera considerevole alle concentrazioni atmosferiche di metano incombusto (emissioni fuggitive) e di CO₂ (in seguito a combustione) a livello urbano e sub-urbano[101] e generano elevate emissioni di NO_x e formazione di particolato secondario [102], con conseguente aumento dei numerosi rischi sanitari legati a tali sostanze inquinanti.

Inoltre qualsiasi combustibile fossile, incluso il gas naturale[103, 104], contiene materiale radioattivo (“naturally occurring radioactive materials”, NORM). È stata documentata la presenza di radionuclidi nei prodotti di combustione del gas naturale, con maggiori emissioni di ²¹⁰Po e ²¹⁰Pb da parte di centrali alimentate a gas naturale, rispetto a quelle alimentate a olio combustibile[105].

Anche le strategie per contenere i cambiamenti climatici indicate dalla Commissione Europea (https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en) prevedono un taglio delle emissioni di gas serra di almeno l'80% entro il 2050. Per raggiungere questo obiettivo la CE indica tra le soluzioni la completa sostituzione dei combustibili fossili (metano compreso) per la produzione di energia elettrica, il settore che ha le più ampie potenzialità di miglioramento.

I settori industriali ad alto fabbisogno energetico (ad es. cementifici, acciaierie) contribuiscono in maniera significativa all'incremento delle emissioni di gas serra. Anche in questi casi la CE pone come obiettivo prioritario la riduzione delle emissioni raggiungibile attraverso l'utilizzo delle fonti energetiche meno inquinanti, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'impiego di tecnologie per la cattura e l'immagazzinamento della CO₂. In considerazione della diretta proporzionalità tra livelli produttivi ed emissioni, le soluzioni previste dalla CE, tuttavia, non dovrebbero mai prescindere da un adeguato dimensionamento delle attività produttive, che dovrebbe sempre essere calibrato sui reali fabbisogni e su criteri di sostenibilità e di tutela ambientale e sanitaria.

11. Gli scenari attesi e le proposte possibili

Una rapida riduzione dei rischi ambientali e sanitari causati dalle emissioni di gas serra e dal riscaldamento globale dovrebbe considerarsi obiettivo prioritario per chiunque, da perseguirsi nel breve termine.

Le conseguenze epidemiologiche delle variazioni climatiche hanno aspetti differenti in diverse aree geografiche ma coinvolgono tutti, indipendentemente dalla collocazione e dal livello economico o socio-culturale e, soprattutto nelle aree urbane e tra le popolazioni ad alto reddito, sono particolarmente rilevanti per la parte più fragile delle comunità: bambini, donne in gravidanza, anziani, affetti da malattie croniche, fasce disagiate.

Inoltre, le alterazioni climatiche non causano solo malattie cardiovascolari o respiratorie che conducono ad accessi in pronto soccorso, ricoveri o decessi ma hanno un ruolo fondamentale anche per un'ampia serie di patologie ad alto costo economico e sociale, la cui rilevanza epidemiologica in termini di relazione fisiopatologica con le alterazioni ambientali e climatiche può essere fortemente sottovalutata. È necessario che chiunque abbia consapevolezza di questo aspetto per consentire un'adeguata sorveglianza sanitaria (medici), variazioni dei comportamenti individuali (comunità), rapidi e consistenti adeguamenti delle strategie di sviluppo socio-economico e normativo, promozione di misure di prevenzione primaria anche finalizzate al contenimento della spesa sanitaria (istituzioni).

Dal punto di vista ambientale, gli scenari previsti dall'IPCC dipendono da modelli economici e sociali proiettati su scala mondiale. Gli scenari con forte crescita economica non permettono significative riduzioni di gas serra, mentre un'evoluzione verso un nuovo modello economico e sociale orientato verso un'economia di informazione e servizi, con una riduzione dell'intensità dei materiali e l'introduzione di tecnologie per le risorse efficienti e pulite, può permettere un contenimento della crescita di gas serra e della temperatura globale.

Questi, in sintesi, gli scenari attesi per il futuro, in base al Rapporto IPCC di Ottobre 2018 (<http://www.ipcc.ch/report/sr15/>):

