

Proprio per questo, l'utilizzo di questa prova per datare la Sindone di Torino è stato fortemente contestato, a partire dallo stesso Libby, per la notevole contaminazione che il manufatto ha subito nel corso dei secoli, contaminazione che ha profondamente alterato le quantità di carbonio presenti sullo stesso.

Etimologia e folklore

La parola "carbone" deriva dalla parola latina *carbo*, a sua volta originata dal greco *karpho*, che significa *rendere asciutto, arido*. La radice *car* significa *ardere*.

Viene associato al segno astrologico del Capricorno. Veniva portato indosso dai ladri come protezione dall'individuazione e come aiuto alla fuga durante gli inseguimenti. Fa parte di rituali popolari associati alla notte di Capodanno. Sognare di bruciare carbone è segno di disappunto, problemi, afflizione e perdita, a meno che esso non bruci luminosamente, nel qual caso è promessa di incoraggiamento e progressione.

Babbo Natale e la Befana lasciano un blocco di carbone, al posto dei regali, ai bambini che si sono comportati male durante l'anno.

Quest'anno a norme di statuto il GMPE dovrà eleggere i nuovi Consiglieri tra cui verrà nominato il Presidente. L'evento che si ripete ogni due anni riveste, come è comprensibile, una notevole importanza. Nella serata si raccoglieranno le nuove adesioni e successivamente il Presidente in carica presenterà il consuntivo dell'attività biennale e il Tesoriere il bilancio, che dovranno essere approvati dall'Assemblea. Successivamente avranno luogo le votazioni, che dovranno portare all'elezione dei nuovi 7 Consiglieri.

Stiamo organizzando la cena di fine anno, che chiude di consueto in serena allegria l'annata di attività e che ci consente di avere nostri graditi ospiti gli oratori che si sono succeduti nel corso dell'anno.

Calendario delle prossime attività

Riunione 9 novembre. Relatore prof. **Paolo Fabbri**: "Il Bacino termale Euganeo"

GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

c/o Presidenza via Gonzati, 12 - 35127 Padova. Informazioni 340 3927235

Riunioni: il primo venerdì del mese, ore 21 presso il Quartiere 3 "Est", Via S. Marco, 300 - Padova

e-mail del GMPE: gmpe@gmpe.it

Sito web: <http://www.gmpe.it/>



G.M.P.E.

GRUPPO MINERALOGICO PALEONTOLOGICO EUGANEO

NOTIZIARIO

N. 55 - ottobre 2007

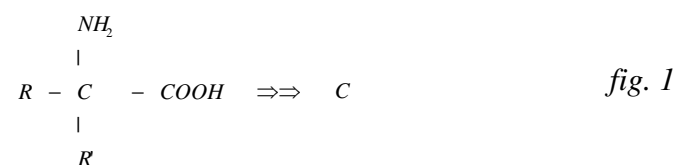
Stampato in proprio

Il carbone

di Pietro De Checchi

Cos'è, come si è formato

Il carbone è una sostanza dura, nera e lucida che si trova in grandi quantità nelle profondità della crosta terrestre. E' un combustibile cioè una sostanza che brucia producendo grandi quantità di calore. È di origine fossile, ovvero derivato da organismi viventi che, dopo la morte hanno subito un lungo processo di pietrificazione. Per questo è detto più propriamente carbone fossile, (anche per distinguerlo dal carbone di legna che si prepara facendo bruciare la legna quasi in assenza di aria). I carboni sono delle vere e proprie rocce sedimentarie e sono costituiti dai resti di accumuli vegetali, modificati dalle pressioni e temperature che si trovano in profondità nella crosta, e come nel caso del petrolio, anche il carbone nasce attraverso una progressiva eliminazione, dai resti vegetali, di componenti come idrogeno e ossigeno con un conseguente arricchimento indiretto di carbonio che lo portano a diverse litologie a seconda della percentuale di carbonio presente. Il comportamento ideale può essere così schematizzato (fig. 1), una generica molecola organica degrada perdendo gli eteroatomi presenti per arricchirsi gradualmente di carbonio fino a (idealmente) carbonio puro



Il carbonio in natura si trova infatti in svariati prodotti/composti. L'elenco a fianco è da intendersi come scala dal materiale a maggior percentuale di carbonio (il diamante è carbonio purissimo) a prodotti molto complessi ove sono presenti molti altri atomi (H, O, N, S, ecc)

- C diamante, grafite
- carbone
- CH₄ metano
- CO monossido di carbonio
- CO₂ anidride carbonica
- Carbonati, bicarbonati
- -----
- Idrocarburi
- -----
- Macromolecole organiche

Ipotesi sulla struttura del carbone:

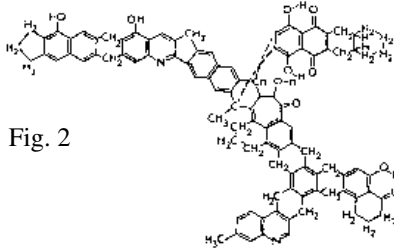


Fig. 2

fig. 2 - Hypothetical coal molecule with ~ 82% carbon

Fig. 3 - Spatial configuration of a simplified form in which the shaded areas represent alicyclic structures (Given)

Fig. 3

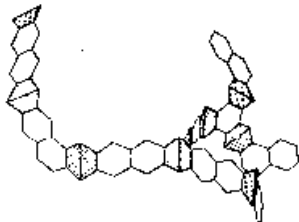
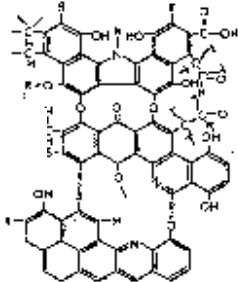


Fig. 4 - Molecular structure of bituminous coal (Hill and Lyon)

Fig. 4



Il carbone è una sostanza dura, nera e lucida. Ecco come lo possiamo vedere e toccare (fig. 5)

Fig. 5



La struttura del carbone abbiamo visto come sia estremamente complessa. Come sono le strutture di grafite e diamante, i prodotti più simili per composizione?

