

# COLPO di SCIENZA.it

Arte & Scienza

Scienza & Società

Sostenibilità

Innovazione

20 Novembre 2020 | 0 Commenti

## Gas naturale: un combustibile in fin di vita?



Il gas naturale può essere un combustibile fossile di transizione? Volendo dare una risposta brevissima, potremmo dire: in linea di massima, no. Ma vediamo la risposta lunga.

Nel 2019 abbiamo prodotto globalmente un po' più di 100 quad di energia. Ovvero, quasi 30 mila miliardi di chilowattora (30.000.000.000.000 kWh). La produzione globale di energia è in aumento dal secondo Dopoguerra e, ancora, è principalmente proveniente dall'utilizzo di combustibili fossili, cioè carbone, petrolio e gas naturale (nota: «gas naturale» e «gas metano» sono la stessa cosa). L'Europa può considerarsi un'isola felice dove,

nella prima metà del 2020, la produzione di energia elettrica **rinnovabile ha addirittura superato per la prima volta la produzione di energia elettrica da fonti fossili**.

Nel grafico seguente – elaborato con i dati del *Monthly Energy Review di ottobre 2020* del U. S. Energy Information Administration – viene mostrato l'andamento della produzione di energia per ogni fonte: le principali fonti fossili, il nucleare e le principali fonti rinnovabili.

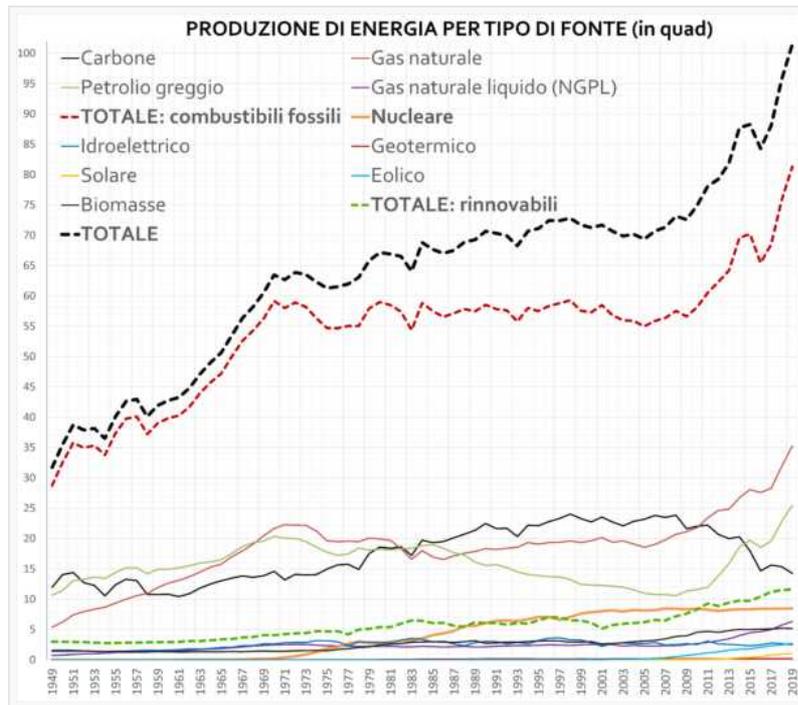


Figura 1. Produzione annua di energia dal 1949 al 2019. I valori in ordinata sono espressi in quad. 1 quad corrisponde a 293071.08 GWy (GigaWatt\*anno). È evidente come il maggior contributo alla produzione energetica ancora sia dato dai combustibili fossili (gas, petrolio e carbone), nonostante una lenta crescita delle energie rinnovabili (tratteggiata in basso).

Per generare energia elettrica, in poche parole, serve sostanzialmente far girare delle turbine; l'energia meccanica così prodotta viene poi trasformata in energia elettrica e distribuita in rete. Cosa accade con i combustibili fossili? In apposite centrali termoelettriche, un determinato combustibile viene bruciato così da produrre calore; il calore trasforma dell'acqua in vapore acqueo, il quale, a sua volta, aziona le famose turbine. Turbine che possono anche essere azionate direttamente dal vento (centrali eoliche) o dall'acqua (centrali idroelettriche). Il problema è che bruciando carbone, petrolio e gas, si emettono gas a effetto serra: principalmente anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e, in misura minore, gas metano (CH<sub>4</sub>) – lo stesso gas che si usa come combustibile.

