DOSSIER
Carbone: un ritorno al passato inutile e pericoloso

Aggiornamento Dicembre 2014

A cura di Massimiliano Varriale

Revisione e integrazioni di Mariagrazia Midulla.

Sommario

L'attuale sistema energetico mondiale si regge sull'uso dei combustibili fossili: petrolio, carbone e gas naturale, nel mix energetico mondiale, pesano per oltre l'81%. Si tratta di risorse preziose ma limitate e assai inquinanti che la Terra ha custodito per decine o centinaia di milioni di anni e che l'uomo, nell'ultimo secolo, sta estraendo e utilizzando a ritmi assolutamente insostenibili.

In poco più di un secolo i consumi energetici sono aumentati di oltre 13 volte e, secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA), questa crescita dovrebbe proseguire nei prossimi decenni, ma la disponibilità di fonti fossili è limitata. Petrolio, gas e carbone si sono venuti a creare in specifiche condizioni geologiche e queste non si ripetono con tanta facilità, soprattutto non in tempi compatibili con gli attuali ritmi di prelievo.

Dalla combustione delle fonti fossili si libera circa il 90% del carbonio che si sta accumulando nell'atmosfera terrestre e che è responsabile dell'alterazione del clima e del conseguente riscaldamento globale, come evidenzia un'imponente mole di studi e ricerche. **Tra tutte le fonti fossili, il carbone rappresenta proprio la principale fonte di emissioni di gas serra**: nel 2012, quasi il 44% della CO_2, corrispondente a oltre 13,9 miliardi di tonnellate, è stata originata proprio dalla combustione del carbone. Del resto, a parità di energia primaria disponibile, **le emissioni di CO_2 provenienti dalla combustione del carbone arrivano a essere del 30% superiori a quelle del petrolio e del 70% superiori a quelle del gas naturale.**

Attualmente in Italia sono in funzione 13 centrali a carbone, assai diverse per potenza installata e anche per la tecnologia impiegata. Questi impianti nel 2013 hanno contribuendo a soddisfare il 13,7% del fabbisogno elettrico complessivo con circa 45.104 GWh. A fronte di questi dati, tutto sommato abbastanza modesti, **gli impianti a carbone hanno prodotto oltre 39 milioni di tonnellate di CO_2 corrispondenti a più di 1/3 di tutte le emissioni del sistema elettrico nazionale**.

Il carbone usato da questi impianti è sostanzialmente tutto d'importazione, dal momento che il nostro Paese non dispone di risorse carbonifere adeguate allo sfruttamento, sia in termini quantitativi sia qualitativi. Ad esempio il poco carbone presente nel Sulcis (in Sardegna) ha un tenore troppo alto di zolfo (circa il 6%, vale a dire dieci volte quello del carbone d'importazione).

L'uso del carbone non solo rappresenta la principale minaccia per il clima del pianeta ma è anche **una delle maggiori fonti d'inquinamento con impatti assai gravi sulla salute di persone, organismi viventi ed ecosistemi**. E' noto, infatti, come dai processi di combustione si liberino numerose sostanze tossiche, alcune bioaccumulabili, altre cancerogene,

ecc. E, tra tutti i combustibili fossili, sicuramente il carbone è quello che, bruciando, rilascia le maggiori quantità d'inquinanti. Un'ampia letteratura scientifica dimostra come dalla combustione del carbone si liberino sostanze che impattano in modo pesante sulla salute delle persone provocando al contempo pesanti danni economici che, se correttamente internalizzati (cioè compresi) nei costi energetici, metterebbero fuori mercato questo combustibile.
Si tratta di elementi da tenere in grande considerazione quando si orientano le scelte energetiche internazionali o anche di un singolo paese. Soprattutto quando quel paese non dispone di adeguate riserve di combustibili fossili. **Nel dossier si dimostra, infatti, come la scelta carbone, in ogni caso sbagliata, lo sia ancora di più per un paese come l'Italia, sostanzialmente privo di giacimenti.** Una scelta che non solo danneggia l'ambiente e la salute delle persone ma non migliora neanche il livello di sicurezza energetica. Peraltro il carbone non permetterebbe neanche di ridurre il costo della bolletta energetica, dal momento che il suo prezzo, soprattutto quello commerciato a livello internazionale, è fortemente condizionato dal costo del petrolio, la fonte necessaria per trasportarlo. Le stesse riserve di carbone, seppur maggiori rispetto a quella di altri combustibili fossili, sono comunque limitate e localizzate, aspetto che riduce la sicurezza negli approvvigionamenti e che rende i prezzi destinati inesorabilmente ad aumentare mano a mano che si riduce la disponibilità del minerale.
L'Italia, con una potenza installata che già supera i 124.750 MW, a fronte di una punta massima assoluta della domanda di 56.822 MW, ha una sovra capacità di produzione di energia elettrica tale da costringere le centrali a funzionare a scartamento ridotto e, quindi, non ha bisogno di investire in impianti a carbone, ma farebbe meglio a puntare su un diverso modello energetico centrato sul risparmio, l'efficienza e le fonti rinnovabili, partendo dalla generazione distribuita in piccoli impianti alimentati sempre più da energie rinnovabili allacciate a reti intelligenti (Smartgrids) integrate con efficaci sistemi di accumulo. Il modello fondato su grandi centrali e lo sfruttamento dei combustibili fossili è già entrato in crisi, il tentativo di perpetuarlo attraverso impianti che usano il vecchio combustibile che promosse la rivoluzione industriale, ma ha causato (e causa tuttora) enormi problemi ambientali è anti-storico e sottopone la collettività a rischi e costi inammissibili e duraturi. La pigrizia imprenditoriale e le rendite di posizione non possono e non devono essere più premiate: la transizione verso il nuovo modello energetico e la nuova economia è iniziata. Speriamo che il paese sappia prendere la strada giusta abbandonando sia i progetti di nuovi impianti a carbone sia chiudendo le centrali a carbone ancora in attività, iniziando da quelle più vecchie e dannose.

INTRODUZIONE

Allarme cambiamenti climatici: i combustibili fossili maggiori imputati

L'attuale sistema energetico mondiale è fortemente incentrato sull'uso dei combustibili fossili: petrolio, carbone e gas naturale, nel mix energetico mondiale, **pesano per circa l'81,7%** [1]. Si tratta di risorse preziose ma limitate e assai inquinanti che la Terra ha custodito per decine o centinaia di milioni di anni e che l'uomo, nell'ultimo secolo, sta estraendo e utilizzando a ritmi assolutamente insostenibili.
Dalla combustione delle fonti fossili si libera circa il 90% del carbonio che si sta accumulando nell'atmosfera terrestre e che è il principale responsabile dell'alterazione del clima e del conseguente riscaldamento globale, come evidenzia un'imponente mole di studi e ricerche [2] [3].

Nel secolo scorso l'improvvisa disponibilità di energia a buon mercato, rappresentata appunto dai combustibili fossili, ha fortemente spinto l'acceleratore del consumo di risorse naturali e della produzione di sostanze inquinanti che vanno a colpire, in pratica, tutti gli ecosistemi planetari.

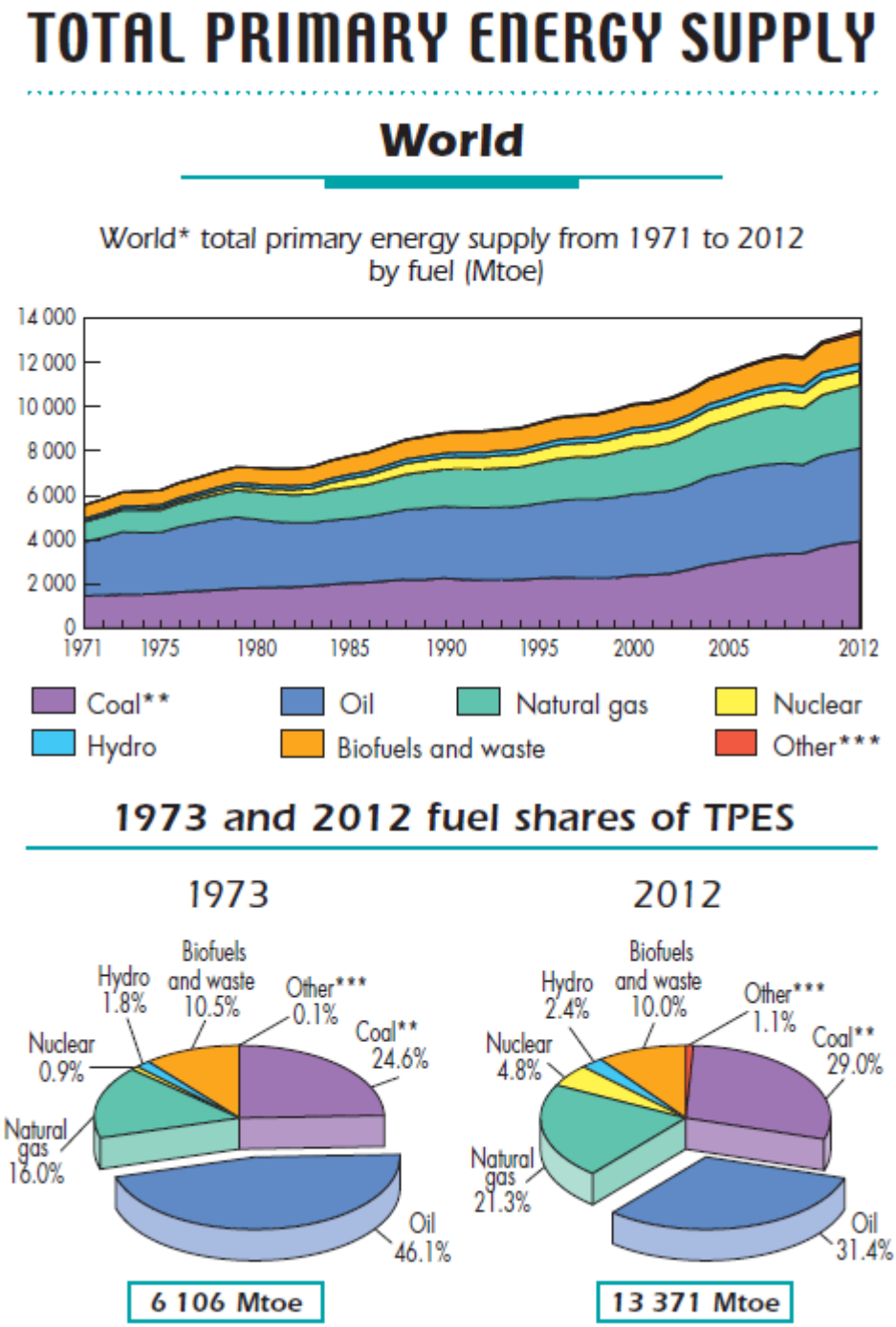
All'inizio del '900 i consumi energetici erano di circa 1.000 Mtep (Milioni di tonnellate equivalenti di petrolio), nel 2000 arrivavano a circa 9.700 Mtep, oggi superano i 13.370 Mtep [4]: **in poco più di un secolo sono aumentati di ben oltre 13 volte** e la massima crescita è avvenuta a partire dagli anni '50 dello scorso secolo.

[1] IEA - Key World Energy Statistics 2014

[2] IPCC, 2014 – Fifth Assessment Report

[3] IPCC WGI AR5 – *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*

[4] IEA - Key World Energy Statistics 2014



Fonte: IEA - Key World Energy Statistics 2014

Secondo gli scenari prospettati dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA), come si vede anche nella sottostante figura tratta dall'ultimo Outlook [5], tali consumi dovrebbero ancora aumentare nei prossimi decenni: non è però molto convincente la stima delle disponibilità future di fonti fossili.

[5] IEA – World Energy Outlook 2014

Table 2.1 ▷ World primary energy demand by fuel and scenario (Mtoe)

		New Policies		Current Policies		450 Scenario	
	2012	2020	2040	2020	2040	2020	2040
Coal	3 879	4 211	4 448	4 457	5 860	3 920	2 590
Oil	4 194	4 487	4 761	4 584	5 337	4 363	3 242
Gas	2 844	3 182	4 418	3 215	4 742	3 104	3 462
Nuclear	642	845	1 210	838	1 005	859	1 677
Hydro	316	392	535	383	504	392	597
Bioenergy*	1 344	1 554	2 002	1 551	1 933	1 565	2 535
Other renewables	142	308	918	289	658	319	1 526
Total	13 361	14 978	18 293	15 317	20 039	14 521	15 629
Fossil fuel share	*82%*	*79%*	*74%*	*80%*	*80%*	*78%*	*59%*
*Non-OECD share***	*60%*	*63%*	*70%*	*63%*	*70%*	*63%*	*68%*

* Includes traditional and modern uses of biomass. ** Excludes international bunkers.

Fonte: IEA – World Energy Outlook 2014

E' infatti scientificamente chiaro che petrolio, gas e carbone si sono venuti a creare in specifiche condizioni geologiche e che queste non si ripetono con tanta facilità, soprattutto non in tempi compatibili con gli attuali ritmi di prelievo. Per tutte le risorse non rinnovabili è, o dovrebbe essere, evidente come alla fine si raggiunga un picco, dopo di che la produzione inizia inesorabilmente a declinare: in sostanza **il "picco" segna il momento in cui la produzione non è più in grado di tenere il passo con la domanda**. Tutto questo vale non solo per petrolio e gas naturale ma anche per il carbone, seppur con tempistiche differenti. Non è facile stabilire una data precisa per il raggiungimento del picco di produzione delle differenti fonti fossili, ma esistono buone approssimazioni. E' comunque certo che, anche per effetto dell'aumento dei consumi e dei consumatori nelle economie emerse o emergenti, l'estrazione dei combustibili fossili sarà sempre più difficoltosa, meno vantaggiosa dal punto di vista energetico ed economico, e a maggiore impatto ambientale e climatico. Inoltre le attività estrattive comporteranno crescenti rischi di incidenti con conseguenti gravi disastri ambientali, come nel caso delle estrazioni petrolifere in mare a profondità sempre maggiori.

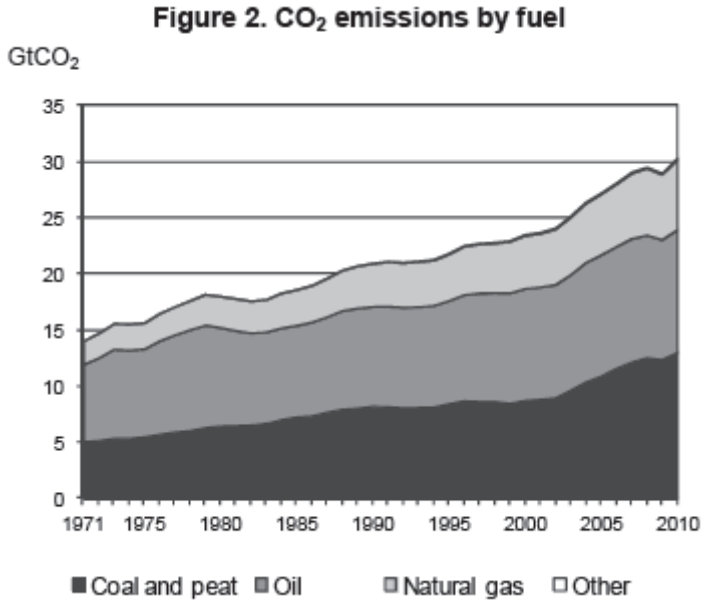
In termini di energia primaria (dati IEA riferiti all'anno 2012) il petrolio contribuisce per circa il 31,4%, il carbone per il 29% e il gas naturale per il 21,3%.

Queste tre fonti energetiche non sono però del tutto intercambiabili. Il petrolio è oggi la fonte più importante per i suoi molteplici impieghi sia in campo energetico sia per la produzione di manufatti e sostanze di sintesi. Ad esempio l'industria chimica si regge

sostanzialmente sul petrolio (si va dalle materie plastiche ai concimi usati in agricoltura) e il settore trasporti si affida ad esso ancora oggi per la quasi totalità. Il gas naturale è prevalentemente impiegato nel settore energetico (sia termico sia elettrico), il carbone è assai importante nel settore della generazione elettrica e nella produzione metallurgica. Proprio nel settore energetico il carbone può, però, essere sostituito da almeno un altro combustibile, ne consegue che il suo prezzo costituisce elemento decisivo della sua competitività e, quindi, del suo peso nel mix energetico complessivo.

Il carbone oggi rappresenta la principale fonte di emissioni di gas serra (GHG). A questo proposito, si ricorda che, a parità di energia primaria disponibile, le emissioni di CO_2 provenienti dalla combustione del carbone arrivano a essere del 30% superiori a quelle del petrolio e del 70% superiori a quelle del gas naturale.

Come si vede anche dal seguente grafico, in cui sono riportate le emissioni per tipo di combustibile, nel 2010, il 43% della CO_2, corrispondente a oltre 13 Gt, era stata originata dalla combustione di carbone, il 36% da quella di petrolio e il 20% da quella di gas naturale [6].



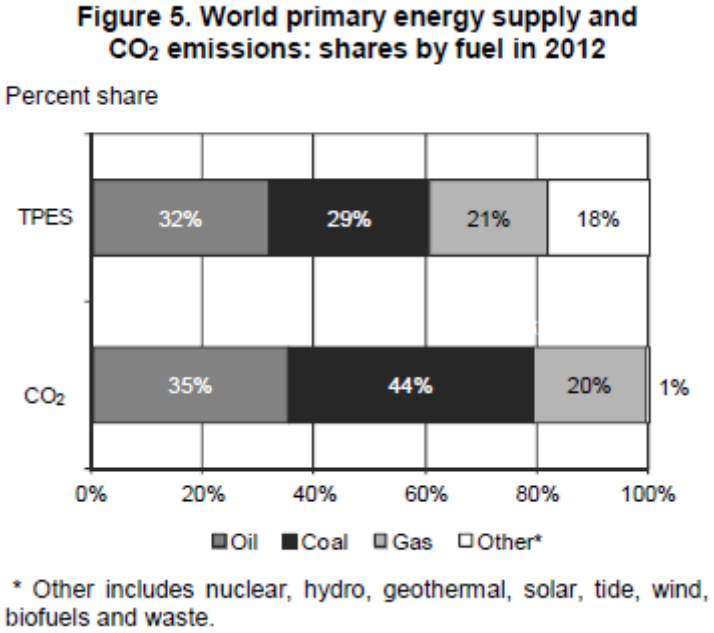
Fonte: IEA - CO_2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights (2012 Edition)

In realtà, secondo dati ancora più recenti, sempre riportati dalla IEA [7], **nel 2012 il carbone ha pesato per il 43,9% di tutte le emissioni** (seguito dal petrolio con il 35,3% e dal gas naturale con il 20,3%). Questi ultimi dati sono anche sostanzialmente

[6] IEA - CO_2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION *Highlights* (2012 Edition)

[7] IEA - Key World Energy Statistics 2014

riportati nel "CO_2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION *Highlights* (2014 Edition)" [8] secondo cui le emissioni totali di CO_2 da carbone nel 2012 ammontano a 13,9 Gt, con un incremento dell'1,3% rispetto all'anno precedente.



Fonte: IEA - CO_2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION Highlights (2014 Edition)

[8] IEA - CO_2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION *Highlights* (2014 Edition)

1. Il carbone oggi

1.1 Il ritorno del carbone

Negli ultimi anni, i primi segnali di scarsità di combustibili quali petrolio e gas naturale, considerati più facili e/o con maggiori ambiti d'impiego, hanno spinto molti paesi al "ritorno" al carbone, ma anche allo sfruttamento delle cosiddette fonti non convenzionali (gas di scisto e petrolio estratto dalle sabbie bituminose). **In tutti i casi si tratta di scelte energetiche insostenibili per gli elevati impatti ambientali che le caratterizzano**.

Va detto che, in realtà, il carbone, dalla rivoluzione industriale a oggi, non è mai stato abbandonato, conservando un suo ruolo di primo piano nella generazione termoelettrica (soprattutto per i paesi che dispongono di tale risorsa) e, ovviamente, nella produzione dell'acciaio.