- Si stima che le attività umane abbiano già causato un incremento pari a circa 1.0°C di riscaldamento globale rispetto ai livelli pre-industriali (range di variabilità compreso tra 0.8°C e 1.2°C). Si stima che il riscaldamento globale raggiungerà un incremento pari a 1.5°C tra il 2030 e il 2050 se dovesse continuare la tendenza attuale.
- L'incremento della temperatura globale causato dalle emissioni antropogeniche a partire dall'era pre-industriale persisterà per secoli o millenni e continuerà a generare effetti ulteriori a lungo termine nel sistema climatico (ad esempio aumento del livello dei mari) e relative conseguenze, ma queste emissioni da sole non sembrano in grado di generare un ulteriore incremento di 1.5°C.
- i rischi derivanti dai cambiamenti climatici (ad es. incremento della temperatura media delle terre e degli oceani, ondate di calore in aree densamente urbanizzate, eventi meteorologici estremi, siccità) saranno alti per un incremento pari a 1.5°C rispetto al presente, ancora maggiori per un incremento pari a 2°C, anche se in maniera variabile a seconda della localizzazione geografica, del livello locale di vulnerabilità e dell'adozione di misure di mitigazione e di misure finalizzate all'incremento della resilienza.
- Il livello dei mari aumenterà, entro il 2100, di circa 0.1 metri in meno per un incremento di temperatura entro 1.5°C, rispetto a 2°C. L'incremento futuro del livello dei mari dipenderà dall'entità delle future emissioni clima-alteranti. Lo scenario più favorevole garantirà migliori possibilità di adattamento a comunità e ecosistemi localizzati in piccole isole, aree costiere e delta dei fiumi.
- Nelle aree terrestri l'impatto su biodiversità ed ecosistemi (perdita di biodiversità e estinzione di alcune specie) sarà minore per incrementi limitati a 1.5°C, rispetto a 2°C.
- L'incremento di temperatura e acidità degli oceani e la riduzione dei livelli marini di ossigeno saranno più contenuti per incrementi di temperatura entro 1.5°C, rispetto a 2°C. Questo comporterà effetti sulla biodiversità marina, sulla pesca e sugli ecosistemi, con rilevanti implicazioni in merito alle conseguenze di tutto questo sulle necessità umane.

- I rischi per la salute umana, per la sicurezza alimentare, per la disponibilità di acqua aumenteranno in seguito ad un incremento di temperatura globale pari a 1.5°C ma saranno ancora maggiori in caso di incremento pari a 2°C.

- Le possibilità di adattamento (resilienza), di sviluppo sostenibile, di eradicazione della povertà e di riduzione delle disuguaglianze saranno maggiori se l'incremento della temperatura sarà contenuto entro 1.5°C.

- Per contenere il riscaldamento globale entro 1.5°C, le emissioni antropogeniche di CO2 dovranno azzerarsi entro il 2050, con una riduzione di almeno il 45% rispetto ai valori del 2010 già entro il 2030. Questo richiede azioni **rapide, inedite e di vasta portata** che comportino una riduzione delle emissioni antropogeniche in tutti i settori, opere di mitigazione, miglioramento delle possibilità di resilienza, strumenti legislativi, progresso tecnologico, modificazioni dei comportamenti individuali e un incremento degli investimenti necessari a raggiungere questi obiettivi.

Le previsioni consentono di affermare che anche nelle ipotesi più favorevoli ci saranno rilevanti impatti ambientali, sanitari ed economici. Per questo è necessario che i governi assumano decisioni radicali e coraggiose (“rapide, inedite e di vasta portata” secondo gli scienziati dell'IPCC), coscienti che il modello economico consumista, di mercificazione e privatizzazione delle risorse naturali dominante nel pianeta non è sostenibile e prevede dei costi maggiori rispetto ai risparmi possibili con una decisa variazione di tendenza.

La CE ha elaborato specifiche strategie per raggiungere una riduzione di emissioni pari all'80-95% entro il 2050, ponendo come tappe intermedie tagli del 40% entro il 2030 e del 60% entro il 2040 (https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en).

Per raggiungere tali obiettivi la CE indica interventi diversi per i principali settori responsabili delle emissioni:

- il settore della produzione e distribuzione di energia ha il più ampio potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra, che dovrebbero essere completamente eliminate entro il 2050 grazie al ricorso alle energie rinnovabili e alle “smart grids”.

- Il settore dei trasporti dovrebbe essere orientato verso la mobilità elettrica e, nel caso di veicoli pesanti (ad es. traffico aereo), verso l'utilizzo di biocarburanti. Anche in questo caso, è strategico mettere in atto programmi di mobilità sostenibile.
- Gli edifici dovrebbero ridurre le emissioni di circa il 90% entro il 2050, principalmente grazie all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e di tecniche di efficientamento energetico, abbandonando le fonti fossili.
- Gli insediamenti industriali a più elevata richiesta energetica (ad es. acciaierie, cementifici) dovrebbero ridurre le emissioni di almeno l'80% entro il 2050 attraverso l'utilizzo di fonti energetiche più pulite, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'impiego di tecnologie per la cattura e l'immagazzinamento della CO2.
- L'agricoltura dovrebbe ridurre le emissioni derivanti dall'uso di fertilizzanti e da allevamenti e può contribuire alla cattura di CO2 nei suoli e nelle foreste. La CE indica anche la necessità di modificare le abitudini alimentari preferendo il consumo di vegetali e riducendo quello di carne.

Poiché la maggior parte delle emissioni proviene dalla combustione di fonti energetiche non rinnovabili (soprattutto fossili), se vogliamo contrastare i cambiamenti climatici dovremo trasformare il nostro intero sistema energetico e fermare **ovunque** le estrazioni e l'uso dei combustibili fossili, o almeno di quelli a maggiore potere inquinante e clima-alterante.

Le fonti rinnovabili sono già una realtà in grado di sostituire – grazie anche al ricorso a tecniche di miglioramento dell'efficienza energetica - tali combustibili.

