



## DECOMMISSIONING CIVILE E INDUSTRIALE

**eRWorx.**

INGEGNERIA CIVILE - AMBIENTALE  
A.A. 2019 - 2020



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

INTRODUZIONE AL  
DECOMMISSIONING –  
IL DECOMMISSIONING TRA  
PASSATO, PRESENTE E  
FUTURO



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

# to decommission

transitive verb \ de·com·mis·sion \ ,dē-kə-'mi-shən \

- to withdraw (something, especially weapons or military equipment) from service.
- to dismantle or remove (something, such as a ship or nuclear power plant) from service.

Collins English Dictionary - Complete & Unabridged 2012 Digital Edition  
© William Collins Sons & Co. Ltd. 1979, 1986 © HarperCollins  
Publishers 1998, 2000, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009, 2012

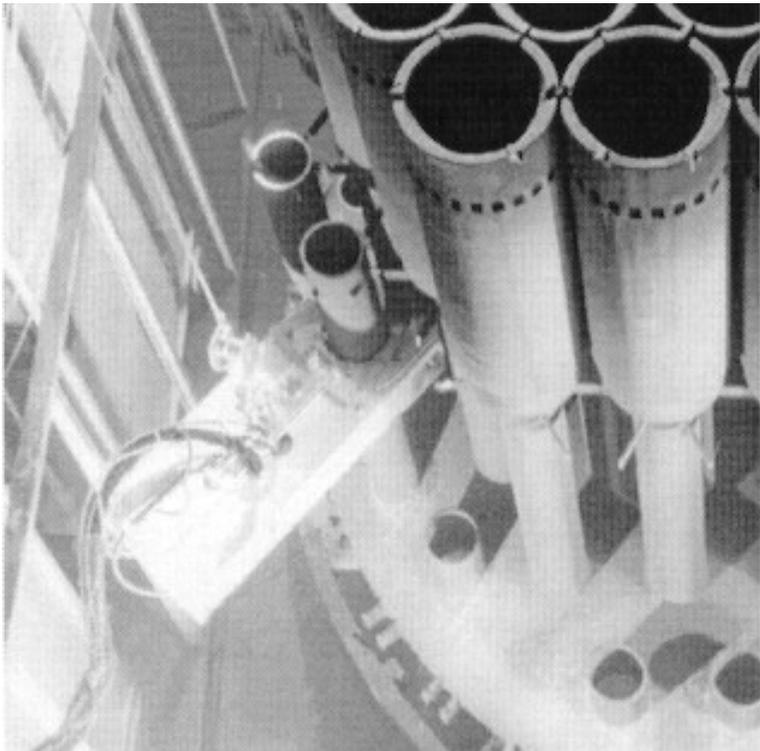


**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Il termine **decommissioning**, nella accezione di dismissione o rimozione pianificata, è stato probabilmente utilizzato per la prima volta attorno al 1922 per indicare la messa in disarmo (cioè la messa fuori servizio) di aerei, navi, pezzi di artiglieria e altri equipaggiamenti militari.



## Oil&gas: GoM 1973



## Nucleare: Gundremmingen A (Germany) 1983



“Processo attraverso il quale vengono analizzate tutte le possibili opzioni in relazione allo stato di fine vita di un sito nell’ottica di una successiva demolizione, rimozione, modifica delle strutture esistenti”.



**WORLD BANK**



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

*Decommissioning* non è peraltro l'unico termine utilizzato per rappresentare questo genere di attività: sinonimi spesso impiegati sono, ad esempio, **stand-down**, **shutdown** e **lay-up**.



La parola ***decommissioning*** viene sempre più spesso utilizzata per indicare, in generale, tutte le fasi che da una condizione di abbandono conducono, attraverso la completa messa in sicurezza, bonifica, demolizione, smontaggio, rifunzionalizzazione, ecc. a una configurazione **totalmente rigenerata e fruibile** da nuovi utilizzatori.



Un processo di decommissioning può contemplare, a seconda dei casi, una completa demolizione o smontaggio delle opere esistenti caratterizzate da un elevato livello di usura e degrado, spesso già abbandonate (una situazione spesso definita con il termine **brownfield** o **greyfield**)...