Immagini del diamante:
Struttura (fig. 6) e cristallo (fig. 7)

Fig. 6

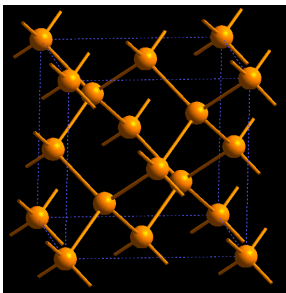


Fig. 7

Immagini della grafite:
Struttura (fig. 8) e campione (fig. 9)

Fig. 8

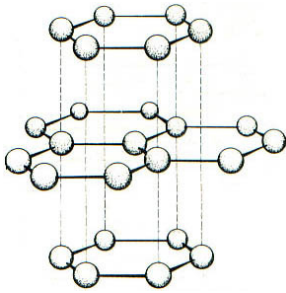


Fig. 9

Struttura tratta da Mineralogia II Carobbi - ed. Uses

Si può osservare che il Carbonio presente in grafite e carbone forma strutture esagonali e ripetitive, perché al carbonio piace il numero 6? La comprensione di questo aspetto è alle basi di tutta la chimica organica.

$$n + 14\text{N} \rightarrow 14\text{C} + 1\text{H}$$

La produzione maggiore di carbonio-14 avviene ad una quota tra i 9 km e i 15 km, e ad alte latitudini geomagnetiche, ma il carbonio-14 è presente in tutta l'atmosfera e reagisce con l'ossigeno per formare anidride carbonica radioattiva. Essa penetra negli oceani, sciogliendosi nell'acqua. Il carbonio-14 è anche prodotto nel ghiaccio da neutroni veloci.

Il metodo del carbonio-14, o del radiocarbonio, è un metodo di datazione assoluta di materiali di origine organica messo a punto tra il 1945 e il 1955 dal chimico statunitense Willard Frank Libby, che per questa scoperta vinse il Premio Nobel nel 1960. Il metodo è largamente utilizzato in archeologia. Il carbonio, elemento base della chimica organica, è presente in tutta la materia vivente sia sotto forma dei suoi isotopi stabili (carbonio-12 ed il carbonio-13) sia come carbonio-14, che essendo instabile si trasforma per decadimento beta in azoto-14, con un tempo di dimezzamento medio (o emivita) di 5730 anni. L'equilibrio dinamico che si instaura tra produzione e decadimento radioattivo, mantiene costante la concentrazione di carbonio-14 nell'atmosfera (dove è presente principalmente legato all'ossigeno sotto forma di anidride carbonica) e di conseguenza anche all'interno di tutti gli organismi viventi che fanno parte del ciclo del carbonio. In altre parole; fintantoché una pianta è viva ed assorbe anidride carbonica dall'atmosfera, le proporzioni tra le quantità di isotopi del carbonio che essa contiene restano identiche a quelle dell'aria, quantità che verranno trasferite all'erbivoro che se ne nutre e via dicendo. Dopo la morte dell'organismo, il carbonio non viene più assimilato ed il carbonio-14 decade in modo regolare con il passare del tempo. Misurando le proporzioni tra gli isotopi residui è dunque possibile stabilire quanto tempo sia passato dalla morte. Il sistema consente datazioni fino a 50.000 anni fa circa, con un margine di errore tra il 2 e il 5%. La diminuzione di radioattività è tuttavia in parte condizionata anche dai fattori ambientali e dalle condizioni di conservazione del campione esaminato. In particolare, le contaminazioni del campione con carbonio atmosferico possono essere fonte di gravi errori sistematici che conducono ad una determinazione errata per difetto dell'età del campione. Curiosamente, le variazioni significative della concentrazione di carbonio-14 nell'atmosfera, dovute alla sua diluizione con carbonio stabile avvenuta recentemente a seguito del consumo di grandi quantità di combustibili fossili, mettono in dubbio l'applicabilità futura del metodo di radiodating. Altro fattore di cambiamento del rapporto tra carbonio-14 e carbonio-12 viene dagli esperimenti nucleari in aria degli anni 50 e 60 e dal disastro di Chernobyl del 1986. Il metodo presenta alcune lacune, infatti bisogna considerare che il metodo di misurazione associato al Carbonio-14 è stato sviluppato principalmente per la datazione di oggetti recentemente dissotterrati o comunque isolati da contatti umani prima della conduzione del test. Questo perché, l'ignoranza delle condizioni ambientali (alte temperature, alte concentrazioni di energia, inquinamento, etc.) a cui un determinato oggetto è stato sottoposto, rende difficile la calibratura del test.

La produzione energia elettrica nel mondo (figg. 26 e 27). L'Italia diversamente dal resto dell'occidente e del mondo intero usa preferenzialmente prodotti petroliferi piuttosto che carbone per produrre energia elettrica.