Per quanto riguarda le politiche agricole, facciamo nostre le richieste di *Via Campesina*, che riportiamo:

“Noi di Via Campesina dichiariamo ancora una volta che la Sovranità Alimentare – basata sull' agroecologia contadina, le conoscenze tradizionali, la selezione, il salvataggio e la condivisione di semi adottivi locali, e il controllo sulle nostre terre, la biodiversità, le acque, e territori - è la vera, valida , e giusta soluzione a una crisi climatica globale causato in gran parte dalle multinazionali.

Per implementare la Sovranità Alimentare, però, abbiamo bisogno di un cambiamento di vasta portata. Tra le altre cose, abbiamo bisogno di riforme agrarie globali, di appalti pubblici per la produzione contadina, e della fine dei distruttivi Trattati di libero Commercio promossi dalle multinazionali. In breve, abbiamo bisogno di giustizia - sociale, economica, politica, e di giustizia climatica.

*Da COP21 promettono che si uscirà finalmente con un "accordo universale e giuridicamente vincolante". Noi di Via Campesina, che rappresentiamo circa 200 milioni di agricoltori in più di 150 organizzazioni contadine, chiediamo ai governi a dare priorità ai bisogni delle persone sugli interessi corporativi e di accettare soluzioni climatiche reali - inclusi i sistemi contadini di produzione alimentari, che raffreddano il pianeta .
Le soluzioni delle multinazionali sono false soluzioni, e non risolveranno la crisi climatica. Le nostre sono soluzioni reali, e dovrebbero avere la priorità da parte delle Nazioni Unite."*

Servono, in definitiva, decisioni rapide, chiare e vincolanti che portino a ridurre drasticamente le emissioni di gas serra, ad arrestare e, se possibile, ad invertire i processi negativi in corso e, nell'attesa del raggiungimento degli obiettivi prefissati, a migliorare le possibilità di adattamento al cambiamento climatico:

- il settore della **produzione e distribuzione di energia** ha il più ampio potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra, che dovrebbero essere completamente eliminate entro il 2050 grazie all'abbandono dei combustibili fossili, al ricorso alle energie rinnovabili e alle "smart grids".

- Il **settore dei trasporti** dovrebbe essere orientato verso scelte di mobilità elettrica e, nel caso di veicoli pesanti (ad es. traffico aereo), verso l'utilizzo di biocarburanti prodotti con limitate e misurate finalità, evitando speculazioni. È infatti strategico subordinare tali scelte a programmi di mobilità sostenibile orientati alle effettive necessità delle Comunità.

- Il **consumo di suolo** è una delle principali cause del cambiamento climatico, è necessario, pertanto, promulgare una norma che blocchi immediatamente questa tendenza, che ha raggiunto livelli insostenibili in Italia, e che ancora oggi riguarda sponde di fiumi e laghi, aree protette, coste, aree elevato rischio sismico, rischio di frane e rischio idraulico, andando ad aggravare gli effetti degli eventi climatici estremi sulle popolazioni.

- Le **città** oggi nel mondo, pur occupando solo il 2% del territorio sono responsabili di più del 60% consumo energetico globale e del 70% delle emissioni di gas serra (Fonte: OMS, Health as the Pulse of the New Urban Agenda, United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development Quito – October 2016). In Europa il solo settore residenziale è responsabile del 42% del consumo energetico totale e rappresenta la principale fonte emissiva di CO₂ (32% trasporti e 24% industria), oltre a produrre ¼ di

tutti i rifiuti e consumare il 50% di tutti i materiali estratti. In Italia gli edifici sono tra i più energivori in Europa. Agire in questo settore significa avere un notevole potenziale per quanto riguarda il risparmio energetico: a livello europeo l'11% di energia finale nel 2020 con effetti rilevanti sul clima. All'interno degli ambienti urbani è necessario incentivare la riqualificazione/demolizione/ricostruzione degli edifici in bioedilizia; adottare regolamenti che indirizzino verso caratteristiche di autosufficienza energetica, recupero dell'acqua, comfort etc.; istituire incentivi per i condomini che attivano pratiche di riduzione dei consumi. Gli edifici dovrebbero essere costruiti o ristrutturati con tecniche e materiali in grado di ridurre il fabbisogno energetico e utilizzare, se necessario, fonti energetiche rinnovabili locali (solare, minieolico, geotermico a bassa entalpia), abbandonando le fonti fossili. È necessario incoraggiare la transizione verso modelli urbanistici, stili di vita e di consumo più sani e sostenibili sia a livello individuale che globale. Esempi possono essere considerati la realizzazione di edifici ad elevata efficienza energetica, piani di mobilità a basso costo e ad elevata sostenibilità, disponibilità di aree verdi adeguatamente dimensionate. Tutte queste misure migliorano la capacità adattativa delle comunità, oltre a ridurre l'inquinamento urbano, l'emissione di gas serra e la frequenza di patologie acute e croniche come malattie cardiovascolari e respiratorie, cancro, obesità, diabete, malattie psichiatriche e del neurosviluppo[106].