I gas serra, in repentino aumento dagli anni '50 circa, depositandosi in atmosfera, causano un innalzamento della temperatura globale media; e questo, come sappiamo, ha molteplici effetti negativi per la stabilità del benessere umano. L'obiettivo sancito dall'Accordo di Parigi e rimarcato dai maggiori organismi internazionali (tra cui il Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatico, IPCC) è azzerare le emissioni nette di gas serra entro il 2050, con un tasso del 7.6% annuo, per

### CHI SIAMO

Web Magazine del Master in Comunicazione della Scienza e dell'Innovazione Sostenibile (MaCSIS) dell'Università di Milano-Bicocca



### CONVEGNI MACSIS

- [A.I. am Human. Intelligenza artificiale e umana a confronto](#)
- [Alla prova dei fatti. Il dialogo tra scienza e diritto](#)
- [Arte & Scienza. Il dialogo prima della parola](#)
- [Cyber Democracy](#)
- [Fortuna e Necessità. La matematica del gioco e del rischio](#)
- [Fuorilegge2.0 La scienza dei traffici illegali](#)
- [Il clima del giorno dopo. Scienza, prospettive e confini della società ecologica](#)
- [Il futuro della comunicazione scientifica nella società della conoscenza](#)
- [Il futuro visto da qui. Dialoghi tra arte e scienza sul domani](#)
- [La ricerca dell'armonia. 2° Wiener's day: la cibernetica nella società contemporanea](#)
- [La scienza in pista. Quando la scienza diventa sport](#)
- [La Terza Missione dell'Università](#)
- [Lavoro sporco. Salute e rischio ambientale nell'industria italiana](#)
- [Light is life. Scienza e arte nell'anno della luce](#)
- [L'Aquila: il racconto oltre la sentenza](#)
- [Medicine non convenzionali tra scienza e illusione](#)
- [Mondo sapiens. Economia della conoscenza e sostenibilità](#)
- [Nel piatto di domani. Alimentazione, innovazione, sostenibilità](#)
- [Razza. Scienze naturali e sociali di fronte a una questione costituzionale](#)
- [Scienz@perta. Per una democrazia della conoscenza](#)
- [Se la somma non fa il totale. Riduzionismo e Scienza](#)
- [Siamo al verde? Conflitti e convergenze tra economia ed ecologia](#)
- [Siamo quello che mangiamo? Salute e](#)

arrestare l'innalzamento della temperatura globale media a 1.5°C.

Visto che la quota maggiore di emissioni di gas serra proviene dalla produzione di energia, questa transizione si ottiene in gran parte passando alle energie rinnovabili, che non emettono gas serra durante la produzione di energia, e abbandonando gradualmente le fonti fossili. La domanda è: **può il gas naturale fungere da «combustibile fossile di transizione»?**

La questione nasce dalla volontà – da parte di Stati e banche, spinti da alcune industrie legate al gas – di usare il gas metano come principale combustibile “di transizione”, prima, eventualmente, di approdare alle rinnovabili. Questo obiettivo poggia su due convinzioni: il gas emette meno gas serra rispetto a carbone e petrolio, le rinnovabili non sono ancora tecnologicamente mature. Cosa c'è di vero?

## Il confronto di emissioni di CO2 (o equivalenti)

Innanzitutto, è bene sottolineare che per confrontare le varie fonti di energia sulla base delle emissioni di gas serra occorre prendere in considerazione **tutto il «ciclo di vita»** – dall'estrazione di materia prima allo smaltimento – oltre, ovviamente, al modo in cui viene generata l'energia. Per questo motivo, è pressoché impossibile parlare di «zero emissioni», ma sarebbe meglio dire «zero emissioni nette» o «basse emissioni»; emissioni che sarebbero quindi assorbite dal ciclo del carbonio garantito dagli ecosistemi naturali.