Per decenni proprio la relativa abbondanza, facilità di accesso ai giacimenti di petrolio e gas naturale, più agevole trasportabilità (sia via nave sia via "tubo", seppur con le evidenti differenze logistiche tra le due risorse), aveva molto avvantaggiato queste due fonti, soprattutto nei paesi che non avevano giacimenti carboniferi. La disponibilità di tali giacimenti, infatti, ne incoraggia l'uso grazie ai prezzi relativamente bassi (non gravati dalla necessità di lunghi trasporti, aspetto fondamentale soprattutto nel caso della lignite) e, magari, all'assenza di normative ambientali particolarmente severe.

Negli ultimi anni l'offerta estrattiva di petrolio e gas naturale non sembra, però, più tenere il passo con una domanda energetica in forte e costante crescita, soprattutto sotto la spinta di economie emergenti come quella cinese. Questo si è tradotto anche nelle crescenti tensioni sui prezzi. Tensioni che in futuro non saranno destinate ad attenuarsi giacché non esiste la possibilità di scoprire nuovi grandi giacimenti di combustibili convenzionali a buon mercato. Gli stessi cali di prezzo del petrolio registrati negli ultimi mesi del 2014 non contraddicono quanto appena detto dal momento che rispondono solo ad una situazione congiunturale provocata da una serie di fattori temporanei di natura geopolitica ed economica. Dal punto di vista geologico, infatti, **è ormai chiaro che i grandi giacimenti del passato sono nella loro fase discendente e che non ne esistono di nuovi in grado di sostituirli**. Questo ha portato le aziende energetiche e anche i paesi che non dispongono di riserve di carbone a pensare di utilizzare maggiormente tale

combustibile, oltre che le cosiddette fonti non convenzionale, derivate dagli scisti e dalle sabbie bituminose. Si tratta, però, di risorse energetiche che sarebbe meglio non toccare viste le negative implicazioni ecologiche connesse alla loro estrazione e utilizzo: è infatti provato che tali attività comportano preoccupanti fenomeni d'inquinamento e massicce emissioni di gas a effetto serra. Senza considerare come le reali riserve di shale gas e shale oil siano state fortemente sovrastimante, anche perché i pozzi hanno tassi di declino rapidissimi per cui, a fronte di investimenti molto ingenti, si hanno produttività assai più basse di quanto si pensasse solo pochi anni fa, aspetto che, in Nord America, sta scoraggiando gli investitori.

1.2 Carbone: chi lo estrae? Chi lo usa?

Oggi, a livello mondiale, il carbone è il combustibile più usato dopo il petrolio. Secondo i dati IEA [9], il carbone costituisce il 29% del consumo globale di energia primaria nel 2012, rispetto al 23% nel 2000. Il carbone rappresenta la maggiore fonte per la produzione di energia elettrica: il 40,4% nel 2012; questo sia a causa dell'aumento del prezzo del petrolio e del gas sia per l'uso massiccio da parte delle nuove economie, in particolare Cina e India.

Nei paesi non OCSE, dove le riserve di carbone sono spesso abbondanti e a basso costo (ovviamente non quello ambientale e sociosanitario), costituisce il combustibile maggiormente usato: nel 2010 rappresentava ben il 35% del consumo totale di energia primaria, il 36% del consumo totale dell'industria e quasi il 50% della produzione elettrica. Comunque anche nei paesi OCSE, nel 2010, il carbone ha fornito ancora più di un terzo della produzione di energia elettrica [10].

Tra il 1990 e il 2010 circa 1/3 della nuova capacità di generazione elettrica mondiale è stata coperta da impianti a carbone.

Nella prima decade di questo secolo, a livello globale, oltre l'80% dell'aumento della domanda di carbone è venuto dalla Cina, la cui quota sulla domanda mondiale è passata dal 27% del 2000 al 47% del 2010 [11]. La Cina, in pochissimi anni, ha raddoppiato il

[9] IEA - Key World Energy Statistics 2014

[10] IEA - World Energy Outlook 2011

[11] IEA - World Energy Outlook 2011

consumo di tale fonte, arrivando a impiegare oltre tre volte la quantità di carbone consumata negli Stati Uniti, che nel 2010 era il secondo consumatore a livello mondiale con uno share di circa il 15%. Secondo i più recenti dati tratti dall'ultimo Statistical Review della BP [12], nel 2013 lo share USA sarebbe sceso all'11,9% (del consumo mondiale) mentre quello della Cina avrebbe raggiunto il 50,3%.

La crescita della domanda cinese non sembra essere stata toccata neanche dalla crisi economica iniziata nel 2008.

L'India è il terzo consumatore mondiale di carbone (nel 2010 lo share era di circa l'8% e nel 2013 ha raggiunto l'8,5%) e, in assenza di un radicale cambio di politiche, continuerà a incrementarne l'uso. Del resto la domanda di carbone nel paese è aumentata dell'80% tra il 2000 e il 2010, a causa della crescita economica e del connesso incremento dei consumi di energia in tutti i settori.

Nei paesi OCSE la domanda è cresciuta molto più lentamente fino al 2007, dopo di che è scesa (anche a causa della crisi economica), e nel 2010 è stata del 6% al di sotto del picco del 2007, ritornando quasi ai livelli di consumo del 2000. **Nel 2010 quasi la metà della domanda di carbone dei paesi OCSE è venuta dagli Stati Uniti**. Nel 2011 negli Stati Uniti la domanda di carbone è scesa del 4,5% rappresentando circa il 45% della domanda di carbone dell'area OCSE [13] I dati relativi al 2012 vedrebbero il dato USA ulteriormente in calo, questo a causa soprattutto del prezzo inizialmente conveniente dello shale gas, si tratta però di un fattore congiunturale che, secondo i più autorevoli analisti energetici, non sembra destinato a durare molto a causa del rapido esaurimento dei giacimenti di gas non convenzionale e dei crescenti costi necessari per proseguire l'attività estrattiva, aspetto che sta allontanando gli investitori, poco propensi a dedicarsi ad attività che in breve tendono ad andare in perdita. Forse è anche questo uno dei motivi per cui nel 2013 il consumo di carbone negli USA è tornato a crescere (+ 4,6% [14]).

Intanto in Europa, nel 2012, in contro tendenza rispetto agli USA, si è assistito a un aumento dell'uso del carbone: questo a causa dei più alti costi del gas (ovviamente si tratta di dati economici che non tengono conto delle esternalità ambientali). Un differenziale di costi accentuato anche dalla improvvisa disponibilità, sul mercato internazionale, del carbone nord americano, in parte (momentaneamente) sostituito dallo shale gas.

---

[12] BP Statistical Review of World Energy 2014

[13] IEA - World Energy Outlook 2012

[14] BP Statistical Review of World Energy 2014

Sempre in Europa, nel 2013, le importazioni di carbone sono cresciute del 4,2%, ma con un andamento differenziato da paese a paese: ad esempio in Italia le importazioni non sono aumentate ma, al contrario, si sono ridotte del 12% rispetto all'anno precedente.
Secondo la IEA [15], anche nel 2011, la crescita mondiale della domanda di carbone è rimasta forte (circa +5,6%), principalmente per la spinta dei paesi non OCSE: Cina e India insieme, nel 2011, hanno rappresentato l'80% della domanda di carbone nei paesi non OCSE, la Cina da sola pesava per più di 2/3. Analogo valore di crescita (+5,7%) del consumo di carbone a livello mondiale si è avuto nel 2012. Nel 2013 la crescita è stata del 3% [16]

Sempre per restare sui dati del carbone, nelle seguenti tabelle, tratte dall'ultimo Statistical Review della BP [17], si evidenziano i principali paesi produttori e consumatori.

[15] IEA - World Energy Outlook 2012

[16] BP Statistical Review of World Energy 2014

[17] BP Statistical Review of World Energy 2014

Production*

Million tonnes oil equivalent	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Change 2013 over 2012	2013 share of total
US	553.6	572.4	580.2	595.1	587.7	596.7	540.8	551.2	556.1	517.8	**500.5**	-3.1%	12.9%
Canada	31.8	33.9	35.3	34.8	35.7	35.6	33.1	35.4	35.5	35.5	**36.8**	3.9%	0.9%
Mexico	4.4	5.9	6.1	6.8	7.3	6.9	6.1	7.3	9.4	7.8	**8.3**	6.0%	0.2%
Total North America	589.8	612.2	621.6	636.7	630.7	639.2	580.0	594.0	600.9	561.2	**545.6**	-2.5%	14.1%
Brazil	1.8	2.0	2.4	2.2	2.3	2.5	1.9	2.0	2.1	2.5	**2.8**	11.7%	0.1%
Colombia	32.5	34.9	38.4	42.6	45.4	47.8	47.3	48.3	55.8	57.9	**55.6**	-3.7%	1.4%
Venezuela	5.1	5.9	5.3	5.7	4.5	3.6	2.4	2.0	1.5	2.3	**1.7**	-25.2%	•
Other S. & Cent. America	0.5	0.2	0.3	0.6	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	**1.9**	233.0%	•
Total S. & Cent. America	39.9	43.0	46.3	51.2	52.5	54.3	52.2	52.7	59.8	63.2	**62.0**	-1.7%	1.6%
Bulgaria	4.5	4.4	4.1	4.2	4.7	4.8	4.5	4.9	6.1	5.5	**4.7**	-14.2%	0.1%
Czech Republic	24.2	23.5	23.5	23.8	23.6	22.8	21.0	20.8	21.6	20.7	**18.0**	-13.2%	0.5%
France	1.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	†	0.1	0.1	†	**†**	0.3%	•
Germany	54.1	54.7	53.2	50.3	51.5	47.7	44.4	43.7	44.6	45.7	**43.0**	-5.5%	1.1%
Greece	8.8	9.0	8.9	8.3	8.5	8.5	8.4	7.3	7.6	8.1	**6.9**	-14.4%	0.2%
Hungary	2.8	2.4	2.0	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9	**2.0**	3.0%	0.1%
Kazakhstan	43.3	44.4	44.2	49.1	50.0	56.8	51.5	54.0	56.2	58.6	**58.4**	-0.1%	1.5%
Poland	71.4	70.5	68.7	67.0	62.3	60.5	56.4	55.5	56.6	58.8	**57.6**	-1.9%	1.5%
Romania	7.0	6.7	6.6	6.5	6.7	6.7	6.4	5.8	6.7	6.4	**4.6**	-26.9%	0.1%
Russian Federation	127.1	131.7	139.2	145.1	148.0	153.4	142.1	151.1	158.5	168.7	**165.1**	-1.9%	4.3%
Spain	6.8	6.7	6.4	6.1	5.7	4.1	3.8	3.4	2.5	2.4	**1.6**	-32.5%	•
Turkey	10.4	10.1	12.6	13.7	16.0	16.8	17.1	15.8	16.3	15.3	**13.2**	-13.5%	0.3%
Ukraine	41.6	42.2	41.0	41.7	39.9	41.3	38.4	39.9	44.0	45.9	**45.9**	0.3%	1.2%
United Kingdom	17.2	15.3	12.5	11.3	10.3	11.0	10.9	11.2	11.3	10.4	**7.8**	-24.5%	0.2%
Other Europe & Eurasia	19.0	18.5	17.7	18.5	20.6	21.0	20.3	20.0	21.3	20.5	**21.3**	4.3%	0.5%
Total Europe & Eurasia	439.5	440.5	440.7	448.0	450.2	457.5	426.9	435.3	455.4	469.0	**450.2**	-3.8%	11.6%
Total Middle East	0.7	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.6	0.6	0.7	**0.7**	0.3%	•
South Africa	134.1	137.2	137.7	138.0	139.6	142.4	141.2	145.0	141.8	145.6	**144.7**	-0.3%	3.7%
Zimbabwe	1.8	2.4	2.2	1.4	1.3	1.0	1.1	1.7	1.7	1.0	**1.0**	0.3%	•
Other Africa	1.6	1.3	1.2	1.3	1.0	1.0	0.9	1.2	1.1	1.5	**1.5**	0.5%	•
Total Africa	137.5	140.9	141.1	140.6	141.9	144.4	143.2	147.9	144.6	148.1	**147.2**	-0.3%	3.8%
Australia	189.4	196.8	205.7	210.8	217.5	224.9	232.9	239.9	232.5	251.4	**269.1**	7.3%	6.9%
China	917.4	1061.3	1174.8	1264.3	1345.8	1401.0	1486.5	1617.5	1758.0	1822.5	**1840.0**	1.2%	47.4%
India	144.4	155.7	162.1	170.2	181.0	195.6	210.8	217.5	215.7	229.1	**228.8**	0.1%	5.9%
Indonesia	70.3	81.4	93.9	119.2	133.4	147.8	157.6	169.2	217.3	237.4	**258.9**	9.4%	6.7%
Japan	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	**0.7**	-8.6%	•
New Zealand	3.2	3.3	3.3	3.6	3.0	3.0	2.8	3.3	3.1	3.0	**2.8**	-6.6%	0.1%
Pakistan	1.5	1.5	1.6	1.7	1.6	1.8	1.6	1.6	1.6	1.5	**1.5**	1.9%	•
South Korea	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	**0.8**	-13.1%	•
Thailand	5.3	5.6	5.8	5.3	5.1	5.1	4.9	5.1	6.0	5.1	**5.0**	-0.2%	0.1%
Vietnam	10.8	14.7	18.3	21.8	22.4	23.0	25.2	24.6	24.9	23.5	**23.1**	-1.4%	0.6%
Other Asia Pacific	20.3	22.1	24.9	25.3	24.0	25.8	28.8	36.9	45.8	44.9	**45.0**	0.7%	1.2%
Total Asia Pacific	1364.9	1544.5	1692.2	1824.2	1936.0	2029.8	2153.0	2317.2	2506.4	2620.0	**2675.7**	2.4%	68.9%
Total World	**2572.3**	**2781.9**	**2942.9**	**3101.7**	**3212.3**	**3326.2**	**3356.0**	**3547.8**	**3767.8**	**3862.2**	**3881.4**	**0.8%**	**100.0%**
of which: OECD	989.6	1013.9	1026.6	1042.4	1041.5	1050.0	988.4	1005.1	1007.5	987.3	**977.8**	-0.7%	25.2%
Non-OECD	1582.7	1767.9	1916.3	2059.3	2170.8	2276.2	2367.6	2542.7	2760.3	2874.9	**2903.7**	1.3%	74.8%
European Union	203.6	198.5	190.9	184.4	180.8	173.1	162.5	159.9	164.6	165.4	**151.9**	-7.9%	3.9%
Former Soviet Union	215.8	222.2	228.5	239.9	242.5	256.2	236.5	250.0	264.1	278.7	**275.3**	-0.9%	7.1%

*Commercial solid fuels only, i.e. bituminous coal and anthracite (hard coal), and lignite and brown (sub-bituminous) coal. Includes coal produced for Coal-to-Liquids and Coal-to-Gas transformations.
†Less than 0.05.
•Less than 0.05%.
Notes: Coal production data expressed in million tonnes is available at *bp.com/statisticalreview*
Growth rates are adjusted for leap years.

Fonte: BP Statistical Review of World Energy. June 2014

Vediamo come nel 2013 la Cina sia il principale produttore mondiale con 1.840 Mtep (47,4% dello share), seguito dagli Stati Uniti con 500,5 Mtep (12,9% dello share), dall'Australia con 269,1 Mtep (6,9%), dall'Indonesia con 258,9 Mtep (6,7%), dall'India con 228,8 Mtep (5,9%), dalla Federazione Russa con 165,1 Mtep (4,3%), dal Sud Africa con 144,7 Mtep (3,7%), dal Kazakhstan con 58,4 Mtep (1,5%), dalla Polonia con 57,6 Mtep (1,5%) e dalla Colombia con 55,6 Mtep (1,4%). Vediamo anche come il 74,8% della produzione sia in paesi non OCSE.