- Negli **edifici pubblici** occorre affrontare il tema degli sprechi e vincolare gli appalti pubblici a requisiti di sostenibilità. Analizzare in tutti gli edifici pubblici gli sprechi energetici, di acqua e di rifiuti e porvi rimedio. Prevedere l'obbligatorietà dei piani di mobilità per i dipendenti e favorire il tele-lavoro.

- Gli **insediamenti industriali** a più elevata richiesta energetica (ad es. acciaierie, cementifici) dovrebbero ridurre drasticamente le emissioni entro il 2050 attraverso l'utilizzo di fonti energetiche più pulite, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'impiego di tecnologie per la cattura e l'immagazzinamento della CO₂, migliorandole dal punto di vista tecnico e riducendone i costi rispetto alla situazione attuale. I livelli di produzione e la localizzazione degli impianti non dovrebbero mai superare i limiti imposti dalla sostenibilità ambientale e dalla tutela sanitaria.

- **L'agricoltura** deve abbandonare l'uso dei fertilizzanti chimici, deve essere utilizzata come strumento di tutela dell'ambiente, della salubrità degli alimenti e della biodiversità e deve contribuire alla cattura di CO₂ nei suoli e nelle foreste. È anche necessario

modificare le abitudini alimentari preferendo il consumo di vegetali e riducendo quello di carne.

- La tutela e l'incremento del **patrimonio boschivo** devono essere garantite, evitando distorsioni speculative a fini energetici dell'impiego delle biomasse di origine vegetale.

- La **sicurezza della catena alimentare e delle risorse idriche** deve diventare un obiettivo prioritario per tutti, anche prevenendo contaminazioni tossiche di suolo e falde acquifere e mettendo in atto adeguate misure di monitoraggio e bonifica dei siti inquinati.

- È urgente favorire una rapida transizione verso una riduzione degli sprechi e della produzione di **rifiuti**, verso il riciclo e il recupero di materia (economia circolare), anche sostenendo la ricerca in questo settore.

- I Paesi economicamente più avanzati dovrebbero **investire risorse** per ridurre l'impatto delle modificazioni climatiche sulla salute e il benessere non solo delle proprie popolazioni ma anche di quelle che vivono in aree geografiche a basso e medio reddito.

- Le **Istituzioni economiche** dovrebbero promuovere un'adeguata analisi dei risparmi (in termini di costi primari e secondari, di costi sanitari e di esternalità) raggiungibili attraverso la realizzazione di misure di riduzione della emissione di gas serra e divulgarne in maniera estesa i risultati. Questo potrebbe contribuire ad una più rapida realizzazione della rivoluzione culturale necessaria, a livello di governance, per raggiungere obiettivi concreti di arresto e regressione delle conseguenze dei cambiamenti climatici.

- Il coinvolgimento, a livello globale, dei **Ministeri che si occupano di Salute pubblica e degli stakeholders impegnati in ambito sanitario** deve essere in ogni modo favorito nei percorsi decisionali (a livello governativo locale e centrale) che implicino possibili conseguenze in termini di cambiamenti climatici e di danni sanitari.

Nell'attesa del raggiungimento degli obiettivi previsti dall'ultimo report IPCC (ottobre 2018), gli **organi di governo locale**, in Italia come a livello globale, dovrebbero mettere in atto **un adeguato piano di adattamento al cambiamento climatico e strategie di annullamento delle disuguaglianze**. Dovrebbe essere previsto un percorso partecipato

di collaborazione in cui i soggetti siano anche attuatori delle azioni del Piano, coinvolgendo i rappresentanti degli organi di governo locale, i cittadini e i rappresentanti dei settori produttivi. Nel nostro Paese, in particolare, il Piano di adattamento dovrebbe prevedere regolamenti locali finalizzati ad attuarlo (protezione civile, linee guida per la realizzazione di opere di urbanizzazione, regolamento del verde, regolamento dei vincoli idrogeologici, strumenti di pianificazione urbanistica dei Comuni e delle Città Metropolitane) ed essere finalizzato alla protezione del benessere collettivo ed a fronteggiare emergenze climatiche (siccità e carenze idriche, ondate di calore in aree urbane, eventi estremi di pioggia e rischio idrogeologico).