Come riferisce **Francesco Gracceva\*** – curatore dell'Analisi trimestrale dell'**ENEA** (**Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile**) – nell'intero ciclo di vita, «un chilowattora [kWh] da fotovoltaico implica emissioni pari a circa 50 grammi di CO2 equivalente [gCO2e], ma possono arrivare anche a oltre 100 gCO2e nel caso del fotovoltaico di grande scala, mentre sono leggermente inferiori le emissioni del solare a concentrazione. Decisamente inferiori sono le emissioni degli impianti eolici (poco più di 10 gCO2e per kWh), come anche del nucleare (valori simili all'eolico, ma con valori massimi maggiori)».

A questo proposito occorre fare altre due considerazioni. La prima: oltre alle emissioni di gas serra, un'analisi più accurata dovrebbe esaminare anche le emissioni di inquinanti atmosferici, che confermerebbe comunque il vantaggio delle fonti rinnovabili. La seconda: la fissione nucleare, durante il processo di creazione di energia, non produce gas serra; tuttavia, per un confronto esaustivo dovremmo analizzare accuratamente la delicata e non banale questione dello smaltimento delle scorie radioattive.

Torniamo a noi. Appurato che le energie rinnovabili producono complessivamente poche o trascurabili emissioni di gas serra, **quanta CO2 equivalente emettono complessivamente** i vari combustibili fossili? Francesco Gracceva spiega che **«un chilowattora da gas richiede circa 500 gCO2e, quasi il 50% in meno del carbone** (tra 800 e 900 gCO2e) e meno della metà rispetto alla lignite. Le emissioni degli impianti a biomassa sono superiori ai 200 gCO2e per ogni kWh, con un range di variabilità che va da circa 100 gCO2e per ogni kWh a circa 400 gCO2e per ogni kWh».

Confrontando emissioni e calore prodotto da un grammo di metano e da un grammo di carbone, **Vincenzo Balzani\*** – chimico, Professore Emerito dell'Università di Bologna, fondatore di **Energia per l'Italia** – ci fornisce questi dati: un grammo di carbone sviluppa una quantità di calore pari a 32.8 kJ (chilojoule) e 3.66 grammi di CO2, un grammo di metano sviluppa una quantità di calore pari a 55,6 kJ e 2,74 grammi di CO2 (per curiosità, un grammo di benzina sviluppa una quantità di calore pari a 47,8 kJ e 3,08 grammi di CO2). Facendo i debiti calcoli, si conferma che il gas metano emette in media circa il 50% in meno di CO2 rispetto al carbone per unità di energia; proporzione per altro **confermata dall'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA)** – «il passaggio dal carbone al gas riduce le emissioni del 50% quando si produce elettricità» – che ci ricorda inoltre che questa percentuale si riduce al «33% quando si fornisce calore». In generale, scrive l'IEA, «la maggior parte del gas e del carbone prodotti oggi viene utilizzata per la produzione di energia elettrica e come fonte di calore per l'industria e gli edifici».

Riassumendo: per produrre energia elettrica, il gas naturale (o gas metano, che dir si voglia) emette quasi la metà di gas serra del carbone, risultando complessivamente migliore. Basta questo per centrare gli obiettivi di Parigi, quindi arrivare allo «zero netto» entro e non oltre il 2050? Purtroppo no, perché, banalmente, non abbiamo il tempo materiale per permetterci di emettere *un po'* di meno, ma dobbiamo emettere *molto* di meno e molto velocemente (7.6% l'anno, secondo il Programma ambientale delle Nazioni Unite, come già detto). In aggiunta, c'è anche un altro problema legato all'utilizzo di gas naturale: le emissioni fuggitive. Vediamo questi due aspetti nel dettaglio.

## Ciclo di vita ed emissioni fuggitive

L'IEA ha dovuto rivedere (nel suo **Methane Tracker del 2020**) le stime sulle emissioni relative al gas, in particolare, scrive l'IEA, «il livello aggregato delle emissioni di metano derivanti dalla produzione e dal consumo di combustibili fossili negli ultimi anni è stato più vicino a 175 Mt [milioni tonnellate] all'anno piuttosto che a 120 Mt all'anno (come nelle precedenti stime dell'IEA)». Oltre che dagli allevamenti (che meriterebbero un ulteriore e dettagliato approfondimento), quindi, le emissioni di metano provengono anche dalla filiera dell'energia.