Consumption*

Million tonnes oil equivalent	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	**2013**	Change 2013 over 2012	2013 share of total
US	562.5	566.1	574.2	565.7	573.3	564.2	496.2	525.0	495.4	436.7	**455.7**	4.6%	11.9%
Canada	31.7	29.8	30.9	29.9	31.3	29.6	24.4	25.0	21.8	20.5	**20.3**	-0.9%	0.5%
Mexico	8.1	9.2	11.0	11.7	12.2	10.1	8.7	12.1	14.3	13.3	**12.4**	-6.1%	0.3%
Total North America	602.3	605.1	616.0	607.3	616.7	603.8	529.3	562.1	531.4	470.5	**488.4**	4.1%	12.8%
Argentina	0.7	0.8	0.9	0.3	0.4	1.1	1.2	1.0	0.9	0.7	**0.7**	0.6%	•
Brazil	11.1	12.0	11.9	11.8	12.6	12.7	10.8	13.3	13.9	14.0	**13.7**	-1.8%	0.4%
Chile	2.3	2.6	2.6	3.2	3.8	4.1	3.7	4.2	5.3	6.2	**7.4**	19.6%	0.2%
Colombia	2.4	2.0	2.7	2.4	2.4	2.8	3.5	4.0	4.2	3.7	**4.3**	16.6%	0.1%
Ecuador	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
Peru	0.7	0.7	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	**0.8**	5.3%	•
Trinidad & Tobago	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
Venezuela	†	–	†	†	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	**0.2**	1.0%	•
Other S. & Cent. America	2.0	1.8	1.6	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	**2.1**	1.9%	0.1%
Total S. & Cent. America	19.2	20.0	20.5	20.2	22.0	23.5	22.0	25.4	27.4	27.6	**29.2**	6.0%	0.8%
Austria	4.0	4.0	4.0	4.1	3.9	3.7	2.8	3.4	3.5	3.2	**3.6**	11.0%	0.1%
Azerbaijan	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	**†**	0.3%	•
Belarus	0.1	0.1	0.1	0.1	†	†	†	†	0.1	0.1	**0.1**	0.9%	•
Belgium	5.9	5.8	5.1	4.9	4.3	4.4	3.0	3.7	3.4	3.0	**2.9**	-0.9%	0.1%
Bulgaria	7.3	7.2	6.9	7.0	7.9	7.6	6.4	6.9	8.1	6.9	**5.9**	-14.6%	0.2%
Czech Republic	20.8	21.0	20.2	21.0	21.4	19.7	17.6	18.5	18.4	17.3	**16.5**	-4.3%	0.4%
Denmark	5.7	4.6	3.7	5.6	4.7	4.1	4.0	3.8	3.2	2.5	**3.2**	28.8%	0.1%
Finland	5.9	5.4	3.3	5.1	4.8	3.4	3.5	4.6	3.7	3.0	**3.7**	23.5%	0.1%
France	14.4	13.9	14.3	13.2	13.6	12.9	11.2	12.1	10.2	11.5	**12.2**	7.0%	0.3%
Germany	87.2	85.4	82.1	83.5	85.7	80.1	71.7	76.6	76.0	80.1	**81.3**	1.8%	2.1%
Greece	8.9	9.1	8.9	8.4	8.8	8.3	8.4	7.9	7.9	8.1	**7.1**	-12.3%	0.2%
Hungary	3.7	3.4	3.0	3.1	3.1	3.1	2.6	2.7	2.8	2.7	**2.7**	-1.1%	0.1%
Republic of Ireland	1.7	1.8	1.9	1.6	1.6	1.4	1.2	1.2	1.3	1.5	**1.3**	-10.5%	•
Italy	14.9	16.6	16.5	16.7	16.8	16.3	12.8	14.2	15.9	16.3	**14.6**	-10.3%	0.4%
Kazakhstan	25.2	26.5	27.2	29.8	31.7	33.4	32.6	31.6	34.0	36.6	**36.1**	-1.0%	0.9%
Lithuania	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	**0.2**	2.4%	•
Netherlands	8.7	8.6	8.2	7.9	8.5	8.1	7.5	7.6	7.5	8.2	**8.3**	1.9%	0.2%
Norway	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.5	0.6	0.7	0.7	**0.7**	•	•
Poland	57.7	57.3	55.7	58.0	57.9	56.0	51.9	56.4	56.1	54.3	**56.1**	3.6%	1.5%
Portugal	3.8	3.7	3.8	3.8	3.3	2.5	2.9	1.7	2.2	2.9	**2.7**	-8.4%	0.1%
Romania	7.8	7.4	7.6	8.5	7.4	7.4	6.6	6.1	7.3	6.9	**5.6**	-18.8%	0.1%
Russian Federation	104.0	99.5	94.2	96.7	93.4	100.4	91.9	90.2	93.7	98.1	**93.5**	-4.4%	2.4%
Slovakia	4.2	4.1	3.9	3.8	3.8	3.7	3.5	3.4	3.3	3.2	**3.1**	-2.1%	0.1%
Spain	20.1	20.9	20.6	18.4	19.7	14.0	10.6	7.9	12.3	15.1	**10.3**	-31.5%	0.3%
Sweden	2.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.0	1.6	2.3	2.0	1.5	**1.7**	13.2%	•
Switzerland	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	**0.1**	3.0%	•
Turkey	20.7	21.8	21.8	25.9	28.9	29.2	30.4	30.9	33.1	35.7	**33.0**	-7.5%	0.9%
Turkmenistan	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
Ukraine	40.3	39.1	37.4	39.7	39.7	41.8	35.9	38.3	41.5	42.7	**42.6**	•	1.1%
United Kingdom	38.1	36.6	37.4	40.9	38.4	35.6	29.9	31.0	31.5	39.1	**36.5**	-6.2%	1.0%
Uzbekistan	0.7	1.2	1.2	1.7	1.4	1.4	1.1	1.1	1.1	1.2	**1.2**	0.3%	•
Other Europe & Eurasia	23.1	23.8	22.2	19.2	20.6	21.0	19.7	21.1	23.2	21.6	**21.8**	1.6%	0.6%
Total Europe & Eurasia	538.1	532.2	514.6	532.0	534.6	522.6	472.2	485.9	504.1	524.3	**508.7**	-2.7%	13.3%
Iran	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	0.9	1.0	0.9	0.8	0.7	**0.7**	-1.7%	•
Israel	7.9	8.0	7.9	7.8	8.0	7.9	7.7	7.7	7.9	8.8	**7.3**	-16.1%	0.2%
Kuwait	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
Qatar	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
Saudi Arabia	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
United Arab Emirates	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
Other Middle East	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	**0.2**	-3.4%	•
Total Middle East	9.1	9.2	9.3	9.2	9.5	9.0	8.9	8.8	8.9	9.7	**8.2**	-14.8%	0.2%
Algeria	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2	–	–	–	**–**	–	–
Egypt	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.3	1.2	1.5	1.4	1.4	**1.5**	2.1%	•
South Africa	81.4	85.2	84.4	85.4	90.1	96.9	92.9	91.5	88.4	88.5	**88.2**	•	2.3%
Other Africa	6.4	7.1	7.3	6.8	6.2	6.2	5.3	6.4	6.5	6.0	**5.9**	-0.6%	0.2%
Total Africa	89.5	94.2	93.5	94.1	98.2	105.0	99.6	99.4	96.3	95.9	**95.6**	•	2.5%
Australia	49.4	50.8	53.5	56.0	54.6	55.4	53.5	50.7	50.3	47.3	**45.0**	-4.7%	1.2%
Bangladesh	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	**1.0**	5.8%	•
China	868.2	1019.9	1128.3	1250.4	1320.3	1369.2	1470.7	1609.7	1760.8	1856.4	**1925.3**	4.0%	50.3%
China Hong Kong SAR	6.8	6.3	6.9	6.9	7.5	6.9	7.2	6.2	7.4	7.3	**7.8**	6.9%	0.2%
India	156.8	172.3	184.4	195.4	210.3	230.4	250.3	260.2	270.1	302.3	**324.3**	7.6%	8.5%
Indonesia	24.2	22.2	25.4	30.1	37.8	30.1	34.6	41.2	48.9	50.4	**54.4**	8.2%	1.4%
Japan	112.2	120.8	121.3	119.1	125.3	128.7	108.8	123.7	117.7	124.4	**128.6**	3.6%	3.4%
Malaysia	5.3	6.6	6.9	7.3	8.8	9.8	10.6	14.8	14.8	15.9	**17.0**	7.1%	0.4%
New Zealand	2.0	2.1	2.3	2.2	1.7	2.1	1.6	1.4	1.4	1.7	**1.5**	-13.0%	•
Pakistan	2.9	3.8	4.1	4.2	5.1	5.3	4.7	4.5	4.3	4.3	**4.4**	3.4%	0.1%
Philippines	4.7	5.0	5.7	5.5	5.9	7.0	6.7	7.7	8.3	9.4	**10.5**	12.4%	0.3%
Singapore	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	**–**	–	–
South Korea	51.1	53.1	54.8	54.8	59.7	66.1	68.6	75.9	83.6	81.0	**81.9**	1.4%	2.1%
Taiwan	35.1	36.6	38.1	39.6	41.8	40.2	38.7	40.3	41.5	41.1	**41.0**	•	1.1%
Thailand	9.4	10.4	11.2	12.4	14.2	15.3	15.4	15.8	16.0	16.8	**16.0**	-4.7%	0.4%
Vietnam	5.5	8.2	8.0	9.5	10.1	10.0	14.0	13.9	15.0	14.9	**15.9**	6.7%	0.4%
Other Asia Pacific	19.5	19.6	21.0	22.6	19.3	21.2	20.7	20.7	21.1	21.6	**22.1**	2.7%	0.6%
Total Asia Pacific	1353.5	1537.8	1672.4	1816.8	1923.1	1998.4	2106.9	2287.6	2462.1	2595.7	**2696.5**	4.2%	70.5%
Total World	**2611.8**	**2798.5**	**2926.3**	**3079.5**	**3204.2**	**3262.3**	**3239.0**	**3469.1**	**3630.3**	**3723.7**	**3826.7**	**3.0%**	**100.0%**
of which: OECD	1161.5	1174.6	1180.8	1184.3	1207.7	1182.5	1055.6	1121.7	1098.4	1055.2	**1066.9**	1.4%	27.9%
Non-OECD	1450.3	1624.0	1745.5	1895.2	1996.5	2079.8	2183.4	2347.5	2531.9	2668.5	**2759.8**	3.7%	72.1%
European Union	328.7	324.8	315.1	323.5	324.3	300.3	264.9	278.2	283.1	293.4	**285.4**	-2.5%	7.5%
Former Soviet Union	174.5	170.8	164.2	171.9	170.9	181.6	165.6	166.3	175.7	183.8	**178.8**	-2.5%	4.7%

*Commercial solid fuels only, i.e. bituminous coal and anthracite (hard coal), and lignite and brown (sub-bituminous) coal. Excludes coal converted to liquid or gaseous fuels, but includes coal consumed in transformation processes.
†Less than 0.05.
•Less than 0.05%.
Notes: Differences between these world consumption figures and the world production statistics are accounted for by stock changes, and unavoidable disparities in the definition, measurement or conversion of coal supply and demand data.
Growth rates are adjusted for leap years.

Fonte: BP Statistical Review of World Energy. June 2014

Sempre nel 2013 i principali paesi consumatori sono stati la Cina con 1.925,3 Mtep (50,3% dello share mondiale), gli Stati Uniti con 455,7 Mtep (11,9%), l'India con 324,3 Mtep (8,5%), il Giappone con 128,6 Mtep (3,4%), la Federazione Russa con 93,5 Mtep (2,4%), il

Sud Africa con 88,2 Mtep (2,3%), la Corea del Sud con 81,9 Mtep (2,1%), la Germania con 81,3 Mtep (2,1%), la Polonia con 56,1 Mtep (1,5%) e l'Indonesia con 54,4 Mtep (1,4%).
Incrociando i dati dei produttori con quelli dei consumatori emerge chiaramente come non siano poi molti i paesi in grado di esportare carbone: i due più grandi produttori (Cina e USA) sono anche i più grandi consumatori. La Cina non riesce più a coprire i propri fabbisogni interni ed è divenuto un importatore di carbone. Un altro grande paese emergente come l'India è già da anni un grande importatore e il suo deficit energetico continua a crescere. Per gli USA andrebbe fatto un discorso a parte dal momento che qui la situazione è un poco più complessa: in questo paese, infatti, ci sono importanti cambiamenti in atto che vanno ancora attentamente monitorati e, soprattutto, correttamente interpretati. Negli Stati Uniti si sta, infatti, puntando molto su combustibili fossili non convenzionali, come il gas di scisto, che starebbe sostituendo una quota del carbone impiegato nella generazione elettrica. Purtroppo una simile scelta non si tradurrebbe in un reale beneficio ambientale, sia per gli impatti diretti connessi all'estrazione e all'impiego di questi combustibili non convenzionali sia perché il carbone non più impiegato negli Stati Uniti viene venduto sul mercato estero. Occorre poi rammentare come le riserve di shale gas siano state fortemente sovrastimate e che questi giacimenti subiscano un rapidissimo declino rendendoli anche diseconomici.

1.3 La dinamica del prezzo del carbone

Se il **prezzo** per una parte della produzione di carbone può sembrare relativamente stabile, certamente non si può dire altrettanto per quello commerciato sul mercato internazionale che tende a variare nel breve periodo (approssimativamente in linea con il prezzo del petrolio e del gas naturale, anche non convenzionale), riflettendo: le dinamiche della concorrenza tra combustibili, l'importanza del petrolio nelle operazioni di estrazione del carbone e il suo costo di trasporto su lunghe distanze. Peraltro, a differenza di quanto avviene per il petrolio, i mercati del carbone sono per così dire regionali e riflettono il costo rilevante dei trasporti e dei relativi aspetti logistici, così i prezzi possono variare anche molto tra le diverse aree geografiche. In tutti i casi, seppur con differenze tra macroaree del globo, il trend dei prezzi del carbone è andato crescendo di molto tra i primi anni '90 e il 2011. Dopo questa data c'è stato un crollo dei prezzi imputabile al massiccio impiego, sul

mercato nord americano, dello shale gas che ha generato un temporaneo eccesso di offerta energetica.

Le prospettive per i prezzi del carbone commerciato a livello internazionale restano comunque assai incerte. Il fattore più critico è probabilmente rappresentato dall'andamento delle importazioni cinesi: infatti, visti gli elevati consumi di questo paese, anche se le importazioni costituissero una frazione piuttosto piccola della domanda interna, rappresenterebbero comunque una grossa fetta del commercio internazionale di carbone. A questo si è recentemente aggiunta la variabile Stati Uniti, dove il mercato dello shale gas ha letteralmente rappresentato un elemento perturbatore che, seppur di carattere congiunturale (vista la non affidabile durata delle riserve non convenzionali), ha avuto la capacità di incidere sui prezzi del carbone a livello internazionale. Non è facile prevedere con certezza quanto il fenomeno shale gas possa ancora esercitare i suoi influssi, ma già nel 2013 ci sono state evidenti segnali di declino a causa del rapido calo della produttività e dei crescenti costi di estrazione. Sulla scarsa disponibilità di tali risorse converrà qui rammentare lo studio pubblicato nel 2013 dall'Energy Watch Group che evidenzia come il contributo dello shale gas sia praticamente già molto prossimo al suo picco e la maggior parte della produzione sarà destinata ad esaurirsi in una decina d'anni [18]

E' comunque plausibile attendersi, in futuro, un progressivo incremento dei prezzi del carbone se la domanda sul mercato internazionale continuerà ad aumentare. Lo stesso inasprimento delle normative ambientali, volto a contrastare l'inquinamento e le emissioni climalteranti, farà lievitare i costi dell'energia elettrica prodotta da carbone. Proprio nell'ultima Relazione dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas [19] si parla di "enormi costi per l'abbattimento delle emissioni" e si cita ad esempio la centrale termoelettrica a carbone recentemente realizzata negli Stati Uniti "che incorpora le più recenti tecnologie al costo di 6.800 $/kW, assolutamente insostenibile se non ci fosse stata una sovvenzione pubblica di 5,2 miliardi di dollari."

1.4 Ma dov'è il carbone? E quanto ve n'è ancora?

[18] Energy Watch Group. Fossil and Nuclear Fuels – the Supply Outlook – March 2013

[19] Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico – Relazione Annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta – 2014

Quando si parla di riserve di carbone, si fa riferimento alla quota di risorse carbonifere di cui è accertata l'esistenza e che sono economicamente recuperabili utilizzando le attuali tecnologie. Tale aspetto risulta estremamente importante giacché **non tutte le risorse esistenti sono realmente sfruttabili a causa dei costi economici ed energetici**.
Secondo la IEA [20], le riserve di carbone mondiali, alla fine del 2010, erano pari a circa 1.000 miliardi di tonnellate, equivalenti a circa 140 anni di produzione mondiale di carbone (su dati consumo 2010). Secondo BP [21], invece, a fine 2013 le riserve coprivano circa 113 anni.
In termini di contenuto energetico, stando ai dati IEA [22], le riserve di carbone erano circa 3,2 volte superiori a quelle del gas naturale e 2,5 volte a quelle del petrolio, ma sono geograficamente più disperse. Sempre secondo la IEA le risorse (quindi non riserve) totali di carbone sarebbero stimate in circa 21.000 miliardi di tonnellate. Questo dato va letto con attenzione in quanto, come detto in precedenza, il fatto che ci sia del carbone da qualche parte nel sottosuolo non significa che sia realmente estraibile a costi economici ed energetici accettabili. Del resto **si sa che circa 90 paesi dispongono di risorse carbonifere, ma il 95% si trova solo in alcune regioni del globo**.
Sempre secondo la IEA, poco meno di tre quarti (725 miliardi di tonnellate) delle riserve mondiali di carbone sono costituite da **antracite**, più della metà della quale si trova solo in due paesi: il 31% negli Stati Uniti e il 25% in Cina. La produzione di antracite è molto più elevata in Cina (che rappresentano quasi la metà della produzione mondiale nel 2009, a fronte di una quota del 16% per gli Stati Uniti), così le riserve cinesi sono assai inferiori a 70 anni, rispetto ai circa 250 anni stimati per gli Stati Uniti. La maggior parte del resto delle riserve di antracite del mondo si trovano in India, Russia e Australia. Le riserve mondiali di **lignite** ammontano a poco meno di 280 miliardi di tonnellate e sono distribuite in modo un po' diverso rispetto a quelle di antracite, con quattro paesi che ne detengono la maggior parte: Russia, Germania (il più grande produttore di lignite del mondo nel 2009), Australia e Stati Uniti.

[20] IEA - World Energy Outlook 2012

[21] BP Statistical Review of World Energy 2014

[22] IEA - World Energy Outlook 2011

Table 11.3 • Coal resources and reserves by region and type, end-2009 (billion tonnes)

	Hard coal		Brown coal		Total	
	Reserves	Resources	Reserves	Resources	Reserves	Resources
North America	232	6 652	33	1 486	265	8 138
Asia-Pacific	309	6 861	76	1 075	385	7 936
E. Europe/Eurasia	124	2 891	108	1 324	232	4 215
Europe	17	467	55	282	72	748
Africa	30	78	0	0	30	79
Latin America	9	28	5	20	15	48
Middle East	1	40	-	-	1	40
World	723	17 017	278	4 187	1 001	21 204

Notes: World excludes Antarctica. Classifications and definitions of hard and brown coal can differ between BGR and IEA due to different methodologies.

Source: BGR (2010).

Fonte: IEA - World Energy Outlook 2011

In realtà i dati sulle riserve e ancora di più quelli sulle risorse carbonifere (ma lo stesso discorso vale per gli altri combustibili fossili) vanno presi con estrema cautela, soprattutto a causa di una certa tendenza da parte dei produttori energetici o dei paesi detentori a sovrastimarle.

La stessa IEA sostiene che la produttività delle miniere di carbone è declinata in modo sostanziale negli ultimi anni nei principali paesi produttori, come ad esempio Australia e Stati Uniti. E questo è soprattutto dipeso dall'impoverimento dei giacimenti carboniferi.

Secondo i dati forniti dalla BP [23], le riserve di carbone sarebbero quelle riportate nella seguente tabella:

[23] BP Statistical Review of World Energy. June 2014

Proved reserves at end 2013

Million tonnes	Anthracite and bituminous	Sub-bituminous and lignite	Total	Share of total	R/P ratio
US	108501	128794	**237295**	26.6%	266
Canada	3474	3108	**6582**	0.7%	95
Mexico	860	351	**1211**	0.1%	73
Total North America	112835	132253	**245088**	27.5%	250
Brazil	–	6630	**6630**	0.7%	*
Colombia	6746	–	**6746**	0.8%	79
Venezuela	479	–	**479**	0.1%	206
Other S. & Cent. America	57	729	**786**	0.1%	278
Total S. & Cent. America	7282	7359	**14641**	1.6%	149
Bulgaria	2	2364	**2366**	0.3%	83
Czech Republic	181	871	**1052**	0.1%	21
Germany	48	40500	**40548**	4.5%	213
Greece	–	3020	**3020**	0.3%	56
Hungary	13	1647	**1660**	0.2%	174
Kazakhstan	21500	12100	**33600**	3.8%	293
Poland	4178	1287	**5465**	0.6%	38
Romania	10	281	**291**	†	12
Russian Federation	49088	107922	**157010**	17.6%	452
Spain	200	330	**530**	0.1%	120
Turkey	322	8380	**8702**	1.0%	141
Ukraine	15351	18522	**33873**	3.8%	384
United Kingdom	228	–	**228**	†	18
Other Europe & Eurasia	1436	20757	**22193**	2.5%	236
Total Europe & Eurasia	92557	217981	**310538**	34.8%	254
South Africa	30156	–	**30156**	3.4%	117
Zimbabwe	502	–	**502**	0.1%	315
Other Africa	942	214	**1156**	0.1%	466
Middle East	1122	–	**1122**	0.1%	*
Total Middle East & Africa	32722	214	**32936**	3.7%	126
Australia	37100	39300	**76400**	8.6%	160
China	62200	52300	**114500**	12.8%	31
India	56100	4500	**60600**	6.8%	100
Indonesia	–	28017	**28017**	3.1%	67
Japan	337	10	**347**	†	288
New Zealand	33	538	**571**	0.1%	126
North Korea	300	300	**600**	0.1%	15
Pakistan	–	2070	**2070**	0.2%	*
South Korea	–	126	**126**	†	69
Thailand	–	1239	**1239**	0.1%	69
Vietnam	150	–	**150**	†	4
Other Asia Pacific	1583	2125	**3708**	0.4%	87
Total Asia Pacific	157803	130525	**288328**	32.3%	54
Total World	**403199**	**488332**	**891531**	**100.0%**	**113**
of which: OECD	155494	229321	**384815**	43.2%	191
Non-OECD	247705	259011	**506716**	56.8%	86
European Union	4883	51199	**56082**	6.3%	103
Former Soviet Union	86725	141309	**228034**	25.6%	396

*More than 500 years.
†Less than 0.05%.
Notes: Proved reserves of coal – Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known deposits under existing economic and operating conditions.
Reserves-to-production (R/P) ratio – If the reserves remaining at the end of the year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate.

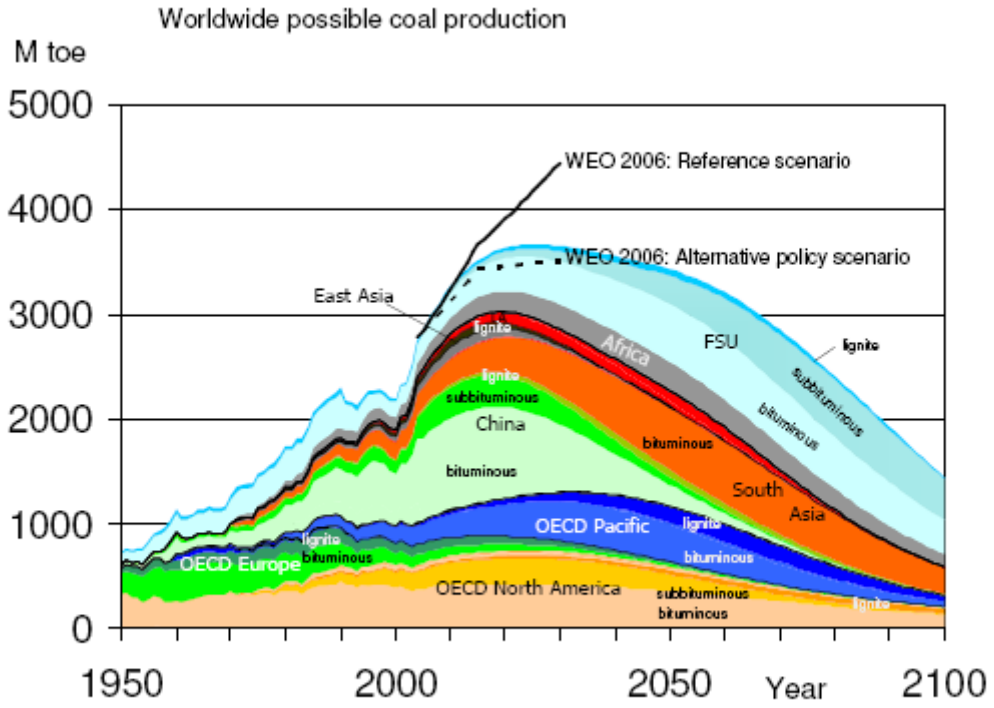
Source of reserves data: World Energy Resources 2013 Survey, World Energy Council.