Bibliografia

- 1 McMichael AJ. Globalization, climate change, and human health. *N Engl J Med* 2013;**368**:1335-43.
- 2 Proskurina S, Junginger M, Heinimo J, Tekinel B and Vakkilainen E. Global biomass trade for energy- Part 2: Production and trade streams of wood pellets, liquid biofuels, charcoal, industrial roundwood and emerging energy biomass: biomass trade for energy. *Biofuels, Bioproduct & Biorefining* 2018.
- 3 Zingaro D, Portoghese I and Giannoccaro G. Modelling Crop Pattern Changes and Water Resources Exploitation: A Case Study. *Water* 2017;**9**.
- 4 ISTAT. GIORNATA MONDIALE DELL'ACQUA. 22 marzo 2017. Le statistiche dell'Istat. 2017.
- 5 Hales S, Kovats S, Lloyd S and Campbell-Lendrum D. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva: World Health Organization; 2014.
- 6 Hoffmann AA and Sgro CM. Climate change and evolutionary adaptation. *Nature* 2011;**470**:479-85.
- 7 World Health Organization G. Climate change and human health - risks and responses. Summary. Geneva: World Health Organization; 2003.
- 8 Butler CD and Harley D. Primary, secondary and tertiary effects of eco-climatic change: the medical response. *Postgraduate medical journal* 2010;**86**:230-4.
- 9 Astrom C, Orru H, Rocklov J, Strandberg G, Ebi KL and Forsberg B. Heat-related respiratory hospital admissions in Europe in a changing climate: a health impact assessment. *BMJ open* 2013;**3**.
- 10 Smith KR, Woodward A and Campell-Lendrum D. Human health - impacts adaptation and co-benefits. . *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability Working Group II contribution to IPCC 5th Assessment Report*. Cambridge, UK and New York, NY, USA; 2014.
- 11 McMichael AJ and Lindgren E. Climate change: present and future risks to health, and necessary responses. *J Intern Med* 2011;**270**:401-13.
- 12 Robine JM, Cheung SL, Le Roy S, Van Oyen H, Griffiths C, Michel JP *et al*. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *C R Biol* 2008;**331**:171-8.
- 13 Grace K, Davenport F, Funk C and Lerner A. Child malnutrition and climate in Sub-Saharan Africa: an analysis of recent trends in Kenya. *Appl Geogr* 2012;**35**:405-13.

- 14 Evengard B and McMichael A. Vulnerable populations in the Arctic. *Glob Health Action* 2011;**4**:3-5.
- 15 McMichael AJ, Wilkinson P, Kovats RS, Pattenden S, Hajat S, Armstrong B *et al.* International study of temperature, heat and urban mortality: the 'ISOTHURM' project. *International journal of epidemiology* 2008;**37**:1121-31.
- 16 Guo Y, Gasparrini A, Armstrong B, Li S, Tawatsupa B, Tobias A *et al.* Global variation in the effects of ambient temperature on mortality: a systematic evaluation. *Epidemiology* 2014;**25**:781-9.
- 17 Michelozzi P, De' Donato F, Scortichini M, De Sario M, Asta F, Agabiti N *et al.* [On the increase in mortality in Italy in 2015: analysis of seasonal mortality in the 32 municipalities included in the Surveillance system of daily mortality]. *Epidemiologia e prevenzione* 2016;**40**:22-8.
- 18 Tirado MC, Clarke R, Jaykus LA, McQuatters-Gallop A and Frank JM. Climate change and food safety: a review. *Food Research International* 2010;**43**:1745-65.
- 19 Antic-Mladenovic S, Kresovic M, Cakmak D, Perovic V, Saljnikov E, Licina V *et al.* Impact of a severe flood on large-scale contamination of arable soils by potentially toxic elements (Serbia). *Environmental geochemistry and health* 2018.
- 20 Lake IR, Foxall CD, Fernandes A, Lewis M, Rose M, White O *et al.* The effects of flooding on dioxin and PCB levels in food produced on industrial river catchments. *Environment international* 2015;**77**:106-15.
- 21 Bergholz PW, Strawn LK, Ryan GT, Warchocki S and Wiedmann M. Spatiotemporal Analysis of Microbiological Contamination in New York State Produce Fields following Extensive Flooding from Hurricane Irene, August 2011. *Journal of food protection* 2016;**79**:384-91.
- 22 Mandigo AC, DiScenza DJ, Keimowitz AR and Fitzgerald N. Chemical contamination of soils in the New York City area following Hurricane Sandy. *Environmental geochemistry and health* 2016;**38**:1115-24.
- 23 Togami E, Kama M, Goarant C, Craig SB, Lau C, Ritter JM *et al.* A Large Leptospirosis Outbreak following Successive Severe Floods in Fiji, 2012. *The American journal of tropical medicine and hygiene* 2018;**99**:849-51.
- 24 Hu X, Ding G, Zhang Y, Liu Q, Jiang B and Ni W. Assessment on the burden of bacillary dysentery associated with floods during 2005-2009 in Zhengzhou City, China, using a time-series analysis. *Journal of infection and public health* 2018;**11**:500-6.
- 25 Levy K, Woster AP, Goldstein RS and Carlton EJ. Untangling the Impacts of Climate Change on Waterborne Diseases: a Systematic Review of Relationships between Diarrheal Diseases and Temperature, Rainfall, Flooding, and Drought. *Environmental science & technology* 2016;**50**:4905-22.
- 26 McMichael AJ. Extreme weather events and infectious disease outbreaks. *Virulence* 2015;**6**:543-7.