L'IEA riporta che oggi le emissioni indirette (perdite durante l'estrazione e il trasporto) totali per le attività di petrolio e gas equivalgono a 5200 milioni di tonnellate di biossido di carbonio equivalente (CO2e) e il metano «è il più grande singolo componente di queste emissioni indirette». Il problema

alimentazione

Trova le differenze. Le diversità di genere tra scienza e società

Virus H5N1: ricerca, politica e società

LA REDAZIONE SEGNALE

Darwin Day 2020

Festival di Teatro e Scienza ScienzaInScena dal 28 gennaio al 9 febbraio a Milano

Il clima del giorno dopo. Scienza, prospettive e confini della società ecologica Convegno organizzato dagli studenti del Master MaCSIS giovedì 26 novembre dalle 9:00 alle 13:30 in diretta streaming sul canale YouTube dell'Università Milano-Bicocca

L'Isola di Einstein dal 4 al 6 settembre al Lago Trasimeno

VI ed. del Festival della Scienza Medica dal 2 al 17 ottobre a Bologna

CERCA SUL SITO

Cerca...



principale di queste emissioni aggiuntive di metano è che questo gas è circa 30 volte più potente dell'anidride carbonica a trattenere calore in atmosfera; anche se, rispetto alla CO2 ha una vita media in atmosfera molto minore (qualche lustro contro parecchi decenni). Continua l'IEA: «Le emissioni indirette del petrolio sono tra il 10% e il 30% dell'intensità delle sue emissioni durante l'intero ciclo di vita, mentre per il gas naturale sono tra il 15% e il 40%».

Vincenzo Balzani su questo è molto netto: «Per le compagnie petrolifere il metano viene considerato il combustibile fossile "ponte", cioè di transizione verso le energie rinnovabili. In realtà è un ponte che porta non alle rinnovabili, già mature, ma al disastro ecologico».

Secondo l'**Energy Watch Group** – una rete globale di scienziati e parlamentari senza scopo di lucro – il gas non è da considerarsi idoneo per la transizione energetica. In particolare, nel loro rapporto *Natural Gas Makes No Contribution to Climate Protection* del 2019, affermano che «**le emissioni aggiuntive di metano compensano qualsiasi risparmio di CO2**».

**Ugo Bardi\*** – docente di chimica all'Università di Firenze, membro del Club di Roma e tra gli esperti dell'Energy Watch Group – sostiene infatti che «il gas non è un "combustibile di transizione" nel senso che non c'è ragione di preferirlo ad altri combustibili fossili in termini di minore emissione. Quello che si guadagna nel minor contenuto di carbonio per unità di energia prodotta lo si perde in termini di "emissioni fuggitive" ai pozzi, durante il trasporto, e l'uso». In più, «il gas può servire come combustibile di transizione solo perché al momento sembra che le risorse siano più abbondanti di quelle di carbone e petrolio. Ma questo non è nemmeno detto, con il crollo recente della produzione del gas naturale dagli scisti negli USA tutto quello che si diceva una volta non vale più. Inoltre, c'è un problema strategico: il trasporto del gas naturale si fa principalmente via gasdotti e questi sono strategicamente controllabili molto di più delle petroliere. Lo stesso vale per il gas liquefatto che ha un costo di trasporto importante e che richiede particolari infrastrutture, e che comunque deve venire dall'estero».

Con particolare riferimento alla situazione europea, che è in confronto migliore del resto del mondo (come dicevamo all'inizio), secondo Ugo Bardi sarebbe strategicamente sconveniente «mettersi in mano a produttori esteri», dal momento che il mondo è cambiato rispetto agli anni '90.

Ad ogni modo, rammenta Francesco Gracceva dell'**ENEA**, che il futuro utilizzo di gas dipenderà, tra le altre cose, «dall'area geografica, dal settore di uso finale dell'energia e dall'evoluzione di alcune tecnologie chiave». È necessario quindi che i paesi ricchi, come l'Europa – dove le emissioni di CO2 sono calate del 22% dal 1990 al 2017 – ma anche gli Stati Uniti, compensino eventuali difficoltà dei paesi poveri sia tramite obiettivi di decarbonizzazione più ambiziosi, sia tramite un maggiore sostegno economico e trasferimento tecnologico verso gli stati svantaggiati. Conclude Gracceva: «La sostituzione di altre fonti con il gas in alcuni regioni e settori sarebbe dunque più che compensata dalla sostituzione del gas con rinnovabili nel settore elettrico, dall'**elettrificazione del riscaldamento** e dagli aumenti di **efficienza negli usi finali**».