Fonte: BP Statistical Review of World Energy. June 2014

In realtà ormai da anni esistono importanti studi indipendenti che dimostrano come il carbone non sia poi così abbondante. Ad esempio per gli Stati Uniti le stime "ufficiali" parlerebbero di riserve per circa 250 anni ma uno studio del 2007, realizzato dalla prestigiosa National Academy of Sciences [24], le ridimensiona a 100 anni. **L'importante studio pubblicato nel 2007 dall'Energy Watch Group [25] stimava che il picco mondiale del carbone possa avvenire intorno al 2025**.

[24] National Academy of Sciences, 2007. Coal Research and Development to support National Energy Policy.

[25] Energy Watch Group. COAL: RESOURCES AND FUTURE PRODUCTION. EWG-Paper No. 1/07



Fonte: Energy Watch Group. COAL: RESOURCES AND FUTURE PRODUCTION

Addirittura secondo uno studio americano (realizzato tra il 2009 e il 2010) e pubblicato sulla rivista scientifica Energy [26], la produzione mondiale di carbone (tenendo conto delle riserve realmente sfruttabili) avrebbe già raggiunto il picco nel 2011 e si dimezzerebbe nei prossimi 40 anni. In un recente lavoro scientifico [27] pubblicato sull'International Journal of Coal Geology, l'esperto David Rutledge stima che **il 90% della produzione totale di carbone sarà esaurita entro il 2070**: entro questa data, da un punto di vista meramente energetico (quindi anche senza considerare gli inconfutabili impatti ambientali/climatici), la specie umana dovrà avere trovato delle valide alternative, soprattutto nella generazione di elettricità.

In ogni caso anche con riserve di carbone ridimensionate, come indicato negli studi sopra citati, **resta il fatto che la quantità di carbonio in esse contenuto sarebbe**

[26] Patzek, T., Croft, G., 2010. A global coal production forecast with multi-Hubbert cycle analysis. Energy 35, 3109–3122.

[27] Rutledge D., 2011. Estimating long-term world coal production with logit and probit transforms. International Journal of Coal Geology 85 (2011) 23–33.

comunque più che sufficiente a sconvolgere il clima del Pianeta. E, come più volte ha detto James Hansen, uno dei più grandi climatologi mondiali, **l'abbondanza di carbone, lungi dall'essere un motivo di conforto, dovrebbe essere il nostro problema più grande**.

2. I molteplici impatti dell'uso del carbone

L'uso del carbone non solo rappresenta la principale minaccia per il clima terrestre ma è anche una delle maggiori fonti d'inquinamento con impatti assai gravi sulla salute di persone, organismi viventi ed ecosistemi.
E' noto, infatti, come dai processi di combustione si liberino numerose sostanze molte delle quali tossiche, alcune bioaccumulabili, altre cancerogene, ecc. E, **tra tutti i combustibili fossili, sicuramente il carbone è quello che, bruciando, rilascia le maggiori quantità d'inquinanti**. A tal riguardo, in questa sezione, saranno sinteticamente analizzati i principali impatti connessi all'uso del carbone nelle centrali elettriche, anche confrontando gli inquinanti emessi con quelli di una centrale a gas di equivalente potenza.

2.1 Impatti sul clima

Iniziamo dall'analisi delle emissioni di gas a effetto serra ragionando in termini di CO_{2eq} (anidride carbonica equivalente) e tenendo conto, anche, delle fasi di pre-combustione (ossia quelle di estrazione, trasporto, stoccaggio, ecc).
Le emissioni di CO_2, oltre che al tipo di tecnologia impiantistica adottata, sono strettamente legate alla tipologia di combustibile fossile (petrolio, carbone, gas) impiegato, ovvero al suo contenuto di carbonio. In sostanza l'anidride carbonica liberata da un processo di combustione deve rispettare le leggi della chimica, **così risulta che il carbone, contenendo più carbonio rispetto agli altri combustibili, libera più CO_2**. Oggi, infatti, ancora non sono disponibili meccanismi di cattura adeguati e sicuri del CO_2 che permettano di limitarne l'effetto climalterante e il conseguente impatto ambientale. Le uniche possibilità in questo momento percorribili sono, quindi, di aumentare l'efficienza dell'impianto usando minori quantitativi di combustibile, oppure scegliere la fonte energetica che, a parità di kWh prodotto, presenta le più basse emissioni.
All'atto pratico, **anche ricorrendo alla migliore tecnologia a carbone per ogni kWh prodotto, emetteremo comunque oltre 750 grammi di CO_2 contro i 370 del gas naturale in impianti a ciclo combinato**. Anche tenendo conto delle fasi di pre-combustione, il vantaggio del gas sul carbone rimane notevole: 1 kWh da gas pesa circa la metà di uno da carbone.

Considerando le tecnologie allo stato dell'arte risulta, infatti, che un ciclo combinato a gas ha efficienze del 56% (con punte che arrivano al 60%) mentre un impianto ultra super critico a carbone ha un'efficienza tra il 43 e il 46%. Questo significa che, nelle sole fasi di combustione, l'impianto a carbone emetterà tra 754 e 807 gCO_2/kWh mentre un ciclo combinato a gas ne emetterà meno di 368.

Secondo i sostenitori dell'uso del carbone questi dati sarebbero sensibilmente da rivedere se si considerassero le fasi di pre-combustione, ossia quelle di estrazione, trasporto, stoccaggio, ecc. Infatti, essendo il metano un gas serra più potente (circa 25 volte) della CO_2, conteggiandone le fughe da attività estrattive o dai metanodotti, i risultati complessivi sarebbero diversi. Ma quanto? La realtà è che esistono molti dati di letteratura scientifica basati sulla metodologia life-cycle (LCA) che pesano le emissioni associate ai differenti combustibili fossili in tutte le fasi del ciclo di utilizzo.

Da questi dati emerge come effettivamente le fasi pre-combustione pesino più per il gas naturale che per il carbone, ma non al punto da annullare lo svantaggio complessivo di quest'ultimo.

Ad esempio in un interessante lavoro del 2007 [28] relativo alla situazione USA, si legge come, considerando le perdite di gas nell'ordine dell'1,07% (in accordo con i dati EPA del periodo), le emissioni medie di gas serra durante tutto il ciclo di vita per l'energia generata da una centrale a gas dipendono molto (oltre che dall'efficienza dell'impianto) dalla tipologia di gas considerato (è assai diverso parlare di gas convenzionale trasportato via "tubo" o di LNG o di gas sintetico). Parlando di gas naturale convenzionale trasportato con metanodotto, il valore medio di emissione (metodologia LCA applicata alla situazione statunitense) si attesta sulle 1.250 lb $CO_{2\,eq}$ / MWh contro un valore medio per il carbone (sempre con metodologia LCA) che è di circa 2.250 lb $CO_{2\,eq}$ / MWh.

In un recentissimo e dettagliato lavoro prodotto da Deutsche Bank Group (DB Climate Change Advisors) con la collaborazione tecnica del Worldwatch Institute [29], sempre avvalendosi della metodologia LCA, si comparano le emissioni di gas serra di carbone e gas naturale. Questo lavoro è particolarmente importante perché tiene conto della recente revisione EPA sui dati delle emissioni pre-combustione che risultano più severi per il gas naturale, anche se si riconosce come le stesse miniere di carbone non siano affatto esenti

[28] P. Jaramillo et. al. Comparative Life-Cycle Air Emissions of Coal, Domestic Natural Gas, LNG, and SNG for Electricity Generation ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY / VOL. 41, NO. 17, 2007

[29] Comparing Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions from Natural Gas and Coal - Deutsche Bank AG and Worldwatch Institute, 2011

da rilevanti fughe di metano. Le formazioni di carbone, infatti, contengono metano, che viene rilasciato quando il carbone è estratto. Il lavoro mostra come, adottando la metodologia LCA (utilizzando i valori medi nazionali di efficienza delle centrali elettriche) e tenendo conto delle più severe stime di emissione calcolate da EPA nel 2011, per il gas si stimano 582 kg CO_2/MWh (11 % superiore rispetto ai dati della metodologia EPA 2010). Il valore per il carbone è 1.103 kg di CO_2/MWh.

Quindi anche usando la più severa metodologia EPA 2011 risulta che, per unità di elettricità generata, le emissioni da gas naturale sono comunque del 47% più basse rispetto a quelle da carbone.

Questi dati sembrerebbero sostanzialmente confermare quanto riportato da precedenti lavori secondo cui tenendo conto delle migliori tecnologie esistenti (ciclo combinato a gas e carbone ultra super critico) e contabilizzando anche le emissioni pre-combustione si sarebbero avuti circa 450 gCO_{2eq}/kWh per il gas naturale contro i circa 845 gCO_{2eq} /kWh per il carbone.

Il fatto che una centrale a carbone emetta un quantitativo di CO_2 quasi doppio rispetto ad un impianto di pari potenza alimentato a **metano rende questo combustibile la scelta peggiore per il conseguimento degli obiettivi di mitigazione climatica**. Il cosiddetto carbone "pulito" (ad esempio quello dell'impianto di Torrevaldaliga Nord a Civitavecchia), che come vedremo tanto pulito non è, comporta (nella sola combustione) l'emissione di circa 810 g di CO_2 per kWh. Questo significa che la centrale, che ha una potenza di 1.980 MW, può arrivare a immettere in atmosfera, in un anno, qualcosa come 10,4 milioni di tonnellate di CO_2 (stimando 6.500 ore di funzionamento). E dal momento che la CCS è ben lungi dall'essere una soluzione a portata di mano (al riguardo si veda il capitolo 5 del Dossier), appare chiaro come l'opzione carbone sia decisamente nemica del clima.

Occorre qui rammentare come efficaci interventi di riduzione delle emissioni di gas serra, oltre ai benefici a più lungo termine legati al contenimento dei danni prodotti dal riscaldamento globale, presentino immediati vantaggi legati alla riduzione degli inquinanti dannosi per la salute umana [30]. A dimostrazione che puntare su soluzioni energetiche più pulite è sempre un vantaggio per la collettività.

[30] X. Wang, K. Smith. Secondary Benefits of Greenhouse Gas Control: Health Impacts in China. VOL. 33, NO. 18, 1999 / ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY 9 3057

2.2 Impatti sulla salute

Negli ultimi anni si sta molto parlando del così detto *"carbone pulito"*, una definizione impropria e assolutamente fuorviante poiché i dati di emissione di questi impianti (e del combustibile carbone) mostrano performance sensibilmente peggiori rispetto a quelle di un ciclo combinato a gas.

La tecnologia del *"carbone pulito"*, che nulla a che fare con la riduzione delle emissioni di CO_2, è così definita perché gli impianti sono dotati di desolforatori e di denitrificatori, oltre che di filtri a manica; **si tratta in realtà di sistemi che permettono di abbattere solo una parte delle sostanze inquinanti**, quali una frazione degli ossidi di zolfo, di azoto e di particolato, **che comunque continuano a essere sempre nettamente superiori rispetto a quelle di una centrale di pari potenza a ciclo combinato a gas**. I valori relativi alle emissioni (delle sole fasi di combustione) riportati nella sottostante tabella fotografano chiaramente quanto appena detto:

	SO_2	**NO_X**	**PM**	**CO_2**
EMISSIONI SPECIFICHE	mg/kWh	mg/kWh	mg/kWh	g/kWh
Centrale a carbone USC	280	420	71	770
Centrale a ciclo combinato a gas (CC)	2	95	1	368

In sostanza **la migliore tecnologia a carbone (impropriamente detto "pulito"), nonostante la presenza dei desolforatori, presenta livelli di anidride solforosa (SO_2) ben 140 volte superiori rispetto a quelli emessi da un ciclo combinato a gas**. Analogamente la presenza di denitrificatori ha permesso di ridurre le emissioni di ossidi di azoto (NO_X), ma queste restano comunque circa 4,5 volte superiori rispetto a quelle del gas.

Per quanto riguarda le emissioni di "polveri fini" (PM), anche con l'introduzione di filtri a manica, queste risultano ben **71 volte superiori** rispetto a quelle del gas. Occorre però anche dire che la capacità di trattenere il particolato da parte dei filtri si limita al PM10; i filtri sono assai meno efficaci sul PM 2.5 e **praticamente inutili per trattenere le polveri ultra fini** (PM 0.1, $\phi < 0{,}1\mu m$) che, proprio per le loro ridotte dimensioni, sono in grado di penetrare negli alveoli polmonari veicolando pericolosi contaminanti all'interno del nostro organismo, fattore questo che costituisce oggi la causa più importante di

incremento della mortalità e della morbilità (frequenza di una malattia in una popolazione).

Ma vediamo un poco più da vicino i problemi legati all'inquinamento atmosferico che sono soprattutto causati dai processi di combustione e, tra questi, un ruolo di primo piano lo gioca proprio l'uso del carbone. **E' ormai riconosciuto, a livello scientifico, come l'inquinamento atmosferico non sia più solo un problema puntuale (cioè locale) ma costituisca, piuttosto, un problema globale** [31], questo anche a causa della circolazione atmosferica che opera una complessa ridistribuzione dei contaminanti.

Peraltro diverse sostanze inquinanti hanno la caratteristica di essere persistenti: **alcuni contaminanti sono stati ritrovati a grandissime distanze rispetto al luogo di produzione e molto tempo dopo il loro rilascio nell'ambiente**.

Un'ampia letteratura scientifica documenta come l'inquinamento atmosferico, prodotto dall'uso dei combustibili fossili, sia causa di gravi patologie umane [32] oltre che di seri danni all'ambiente.

E' il caso, ad esempio, delle emissioni di **anidride solforosa o biossido di zolfo (SO_2)**, un gas incolore con caratteristico odore pungente e irritante. Oggi questo gas proviene soprattutto dagli impianti termoelettrici a carbone. Anche esposizioni di breve durata possono avere effetti negativi sull'apparato respiratorio. Ovviamente la gravità degli impatti sanitari è correlata alla concentrazione e al periodo di esposizione.

Peraltro l'SO_2, a elevate concentrazioni, determina una riduzione del pH dell'acqua contenuta nell'atmosfera: l'anidride solforosa, infatti, si ossida a SO_3 che, combinandosi con l'H_2O, si trasforma in acido solforico (H_2SO_4), provocando le precipitazioni acide che hanno effetti negativi sui sistemi forestali e sugli ecosistemi lacustri dove possono portare alla distruzione di tutte le forme di vita. Le così dette piogge acide sono peraltro responsabili del grave deterioramento di monumenti ed edifici. Occorre anche rammentare come queste precipitazioni siano dannose per i suoli giacché sottraggono elementi essenziali per la crescita delle piante e per la salute dei microrganismi che vi dimorano.

Analogamente all'SO_2 anche l'**NO_2** (**biossido di azoto**), in normali condizioni atmosferiche, può trasformarsi in acido nitrico (HNO_3) che, come l'acido solforico, contribuisce alle precipitazioni acide con impatti simili. Per correttezza d'informazione occorrerà qui rammentare come gli ossidi di azoto (NO_X) abbiano molteplici cause di formazione poiché diverse sono le fonti d'inquinamento.

[31] H. Akimoto. Global Air Quality and Pollution. Science 2003, 302, 1716 –1719

[32] B. Brunekreef, S. T. Holgate. Air pollution and health. Lancet 2002, 360, 1233 – 1242.

I processi fotochimici che si possono verificare nell'atmosfera fanno si che gli ossidi di azoto, reagendo con i composti organici volatili, diano luogo alla formazione di ozono (O_3) che, a livello troposferico, costituisce un inquinante nocivo per la salute delle persone e delle altre specie viventi.

SO_2 e NO_2 sono anche importanti precursori del particolato secondario, quello che si origina da reazioni chimico-fisiche che avvengono nell'atmosfera.

Il **particolato o PM** (acronimo inglese di Particulate Matter), comunemente noto come "polveri sottili", è costituito da una complessa miscela di minuscole particelle dalla composizione chimica (sia organica sia inorganica) estremamente eterogenea e ancora solo parzialmente identificata. Si stima, infatti, che nei PM possano essere presenti centinaia o migliaia di differenti composti organici, molti dei quali nocivi per la salute.

Il particolato atmosferico, a seconda delle dimensioni, è classificato in particelle grossolane, fini o ultrafini. Il particolato *grossolano,* deve essere indicato come PM10 e ha diametro compreso tra 10 e 2,5 μm, quello *fine*, indicato come PM2.5, ha diametro compreso tra 2,5 e 0,1 μm, mentre l'*ultrafine*, indicato come PM 0.1, ha diametro inferiore a 0,1 μm [33].

Una consistente frazione del particolato ultrafine deriva proprio dai processi di combustione. Si tratta di particelle costituite da un nucleo di carbonio rivestito da altre sostanze chimiche, compresi metalli pesanti o composti organici.

Proprio le dimensioni delle particelle e la loro composizione chimica determinano l'entità del rischio per la salute umana. **È assodato come proprio le particelle più piccole siano quelle maggiormente pericolose per la capacità di superare la barriera polmonare ed entrare nel circolo sanguigno**. Per tale motivo un'ampia letteratura scientifica [34] [35] [36] è ormai concorde nel sostenere che ha poco senso ragionare in termini di massa complessiva del particolato emesso da un impianto termoelettrico (o da altra fonte) poiché si finirebbe con attribuire un peso eccessivo al PM10 rispetto al PM2.5 e, soprattutto, al PM0.1. Infatti, dal momento che il particolato ultrafine non contribuisce in modo significativo alla massa totale del particolato, le misure basate solo sulla massa non rappresentano in modo corretto la sua concentrazione. In sostanza, essendo ogni singola

[33] L.M. Brown et al., Phil. Trans. R.. Soc. Lond. A, 2000, 358, 2563.

[34] L.M. Brown *et al., Phil. Trans. R.. Soc. Lond. A,* 2000, 358, 2563.

[35] R.M. Harrison et al., Measurement of number, mass and size distribution of particles in the atmosphere. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* A (2000) 358, 2567-2580.

[36] S. Ebelt et al., Air Quality in Postunification Erfurt, East Germany: Associating Changes in Pollutant Concentrations with Changes in Emissions*Environ. Health Persp.,* 2001, 109, p325-333.

particella ultrafine potenzialmente dannosa per la salute, andrebbe effettuata una quantificazione numerica delle stesse.

Una vasta letteratura scientifica [37] **documenta come l'esposizione al particolato sia, nel brevissimo periodo, accompagnata da un consistente incremento di casi di morbilità e di mortalità** [38]. Ad essere colpiti sono, soprattutto, il sistema respiratorio e quello cardiocircolatorio. Ma molti studi documentano anche il potenziale effetto cancerogeno delle polveri fini e ultrafini: ad esempio è stata dimostrata una correlazione significativa tra aumento delle emissioni di particolato e l'incremento di incidenza dei tumori al polmone [39].

Altro elemento che desta preoccupazione è rappresentato dallo smaltimento della considerevole quantità di ceneri derivante dal processo di combustione. Ad esempio alcuni studi [40] dimostrano che il percolato proveniente dalle discariche che contengono queste ceneri ha un potenziale genotossico e mutageno con evidenti effetti negativi sulla vegetazione e sulle popolazioni umane esposte.

Il problema si pone anche quando le ceneri sono impiegate nella preparazione del cemento, ambito in cui persiste una grossolana sottovalutazione dei rischi.

La combustione del carbone costituisce poi una delle principali cause d'inquinamento da mercurio. **Il mercurio e i suoi composti sono persistenti nell'ambiente ed estremamente tossici per tutte le specie viventi**. L'EPA americano fin dal 1997 classifica il mercurio come sostanza chimica PBT (Persistent Bioaccumulated Toxic).