- 27 Marcheggiani S, Puccinelli C, Ciadamidaro S, Della Bella V, Carere M, Blasi MF *et al.* Risks of water-borne disease outbreaks after extreme events. *Toxicological & Environmental Chemistry* 2010;**92**:593-9.
- 28 Pellizzer P, Todescato A, Benedetti P, Colussi P, Conz P and Cinco M. Leptospirosis following a flood in the Veneto area, North-east Italy. *Ann Ig* 2006;**18**:453-6.
- 29 Knowlton K, Rosenthal JE, Hogrefe C, Lynn B, Gaffin S, Goldberg R *et al.* Assessing ozone-related health impacts under a changing climate. *Environmental health perspectives* 2004;**112**:1557-63.
- 30 Astrom C, Rocklov J, Hales S, Beguin A, Louis V and Sauerborn R. Potential distribution of dengue fever under scenarios of climate change and economic development. *Ecohealth* 2012;**9**:448-54.
- 31 Hales S, de Wet N, Maindonald J and Woodward A. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet* 2002;**360**:830-4.
- 32 Murray NE, Quam MB and Wilder-Smith A. Epidemiology of dengue: past, present and future prospects. *Clin Epidemiol* 2013;**5**:299-309.
- 33 Horcada ML, Diaz-Calderon C and Garrido L. Chikungunya fever. Rheumatic manifestations of an emerging disease in Europe. *Reumatol Clin* 2014.
- 34 Schaffner F and Mathis A. Dengue and dengue vectors in the WHO European region: past, present, and scenarios for the future. *The Lancet. Infectious diseases* 2014;**14**:1271-80.
- 35 Lake IR, Jones NR, Agnew M, Goodess CM, Giorgi F, Hamaoui-Laguel L *et al.* Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. *Environmental health perspectives* 2016.
- 36 Poursafa P, Keikha M and Kelishadi R. Systematic review on adverse birth outcomes of climate change. *J Res Med Sci* 2015;**20**:397-402.
- 37 Turner JB, Kumar A and Koch CA. The effects of indoor and outdoor temperature on metabolic rate and adipose tissue - the Mississippi perspective on the obesity epidemic. *Reviews in endocrine & metabolic disorders* 2016;**17**:61-71.
- 38 Bunker A, Wildenhain J, Vandenberg A, Henschke N, Rocklov J, Hajat S *et al.* Effects of Air Temperature on Climate-Sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in the Elderly; a Systematic Review and Meta-analysis of Epidemiological Evidence. *EBioMedicine* 2016;**6**:258-68.
- 39 Obradovich N, Migliorini R, Paulus MP and Rahwan I. Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2018;**115**:10953-8.
- 40 Burke M, Gonzalez F, Baylis P, Heft-Neal S, Baysan C, Basu S *et al.* Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Climate Change* 2018;**8**:723-9.

- 41 Kim Y, Kim H and Kim DS. Association between daily environmental temperature and suicide mortality in Korea (2001-2005). *Psychiatry research* 2011;**186**:390-6.
- 42 Uysal N and Schapira RM. Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Curr Opin Pulm Med* 2003;**9**:144-50.
- 43 Hwang BF, Chen YH, Lin YT, Wu XT and Leo Lee Y. Relationship between exposure to fine particulates and ozone and reduced lung function in children. *Environmental research* 2015;**137**:382-90.
- 44 Cho J, Choi YJ, Sohn J, Suh M, Cho SK, Ha KH *et al.* Ambient ozone concentration and emergency department visits for panic attacks. *J Psychiatr Res* 2015;**62**:130-5.
- 45 Valavanidis A, Vlachogianni T, Fiotakis K and Loridas S. Pulmonary oxidative stress, inflammation and cancer: respirable particulate matter, fibrous dusts and ozone as major causes of lung carcinogenesis through reactive oxygen species mechanisms. *International journal of environmental research and public health* 2013;**10**:3886-907.
- 46 Martinez-Lazcano JC, Gonzalez-Guevara E, del Carmen Rubio M, Franco-Perez J, Custodio V, Hernandez-Ceron M *et al.* The effects of ozone exposure and associated injury mechanisms on the central nervous system. *Rev Neurosci* 2013;**24**:337-52.
- 47 Kirrane EF, Bowman C, Davis JA, Hoppin JA, Blair A, Chen H *et al.* Associations of Ozone and PM_{2.5} Concentrations With Parkinson's Disease Among Participants in the Agricultural Health Study. *Journal of occupational and environmental medicine* 2015;**57**:509-17.
- 48 Hamra GB, Laden F, Cohen AJ, Raaschou-Nielsen O, Brauer M and Loomis D. Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental health perspectives* 2015.
- 49 Moore FC and Diaz DB. Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy. *Nature Climate Change* 2015;**5**:127-31.
- 50 Commission E. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: a roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. . Brussels: European Commission; 2011.
- 51 West JJ, Smith SJ, Silva RA, Naik V, Zhang Y, Adelman Z *et al.* Co-benefits of Global Greenhouse Gas Mitigation for Future Air Quality and Human Health. *Nat Clim Chang* 2013;**3**:885-9.
- 52 Thompson T, Rausch S, Saari R and Selin N. A systems approach to evaluating the air quality co-benefits of US carbon policies. *Nature Climate Change* 2014;**4**:917-23.
- 53 Stern N. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press: 2007.
- 54 Human tide: the real migration crisis - A Christian Aid report. 2007.