## Le energie rinnovabili sono tecnologicamente mature?

Come abbiamo riportato all'inizio, nella prima metà del 2020 le energie rinnovabili hanno superato la produzione dalle fossili in Europa. Questo fa pensare che non ci siano problemi legati alla tecnologia. Come riferisce Vincenzo Balzani «il fotovoltaico converte la luce del Sole in energia elettrica con un'efficienza di circa il 20%, quasi cento volte maggiore dell'efficienza della fotosintesi clorofilliana. Fotovoltaico ed eolico oggi sono le due tecnologie che forniscono energia elettrica ai costi più bassi, anche se accoppiate a sistemi di accumulo». La conferma da Ugo Bardi, per cui: «Ci sono molteplici studi che indicano come in termini tecnologici **sarebbe perfettamente possibile fornire energia a basso costo e abbondante per tutta l'Europa mediante le rinnovabili** [1]. Sappiamo come fare e ci sono risorse sufficienti per farlo, a patto di accettare che non si può continuare a crescere esponenzialmente i consumi per sempre».

Più prudente è l'opinione di Francesco Gracceva dell'**ENEA**: «Nel sistema elettrico **solare ed eolico sono ormai competitive** con le alternative fossili nelle aree con le più favorevoli condizioni di insolazione e ventosità. **Resta però la questione dell'aleatorietà**, variabilità e non programmabilità della loro produzione». «Resta poi il problema della difficoltà a estendere l'utilizzo dell'elettricità (pur se completamente decarbonizzata) a tutti i settori di uso finale, in alcuni casi perché le relative tecnologie sono ancora allo stato di prototipi o di dimostrazione, in altri casi per i limiti intrinseci del vettore elettrico (in particolare nel trasporto pesante e aereo e negli usi industriali ad alta temperatura).»

Come anche Gracceva ci ricorda, la stessa **Agenzia Internazionale dell'Energia** stima che, per restare ben al di sotto l'aumento di 2°C per fine secolo (come sancito dall'Accordo di Parigi), buona parte della riduzione delle emissioni arriverà da tecnologie che oggi sono ancora «allo stato dimostrativo o di prototipo». Stiamo parlando di soluzioni, per esempio, legate all'uso dell'idrogeno verde, oppure alle tecnologie di cattura e sequestro della CO2 o della combustione di biometano; per le quali c'è bisogno di produzione in larga scala se non ancora di valutazioni attente su effettivi benefici e possibili rischi.

Concludiamo questo capitolo con una nota di speranza per quanto riguarda l'Italia, in cui – secondo il rapporto ISPRA *Fattori di emissioni atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei* del 2019 – «la produzione elettrica lorda da fonti rinnovabili è passata da 34,9 TWh nel 1990 a 103,9 TWh nel 2017». In particolare, il fotovoltaico e l'eolico mostrano l'incremento più significativo. «Le emissioni di CO2 da produzione elettrica sono diminuite da 126,2 Mt nel 1990 a 93 Mt nel 2017».

## Gli aspetti della transizione

Prima di passare al capitolo conclusivo è interessante cercare di capire che tipo di transizione aspettarsi.

Innanzitutto, è necessario frenare i trend di crescita della domanda di gas a causa dell'aumento delle forniture ad alta intensità di gas serra dalla Russia e dall'Asia centrale; uno studio pubblicato su *Nature Communication* del 2020 sotto la guida di Yu Gan [2] prevede che «l'intensità media ponderata per l'energia delle forniture di gas serra aumenterà da 21,7 nel 2016 a 23,3 gCO<sub>2</sub>e/MJ [grammi di CO<sub>2</sub> equivalente per Megajoule] nel 2030, e si stima che **le emissioni totali da pozzo a pozzo delle forniture di gas cresceranno di circa 3 volte**».