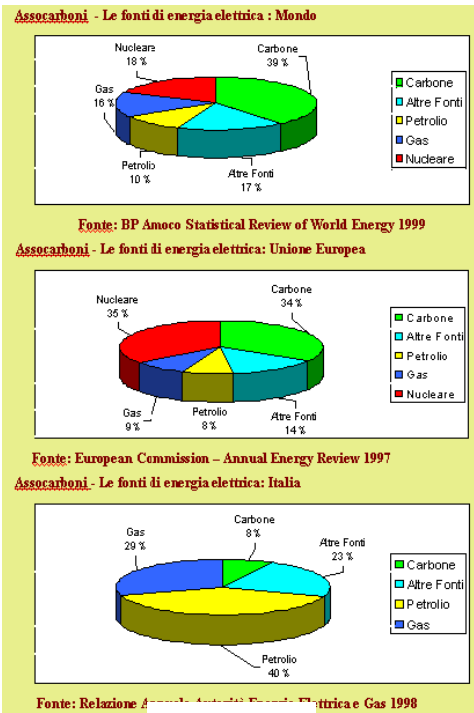


fig. 27

Il radiocarbonio

Il carbonio-14, ^{14}C , o radiocarbonio, è un isotopo radioattivo del carbonio scoperto il 27 febbraio 1940 da Martin Kamen e Sam Ruben. Il suo nucleo contiene 6 protoni e 8 neutroni. La sua presenza nei materiali organici è usato come base per la datazione al radiocarbonio di reperti archeologici, geologici e idrogeologici. Esso è presente in natura e ha una abbondanza relativa di 1 parte su mille miliardi di tutto il carbonio presente sulla Terra. La sua vita media è di 5730 anni. Esso decade sull'azoto-14 con un decadimento beta. Il carbonio-14 è prodotto negli strati alti della troposfera e nella stratosfera dalla cattura di neutroni termici da parte degli atomi di azoto. Quando i raggi cosmici entrano nell'atmosfera, essi subiscono varie trasformazioni, inclusa la produzione di neutroni. I neutroni risultanti danno la seguente reazione:

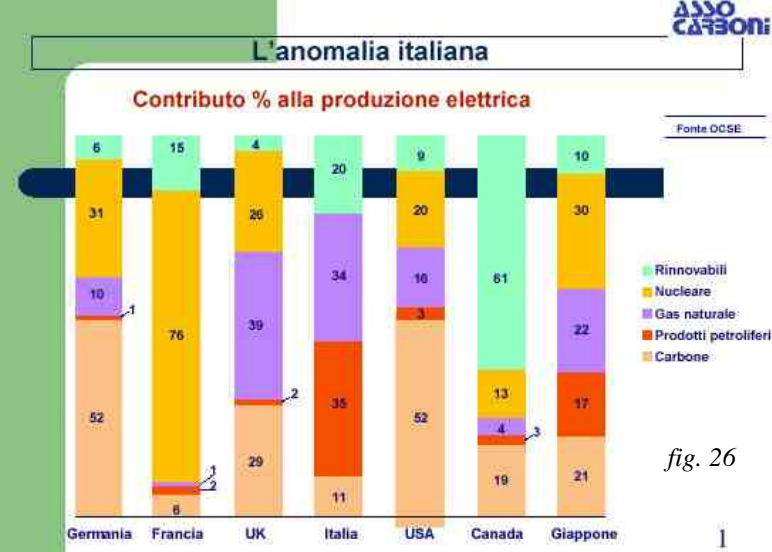


fig. 26

- Depurazione fluidi
- Esplosivi
- Riscaldamento domestico
- Ferrovia
- Chimica di sintesi
- Industria farmaceutica
- Decolorazione (ad. es. nell'industria alimentare)
- Trattamento acque reflue industriali
- Potabilizzazione dell'acqua (ad es. negli acquedotti)
- Recupero solventi
- Supporto per catalizzatori
- Trattamento aria
- Barbecue

Partiamo dalla tavola periodica degli Elementi (fig. 10)

Fig. 10

La configurazione elettronica del Carbonio si simboleggia come segue:



dove il numero in alto a sinistra rappresenta il numero di massa è cioè i protoni + i neutroni, mentre il numero in basso a sinistra rappresenta il numero atomico e cioè il numero dei protoni o di elettroni che in un atomo sono uguali. Il carbonio pertanto possiede 6 elettroni, 6 protoni e 6 neutroni, che riempiono parzialmente gli orbitali di tipo s e p. (Vedi figura 11).

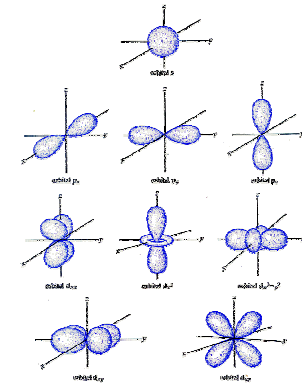


fig. 11

- l'ibridizzazione sp^3 , proponendo un mescolamento dell'orbitale s e dei 3p del guscio esterno, genera 4 orbitali atomici ibridi tipo sp^3 orientati secondo un tetraedro con angoli di 109.5°

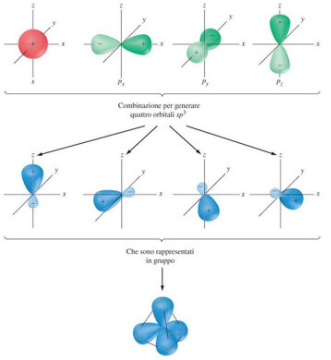


Fig. 12

La configurazione elettronica del carbonio è pertanto la seguente:

$1s^2 2s^2 2p^2$, e la configurazione del guscio esterno è $2s^2 2p^2$ dove sono sistemati gli elettroni di legame.

La teoria della ibridizzazione, proposta per giustificare le strutture dei composti del carbonio propone più possibilità:

Il motore di tali modificazioni è raggiungere un livello elettronico a minor energia e quindi più stabile. Ora se prendiamo alcuni atomi di carbonio con ibridazione sp^3 e proviamo ad unirli per formare una molecola ciclica è possibile osservare che l'unica struttura permessa senza forzare angoli di legame di 109.5° è una struttura spaziale ad esagono con quattro atomi su un piano e due sopra o sotto: la molecola del cicloesano.