- 55 Missirian A and Schlenker W. Asylum applications respond to temperature fluctuations. *Science* 2017;**358**:1610-4.
- 56 Rigaud K, de Sherbinin A, Jones B, Bergmann, J, Clement V, Ober K *et al.* Groundswell. Preparing for internal climate migration. In: Group WB, editor. Washington DC: World Bank Group; 2018.
- 57 McLeman RA and Hunter LM. Migration in the context of vulnerability and adaptation to climate change: insights from analogues. *Wiley interdisciplinary reviews. Climate change* 2010;**1**:450-61.
- 58 Schwerdtle P, Bowen K and McMichael C. The health impacts of climate-related migration. *BMC medicine* 2017;**16**:1.
- 59 McMichael AJ, Powles JW, Butler CD and Uauy R. Food, livestock production, energy, climate change, and health. *Lancet* 2007;**370**:1253-63.
- 60 Kattwinkel M, Kuhne JV, Foit K and Liess M. Climate change, agricultural insecticide exposure, and risk for freshwater communities. *Ecol Appl* 2011;**21**:2068-81.
- 61 Boxall AB, Hardy A, Beulke S, Boucard T, Burgin L, Falloon PD *et al.* Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. *Environmental health perspectives* 2009;**117**:508-14.
- 62 Modonesi C, Panizza C, Beghini G, Bossi D, Del Bono R, Gentilini P *et al.* Pesticidi, pratiche agricole, ambiente e salute. Arezzo, Italy: ISDE; 2015.
- 63 Steffens K, Jarvis N, Lewan E, Lindstrom B, Kreuger J, Kjellstrom E *et al.* Direct and indirect effects of climate change on herbicide leaching--a regional scale assessment in Sweden. *The Science of the total environment* 2015;**514**:239-49.
- 64 Bailey HD, Fritschi L, Infante-Rivard C, Glass DC, Miligi L, Dockerty JD *et al.* Parental occupational pesticide exposure and the risk of childhood leukemia in the offspring: findings from the childhood leukemia international consortium. *International journal of cancer* 2014;**135**:2157-72.
- 65 Kunkle B, Bae S, Singh KP and Roy D. Increased Risk of Childhood Brain Tumors among Children Whose Parents Had Farm-Related Pesticide Exposures during Pregnancy. *JP journal of biostatistics* 2014;**11**:89-101.
- 66 Ravelli AC, van Der Meulen JH, Osmond C, Barker DJ and Bleker OP. Obesity at the age of 50 y in men and women exposed to famine prenatally. *Am J Clin Nutr* 1999;**70**:811-6.
- 67 Vafeiadi M, Georgiou V, Chalkiadaki G, Rantakokko P, Kiviranta H, Karachaliou M *et al.* Association of Prenatal Exposure to Persistent Organic Pollutants with Obesity and Cardiometabolic Traits in Early Childhood: The Rhea Mother-Child Cohort (Crete, Greece). *Environmental health perspectives* 2015;**123**:1015-21.
- 68 Benbrook CM. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental sciences Europe* 2016;**28**:3.

- 69 Schlesinger S. Are wood pellets a green fuel? *Science* 2018;**359**:1328-9.
- 70 Searchinger TD, Beringer T, Holtmark B, Kammen DM, Lambin EF, Lucht W *et al.* Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. *Nature communications* 2018;**9**:3741.
- 71 Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, Adeyi O, Arnold R, Basu NN *et al.* The Lancet Commission on pollution and health. *Lancet* 2018;**391**:462-512.
- 72 Vidale S and Campana C. Ambient air pollution and cardiovascular diseases: From bench to bedside. *European journal of preventive cardiology* 2018:2047487318766638.
- 73 Freiberg A, Scharfe J, Murta VC and Seidler A. The Use of Biomass for Electricity Generation: A Scoping Review of Health Effects on Humans in Residential and Occupational Settings. *International journal of environmental research and public health* 2018;**15**.
- 74 Basinas I, Schlunssen V, Heederik D, Sigsgaard T, Smit LA, Samadi S *et al.* Sensitisation to common allergens and respiratory symptoms in endotoxin exposed workers: a pooled analysis. *Occupational and environmental medicine* 2012;**69**:99-106.
- 75 Schlunssen V, Madsen AM, Skov S and Sigsgaard T. Does the use of biofuels affect respiratory health among male Danish energy plant workers? *Occupational and environmental medicine* 2011;**68**:467-73.
- 76 Jumpponen M, Ronkkomaki H, Pasanen P and Laitinen J. Occupational exposure to gases, polycyclic aromatic hydrocarbons and volatile organic compounds in biomass-fired power plants. *Chemosphere* 2013;**90**:1289-93.
- 77 Juntarawijit C. Biomass power plants and health problems among nearby residents: a case study in Thailand. *International journal of occupational medicine and environmental health* 2013;**26**:813-21.
- 78 Sovacool BK, Kryman M and Laine E. Profiling technological failure and disaster in the energy sector:A comparative analysis of historical energy accidents. . *Energy* 2015;**90**:2016-7.
- 79 ILO. Promoting safety and health in a green economy. Geneva, Switzerland: International Labour Office; 2012.
- 80 Cohn CA, Lemieux CL, Long AS, Kystol J, Vogel U, White PA *et al.* Physical-chemical and microbiological characterization, and mutagenic activity of airborne PM sampled in a biomass-fueled electrical production facility. *Environmental and molecular mutagenesis* 2011;**52**:319-30.
- 81 Madsen AM. Exposure to airborne microbial components in autumn and spring during work at Danish biofuel plants. *The Annals of occupational hygiene* 2006;**50**:821-31.
- 82 Naudts K, Chen Y, McGrath MJ, Ryder J, Valade A, Otto J *et al.* Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science* 2016;**351**:597-600.