Sull'uomo, dosi elevate il mercurio possono avere effetto letale, ma anche dosi relativamente ridotte possono provocare impatti molto negativi sullo sviluppo neurologico. **Il mercurio è, infatti, considerato un potente neurotossico per lo sviluppo del nascituro**. Questo pericoloso contaminate tende ad accumularsi nei pesci e, soprattutto, nei molluschi (frutti di mare) che, se mangiati dalle donne in gravidanza, arrivano a colpire direttamente l'embrione, causando ritardo mentale, difficoltà di apprendimento, ritardo nello sviluppo neurologico, deficit del linguaggio, della funzione motoria e dell'attenzione

---

[37] L. T. Marufu et al, The 2003 North American electrical blackout: An accidental experiment in atmospheric chemistry. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 31, L13106, doi:10.1029/2004GL019771, 2004

[38] B. Brunekreef, S. T. Holgate. Air pollution and health. Lancet 2002, 360, 1233 – 1242.

[39] C. Pope et al. *Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long term exposure ti fine air pollution.* Journal of American Medical Association, 2002; 287:1132-1141

[40] R. Chakraborty, A. Mukherjee. Mutagenicity and genotoxicity of coal fly ash water leachate. Ecotoxicol Environ Saf. 2009 Mar; 72(3):838-42

[41]. Svariati studi condotti, soprattutto, in Nord America, correlano l'esposizione al mercurio con le prime fasi dello sviluppo embrionale. Il mercurio, infatti, convertendosi in metilmercurio (la sua forma più tossica), può superare senza difficoltà la barriera placentare ed emato-encefalica, inibendo così il potenziale sviluppo mentale ancor prima della nascita.

Negli Stati Uniti, dove secondo i dati EPA, oltre il 41% delle emissioni di mercurio nel Paese proviene da impianti a carbone (parliamo di quasi 50 tonnellate all'anno di mercurio rilasciate in atmosfera), esiste una vasta letteratura che, nel corso degli anni, ha indagato questo insidioso inquinante evidenziandone la provenienza oltre che gli effetti sulla salute. Ad esempio un recente lavoro [42] ha ben evidenziato la diretta correlazione tra il funzionamento di un impianto a carbone e la presenza in ambiente di mercurio.

Sempre negli Stati Uniti un'interessante ricerca [43] che si è focalizzata sulle conseguenze economiche dell'inquinamento da mercurio prodotto proprio dagli impianti a carbone. Secondo questo lavoro, che ha limitato l'analisi al solo impatto sullo sviluppo neurologico (traducibile in una misurabile perdita d'intelligenza), si è scoperto che **ogni anno un numero di bambini compreso tra 316.588 e 637.233 presenta livelli di mercurio tali da provocare perdita d'intelligenza che, nel corso della vita, si traduce in una perdita concreta di produttività con un danno economico annuo di 8,7 miliardi dollari. Di questi, 1,3 miliardi dollari/anno sono da attribuire alle emissioni di mercurio da impianti a carbone.** Gli autori della ricerca ritengono che questo rilevante tributo costituisca una minaccia alla salute e alla sicurezza economica degli Stati Uniti tale da dover essere preso in seria considerazione nel dibattito sui controlli dell'inquinamento da mercurio.

Un giudizio che sarebbe ancora più severo se si considerassero gli altri conclamati impatti del mercurio sulla salute: è, infatti, scientificamente dimostrato come questo provochi effetti nocivi anche sul sistema cardiovascolare, immunitario e riproduttivo.

Dal processo di combustione del carbone sono rilasciate anche svariate decine di altre sostanze tossiche, che sono causa di gravi patologie. Tra questi ad

---

[41] S. Booth and D. Zeller. Mercury, Food Webs, and Marine Mammals: Implications of Diet and Climate Change for Human Health Environmental Health Perspectives • VOLUME 113 | NUMBER 5 | May 2005 521

[42] Y. Wang et al. Effect of the shutdown of a large coal-fired power plant on ambient mercury species. Chemosphere (2013).

[43] L.Trasande et al. Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain. Environ Health Perspect. 2005 May; 113(5): 590–596

esempio figurano Arsenico, Cromo e Cadmio, tutti cancerogeni conclamati secondo lo IARC.

Si tratta di dati assai preoccupanti, come ricorda anche un interessante rapporto [44] che si focalizza sulla salute dei bambini esposti alle emissioni inquinanti. Proprio negli Stati Uniti, l'EPA [45] aveva rilevato 67 differenti inquinanti emessi da tali impianti, di cui 55 noti per la capacità di influenzare lo sviluppo del cervello del bambino o il sistema nervoso. Di questi, l'EPA ne ha classificati ben 24 come cancerogeni.

Il problema dell'inquinamento da carbone è particolarmente grave in Cina, dove questo combustibile è diffusamente impiegato (costituendo la fonte primaria di energia). Uno studio pubblicato sul Journal of the American Academy of Pediatrics [46] riporta come il rapido sviluppo economico del pese sia stato pagato a costo di un gravissimo degrado ambientale che ha colpito la salute di moltissime persone, soprattutto bambini. In Cina ogni anno ci sono oltre 300.000 decessi che si stima dovranno raddoppiare entro il 2020. A questi si devono poi aggiungere ben 20 milioni di casi di malattie alle vie respiratorie. Il tutto con un costo esorbitante per la salute.

Negli Stati Uniti è stato stimato [47] che gli effetti dell'inquinamento provocato dalla filiera del carbone siano tra le prime 4 o 5 cause di mortalità: durante l'intero ciclo di vita del carbone (attività minerarie, trasporto, combustione, gestione delle scorie, ecc.) si hanno impatti rilevanti sulla salute delle persone.

Anche in Italia non mancano studi [48] che attestano un aumento significativo di mortalità per tumore al polmone connessa alle emissioni di metalli pesanti provenienti da una centrale a carbone. E' il caso, ad esempio, di La Spezia e provincia (in Liguria) dove, proprio nelle aree con maggiore ricaduta degli inquinanti (soprattutto metalli pesanti) prodotti dell'impianto, si riscontrava il maggior numero di decessi, addirittura più che doppi rispetto alle aree non esposte.

---

[44] Children at Risk. How Air Pollution from Power Plants Threatens the Health of America's Children. Clean Air Task Force, May 2002

[45] U.S. EPA. 1998. Study of hazardous air pollutant emissions from electric utility steam generating units – final report to Congress. February. 453/R-98-004a

[46] A.Millman et al. Air Pollution Threatens the Health of Children in China. PEDIATRICS Volume 122, Number 3, September 2008

[47] A.H. Lockwood et. Al. Coal's Assault on Human Health. A report from Physicians for Social Responsibility. November 2009

[48] S.Parodi et.al. LUNG CANCER MORTALITY IN A DISTRICT OF LA SPEZIA (ITALY) EXPOSED TO AIR POLLUTION FROM INDUSTRIAL PLANTS, Tumori, 90: 181-185, 2004

Sempre in Liguria, ma nella provincia di Savona, i dati di mortalità nel periodo 1988-1998 [49] dimostrano un'incidenza statisticamente significativa di patologie tumorali al polmone, patologie ischemiche cardiovascolari e cerebrovascolari (ictus) ben correlabili con la presenza della centrale a carbone di Vado.

Nell'Unione Europea (a 27 paesi) si stima che l'impatto sanitario causato dagli impianti a carbone ammonti a **18.200 morti premature all'anno, 8.500 nuovi casi di bronchiti croniche, oltre 4 milioni di giorni di lavoro persi**. I costi economici dell'impatto sanitario provocato dalla combustione del carbone in Europa si stima siano compresi tra 15,5 e 42,8 miliardi di euro annui. Tali costi sono principalmente associati a malattie a respiratorie e cardiovascolari [50].

In un interessante lavoro, pubblicato sulla prestigiosa rivista The Lancet [51], gli autori stimano che in Europa per ogni TWh di energia elettrica prodotta da carbone vi siano mediamente 24,5 morti, 225 affetti da malattie gravi (insufficienza cardiaca e bronchite cronica) e 13.288 colpiti da malattie minori. Nello stesso articolo si afferma che l'impatto è assai più alto quando si impiega la lignite: per ogni TWh di energia elettrica, prodotto con questo combustibile, si hanno mediamente 32,6 morti, 298 malati gravi e 17.676 malati con affezioni di minore entità. Nello stesso articolo si ricorda come questi dati possano essere assai più negativi se l'energia elettrica da carbone viene generata con tecnologie meno efficienti in paesi con standard ambientali più bassi e con maggiore densità di popolazione. A tal proposito si cita uno studio [52] condotto nella provincia dello Shandong in Cina secondo cui per ogni TWh da carbone si avrebbero 77 decessi, una mortalità praticamente tripla di quella europea.

Altro motivo di preoccupazione, derivante dalla combustione del carbone, riguarda l'**emissione di radionuclidi** che comporta una maggiore esposizione alle radiazioni ionizzanti sia per chi lavora nelle centrali a carbone sia per le popolazioni residenti. Al

[49] C Casella et al. Atlante della Mortalità nella Provincia di Savona 1988 – 1998. IST Genova

[50] HEAL. The Unpaid Health Bill: How coal power plants make us sick. March 2013

[51] Markandya, A. and Wilkinson, P. (2007) Energy and health 2: Electricity generation and health. The Lancet 370(9591): 979–990.

[52] Eliason B, Lee Y, eds. Integrated assessment of sustainable energy systems in China. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003.

riguardo svariati studi [53] dimostrano correlazioni significative. Peraltro le radiazioni ionizzanti, oltre ad essere causa di leucemie e tumori, esercitano effetti mutageni particolarmente gravi sull'embrione umano. Altre ricerche [54] testimoniano la necessità di maggiore attenzione per quanto riguarda l'utilizzo di ceneri volanti e pesanti nei materiali da costruzione per le abitazioni di cui andrebbe sempre valutato il livello di radiazioni emesse.

2.3 Impatti economici

In materia di costi (in primis sanitari) dell'inquinamento esistono diversi lavori scientifici condotti in differenti parti del mondo. Abbiamo già citato la ricerca condotta negli USA sul danno economico prodotto dal mercurio rilasciato dagli impianti [55] misurato in termini d'impatto sullo sviluppo neurologico (perdita d'intelligenza) e abbiamo anche visto come a livello europeo l'Health and Environment Alliance (HEAL) abbia stimato, a causa dell'impatto sanitario provocato dalla combustione del carbone, **costi compresi tra 15,5 e 42,8 miliardi di euro annui** [56].

Converrà qui ricordare il progetto ExternE [57] della Comunità europea, teso proprio a valutare i costi esterni dell'energia. Per la prima volta in maniera scientifica e con un massiccio lavoro, che ha visto coinvolti decine di studiosi di una ventina di differenti paesi, fu definita una metodologia per pesare le esternalità ambientali e, soprattutto, sanitarie connesse ai vari usi dell'energia, a iniziare dalla produzione elettrica.

---

[53] L.Dai et al. Spatial distribution and risk assessment of radionuclides in soils around a coal-fired power plant: a case study from the city of Baoji, China. Environ Res. 2007 Jun;104(2):201-8. Epub 2007 Jan 22.

[54] X.Lu, X.Zhang. Radionuclide content and associated radiation hazards of building materials and by-products in Baoji, West China. Radiat Prot Dosimetry. 2008;128(4):471-6. Epub 2007 Oct 6

[55] L.Trasande et al. Public Health and Economic Consequences of Methyl Mercury Toxicity to the Developing Brain. Environ Health Perspect. 2005 May; 113(5): 590–596

[56] HEAL. The Unpaid Health Bill: How coal power plants make us sick. March 2013

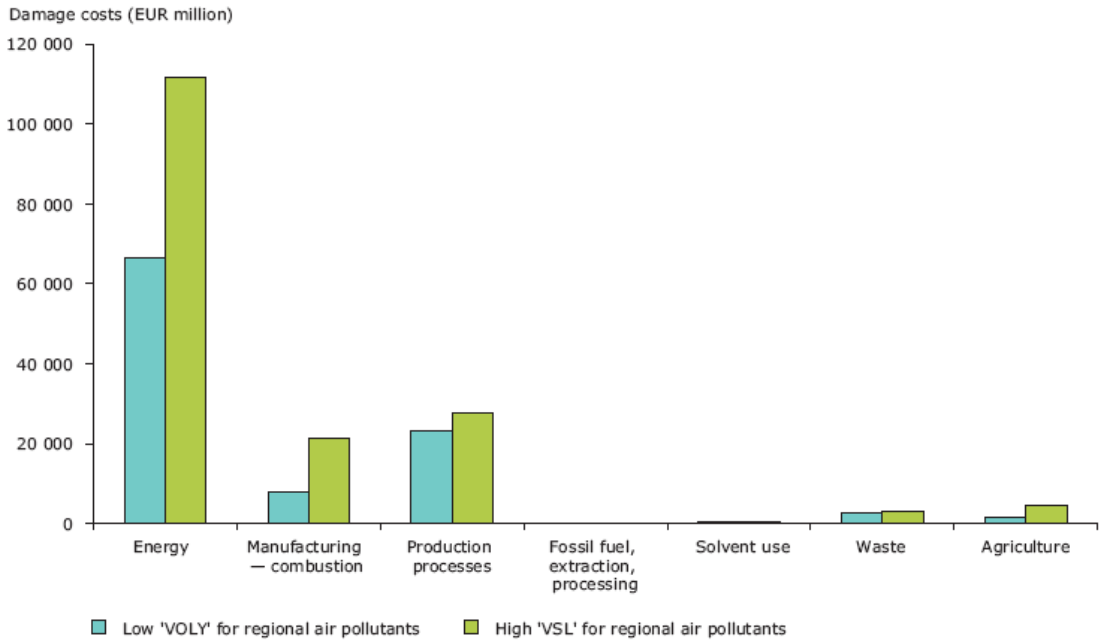
[57] EUROPEAN COMMISSION External Costs Research results on socio-environmental damages due to electricity and tran sport. http://www.externe.info/

Questo enorme lavoro, durato anni, ha finito con l'attribuire all'inquinamento prodotto dalle centrali termoelettriche un costo, in termini d'impatto sanitario, stimabile in decine di miliardi di euro l'anno, la maggior parte dei quali dipendono proprio dall'uso del carbone, considerato il combustibile con le maggiori esternalità.

Esiste poi un recente rapporto[58] dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) proprio volto a definire il costo complessivo delle emissioni inquinanti da impianti industriali su salute e ambiente. Gli impianti industriali considerati nel report EEA includono tra gli altri le centrali elettriche, le raffinerie, le attività industriali con processi di combustione, i rifiuti, alcune attività agricole. Il rapporto, avvalendosi dei dati contenuti nel Registro europeo delle emissioni (E-PRTR) fotografa il contributo dei diversi settori. Emerge che nel 2009 in Europa il costo dei danni causati dalle emissioni degli impianti industriali è stimato essere almeno pari a 102-169 miliardi di euro e che un numero limitato di grandi impianti è responsabile della maggior parte dei costi dell'inquinamento. **Il settore della generazione elettrica dà il maggiore contributo d'inquinamento, cui corrispondono costi dell'ordine di 66-112 miliardi di euro**. Se si escludono i costi dei danni provocati dalla CO_2, i costi del settore oscillano tra 26 e 71 miliardi di euro.

[58] Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe - EEA Technical report No 15/2011

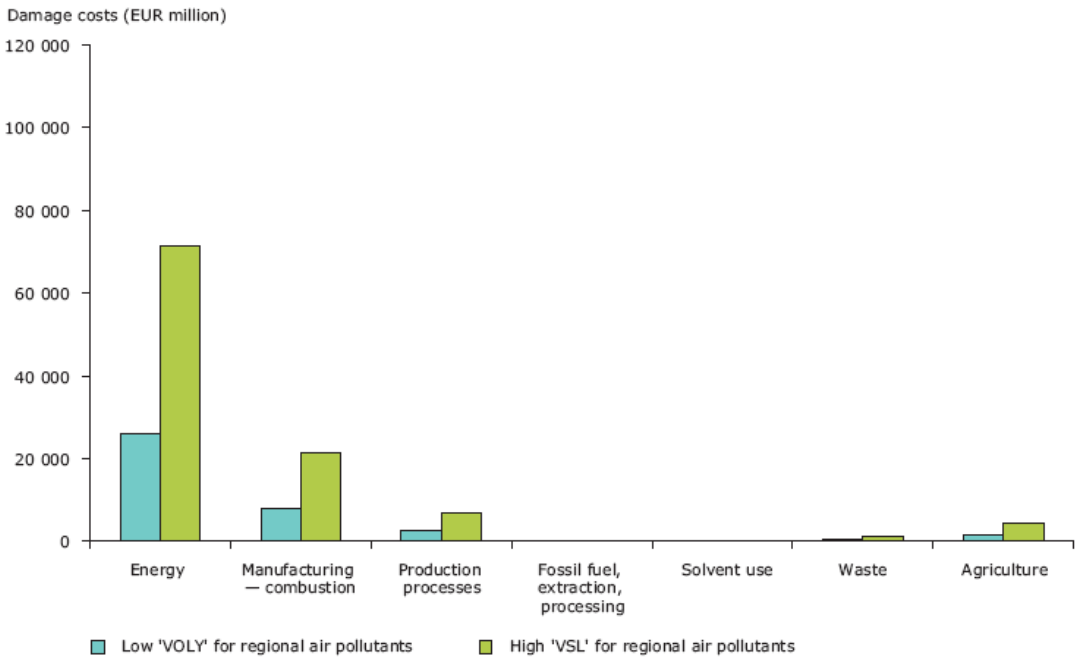
Figure 3.6 Damage costs aggregated by sector including CO_2



Note: The low-high range shows the differing results derived from the alternative approaches to mortality valuation for the regional pollutants.

Fonte: Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe - EEA Technical report No 15/2011

Figure 3.7 Damage costs aggregated by sector excluding CO_2



Note: The low-high range shows the differing results derived from the alternative approaches to mortality valuation for the regional pollutants.

Fonte: Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe - EEA Technical report No 15/2011

In un recente lavoro [59], si analizza quanto sta avvenendo in Cina, dove la forte crescita economica è accompagnata da un diffuso inquinamento che sta provocando ingenti danni all'ambiente e alla salute delle persone. Un fatto che, paradossalmente, finisce per contrastare proprio la crescita economica. Questo, come altri studi, puntano il dito, in primis, contro l'uso del carbone, diffusamente impiegato in Cina. L'inquinamento atmosferico provoca conseguenze gravi come riduzione dell'aspettativa di vita, bronchite cronica o effetti negativi sull'ambiente in termini di perdita di colture agricole o acidificazione degli ecosistemi con pesanti ripercussioni proprio sul piano economico. **Nell'articolo si stima che gli impatti ambientali e sanitari dell'inquinamento pesino fino all'8% del PIL del paese**.

Sempre per restare alla situazione cinese, uno studio [60] stimava in 3,5 miliardi di dollari (nel periodo 2002-2011) i benefici economici derivanti dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico, solo relativi alle malattie respiratorie nei bambini.

Anche solo in funzione di quanto qui brevemente scritto, appare del tutto evidente come il reale costo del combustibile carbone (e quindi dell'energia elettrica con esso prodotta) sarebbe molto più alto se si decidesse di internalizzare i costi ambientali e sanitari. A tale proposito, a titolo d'esempio, citiamo l'ottimo studio pubblicato su gli ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES [61] in cui si esamina il reale costo dell'energia da carbone negli USA considerando l'intero ciclo e conteggiando, quindi, anche le esternalità. Nel lavoro si evidenzia come ogni fase del ciclo di vita del carbone (estrazione, trasporto, trasformazione e combustione) genera inquinamento e impatti che hanno ripercussioni gravi sulla salute delle persone e sull'ambiente. Questi costi restano totalmente esterni al settore del carbone con un costo per il pubblico americano che va da un terzo a oltre la metà di trilione di dollari l'anno. E molte di queste cosiddette esternalità sono cumulative. **Contabilizzando i danni, secondo una stima conservativa, gli autori dello studio arrivano a dimostrare come il prezzo dell'energia prodotta da carbone raddoppierebbe o triplicherebbe**, rendendo le fonti rinnovabili molto più competitive.