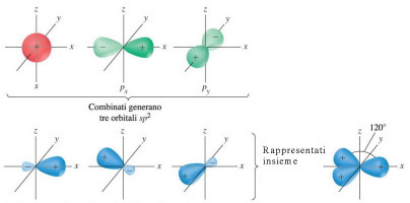


Fig. 13

Con atomi di carbonio con ibridazione sp^2 la migliore struttura possibile è ancora esagonale, questa volta planare (la molecola del benzene). Ecco spiegato perché nelle strutture di figure 2, 3, 4 ed 8 la cella geometrica di base è l'esagono.

Il termine carbone in realtà indica diverse tipologie di materiale. Esistono infatti vari tipi di carbone che si differenziano per il grado di carbonizzazione della vegetazione; i carboni più antichi hanno più carbonio e quindi maggior potere calorifico. Tra questi ricordiamo i seguenti:

Torba: deriva da piante erbacee, presenta un aspetto spugnoso e filamentoso di colore scuro. Si trova in giacimenti detti torbiere. Contiene molta acqua e ceneri per questo viene usata in agricoltura per arricchire il suolo.

Ligniti: sono carboni giovani che derivano da alberi che hanno subito più trasformazioni rispetto alla torba. Lo spessore dei giacimenti può variare a seconda del luogo in cui si trovano. Le ligniti vengono estratte esclusivamente in miniere a cielo aperto e vengono utilizzate grandi macchine scavatrici. La lignite possiede un'umidità relativa piuttosto elevata, mediamente superiore al 21%, e la sua carbonificazione non è mai del tutto completa, il che la rende un combustibile di limitato pregio. Non essendo buon combustibili viene utilizzata solo sul posto per alimentare le centrali termoelettriche. La lignite è stata ampiamente utilizzata in tutta Italia fino agli anni '50 e '60, soprattutto per la produzione di energia elettrica necessaria per la nascente industria italiana.

Carboni duri: le lintraci e le antraciti sono i carboni fossili veri e propri, sono nere e lucide e risalgono circa 300 milioni di anni fa. Solitamente i giacimenti sono formati da strati paralleli alternati da carbone e da roccia sterile.

Coke: si estrae dal litantrace, è un carbone artificiale, duro e compatto costituito da puro carbonio. Viene utilizzato per fondere i minerali di ferro.

Le principali proprietà chimiche e fisiche (composizione) dei principali carboni fossili sono riassunte dalla seguente tabella

	Carbonio %	Idrogeno %	Ossigeno %	Azoto %	Zolfo %	Potere calorifico (kcal/kg)
Torba	55-60	5,5-6,5	30-40	1-1,5	0,2	3000-4500
Lignite	60-70	5-6	20-30	0,5-1,5	1-4	4000-6200
Litantrace	75-90	4,5-5,5	5-15	0,5-1,5	0,5-3,5	6800-9000
Antracite	90-95	2-3	2-3	0,1-0,5	0,5-2	8000-8500



fig. 24 - Enorme giacimento di Carbone in Antartide, di circa 250 milioni di anni

Come è usato

Ai tempi della rivoluzione industriale il carbone venne usato per far funzionare la macchina a vapore, più avanti il carbone servì anche a raggiungere le elevate temperature necessarie a produrre il ferro.



fig. 25 - Oggi il carbone è usato soprattutto nelle centrali termoelettriche per produrre energia e in piccola parte, nei forni delle acciaierie.

Il carbone viene bruciato nelle centrali dove il calore che si sprigiona dalla sua combustione, viene usato per riscaldare l' acqua in una caldaia. Il vapore che viene prodotto, mette in movimento una turbina, che collegata ad un generatore, produce energia elettrica.

Dove si trova

Le maggiori risorse di carbone fossile si trovano ora dove un tempo erano presenti immense foreste di alberi, e soprattutto enormi felci: nell'Europa centro settentrionale, in Russia e negli USA, in Cina, in Australia e nell'America Latina. Come detto vi sono quattro tipi di carbone: la lignite, l'unico tipo di carbone che si trova in Italia, Sardegna meridionale. La torba, di formazione più recente e meno pregiata. La litantrace, con carbonio fino al 90%. L'antracite, il più antico e il più prezioso perché è più ricco di carbonio e quindi dotato di maggiore potere calorifico.



figg. 22 e 23 vene di carbone a cielo aperto

fig. 24 - Enorme giacimento di Carbone in Antartide, di circa 250 milioni di anni



Come è usato

Ai tempi della rivoluzione industriale il carbone venne usato per far funzionare la macchina a vapore, più avanti il carbone servì anche a raggiungere le elevate temperature necessarie a produrre il ferro.



fig. 25 - Oggi il carbone è usato soprattutto nelle centrali termoelettriche per produrre energia e in piccola parte, nei forni delle acciaierie. Il carbone viene bruciato nelle centrali dove il calore che si sprigiona dalla sua combustione, viene usato per riscaldare l' acqua in una caldaia. Il vapore che viene prodotto, mette in movimento una turbina, che collegata ad un generatore, produce energia elettrica.



fig. 14

Il coke (fig. 14) è un residuo solido carbonioso di litantrace bituminoso con bassi livelli di cenere e di solfuri, dal quale le componenti volatili siano state estratte attraverso la cottura in fornaci alla temperatura di 1000°C e in assenza di ossigeno.