- 83 Alkama R and Cescatti A. Biophysical climate impacts of recent changes in global forest cover. *Science* 2016;**351**:600-4.
- 84 Endreny TA. Strategically growing the urban forest will improve our world. *Nature communications* 2018;**9**:1160.
- 85 Agency EE. Air quality in Europe - 2017 report. Luxembourg: European Environment Agency (EEA); 2017.
- 86 ISPRA. Inventario nazionale delle emissioni in atmosfera 1990-2016. Roma: ISPRA; 2018.
- 87 Energetici G-GS. Energia da fonti rinnovabili in Italia - anno 2016. GSE - Divisione sviluppo sostenibile; 2018.
- 88 Curtis PG, Slay CM, Harris NL, Tyukavina A and Hansen MC. Classifying drivers of global forest loss. *Science* 2018;**361**:1108-11.
- 89 Huang Y, Chen Y, Castro-Izaguirre N, Baruffol M, Brezzi M, Lang A *et al.* Impacts of species richness on productivity in a large-scale subtropical forest experiment. *Science* 2018;**362**:80-3.
- 90 Ulrich RS. View through a window may influence recovery from surgery. *Science* 1984;**224**:420-1.
- 91 Berry LL, Parker D, Coile RC, Jr., Hamilton DK, O'Neill DD and Sadler BL. The business case for better buildings. *Frontiers of health services management* 2004;**21**:3-24.
- 92 Nithianantharajah J and Hannan AJ. Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature reviews. Neuroscience* 2006;**7**:697-709.
- 93 Paban V, Chambon C, Manrique C, Touzet C and Alescio-Lautier B. Neurotrophic signaling molecules associated with cholinergic damage in young and aged rats: environmental enrichment as potential therapeutic agent. *Neurobiology of aging* 2011;**32**:470-85.
- 94 Keniger LE, Gaston KJ, Irvine KN and Fuller RA. What are the benefits of interacting with nature? *International journal of environmental research and public health* 2013;**10**:913-35.
- 95 Quing L. *Shinrin - Yoku, immergersi nei boschi, il metodo giapponese per coltivare la felicità e vivere più a lungo*. Milano: Rizzoli: 2018.
- 96 Weaver JC and Astumian RD. The response of living cells to very weak electric fields: the thermal noise limit. *Science* 1990;**247**:459-62.
- 97 Goodman EM, Greenebaum B and Marron MT. Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. *International review of cytology* 1995;**158**:279-338.
- 98 Nieri M. *La progettazione del giardino terapeutico bioenergetico*. Napoli: Sistemi Editoriali: 2009.
- 99 Mancagli M and Nieri M. *La terapia segreta degli alberi*. Milano: Sperling & Kupfer: 2017.

- 100 Fouladi Fard R, Naddafi K, Yunesian M, Nabizadeh Nodehi R, Dehghani MH and Hassanvand MS. The assessment of health impacts and external costs of natural gas-fired power plant of Qom. *Environmental science and pollution research international* 2016;**23**:20922-36.
- 101 Chamberlain SD, Ingraffea AR and Sparks JP. Sourcing methane and carbon dioxide emissions from a small city: Influence of natural gas leakage and combustion. *Environmental pollution* 2016;**218**:102-10.
- 102 European Commission D-GfSr and Development. ExternE - Externalities of energy. Vol. 4, Oil & gas. 1995.
- 103 Bunce LA and Sattler FW. Radon-222 in natural gas. *Radiol.Health Data Rep.* 1966;**7**:441-4.
- 104 van der Heijde HB, Beens H and de Monchy AR. The occurrence of radioactive elements in natural gas. *Ecotoxicol.Environ.Saf* 1977;**1**:49-87.
- 105 Al-Masri MS and Haddad K. NORM emissions from heavy oil and natural gas fired power plants in Syria. *J.Environ.Radioact.* 2012;**104**:71-4.
- 106 Forni A and Petronio MG. L'inquinamento atmosferico. . *7e Giornate Italiane Mediche dell'Ambiente.* Arezzo, 18-19 Ottobre 2014: ENEA, Roma; 2014.