Un altro aspetto che forgerà la transizione energetica è la fiducia nel progresso tecnologico. Possiamo permetterci di affidarci alle «magnifiche sorti e progressive» della scienza? Secondo lo studio condotto da Benjamin K. Sovacool e pubblicato sull'*Energy Research & Social Science* [3], no. Fuori di metafora, **le transizioni, spesso «non appaiono come una linea esponenziale su un grafico, ma come un equilibrio punteggiato che scende e sale**. Le transizioni rapide si sono verificate e sono in grado di verificarsi, ma diventano evidenti solo quando si aderisce con attenzione a una particolare nozione di significato, società, risorse energetiche e servizi energetici [...]. Gli studi, le previsioni e gli scenari energetici futuri dovrebbero rendere questi attributi molto più trasparenti ed espliciti».

Infine, l'impegno di imprese, aziende e anche stati ad aumentare la quota di energia da fonti rinnovabili deve necessariamente accompagnarsi a una simmetrica riduzione della quota fossile, obiettivo tutt'altro che scontato, purtroppo. Oltre al fatto che si rischia di estrarre combustibili fossili che poi resteranno inutilizzati. Lo mette nero su bianco uno studio uscito su *Nature Energy* condotto da Galina Alova [4], che riporta come **«il 60% delle utility che hanno dato priorità alle energie rinnovabili non ha cessato di espandere contemporaneamente il proprio portafoglio di combustibili fossili [...]. Questi risultati indicano l'inerzia del sistema elettrico e il rischio di blocco del carbonio e di arenamento degli asset»**.

## Gas naturale: attenzione al greenwashing

Il bilancio di quanto ci siamo detti è: il gas emette meno di petrolio e carbone, emissioni che, nel peggiore dei casi, bilanciano qualsiasi guadagno; il fotovoltaico e l'eolico sono già competitivi; non abbiamo tempo per una decarbonizzazione comoda, ma dobbiamo pianificare una transizione strutturata rapida che ci porti al «net zero emissions» massimo al 2050. Ci si aspetterebbe un impegno corale per facilitare economicamente e politicamente la transizione: una riduzione generalizzata del consumo energetico, un aumento dell'efficienza della produzione energetica, una spinta sulle rinnovabili e incentivi massicci in ricerca e sviluppo.

Eppure, c'è ancora un nemico invisibile: il **greenwashing**, cioè la pratica per cui si presentano come ambientalmente sostenibili azioni che in realtà non lo sono. Per quanto riguarda specificamente il ruolo del gas naturale, purtroppo, sono molte le realtà anche italiane che ne pianificano un utilizzo in un'ottica di decarbonizzazione della produzione energetica.

Per esempio, nel suo **piano strategico a lungo termine al 2050**, **Eni** dichiara di voler raggiungere la neutralità carbonica con «un mix produttivo con una componente **gas del 60% al 2030 e pari a circa l'85% al 2050**», affidandosi quindi in gran parte a un combustibile fossile. Vincenzo Balzani segnala che «se si vuole azzerare le emissioni bisogna azzerare il consumo di combustibili fossili, metano compreso. Quello che pensa di fare Eni (in accordo con le altre compagnie petrolifere) in realtà è un'altra cosa. Secondo loro si può continuare ad usare i combustibili fossili, e in particolare il metano che è «il migliore». Ma come? «Prelevando dall'atmosfera la CO<sub>2</sub> già emessa. Queste operazioni, indicate con la sigla CCS (*Carbon Capture and Sequestration*), implicano la cattura della CO<sub>2</sub> emessa e il suo immagazzinamento in giacimenti esauriti di idrocarburi. Questo processo, oltre ad essere poco logico, poiché si versano in atmosfere quantità sempre maggiori di CO<sub>2</sub> per poi ricatturarle e sequestrarle, è pericoloso dal punto di vista ambientale, molto costoso e richiede un forte sviluppo con molti interrogativi, perché è ancora a livello di ricerca».

Cosa pianifica Eni dal punto di vista degli investimenti? Nella parte di piano strategico al 2023, metterebbe in campo **circa € 32 miliardi, usandone solo € 2.6 per le energie rinnovabili**, destinando il resto al gas. Per poi precisare che, al 2050 «in coerenza con gli obiettivi di medio e lungo termine e per alimentare il processo di decarbonizzazione della società, Eni pianifica investimenti in fonti rinnovabili, di efficienza energetica, economia circolare e abbattimento del **flaring** [combustione del gas in eccesso] di € 4 miliardi», precisando che si tratta di «un incremento del 33% rispetto al precedente piano».