Il sistema di distillazione secca del carbon fossile è costituito da una serie di forni paralleli funzionanti a rotazione:

- K** : camere di distillazione
- g** : tramogge di carico del carbone fossile
- Z** : camere di combustione
- V** : lavaggio dei gas di distillazione
- T** : porte di svuotamento del carbone coke
- S-R** : uscita dei gas di combustione
- M-N** : corridoi di manovra

Il calore necessario all’impianto è prodotto nelle camere Z bruciando una parte del gas fornito dallo stesso impianto

Questo procedimento permette di fondere insieme il carbonio fissato e le ceneri. Il coke è utilizzato come carburante e come agente di riduzione nelle fornaci per la fusione dei minerali metalliferi. È grigio, duro e poroso, e ha capacità di riscaldamento di 24.8 milioni di Btu/ton (29.6 MJ/kg). I sottoprodotti della conversione del carbone in coke sono catrame o pece, ammoniaca, oli leggeri e "carbone gassificato", o "gas di carbone". Il coke ottenuto come residuo dei processi di raffinazione del petrolio può assomigliare a quello proveniente dal carbone, ma contiene troppe impurità per essere utilizzato in applicazioni metallurgiche.

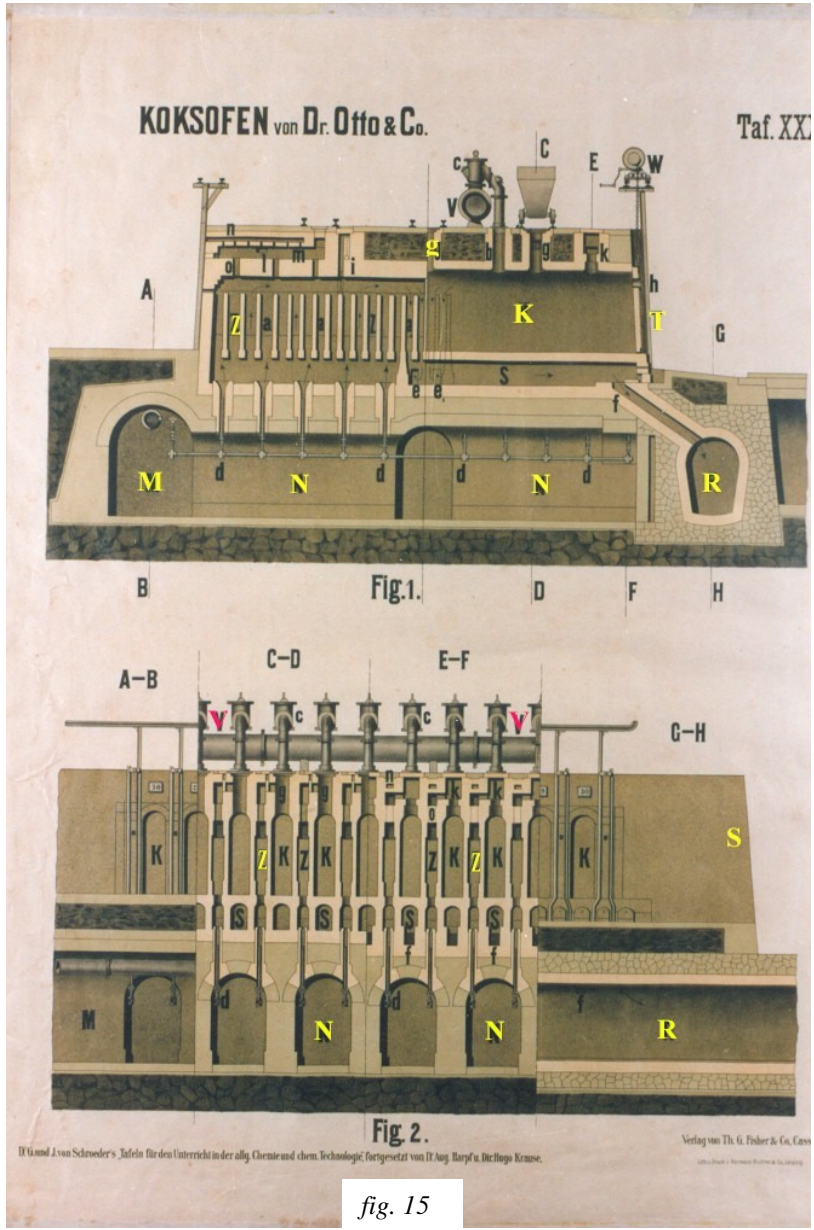


fig. 15

Il carbone si forma per accumulo di materia organica che molto lentamente stratifica, si compatta, indurisce e subisce le degradazioni chimiche precedentemente descritte. (fig. 16)

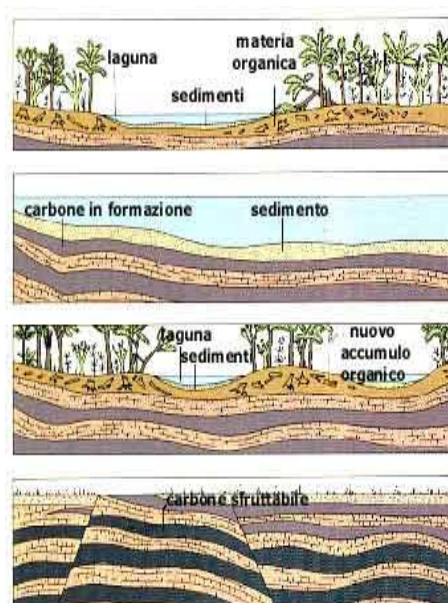
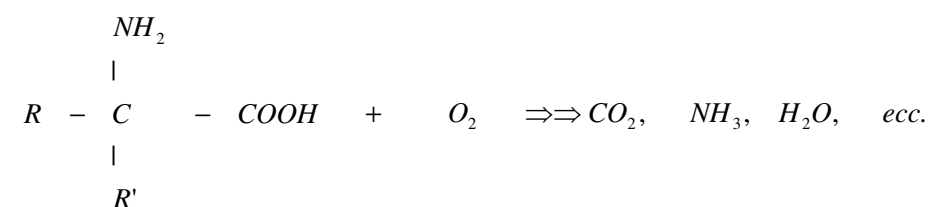