---

[59] T. Heck, S. Hirschberg. China: Economic Impacts of Air Pollution in the Country. Encyclopedia of Environmental Health, 2011, Pages 625–640

[60] R. Mead, V. Brajer. Protecting China's children: valuing the health impacts of reduced air pollution in Chinese cities. *Environ Dev Econ.* 2005;10(6):745–768

[61] P. R. Epstein et al. 2011. *Full cost accounting for the life cycle of coal* in "Ecological Economics Reviews. Robert Costanza, Karin Limburg & Ida Kubiszewski, Eds. *Ann. N.Y. Acad. Sci*. 1219: 73–98

Se volessimo provare a traslare in qualche modo questa analisi all'Europa, il costo del MWh da carbone passerebbe dagli attuali 40-50 euro (senza le esternalità) a circa 120-150 euro (con le esternalità).

Sempre per restare sull'argomento prezzi dell'energia, proprio all'inizio del 2013 il Dipartimento dell'Energia USA ha reso pubblico un importante lavoro [62] in cui, adottando una metodologia avanzata di analisi, si tiene conto dei costi effettivi connessi alla produzione di energia elettrica (ma senza tutte le esternalità). Così facendo sono arrivati comunque ad attribuire un valore maggiormente veritiero al costo del kWh prodotto dalle differenti fonti energetiche. **Si scopre quindi che un nuovo impianto a carbone, che dovesse entrare in esercizio negli USA nel 2018, produrrebbe energia a un costo medio superiore ai 123 dollari a MWh (ovviamente il costo salirebbe di molto se l'impianto dovesse essere dotato di CCS). Nello stesso anno un impianto eolico, secondo il DoE, produrrà a 86,6 dollari a MWh.**

Va qui detto che non solo fino ad oggi i costi ambientali e sanitari sono stati lasciati a carico della collettività e non del settore elettrico, ma che proprio questo settore ha beneficiato d'ingenti sussidi, più o meno nascosti. Per limitarci al solo caso del carbone converrà qui citare i fiumi di denaro elargiti negli Stati Uniti al settore dell'elettricità e delle miniere. Secondo stime dell'EIA (US Energy Information Administration) nel solo 2007 alla filiera del carbone erano stati concessi 3,17 miliardi di dollari di sovvenzioni che, secondo l'Environmental Law Institute, salivano addirittura a 5,37 miliardi dollari.

2.4 E gli impatti non finiscono qui!

Nel valutare l'impatto ambientale complessivo delle centrali a carbone (anche quello "pulito") non basta però considerare le varie emissioni inquinanti o climalteranti ma **è importante tenere conto di altri aspetti che pesano, e non poco, sul ciclo di vita di questo combustibile**.

Ad esempio andrebbe considerato il problema della dispersione delle polveri durante le operazioni di **approvvigionamento delle materie prime e della movimentazione dei materiali da smaltire** (carbone, calcare, gesso e ceneri). Aspetti che conducono anche il discorso sul tema dei flussi di materiali: dai residui delle attività estrattive (coltivazioni minerarie) ai rifiuti del processo di generazione elettrica. Stesso discorso

[62] EIA-DoE, 2013. Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2013

andrebbe fatto per il consumo di acqua [63]. Si stima che **per ogni MWh prodotto da carbone (con migliore tecnologia) si generi un flusso di materiali oltre 20 volte superiore quello prodotto da gas naturale** (di tipo convenzionale) impiegato in un ciclo combinato. Analogamente **il flusso di acqua usato in tutto il ciclo di vita del combustibile carbone può arrivare a essere anche 100 volte superiore rispetto a quelle del gas naturale convenzionale**.

Occorre anche sottolineare come proprio i miglioramenti conseguiti nel contenimento delle emissioni da parte delle centrali elettriche a carbone (è proprio il caso del carbone "pulito") abbiano, come contropartita, **un aumento della produzione di rifiuti, che in alcuni casi sono anche estremamente pericolosi**: i residui della combustione costituiti da ceneri volanti, ceneri pesanti e scorie di carbone contengono un'ampia gamma di metalli pesanti tossici che, se non correttamente gestiti, possono comportare grave rischio per la salute umana e l'ambiente.
Più in generale **nell'Unione Europea, dalla produzione di energia elettrica da carbone, si genera quasi il 4% della produzione totale dei rifiuti provenienti dalle attività economiche**. Negli Stati Uniti, ogni anno oltre 130 milioni di tonnellate di rifiuti sono generati dalle centrali a carbone.
Occorre, infatti, avere presente come una centrale della potenza di circa 2.000 MW (ad es. come quella di Civitavecchia o quella che si vorrebbe realizzare a Porto Tolle nel delta del Po), brucia fino a 5.000.000 di tonnellate all'anno di carbone che producono oltre 550.000 tonnellate di ceneri da smaltire. Inoltre, si consumano oltre 180.000 tonnellate anno di calcare per i filtri desolforatori e 13.000 tonnellate di urea per i denitrificatori. Una simile centrale consuma poi oltre 1 milione di metri cubi di acqua all'anno per gli impianti di raffreddamento e quasi 2,5 milioni per i desolforatori. L'impianto produce ogni anno quasi 1 milione di metri cubi di acque inquinate e 6.000 tonnellate di fanghi derivanti dal trattamento delle acque che devono essere smaltite in discariche per rifiuti speciali.

Uno degli impatti più gravi ma, purtroppo, ancora non adeguatamente noti al grande pubblico europeo è quello connesso alle attività minerarie. I danni ambientali e sanitari provocati dalle attività estrattive sono però ben documentati dalla letteratura scientifica e tristemente noti alle popolazioni che devono conviverci. A puro titolo d'esempio citiamo

[63] Gleick, P.H. (1994). Water and Energy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 19: 267-299.

qui un recente e articolo pubblicato sulla prestigiosa rivista Science [64] in cui i ricercatori, analizzando tutti i più prestigiosi studi sugli impatti ambientali provocati da specifiche attività di estrazione del carbone in alcune zone degli Stati Uniti, arrivano a sostenere con fermezza che la gravità dei danni agli ecosistemi e delle minacce alla salute umana non possono essere affrontate con successo con le consuete politiche di mitigazione, rivelatesi assolutamente inefficaci e fallimentari. Quindi, alla luce delle molte evidenze scientifiche, gli studiosi chiedono una nuova e assai più severa regolamentazione delle attività minerarie.

Sempre per restare agli impatti dell'attività di estrazione del carbone negli Stati Uniti, si stima che dal 1900 a oggi gli incidenti abbiano ucciso oltre 100.000 minatori (circa 70 ogni settimana…) e oltre 200.000 siano quelli morti per malattie polmonari (pneumoconiosi) correlabili all'inalazione delle polveri di carbone [65]. Nei soli anni '90 il National Institute for Occupational Safety and Health ha registrato oltre 10.000 decessi per pneumoconiosi nei lavoratori del carbone [66].

---

[64] M. A. Palmer et al. Mountaintop Mining Consequences. *Science* **327**, 148 (2010)

[65] Goodell, J. 2006. *BigCoal: TheDirty Secret BehindAmerica's Energy Future*. Houghton Mifflin. NY.

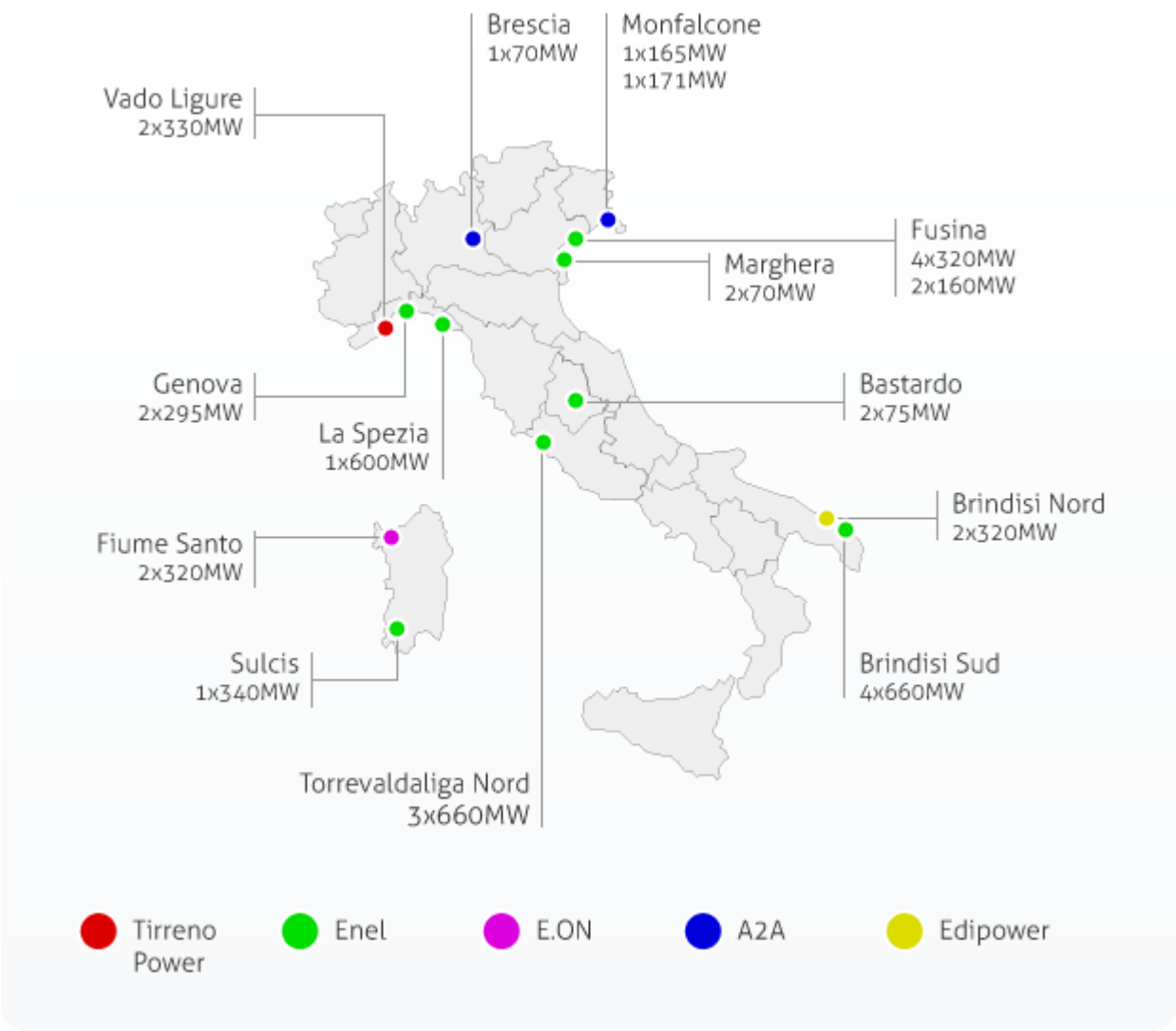
[66] National Institute for Occupational Safety and Health. 2008. What's New in the CWHSP. *NIOSH Coal Worker's Health Surveillance Program*. http://www.cdc.gov/niosh/topics/surveillance/ords/pdfs/CWHSP-News-Fall2008.pdf (accessed December 9, 2010)

3. Il carbone in Italia

Attualmente in Italia sono in funzione 13 centrali a carbone, assai diverse per potenza installata, tecnologia impiegata, data di entrata in esercizio, ecc.
La produzione lorda di energia elettrica da carbone in Italia ammontava a circa 44.726 GWh nel 2011, 49.141GWh nel 2012 e 45.104 GWh nel 2013 contribuendo rispettivamente all'12,9%, al 14,4% e al 13,7% [67] del fabbisogno elettrico complessivo. **A fronte di questi dati, tutto sommato abbastanza modesti, scopriamo che gli impianti a carbone nel 2011 avevano prodotto oltre 38,3 milioni di tonnellate di CO_2** (elaborazioni su dati ufficiali ISPRA [68]) **che nel 2012 dovrebbero aver raggiunto circa 42,8 milioni di tonnellate e che ne 2013 avrebbero superato 39,3 milioni di tonnellate, corrispondenti a oltre 1/3 di tutte le emissioni del sistema elettrico nazionale.**
Il carbone usato da questi impianti è sostanzialmente tutto d'importazione, dal momento che il nostro Paese non dispone di risorse carbonifere adeguate allo sfruttamento, sia in termini quantitativi sia qualitativi, ad esempio il poco carbone presente nel Sulcis (in Sardegna) ha un tenore troppo alto di zolfo (circa il 6%, vale a dire dieci volte quello del carbone d'importazione).

[67] Terna. Dati statistici sull'energia elettrica in Italia. 2013

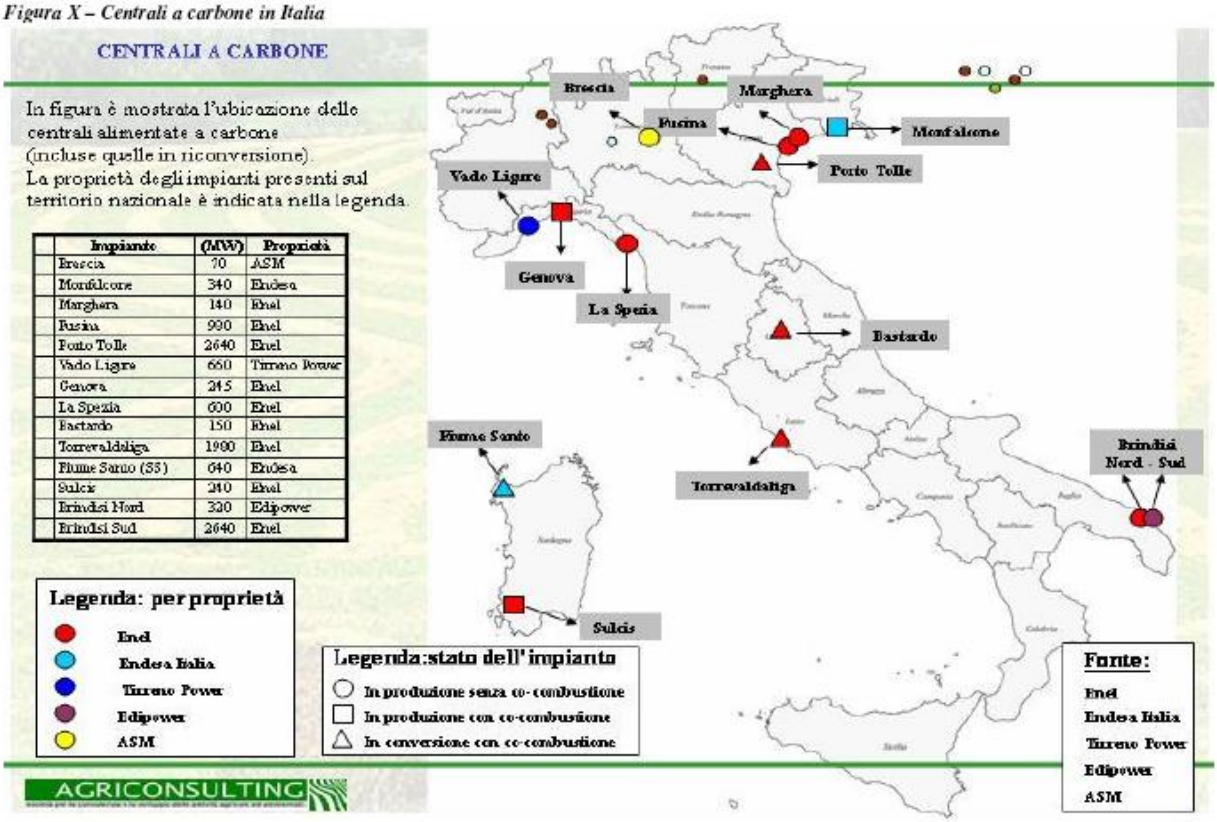
[68] Ispra. Fattori di emissione per la produzione ed il consumo di energia elettrica in Italia_2011



Fonte: ASSOCARBONI

La mappa di Assocarboni riporta gli impianti oggi esistenti in Italia, nella seguente figura sono invece anche indicati anche alcuni impianti per cui sarebbe prevista la riconversione a carbone, tra questi figura ancora Porto Tolle, progetto che però ENEL ha da poco annunciato di voler abbandonare per ragioni economiche.

Figura X – Centrali a carbone in Italia



Impianto	(MW)	Proprietà
Brescia	70	ASM
Monfalcone	340	Endesa
Marghera	140	Enel
Fusina	990	Enel
Porto Tolle	2640	Enel
Vado Ligure	660	Tirreno Power
Genova	245	Enel
La Spezia	600	Enel
Bastardo	150	Enel
Torrevaldaliga	1900	Enel
Fiume Santo (S3)	640	Endesa
Sulcis	240	Enel
Brindisi Nord	320	Edipower
Brindisi Sud	2640	Enel

Più precisamente in Italia, fino a pochi mesi fa, erano previsti diversi progetti d'impianti a carbone: si andava dalla già autorizzata realizzazione di un nuovo gruppo da 460 MW a Vado Ligure (di proprietà Tirreno Power) alla riconversione della centrale di Porto Tolle (1.980 MW) di proprietà Enel. E' poi sempre in fase di VIA un impianto ex-novo a Saline Joniche in Calabria (1.320 MW) della società SEI e, nella stessa regione, ogni tanto si torna a parlare della riconversione dell'impianto di Rossano Calabro (1.200 MW) di proprietà Enel (ma il parere VIA era stato negativo), in Sardegna oltre alla già autorizzata centrale di Fiume Santo (410 MW) di proprietà E.On si ipotizzava anche un nuovo impianto nel Sulcis, e si era parlato anche di qualche altro progetto di minore dimensione. Tra gli ipotetici progetti, proprio nell'estate 2014, è stato proposto un nuovo impianto da realizzare a Piombino in Toscana. Probabilmente questa idea resterà nel cassetto ma costituisce la migliore testimonianza di come in Italia certi imprenditori siano sempre pronti a cogliere eventuali distrazioni o, peggio, segnali di apertura da parte della classe politica.

4.1 Le centrali a carbone italiane attualmente operative

→ BRINDISI SUD - FEDERICO II

La centrale Federico II di proprietà Enel, localizzata a Cerano (circa 12 km da Brindisi), è composta da 4 gruppi da 660 MW (potenza complessiva 2.640 MW). Si tratta del più grande impianto in Italia interamente alimentato a carbone. La centrale nel 2005 aveva consumato oltre 6 milioni di tonnellate di carbone emettendo oltre 15.3 milioni di tonnellate di CO_2, valore poi sceso negli anni successivi a causa del minor funzionamento dell'impianto: nel 2012 le emissioni sono state di circa 12,2 Mt e nel 2013 di 11,8 Mt. La Federico II rimane comunque l'impianto termoelettrico con maggiori emissioni di CO_2 a livello nazionale.

La centrale dispone di un enorme parco carbonifero (circa 11 ettari) costituito da carbonili non coperti che, insieme al nastro trasportatore, rilasciano polveri tossiche responsabili della contaminazione di vasti appezzamenti di terra resi, di fatto, non più coltivabili con grave danno per l'economia locale oltre che per l'ambiente. A tale proposito è del 2007 l'ordinanza del sindaco di Brindisi con cui si fa divieto di praticare colture alimentari nei pressi della centrale. Un successivo accordo tra le parti, mai divenuto operativo, prevedeva misure per il passaggio a colture "no-food".

La Regione Puglia aveva chiesto a Enel di ridurre le emissioni dell'impianto, oltre che sanare la disastrosa situazione dei carbonili. Tali richieste, peraltro considerate assolutamente inadeguate dalle principali associazioni ambientaliste, non sono state ancora ottemperate dall'azienda.

Altro elemento di forte preoccupazione è connesso con la gestione delle enormi quantità di rifiuti che l'impianto produce. Un'accurata indagine giudiziaria ha portato alla scoperta d'inquietanti traffici illeciti di rifiuti pericolosi (prodotti appunto dall'impianto di Cerano) che, invece di essere gestiti a norma, venivano illegalmente smaltiti in Calabria. L'indagine ha accertato il coinvolgimento di funzionari e dirigenti dell'azienda. In alcune azioni legali in corso c'è anche l'impegno diretto da parte delle associazioni ambientaliste.