Obiettivo questo che appare in controtendenza, per esempio, con la storica decisione della **Banca Europea per gli Investimenti**, che dal 2021 **non finanzia più progetti legati ai combustibili fossili, compreso il gas**. Non solo dannoso per l'ambiente ma economicamente sconveniente, visto che, secondo il **piano di rilancio dell'Agencia Internazionale dell'Energia**, si risparmierebbero o si creerebbero «circa 9 milioni di posti di lavoro all'anno nei prossimi tre anni» per mettere in moto la transizione energetica.

Vincenzo Balzani incalza: «Convertirsi alle energie rinnovabili incomincia ad essere tardi per un simile colosso, anche perché è governato da manager che hanno passato una vita con i fossili e sembrano non capire che non siamo più ai tempi di Mattei» e conclude «Prima o poi bisognerà capire che è

necessario riqualificare e proteggere i lavoratori di Eni, ma anche che non ha senso tenere in vita posti di lavoro che non hanno futuro. Prima inizierà una vera conversione alle energie rinnovabili e più facilmente Eni potrà gestire il periodo di transizione».

#### Note

\*Francesco Gracceva, Vincenzo Balzani e Ugo Bardi sono stati intervistati dall'autore dell'articolo via mail.

[1] Bardi, U., Sgouridis, S. In Support of a Physics-Based Energy Transition Planning: Sowing Our Future Energy Needs. *Biophys Econ Resour Qual* 2, 14 (2017): <https://doi.org/10.1007/s41247-017-0031-2>

[2] Gan, Y., El-Houjeiri, H.M., Badahdah, A. et al. Carbon footprint of global natural gas supplies to China. *Nat Commun* 11, 824 (2020): <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14606-4>

[3] Sovacool B. K., How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science* 13, 202-215(2016): <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.12.020>

[4] Alova G., A global analysis of the progress and failure of electric utilities to adapt their portfolios of power-generation assets to the energy transition. *Nat Energy* (2020): <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00686-5>

#### Bibliografia

Ember, Renewables beat fossil fuels, 2020: <https://ember-climate.org/wp-content/uploads/2020/07/2020-Europe-Half-Year-report.pdf>

U.S. EIA, Monthly Energy Review October 2020: [https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec1\\_7.pdf](https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec1_7.pdf)

UNEP, Emissions Gap Report 2019: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>

WNA, Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources: [http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working\\_Group\\_Reports/comparison\\_of\\_lifecycle.pdf](http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf)

IPCC, AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, 2014: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>

IEA, Methane Tracker 2020: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/methane-from-oil-gas>

EWG, Natural Gas Makes No Contribution to Climate Protection, 2019: [http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG\\_Natural\\_Gas\\_Study\\_September\\_2019.pdf](http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_Natural_Gas_Study_September_2019.pdf)

EEA, The European environment – state and outlook 2020: knowledge for transition to a sustainable Europe, 2019: <https://www.eea.europa.eu/soer/2020>

IEA, Energy Technology Perspectives 2020, 2020: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

ISPRA, Fattori di emissioni atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei, 2019: [https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/R\\_303\\_19\\_gas\\_serra\\_settore\\_elettrico.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2019/pubblicazioni/rapporti/R_303_19_gas_serra_settore_elettrico.pdf)

ENI, Piano strategico di lungo termine al 2050 e Piano d'azione 2020 – 2023, 2020: <https://www.eni.com/it-IT/media/comunicati-stampa/2020/02/piano-strategico-di-lungo-termine-al-2050-e-piano-d-azione-2020-2023.html>

EIB, EU Bank launches ambitious new climate strategy and Energy Lending Policy, 2019: <https://www.eib.org/en/press/all/2019-313-eu-bank-launches-ambitious-new-climate-strategy-and-energy-lending-policy>

IEA, Sustainable Recovery, World Energy Outlook Special Report, 2020: <https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery>

Tags: combustibili fossili, emissioni fuggitive, eni, gas, gas naturale, gas serra, iea, metano, transizione



AUTORE:

**Jacopo Mengarelli**

[Leggi tutti gli articoli di Jacopo Mengarelli →](#)

Iscriviti