fig. 16

La relazione fra la distribuzione dei vari tipi di carbone e le età delle rocce che lo contengono è molto regolare. La **lignite** è un carbon fossile di formazione relativamente recente, originatosi da foreste del secondario e del terziario. Lo stadio di lignite si ritrova infatti sempre in depositi di età Cenozoica, mentre le antraciti si trovano in terreni del Paleozoico. L'era geologica durante la quale si formò la maggior parte del carbone fu il Carbonifero (fra i 280 e i 345 milioni di anni fa). Questa distribuzione è ovviamente in relazione al tempo necessario perché le varie fasi di maturazione si completino. Con l'aumentare della profondità aumenta anche la temperatura e il materiale organico subisce una maturazione, cioè una eliminazione graduale dei componenti, aumentando sempre più la quantità di carbonio passando dalle torbe alle **ligniti**, ai **litantraci** fino alle **antraciti** dove il contenuto di carbonio raggiunge il 95% e quindi il suo potere calorifico è molto più alto; è per questo che le antraciti sono il tipo di carbone più pregiato. Se il materiale subisce una ulteriore eliminazione delle particelle rimarrà solo carbonio puro che dà vita alla **grafite** che non trova un impiego come combustibile.

Le zone più favorevoli per la formazione di depositi organici vegetali sono le pianure costiere, le lagune, gli acquitrini delle alte latitudini, come in Russia, Canada, Nord Europa, dove il clima freddo rallenta la decomposizione, ma anche in regioni calde umide che favoriscono la crescita di vegetali. Quando questi accumuli vengono sepolti, inizia la fase di formazione del carbone che inizialmente sarà un fitto intreccio di resti vegetali chiamato **torba** dove le condizioni anaerobiche dell'ambiente impediscono l'ossidazione e la decomposizione batterica. Possiamo anche avere la formazione del *sapropel*, cioè una fanghiglia originata da depositi di organismi planctonici, materiali argillosi e resti di piante superiori in acque stagnanti come nel Mare Nero; solitamente contiene più del 10% di materia organica.

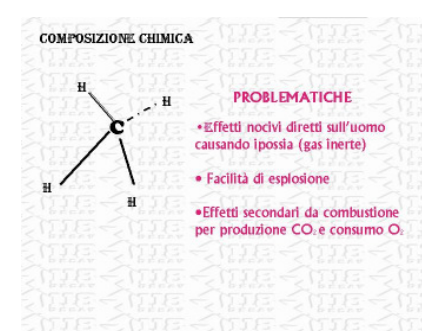
Esempio di ossidazione aerobica che non porta a formazione di carbone



Anche loro furono fermati dal fumo dell'incendio e dal gas a pochi passi dal pozzo di soccorso. Il colpevole del disastro, secondo la commissione di inchiesta, fu l'operaio che stava di manovra all'ascensore del pozzo 1, quello dove scoppiò l'incendio. Il fatale incidente avvenne a livello -975 metri. Due vagoncini pieni di carbone vennero caricati sulla gabbia-ascensore. Il primo si bloccò da un carrello incastrato. La gabbia si mise in moto trascinandoli, così che una putrella sporgente da un vagoncino tranciò dei fili telefonici e due cavi elettrici ad alta tensione. Vennero tranciate anche la condotta dell'olio e dell'aria compressa, gli archi elettrici appiccarono il fuoco all'olio e alle parti in legno del pozzo. Alimentato dall'aria compressa e dalla ventilazione, l'incendio si estese a tutta la miniera: un incidente di carico si trasformò in un disastro. A meno di un'ora dallo scoppio dell'incendio ogni contatto fra il fondo della miniera e la superficie divenne impossibile. Sotto l'azione del calore i cavi di estrazione si spezzarono e le gabbie degli ascensori restarono bloccate. Quando si riaprì un ascensore e si tentò di scendere in miniera, ci si fermò a quota -170 metri dove un tappo di fumi stagnanti bloccò l'operazione. Sei minatori vivi vennero trovati dalle squadre di soccorso: tre si erano riparati sotto un vagoncino; altri tre vennero trovati in una galleria per il riflusso dell'aria. Marcinelle segna la fine della tragica vicenda mineraria in Europa. L'estrazione del carbone diminuirà fino a finire completamente nel 1993. La miniera di Cazier è chiusa dal 1967. Ormai è un monumento "permanente a ricordo dei minatori".

La causa di molti incidenti fu il grisou. È la miscela composta da metano, ed aria ambiente (azoto, anidride carbonica e ossigeno). E' un gas presente in maniera casuale in natura, comunque legato alle caratteristiche geologiche del sottosuolo. E' il risultato della metabolizzazione di batteri anaerobi su materiale organico (si rileva essenzialmente nelle interfacce carbone-roccia e vene di carbone) E' un gas inodore, incolore di densità inferiore all'aria.

Problematiche connesse al grisou



Nelle miniere di carbone a cielo aperto il problema del grisou è molto limitato.