→ BRINDISI NORD

L'impianto, di proprietà A2A (precedentemente di proprietà Edipower), è costituito da 4 gruppi a carbone da 320 MW per una potenza complessiva di 1.280 MW. Si tratta di un vecchio impianto risalente alla seconda metà degli anni sessanta che, per ragioni

economiche, negli ultimi anni ha lavorato a metà potenza e, attualmente, è sostanzialmente fermo in attesa che la nuova proprietà decida su quali tipologie di combustibile puntare: la A2A sembra intenzionata a riavviare l'impianto puntando in partenza su una co-combustione carbone-CSS (combustibile solido secondario), anche se la sensazione diffusa è che si stia spingendo sempre più sull'impiego proprio del CSS, così creando gravi meccanismi di distorsione del sistema di gestione dei rifiuti sia a livello regionale sia a livello nazionale, il tutto anche in conflitto con le stesse direttive UE.
In passato era anche stato ipotizzato di riconvertire alcuni gruppi a gas naturale ma questa ipotesi fu velocemente accantonata anche perché le condizioni di mercato la hanno resa poco appetibile.
Negli anni anche la presenza di vasti carbonili non coperti è stata causa di gravi fenomeni d'inquinamento.
La comunità locale e, soprattutto le associazioni ambientaliste, sono contrarie all'impianto, sia che faccia uso di carbone sia che impieghi il CSS. Le richieste dei cittadini di Brindisi vanno nella direzione di una definitiva chiusura dell'impianto.

→ TORREVALDALIGA NORD (CIVITAVECCHIA)

La centrale di Torre Nord di proprietà Enel è composta da tre nuovi gruppi da 660 MW (potenza complessiva 1.980 MW) derivanti dalla riconversione (completata nel 2010) del precedente impianto a olio combustibile denso che contava 4 gruppi da 660 MW (potenza complessiva 2.640 MW). L'attività di riconversione è stata fortemente osteggiata da cittadini, agricoltori, allevatori, operatori turistici e, ovviamente dalle associazioni ambientaliste: innumerevoli sono state le iniziative di protesta contro questo progetto. Tra le molte ragioni giustamente addotte dalle comunità locali vi è il fatto che tale impianto viene a collocarsi in quello che è considerato il maggiore polo termoelettrico italiano, andando infatti a insistere in un comprensorio che vede anche la presenza della centrale di Montalto di Castro (3.600 MW) sempre di proprietà Enel e di Torrevaldaliga Sud (1.200 MW) di Tirreno Power. Un'area quindi già fortemente impattata da simili infrastrutture.
Peraltro il nuovo impianto a carbone di Torre Nord, già nelle fasi di cantiere ha sortito una serie di gravi effetti sull'ambiente marino: le opere portuali realizzate per consentire l'attracco delle navi carboniere hanno comportato la distruzione di una delle più importanti praterie di posidonia (*Posidonia oceanica*) del Mediterraneo a dimostrazione di come certe infrastrutture siano devastanti per molti ecosistemi fragili e pregiati.

Questi e altri problemi dovevano essere oggetto di analisi da parte di un Osservatorio Ambientale appositamente istituito, ma i risultati ottenuti da questo organismo sono ben al di sotto delle aspettative.
La battaglia della società civile prosegue col forte impegno da parte dei medici (in particolare di ISDE), delle stesse associazioni ambientaliste, ma anche da parte delle associazioni dei consumatori. Proprio a luglio di quest'anno il Tar del Lazio si è pronunciato sul ricorso presentato dal Codacons per annullare il decreto AIA rilasciato dal Ministero dell'Ambiente. L'annullamento non vi è stato ma i giudici hanno disposto accertamenti sui livelli di inquinamento prodotti dalla centrale. Oltre al monitoraggio di detti inquinati, il Tar avrebbe anche chiesto di verificare il livello di radiazioni ionizzanti che, ormai, da letteratura scientifica, si sanno essere connesse alla combustione di carbone. In più sono state fatte tutta una serie di altre richieste di accertamento circa il funzionamento dell'impianto e le misure di sicurezza per i cittadini.

→ VADO LIGURE

L'impianto di proprietà di Tirreno Power (società controllata, tra gli altri, da Sorgenia), che si colloca in pieno centro abitato dell'omonimo paese (a una distanza di pochi km da Savona), è attualmente composto da 4 gruppi di cui due da 330 MW (660 MW) sono alimentati a carbone mentre gli altri due (precedentemente alimentati a olio combustibile) erano stati riconvertiti a gas naturale e potenziati. In più era stata autorizzata la costruzione di un nuovo gruppo a carbone da 460 MW che comporterebbe un aumento delle emissioni di CO_2 di circa 2,4 milioni di tonnellate l'anno.
Questo progetto, ha avuto parere VIA ministeriale favorevole, malgrado la forte opposizione a livello locale sia da parte di alcuni enti pubblici sia, soprattutto, delle popolazioni coinvolte. Il progetto e più in generale l'impianto di Vado risulta essere gravato da pesanti vizi procedurali anche per quanto attiene alla autorizzazione integrata ambientale. Peraltro, proprio la stessa AIA, rilasciata a fine 2012, non sembra aver tenuto molto di conto della gravità della situazione ambientale e sanitaria della zona in cui insiste l'impianto, gravità che era stata, però, ben evidenziata da studi e da una recente Relazione dell'Ordine dei Medici e della Provincia di Savona. Sono diverse le azioni legali in atto che vedono l'impegno dei comitati locali e delle associazioni ambientaliste ed è anche in corso un'importante indagine della Procura della Repubblica, per l'appunto focalizzata sugli impatti connessi al funzionamento dell'impianto. Proprio le indagini condotte da parte della Procura di Savona hanno portato, in data 11 marzo 2014, al sequestro preventivo dei

due gruppi a carbone della centrale. Il sequestro è motivato dal non rispetto delle prescrizioni AIA e della gravità dell'inquinamento arrecato dalla centrale stessa con seri danni per la salute dei cittadini: nel testo del Decreto di Sequestro Preventivo dei due gruppi a carbone, emesso da parte del Tribunale di Savona, si parla di disastro ambientale e sanitario "nelle aree di ricaduta delle emissioni della centrale, come provato dalle indagini ambientali ed epidemiologiche espletate, che hanno evidenziato un **aumento della morbilità e della mortalità, esclusivamente attribuibile alle emissione della centrale"**, quantificabile in un ben determinato numero di ricoveri e decessi.
Occorre qui rammentare come questa indagine sia nata anche grazie alle denunce presentate dalle associazioni ambientaliste e alle ferme prese di posizione dell'Ordine dei Medici di Savona.
Ad impianto ancora sotto sequestro, su richiesta di Tirreno Power, in data 12/5/2014 è stato avviato il procedimento per il rinnovo anticipato dell'autorizzazione integrata ambientale (rilasciata il 14/12/2012). Il nuovo progetto di adeguamento dei vecchi gruppi carbone è viziato da molti difetti e le associazioni ambientaliste (WWF, Greenpeace e Legambiente) insieme a Uniti per la Salute Onlus hanno presentato formali osservazioni con contestazioni di merito, soprattutto inerenti la non adeguatezza dei sistemi di misurazione delle emissioni prospettati e i limiti troppo alti relativi alle emissioni di monossido di carbonio.
Il 6/6/2014 il Ministero dell'Ambiente ha decretato la sospensione dell'AIA relativamente all'esercizio delle sezioni VL3 e VL4 (a carbone).
Parallelamente la Direzione Distrettuale Antimafia di Genova aveva avviato un'indagine per Traffico illecito di rifiuti costituiti dalle ceneri prodotte dell'impianto di Vado Ligure che avrebbe portato a 9 indagati.
Il 25 novembre le associazioni ambientaliste hanno anche preso formalmente parte alla conferenza dei servizi, tenutasi presso il Ministero dell'Ambiente, dove hanno puntualmente argomentato le criticità connesse alla prosecuzione dell'attività dell'impianto in un contesto ambientale e sanitario particolarmente sensibile, a maggior ragione ove non fossero prescritti adeguati sistemi di misurazione delle emissioni al camino (così come precedentemente richiesto dalla stessa ISPRA e dalla Procura della Repubblica di Savona).

→ LA SPEZIA - EUGENIO MONTALE

Impianto di proprietà Enel costituito da due gruppi da 300 MW alimentati a gas e uno da 600 MW alimentato a carbone (ma con l'opzione di usare anche CDR e rifiuti). L'impianto, che originariamente (anni '60) aveva una potenza complessiva superiore a 1.800 MW, nasceva proprio all'interno dell'abitato cittadino, aspetto che fin dall'inizio provocò forti contrasti e opposizioni da parte degli abitanti che, nel 1990, con un referendum popolare, espressero la volontà di far chiudere l'impianto entro il 2005. Evidentemente le cose non sono andate come loro volevano, l'impianto continua a funzionare, anche se con una potenza inferiore a quella di partenza (oggi siamo appunto a 1.200 MW) e con una processo di miglioramento tecnologico (conversione di due gruppi a cicli combinati a gas e applicazione di desolforatori e denitrificatori al rimanente gruppo a carbone/policombustibile). Del resto queste misure si erano rese indispensabili anche a seguito di studi e perizie che avevano evidenziato il grave stato d'inquinamento prodotto dal vecchio impianto. Aspetto per cui l'Enel avrebbe anche dovuto pagare ingenti somme risarcitorie e su cui sono ancora in corso azioni legali.

→ FUSINA - ANDREA PALLADIO

La centrale di proprietà Enel, che si colloca nella zona industriale di Porto Marghera (Venezia), è costituita da 5 gruppi (potenza complessiva di oltre 1.100 MW), quattro dei quali alimentati a carbone con co-combustione di una frazione di CDR (oggi probabilmente sostituito dal CSS), una quinta sezione era in passato alimentata a olio combustibile, ma attualmente è ferma per ragioni economiche.

Era allo studio il progetto di adeguamento per l'impiego in co-combustione di CDR fino al 10% (oggi sostituto dal CSS) nelle sezioni 3 e 4, un'opzione che non rappresenta certo un miglioramento ambientale sia sul piano delle emissioni sia, soprattutto, su quello della competizione con forme più virtuose di gestione dei rifiuti che dovrebbero privilegiare il recupero di materia.

→ MONFALCONE

L'impianto, recentemente acquistato del gruppo A2A (precedentemente della E.On e prima ancora della Endesa), è attualmente costituito da due gruppi a carbone (165 e 171 MW) e due a olio combustibile (2x320 MW) per una potenza complessiva di circa 976 MW. I due gruppi a carbone furono realizzati nel corso degli anni '60 mentre quelli a olio combustibile negli anni '80. Solo nel 2008 sono stati istallati i desolforatori per i gruppi a carbone.

I due gruppi a olio combustibile avrebbero dovuto essere dismessi (si parlava del 2013…) ma è da tempo in discussione la riconversione ad altre forme di combustibile. Il vecchio progetto Endesa prevedeva da prima la riconversione a carbone dei due gruppi a olio combustibile, ma poi a causa della fortissima opposizione locale, l'azienda fu costretta a riformulare il progetto prendendo in considerazione la possibilità di passare al gas naturale. Ma questa ipotesi era anche condizionata dalla possibilità di realizzare un apposito gasdotto. Rimane quindi un punto interrogativo sul loro destino. Per quanto riguarda, invece, i due gruppi a carbone, l'A2A aveva valutato la possibilità di riconvertirli a carbone di ultima generazione (ultra super critico). Ma è ancora tutto in fase di definizione anche perché sembra aumentare l'interesse da parte dell'azienda di puntare sul CSS.

→ SULCIS - GRAZIA DELEDDA

Impianto di proprietà Enel costituito da quattro gruppi. I due più vecchi (risalenti agli anni '60) a olio combustibile sono, di fatto, in riserva, quindi fermi. Un gruppo a carbone da 240 MW degli anni '80 e uno più recente (del 2006) da 350 MW costituiscono le unità funzionanti. Si tratta di uno degli impianti meno efficienti presenti in Italia e, quindi, caratterizzato da emissioni specifiche di CO_2 molto elevate.

A proposito del Sulcis

Il Sulcis è un vecchio distretto carbonifero ma la qualità del combustibile è considerata pessima a causa dell'elevatissimo tenore di zolfo (10 volte superiore rispetto a quello d'importazione) che ne rende piuttosto problematico l'impiego, una delle ragioni per cui è scarsamente richiesto. E' forse anche questo uno dei motivi per cui l'ipotesi di costruire un nuovo impianto, integrato alla ripresa delle coltivazioni minerarie, in passato aveva trovato poco spazio. Un progetto che sarebbe stato reso possibile solo grazie a impropri finanziamenti in regime CIP6 (neanche si fosse trattato di fonti rinnovabili) e che si sperava fossero definitivamente decaduti o con provvedimenti governativi ad ok che, traducendosi in aiuti di stato, hanno scatenato la severa reazione da parte della Commissione Europea, che aveva avviato una procedura d'infrazione nei confronti dell'Italia. Purtroppo, proprio nel recente passato, si è tornato a parlare con insistenza di "progetto integrato" che, grazie alla scusa di dotarlo anche di tecnologia CCS (Carbon Capture and Storage), sembrerebbe avere trovato diversi consensi, forse anche a livello europeo. In sostanza il nuovo progetto, fortemente sostenuto dalla regione Sardegna che vuole rilanciare il distretto minerario rendendolo un polo di ricerca e sperimentazione sul

"carbone pulito", dovrebbe prevedere la costruzione di un nuovo impianto IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle), della potenza di 450 MW, integrato allo sfruttamento della miniera di Nuraxi Figus (che dovrebbe coprire circa il 50% del fabbisogno della centrale, la restante parte sarebbe importata dall'estero), il tutto dotato di un impianto dimostrativo di cattura e confinamento della CO_2 (delle 2,6 milioni di tonnellate di CO_2 prodotte ogni anno, circa 1,65 sarebbero catturate). Nell'ipotesi progettuale (che vede la partecipazione dell'ENEA, del Ministero dello Sviluppo Economico e di Sotacarbo) si parlava del ricorso a finanziamenti pubblici previsti dalle norme vigenti e anche degli incentivi CIP6, di fatto assimilando il carbone alle rinnovabili. A questo si sommano nuovi finanziamenti stanziati dalla Regione Sardegna, evidentemente non paga di una gestione economica fallimentare del progetto Carbosulcis.
Purtroppo proprio a febbraio 2014 è stato convertito in legge il decreto "Destinazione Italia" con cui si assicura un incentivo di 30 euro/MWh (per una durata di 20 anni) al vincitore della gara per la realizzazione del nuovo impianto a carbone…

→ FIUME SANTO

Impianto attualmente di proprietà di E-On (precedentemente di Endesa) era originariamente costituito da 4 gruppi: due da 160 MW costruiti negli anni '80 e alimentati a olio combustibile e due, da 320 MW, realizzati nella prima metà degli anni '90 alimentati orimulsion. Questi ultimi due furono convertiti a carbone nel 2003, contro l'esplicita volontà della popolazione locale.
Anche i due vecchi gruppi a olio dovrebbero essere sostituiti con uno nuovo (410 MW) a carbone super critico. Un progetto che peggiorerebbe non poco la già difficile situazione ambientale: l'entrata in funzione del nuovo gruppo, infatti, comporterebbe un raddoppio del consumo di carbone.
Il Ministero dell'Ambiente aveva dato parere VIA positivo (con prescrizioni) alla realizzazione dell'impianto, ma E.On sembra fermamente intenzionata a voler fare marcia indietro ritenendo l'investimento poco conveniente. Purtroppo, però, sia il Governo regionale sia quello nazionale stanno facendo pressioni sull'azienda affinché onori gli impegni precedentemente presi e si profila anche, all'orizzonte, la possibilità che subentri qualche altro soggetto imprenditoriale: un presunto gruppo cinese avrebbe mostrato interesse al progetto e recentemente anche una società italiana avrebbe fatto un'offerta.

→ GENOVA – LANTERNA

Impianto di proprietà Enel prende il suo nome dalla localizzazione proprio sotto il simbolo monumentale di Genova. L'impianto costituito da tre gruppi, per complessivi 300 MW, fu terminato nei lontani anni '50 e sarebbe già dovuto essere chiuso, vista anche la sua infelice collocazione, praticamente a ridosso del centro della città. Solo nel recente passato è stato presentato un piano di dismissione dell'obsoleta centrale e, se tutto va bene, questa avverrà entro il 2017. Ciò potrebbe trovare conferma anche nelle dichiarazioni del nuovo amministratore delegato Enel che, nel corso di una recente audizione in Senato, illustrando le future politiche aziendali, tra le altre cose ha esplicitamente sostenuto come non siano più pensabili dei siti produttivi dentro gli agglomerati urbani.

→ BASTARDO - PIETRO VANNUCCI

Impianto di proprietà Enel costituito da due gruppi da 75 MW alimentati a carbone. L'impianto, piuttosto datato (anni '60), costituisce una vera anomalia: a differenza di tutti gli altri che sono collocati sulla costa (o su un'importante via d'acqua), per renderne più facile l'approvvigionamento di combustibile, è situato in pieno entroterra (provincia di Perugia). Questo fa si che per i rifornimenti si debba fare ricorso al trasporto prima con treni (dal porto di Ancona alla stazione di Foligno) poi con camion. Il tutto con un ulteriore peggioramento delle performance ambientali complessive (comprese le emissioni di CO_2).
Va peraltro detto che l'impianto mostra dati di emissione estremamente elevati per numerosi inquinanti (tra cui mercurio e arsenico) che si accompagnano a preoccupanti dati di tipo epidemiologico. L'opposizione dei cittadini in passato si è scontrata con gli interessi aziendali e con il sempre presente ricatto occupazionale. La nuova dirigenza Enel parrebbe però orientata ad una prossima chiusura dell'impianto, anche per ragioni connesse alla necessità di adeguamento del suo parco centrali alle mutate condizioni del mercato elettrico nazionale.

→ MARGHERA - GIUSEPPE VOLPI

Impianto di proprietà Enel, costituito da due gruppi da 70 MW, si colloca nella omonima zona industriale. Si tratta di una vecchia centrale costruita negli anni '50 e priva di moderni sistemi di filtraggio dei fumi (mancano i desolforatori). L'obsolescenza e la bassa efficienza impiantistica fanno si che le emissioni specifiche di CO_2 siano tra le più alte in Italia.

→ BRESCIA – LAMARMORA

Impianto della A2A è costituito da tre gruppi di cui uno da 70 MW può essere alimentato a carbone.

4.2 Progetti prossimi venturi?

→ PORTO TOLLE

Impianto di proprietà Enel con le stesse caratteristiche di quello (vecchio) di Torrevaldaliga Nord: conta 4 gruppi da 660 MW (potenza complessiva 2.640 MW) alimentati a olio combustibile. La centrale è oggi, di fatto, quasi completamente ferma perché diseconomica e attende di essere riconvertita a carbone, così come già avvenuto a Civitavecchia. Anche qui, infatti, il nuovo impianto dovrebbe essere costituito da 3 gruppi da 660 MW (per complessivi 1.980 MW) con tecnologia super critica.

La centrale si colloca nel Parco Regionale del Delta del Po in Veneto, di fatto a ridosso del confine con l'Emilia Romagna. Si tratta di un'area dall'elevato pregio naturalistico che vede, tra l'altro, la presenza di siti d'interesse comunitario (SIC) e una zona umida protetta dalla convenzione Ramsar. Ragioni per cui massimo dovrebbe essere il livello di tutela. Purtroppo i fatti hanno dimostrato come il vecchio impianto a olio combustibile abbia già arrecato non pochi danni, provocando gravi fenomeni d'inquinamento e danni alle persone, motivi per cui, nel 2006, furono condannati i massimi dirigenti Enel e i gestori dell'impianto, riconosciuti responsabili di mala gestione dell'impianto. In realtà l'attività della magistratura è proseguita e, anche grazie ai risultati di un importante studio epidemiologico effettuato dalle Asl di Rovigo e Adria, oltre che all'attività delle stesse associazioni ambientaliste e dei cittadini, nel 2012 si è arrivati al rinvio a giudizio dei responsabili dell'azienda.