Fig. 21 - Miniera di carbone grande come una provincia, sud Australia





fig. 18

Nei giacimenti a cielo aperto la miniera reca molti problemi all'ambiente. È conveniente creare questo tipo di miniera quando i giacimenti sono molto vasti, di grosso spessore e abbastanza vicino alla superficie del suolo, ma in ogni caso rimane ugualmente molto dannosa nei confronti dell'ambiente sia perché si crea un grosso scavo nel terreno e sia perché si sollevano grandi quantità di polvere, nocive alla salute. In fig. 18 la miniera di carbone di Serbary a Carbonia (CI) la più grande miniera di carbone di tutto il territorio italiano, ormai inattiva.



fig. 20 - Foto d'epoca: Le Bois du Cazier un braccio delle miniere di carbon fossile di Marcinelle

fig. 19 - Sistema di trasporto in galleria con trenino (foto turistica dei nostri giorni)



Pesante fu il tributo di vittime nelle miniere. Dal 1946 al 1956 il numero dei lavoratori, provenienti dall'Italia, morti nelle miniere belghe e in altri incidenti sul lavoro fu di oltre seicento. A causa di un errore umano, l'8 agosto 1956 il Belgio venne scosso da una tragedia senza precedenti, un incendio scoppiato in uno dei pozzi della miniera di carbon fossile del Bois du Cazier, causò la morte di 262 persone di dodici diverse nazionalità, soprattutto italiane, 136 vittime, poi belghe, 95; i minatori rimasero senza via di scampo, soffocati dalle esalazioni di gas. Ogni anno migliaia di disoccupati venivano mandati a lavorare nelle miniere di Charleroi, lavoro italiano in cambio di carbone a basso costo per le industrie del triangolo Torino-Genova-Milano. La cronaca della catastrofe è breve e disperata, si apre e si chiude con l'annuncio del primo dei soccorritori che riemerse da un pozzo: "Tutti cadaveri". Anche quelli che scrissero su una tavola di legno poi ritrovata: "Fuggiamo davanti al fumo. Siamo una cinquantina, ci dirigiamo verso lo snodo 26".

La sua storia

Fino agli inizi del nostro secolo, il carbone era il combustibile più usato a differenza degli altri combustibili fossili, il petrolio e il metano, poteva essere bruciato senza bisogno di trasformazioni o di particolari apparecchiature per il trasporto. Nel corso del secolo è stato a poco a poco preferito il petrolio, più facile da utilizzare nei mezzi di trasporto. Negli anni recenti, a causa dell'aumento del prezzo del petrolio, il carbone è tornato ad essere usato. Il carbone fossile è noto come combustibile fin dall'antichità, come è accaduto per il petrolio, ma non fu estratto che a partire dal tardo medio evo ed è solo dal 1700 che è divenuto una fonte primaria di energia, sostituendo il legno soprattutto in Gran Bretagna con la famosa Rivoluzione Industriale. Il carbone acquisisce la sua importanza verso il 1750. È stato il protagonista dello sviluppo industriale, veniva infatti utilizzato per la produzione di vapore, ma anche per riscaldare le case. In poco tempo diventò materia prima da cui ricavare molti prodotti (catrame, benzene, naftalene...). Il carbone è una delle principali fonti di energia, e anche uno dei modi più inquinanti di produrla. Oggigiorno (2005) circa il 40% dell'energia elettrica mondiale è prodotto bruciando carbone, e le riserve accertate ammontano ad almeno 300 anni di produzione. Oggi questa materia è esclusa dagli impieghi industriali e quasi sostituita da gas naturale e petrolio. Tuttavia si continua ad utilizzare ad elevate quantità:

1. Nelle centrali termoelettriche, per la produzione di vapore che alimenta le turbine.
2. Nei centri siderurgici, per la fusione dei minerali di ferro.

Dal carbone è possibile ottenere altri tipi di combustibile, più facilmente trasportabili e con un maggior rendimento; i processi utilizzati per raffinarlo sono la gassificazione e la liquefazione.

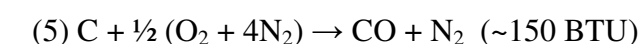
Gassificazione

In passato, il carbone veniva convertito in gas, poi distribuito per mezzo di tubature ai clienti, per poter essere bruciato per illuminazione, riscaldamento e cucina. Oggi vengono usati gas naturali, come il metano, perché più sicuri. La gassificazione rimane comunque una possibilità per un utilizzo futuro del carbone, visto che in genere brucia a temperature più alte ed è più pulito del carbone convenzionale. Nella gassificazione per trasformare il carbone in gas lo si fa reagire con O_2 o vapore acqueo temperature comprese tra $815^\circ C$ e $\sim 2000^\circ C$ a seconda dell'impianto. Le reazioni in gioco sono le seguenti:

- (1) $C + O_2 \rightarrow CO_2$ combustione
- (2) $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ Woodward
- (3) $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$
- (4) $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ shift indesiderato

CO ed H_2 sono prodotti pregiatissimi, la CO_2 va, se possibile, evitata. La miscela di questi tre prodotti ottenuti con le reazioni (3) e (4) si chiama *gas d'acqua* (~ 300 BTU).

Esiste il *producer gas* che si ottiene per reazione tra carbone ed aria in difetto di ossigeno secondo la:

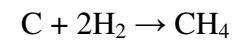


Primo impianto di producer gas nel 1860 (Siemens) – reazione (5)

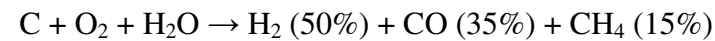
Primo impianto di gas d'acqua nel 1870 – reazioni (3) e (4)

Primo impianto di gas di sintesi nel 1920 – reazioni (1), (2), (3) e (4)

La formazione di metano si ottiene a $T < 1145\text{ }^{\circ}\text{C}$ con pressione a 30 atm secondo la seguente reazione:



Il primo gassificatore di II generazione nacque nel 1936 (Lurgi) e lavorava secondo il processo:



Liquefazione

Il carbone può essere convertito anche in combustibili liquidi come benzina o gasolio, attraverso svariati procedimenti. Il processo Fisher-Tropsch di sintesi indiretta di idrocarburi liquidi fu usato in Germania durante la II GM, e per svariati anni in Sudafrica; in entrambi i casi la motivazione fu l'isolamento politico, e quindi l'impossibilità ad acquistare petrolio greggio sui mercati internazionali. Il carbone veniva gassificato in modo da produrre *syngas* (una miscela purificata e bilanciata di CO e H₂), che veniva poi fatto condensare utilizzando un catalizzatore Fischer-Tropsch per produrre idrocarburi leggeri, poi trasformati in benzina e gasolio. Il Syngas può essere inoltre convertito in metanolo, un ulteriore carburante o additivo a carburanti, che può essere ulteriormente riconvertito in benzina tramite il processo M-gas della Mobil. Esiste anche un processo di liquefazione diretta detto processo Bergius (liquefazione attraverso idrogenazione), mai usato al di fuori della Germania, che lo sfruttò durante le due guerre mondiali. Un ulteriore procedimento per ottenere idrocarburi liquidi dal carbone è la *low temperature carbonization* (LTC), o carbonizzazione a bassa temperatura. Il carbone viene trasformato in coke a temperature fra i 450 e i 700°C, invece degli 800-1000° del coke utilizzato in metallurgia. Questa temperatura facilita la produzione di catrami più ricchi di idrocarburi leggeri dei catrami normali. Il catrame viene poi trasformato in carburante. Questo processo fu sviluppato da Lewis Kerrick, un tecnico specializzato in argilliti petrolifere, all'ufficio minerario degli Stati Uniti negli anni 1920. Tutti questi metodi di produzione di carburante liquido rilasciano CO₂. L'isolamento della CO₂ è auspicabile, per evitare di rilasciare questo gas nell'atmosfera e contribuire all'effetto serra. Infatti la combustione del carbone, come quella di ogni altro composto del carbonio, produce CO₂, oltre a quantità variabili di anidride solforosa, a seconda del luogo dal quale è stato estratto. L'anidride solforosa si ossida all'aria ad anidride solforica che reagisce con l'acqua, formando acido solforico. Se l'anidride solforosa viene rilasciata nell'atmosfera, reagisce con il vapore acqueo ed torna sulla terra in forma di pioggia acida.

Le emissioni della combustione di carbone in centrali elettriche rappresenta la più grande fonte artificiale di anidride carbonica, che secondo la maggior parte degli studiosi del clima è causa primaria del riscaldamento globale. Oltre a questo, nelle emissioni degli impianti sono presenti molti altri inquinanti. Alcuni studi dichiarano che le emissioni delle centrali elettriche a carbone siano responsabili della morte

prematura di decine di migliaia di persone, solo negli Stati Uniti. Inoltre, queste emissioni sono le principali responsabili delle piogge acide di alcune nazioni. Le centrali elettriche moderne utilizzano varie tecniche per limitare la nocività dei loro scarichi e per aumentare l'efficienza della combustione, anche se queste tecniche non sono utilizzate in molti paesi, visto che gravano sul costo degli impianti. Il carbone contiene anche tracce di altri elementi, compresi l'arsenico e il mercurio, che sono pericolosi se rilasciati nell'ambiente. Il carbone contiene anche tracce di uranio e altri isotopi radioattivi naturali, che rilasciati nell'ambiente possono comportare una contaminazione radioattiva. Sebbene queste sostanze siano presenti solo in tracce, bruciando grandi volumi di carbone ne vengono rilasciate quantità significative. Una centrale a carbone, durante il suo funzionamento, emette nell'aria più radioattività di quella che emette una centrale nucleare di pari potenza.

Le riserve mondiali di carbone non sono illimitate, nel 1996 è stato stimato che le riserve mondiali di carbone economicamente accessibile con le tecniche minerarie conosciute oggi ammontino a circa 15 bilioni (1 bilione = 10¹²) di tonnellate, la metà delle quali di antracite. L'energia contenuta nel carbone di tutto il mondo supera ampiamente i 100.000 miliardi (1 biliardo = 10¹⁵) di Btu (100 zettajoules). Le riserve probabilmente dureranno meno di altri 300 anni. Il Dipartimento per l'Energia degli U.S.A. stima le riserve nazionali in 1.081.279 milioni di tonnellate, corrispondenti a 4.786 BBOE (barili di petrolio equivalente). La quantità di carbone bruciata nel corso del 2001 ammonta a 2,337 GTOE (gigatonnellate equivalenti di petrolio). Con questo andamento, le riserve dureranno 285 anni.

Come si estrae

I giacimenti di carbone possono trovarsi sottoterra anche a migliaia di metri di profondità (per estrarlo si scavano profondi pozzi e lunghe gallerie), ma possono trovarsi anche a profondità limitate (si scavano a cielo aperto) ed è il caso più diffuso, il carbone viene asportato con enormi macchine a ruote dentate dette tagliatrici (Miniera di Serbariu a Carbonia fig. 17)



I giacimenti in profondità non causano problemi ambientali, ma molti per i minatori. La miniera è formata da pozzi verticali che collegano i diversi livelli e ci sono anche tunnel orizzontali. I minatori lavorano sotto terra e sono esposti a molti pericoli quali:

- 1) le gallerie rischiano di franare se le pareti non sono puntellate con centinature di metallo.
- 2) l'acqua delle falde può allagare il luogo di lavoro e per estrarla si usano potenti pompe.
- 3) l'aria circola fra i pozzi, ma non nelle gallerie più in profondità dove deve essere portata.
- 4) il gas metano può invadere le gallerie quando crolla una parete e per evitarlo si usa aria compressa.
- 5) altri pericoli possono essere: polveri respirate, il rumore delle perforatrici e l'abbondante umidità.