In una situazione tanto delicata che avrebbe dovuto spingere verso la soluzione più sostenibile, ossia la chiusura e dismissione dell'impianto, da anni l'azienda persegue il progetto di riconversione a carbone, il tutto in esplicito contrasto con la stessa normativa regionale (L.R. 36/1997) che recitava: "*Nell'ambito dell'intero comprensorio dei comuni interessati al Parco del Delta del Po si applicano le seguenti norme: a) gli impianti di produzione di energia elettrica dovranno essere alimentati a gas metano o da altre fonti alternative di pari o minor impatto ambientale*".

Una norma talmente chiara che, in qualsiasi paese civile e democratico, avrebbe impedito il proseguimento dell'iter di riconversione, ma in Italia le cose sono andate diversamente: il

governo nazionale si espresse a favore della riconversione con pronunciamento positivo dell'ufficio VIA del Ministero dell'Ambiente. Successivamente il Consiglio di Stato aveva annullato il parere VIA, accogliendo il ricorso delle associazioni ambientaliste, ma al contempo si suggeriva alla regione Veneto di superare il problema andando a modificare la legge regionale 36 con cui si istituiva il Parco del Delta del Po che rappresentava il principale elemento ostativo. E la regione ha prontamente accolto il suggerimento. Come a dire: se una legge impedisce di realizzare progetti ambientalmente insostenibili, allora è meglio modificarla…

Il progetto ha dovuto quindi essere sottoposto a nuova procedura di valutazione d'impatto ambientale e, forse anche grazie alle pressioni del mondo ambientalista, la Commissione VIA del Ministero dell'Ambiente aveva dato parere "interlocutorio – negativo". La speranza che si possa andare verso un definitivo ritiro di questo progetto, dalle gravissime conseguenze ambientali e sanitarie, sembra finalmente aver trovato risposta negli ultimi accadimenti: proprio questo autunno Enel ha dichiarato di rinunciare alla riconversione a carbone dell'impianto di Porto Tolle sostanzialmente per ragioni economiche connesse alle mutate condizioni del mercato elettrico nazionale. In sostanza un investimento di oltre 2,5 miliardi di euro non sarebbe stato più giustificabile a fronte di una marcata over capacity e di consumi elettrici che non sembrano destinati ad aumentare.

A prescindere dalla motivazioni che sono alla base della rinuncia, è evidente come questa rappresenti una importante vittoria innanzitutto l'ambiente e la salute dei cittadini: occorre infatti rammentare come la riconversione a carbone avrebbe comportato un incremento di tutte le emissioni, questo anche in considerazione del fatto che il vecchio impianto a olio combustibile ormai da anni stava funzionando a regime assai ridotto (e, come detto in precedenza, era negli ultimi tempi sostanzialmente fermo), mentre quello nuovo (a carbone) sarebbe stato attivo per 6.500 ore anno. Il quantitativo di inquinanti emessi da qualsiasi impianto è, infatti, funzione non solo della tecnologia e del combustibile adottati ma anche del numero di ore di funzionamento, così l'impianto riconvertito avrebbe provocato emissioni di CO_2 anche superiori a 10,5 milioni di tonnellate annue, a cui si sarebbero aggiunte quelle di tutti gli altri inquinanti puntali (dagli ossidi di zolfo a quelli di azoto, dalle polveri fini e ultrafini ai composti organici, ecc.), senza considerare il passaggio di imbarcazioni per il trasporto del carbone, del calcare, delle ceneri, ecc.

→ SALINE JONICHE

Quello di Saline Joniche, in provincia di Reggio Calabria, è il più grande progetto di costruzione ex-novo di una centrale a carbone in Italia. Si tratta, infatti, di un impianto costituito da 2 gruppi da 660 MW (per complessivi 1.320 MW) con tecnologia ultra super critica. Il progetto è stato presentato da SEI spa, una società di progetto partecipata per il 57,5% dal gruppo svizzero Repower A.G., per il 20% dal Gruppo Hera, per il 15% da Foster Wheeler Italiana S.r.l. e per il 7,5% da Apri Sviluppo S.p.A.

Il progetto d'impianto, nel giugno del 2012, ha avuto parere VIA favorevole grazie a un Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, controfirmato dal Ministro dell'Ambiente (già precedentemente favorevole). Il ricorso al DPCM si era reso necessario per superare l'opposizione motivata da parte Ministero dei Beni Culturali. Opposizione che, peraltro, si andava a sommare a quella della Regione Calabria e degli enti locali.

L'impianto si colloca in una vecchia area industriale devastata da stabilimenti (Liquichimica) e infrastrutture mai decollati, come molte altre opere realizzate nel mezzogiorno d'Italia, che testimoniano la quantomeno distorta visione di quale sviluppo dare a certe aree. Stiamo infatti parlando di luoghi di grande bellezza e con elevati valori naturalistici che avrebbero dovuto portare a investire in una valorizzazione turistica di qualità, rispettosa degli equilibri ambientali e paesaggistici, e non sulla costruzione di inutili, quanto dannose, cattedrali nel deserto, antitetiche ad uno sviluppo sostenibile e duraturo. Occorre anche ricordare come proprio quest'area industriale sia stata fortemente voluta dalla Ndrangheta che vi si è arricchita grazie alla distrazione (per non dire complicità) di una classe politica poco propensa alla tutela dei beni ambientali e sociali. E il rischio d'infiltrazione malavitose è estremamente elevato anche nel nuovo progetto impiantistico.

La Regione Calabria e le pubbliche amministrazioni locali oltre ai comitati e alle Associazioni ambientaliste hanno provveduto a impugnare il decreto VIA governativo.

Oltre a un numero imprecisato di ricorsi presentati contro il progetto, la stessa popolazione del Cantone svizzero dei Grigioni si è pronunciata contro l'impianto a carbone attraverso un referendum popolare, un fatto di notevole rilevanza considerato che la società Repower è a partecipazione pubblica e il 58% è controllato proprio dalle autorità cantonali. Anche per tale motivo la Repower starebbe cedendo le proprie quote azionarie detenute in SEI.

Il futuro di questo progetto è strettamente legato all'esito delle vicende legali in corso e alle stesse volontà politiche, spesso tese a facilitare (in vario modo) la nascita di tali impianti

che altrimenti, in una situazione di palese over capacity, non starebbero in piedi proprio dal punto di vista economico.

5. Cattura e sequestro del carbonio (CCS)

5.1 Cos'è la CCS

Il carbone è la fonte fossile più abbondante e la più impiegata nella generazione elettrica ma è anche quella con le più alte emissioni specifiche di gas serra (1 kWh da carbone produce circa il doppio della CO_2 di uno da gas naturale).

Per continuare a usare il carbone si è pensato, quindi, di sequestrare l'anidride carbonica prima che sia rilasciata in atmosfera. A tale proposito sono allo studio una serie di tecnologie finalizzate a catturare e sequestrare questo gas, si parla appunto di Carbon Capture and Storage (CCS). In sostanza la CCS è considerata una delle possibili opzioni per stabilizzare la concentrazione atmosferica di CO_2. **In nessuno scenario viene ritenuta come sostitutiva delle misure di efficienza energetica o di un largo impiego di fonti rinnovabili**, ma in molti rapporti tecnici le si assegna comunque un ruolo importante al fine di arrivare ad avere un settore energetico de-carbonizzato, questo sia nei pesi occidentali sia nelle economie emergenti (Cina in primis).

La via che gli studiosi considerano più promettente è quella, per così dire, di tipo geologico, consistente nel catturare la CO_2 e stoccarla in appropriate formazioni geologiche. Solitamente si tratta di vecchi pozzi di petrolio e gas o anche in acquiferi salini. Fortunatamente è stata sostanzialmente abbandonata l'ipotesi di immettere l'anidride carbonica a grandi profondità oceaniche. Questa strada fu fortemente sconsigliata dagli scienziati poiché l'immissione di CO_2 in acqua ne provoca un aumento di acidità con danni incalcolabili agli ecosistemi marini e non solo.

5.2 Lo stato di sviluppo della CCS

La IEA considera la diffusione della CCS come la strada per conciliare l'uso di carbone con la necessità di ridurre le emissioni di CO_2, ma ritiene anche che i costi siano assai incerti: l'esperienza che ancora deve essere acquisita, tramite operazioni su larga scala con progetti dimostrativi, sarà fondamentale per le prospettive di diffusione, **ma la fase dimostrativa è solo all'inizio e "rischia di durare per oltre un decennio"** [69].

[69] IEA - World Energy Outlook 2011

Stando sempre a quanto afferma la IEA nel suo Outlook, alla fine del 2010, su un totale di 234 progetti CCS, solo otto impianti dimostrativi erano in funzione, ma solo alcuni di questi erano stati considerati potenzialmente idonei allo stoccaggio permanente di CO_2. Ovviamente si tratta di progetti sperimentali che nulla hanno a che vedere con la reale operatività su grande scala.

La realtà è che entro il 2020, nella migliore delle ipotesi (cioè secondo le stime più ottimistiche), ci saranno, non più di una dozzina di grandi impianti dimostrativi idonei allo stoccaggio permanente di CO_2.

5.3 Le criticità dietro allo sviluppo della CCS

Come si legge nell'Outlook [70] della IEA, la CCS solleva molte questioni giuridiche, normative ed economiche che devono essere necessariamente risolte prima che questa possa essere diffusa. A tale riguardo sia la IEA sia organismi quali il Global CCS Institute e il Carbon Sequestration Leadership Forum, hanno avviato molteplici iniziative per facilitare la diffusione della CCS, ma la strada da fare è ancora molta prima di arrivare a una diffusione commerciale.

Secondo l'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA, 2009) le principali sfide, perché la CCS possa avere successo a livello commerciale, riguardano:

→ Gli **alti costi di costruzione**. Se s'ipotizza un costo medio di 3.800 dollari per kW installato, questo significa che per un impianto da 1.000 MW il costo sarebbe di quasi 4 miliardi di dollari, si tratta di cifre molto impegnative che trovano poca propensione ad essere finanziate soprattutto in assenza di forti penalità sul prezzo delle emissioni di carbonio.

→ Gli impianti dotati di CCS hanno **costi di esercizio e manutenzione sensibilmente più elevati** rispetto agli analoghi impianti a carbone che ne sono sprovvisti, peraltro la CCS comporta una riduzione dell'efficienza dell'impianto che si traduce in una minore capacità produttiva.

→ La necessità di realizzare **adeguate e costose infrastrutture di trasporto della CO_2**.

→ La necessità di ottenere il **consenso delle comunità locali** (accettazione pubblica).

---

[70] IEA - World Energy Outlook 2011

→ La necessità di disporre di **adeguate condizioni geologiche e un quadro normativo appropriato** al fine di garantire uno stoccaggio sicuro e permanente della CO_2.

A proposito dello stoccaggio geologico, una delle criticità, è rappresentata dalla **scarsa facilità di prevedere un possibile ritorno in atmosfera della CO_2 attraverso camini di fuga** (faglie o fratture naturali), aspetto, che da un lato vanificherebbe tutti gli sforzi (anche quelli energetici) fatti per confinarla, dall'altro potrebbe anche mettere a rischio le eventuali popolazioni che vivono nelle vicinanze. La CO_2, infatti, è un gas che quando supera certe concentrazioni (oltre il 10% in volume) risulta letale (asfissia e paralisi dei centri respiratori) come insegna, ad esempio, quanto accaduto nel '86 presso il lago Nyos in Camerun, dove l'improvvisa fuoriuscita di 80 Mm^3 di anidride carbonica provocò la morte di quasi 1.800 persone. Occorre anche rammentare come la CO_2, nelle normali condizioni atmosferiche, risulti inodore e incolore ed essendo più pesante dell'aria (circa 1,5 volte), tende a stratificare verso il basso, aumentando così i rischi proprio per persone e animali.

Gli ingenti costi dei sistemi di cattura e la contemporanea perdita di efficienza (per produrre la stessa quantità di elettricità occorrerà usare più combustibile) **si rifletteranno sui prezzi in bolletta**. Attualmente, infatti, si stima che l'applicazione delle tecnologie CCS provocherà un incremento dei costi dell'energia elettrica compreso tra il 39% e il 64%, a seconda della tecnologia e della fonte di energia considerata (IEA, 2011). Altri autori stimano un aumento di costi anche superiore all'80%.
In generale la **IEA stima che i costi di costruzione degli impianti con CCS siano almeno del 60% superiori rispetto a quelli di equivalenti impianti privi di sistemi di cattura**.
Proprio nel 2014 i costi esorbitanti della CCS sono stati confermati dalla prima centrale termoelettrica commerciale dotata di tali tecnologie che è stata realizzata in Canada. Si tratta in realtà del revamping di un piccolo impianto a carbone di appena 110 MW di potenza che, con il dispositivo CCS, è costato la bellezza di 1,35 miliardi di dollari canadesi, equivalenti a circa 0,95 miliardi di euro. L'operazione è stata possibile solo grazie a gli ingenti finanziamenti erogati dal governo canadese e a situazioni ambientali considerate molto favorevoli. I dati economici appena citati non sembrano indurre all'ottimismo neanche i sostenitori della CCS.

Stando ai dati IEA, la perdita di efficienza degli impianti termoelettrici dotati di CCS è di circa 8-10% a seconda che si tratti di sistemi di cattura pre o post combustione. Altre fonti stimano perdite di efficienza ancora superiori, ad esempio per l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) **l'applicazione della CCS alle centrali termoelettriche comporta un loro maggiore consumo di energia nell'ordine del 15-25%**, a seconda del tipo di tecnologia di cattura applicata. Il consumo aggiuntivo di combustibile compensa (in parte) gli effetti positivi del sequestro della CO_2 a causa delle ulteriori emissioni dirette e indirette. E' quindi importante, secondo l'EEA [71], che le potenziali interazioni tra l'applicazione delle tecnologie CCS e la qualità dell'aria siano ben studiate al fine di poter arrivare a un'applicazione generalizzata di questa tecnologia. **L'Agenzia, al riguardo, rileva come gran parte delle informazioni ancora disponibili in letteratura, inerenti le emissioni d'inquinanti atmosferici per le tecnologie di conversione energetica con CCS, siano basate su ipotesi e non su misurazioni effettive**. Una corretta analisi quantitativa sarà indispensabile per passare dalla fase di laboratorio o pilota all'attuazione su vasta scala.

5.4 Una strada percorribile?

La IEA ritiene che occorrano subito ingenti investimenti per arrivare a dimostrare la fattibilità economica della CCS. Oltre a questo, affinché la CCS possa trovare una certa diffusione (negli scenari al 2035) occorrerà da un lato che i sui costi si riducano, dall'altro che il prezzo delle emissioni di carbonio aumenti sensibilmente. **Senza una serie di fattori economici e politici sarà poco probabile che tale tecnologia riesca a diffondersi**.

Ma a tale riguardo converrebbe riflettere su quanto affermava John Turner, ricercatore del National Renewable Energy Laboratory USA, che si chiedeva se gli ingenti investimenti sulla CCS costituivano il modo migliore per spendere le limitate risorse energetiche e finanziarie. Secondo lui (e secondo molti altri illustri scienziati) il solo fatto di possedere grandi riserve di carbone non significa che debbano necessariamente essere usate. Quelle stesse risorse economiche potrebbero meglio essere investite in altre direzioni quali l'efficienza energetica e le fonti rinnovabili.

[71] Air pollution impacts from carbon capture and storage (CCS) - EEA Technical report, No 14/2011

L'Unione Europea considera la CCS come tecnologia ponte per conseguire, entro il 2050, gli obiettivi di de-carbonizzare del settore elettrico e industriale. **Ma la sua attuazione non dovrebbe introdurre ostacoli o ritardi all'obiettivo comunitario di muoversi verso un minore consumo di energia e un'economia più efficiente nell'uso delle risorse**. Secondo l'Agenzia Europea per l'Ambiente, la tecnologia CCS non dovrebbe, ad esempio, servire da incentivo per aumentare il numero degli impianti a combustibili fossili.[72]

Il WWF ritiene che i costi per gli impianti di cattura e stoccaggio del carbonio non possano essere sostenuti dalla collettività: l'Unione Europea sta, di fatto, finanziando impianti sperimentali che in molti casi costituiscono solo una giustificazione per procedere alla costruzione di nuove centrali, applicando il molto discutibile principio "chi inquina viene pagato per non inquinare".

In merito alla reale possibilità che la CCS possa trovare diffusione su larga scala è peraltro interessante lo studio, piuttosto critico, recentemente pubblicato sulla rivista scientifica International Journal of Greenhouse Gas Control[73]. In questo lavoro si evidenziano le molte incertezze dal punto di vista geologico connesse alla CCS, oltre che alla mastodontica opera infrastrutturale necessaria per catturare la CO_2 prodotta da centinaia d'impianti. Questi aspetti si traducono in pesanti incertezze sul piano economico. Tutte le considerazioni spingono gli autori a ritenere che ancora molta strada debba essere fatta sul piano della ricerca prima che la CCS possa essere applicata su scala industriale.

[72] Air pollution impacts from carbon capture and storage (CCS) - EEA Technical report, No 14/2011

[73] R. S. Middleton et al - Effects of geologic reservoir uncertainty on CO_2 transport and storage infrastructure. International Journal of Greenhouse Gas Control 8 (2012) 132–142

CONCLUSIONI

Rinunciare al carbone sarà un bene per tutti

In questo dossier sono state argomentate, con evidenze scientifiche, le principali motivazioni sul perché occorra rinunciare a una fonte esauribile e inquinante come il carbone, che non risolve i problemi energetici, ma aggrava quelli climatici e costituisce un evidente pericolo per la salute.

Per un paese come l'Italia, il carbone non serve a migliorare la sicurezza energetica nazionale poiché non si dispone di riserve carbonifere degne di questo nome. Il carbone non permetterebbe di ridurre la bolletta energetica, dal momento che il suo prezzo, soprattutto quello commerciato a livello internazionale, è fortemente condizionato dal costo del petrolio, la fonte necessaria per trasportarlo. Peraltro le stesse riserve di carbone, seppur maggiori rispetto a quella di altri combustibili fossili, sono comunque limitate e localizzate, aspetto che riduce la sicurezza negli approvvigionamenti e che rende i prezzi destinati inesorabilmente ad aumentare mano a mano che si riduce la disponibilità del minerale. Ma soprattutto occorre rammentare come il carbone sia il primo nemico del clima planetario a causa delle elevate emissioni di gas serra derivate dalla sua combustione. E se questo non bastasse, converrà qui ricordare anche come l'impiego di questa fonte di energia sia una delle principali cause d'inquinamento, con ricadute estremamente gravi per la salute delle persone.

A tutto questo si associano pesanti esternalità i cui danni economici, se correttamente conteggiati, finirebbero col mettere immediatamente fuori mercato il carbone. Se già solo si attribuisse un prezzo adeguato alla CO_2 emessa, il carbone sarebbe diseconomico.

Un paese come l'Italia, peraltro con una potenza impiantistica di generazione elettrica più che doppia rispetto alle sue reali necessità, farebbe meglio a puntare su un diverso modello energetico centrato sul risparmio, l'efficienza e le fonti rinnovabili, a partire dalla generazione distribuita in piccoli impianti alimentati sempre più da fonti rinnovabili allacciate a reti intelligenti (Smartgrids). Il modello fondato su grandi centrali e lo sfruttamento dei combustibili fossili è già entrato in crisi, il tentativo di perpetuarlo attraverso impianti che usano il vecchio combustibile che promosse la rivoluzione industriale, ma ha causato (e causa tuttora) enormi problemi ambientali, è anti-storico e sottopone la collettività a rischi e costi inammissibili e duraturi (visto anche il ciclo di vita

medio di una centrale, dell'ordine di 30-40 anni). La pigrizia imprenditoriale e le rendite di posizione non possono essere premiate: la transizione verso il nuovo modello energetico e la nuova economia è iniziata.

Con una potenza installata di oltre 124.750 MW (dato Terna per l'anno 2013), a fronte di una punta massima della domanda di 56.822 MW (raggiunto nel 2007), l'Italia dispone di una sovra capacità di produzione di energia elettrica tale da costringere le centrali termoelettriche a funzionare a scartamento ridotto, con gravi ripercussioni economiche che i cittadini sono chiamati a pagare, e non ha quindi davvero bisogno di investire nell'archeologia industriale, ma di trovare il proprio ruolo nell'economia del futuro, garantendo così anche la propria sicurezza energetica.