...seguita dalla completa bonifica e rigenerazione del territorio tanto da riportarlo il più vicino possibile alla configurazione naturale originale (anche detta **greenfield**), oppure una demolizione o uno smontaggio parziale seguita da una trasformazione con altra destinazione d'uso

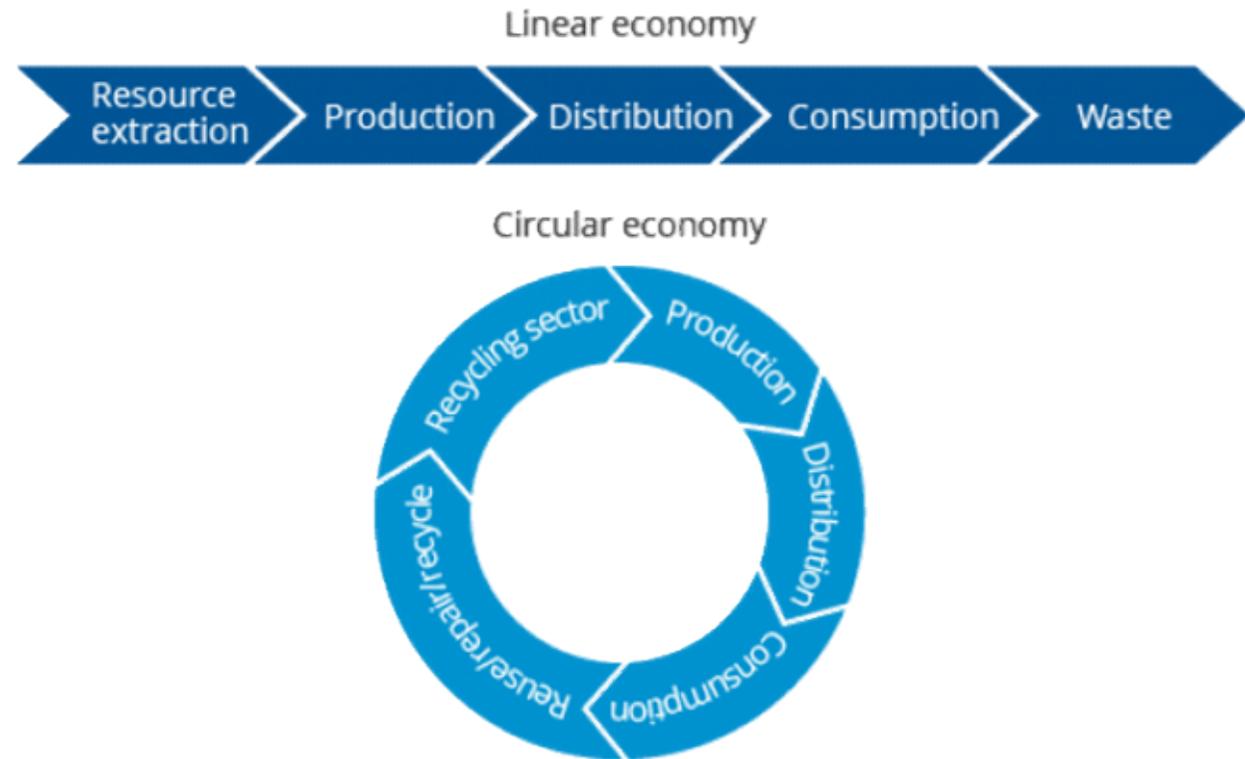


**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

La demolizione e, in qualche caso, la trasformazione di edifici, infrastrutture e manufatti divenuti obsoleti e che, nel corso del tempo, avevano perduto valore e utilità, ha da sempre accompagnato la storia dell'uomo; si è tuttavia quasi sempre trattato di attività non pianificate, guidate da esigenze e opportunità estemporanee.



Fino a pochi secoli or sono la demolizione degli edifici veniva principalmente effettuata allo scopo di recuperare materiali da costruzione (laterizi, pietrame, marmo, travature in legno, ecc.) innescando un ciclo virtuoso di recupero e riuso *ante litteram* che oggi verrebbe definito (e applaudito) come un esempio di economia circolare



Fino a tutto l'Ottocento grandi manufatti, opifici e infrastrutture a fine vita venivano, molto spesso, abbandonati ed eventualmente, demoliti, senza troppo curarsi degli impatti negativi che l'attività preesistente potesse avere arrecato all'ambiente o alla comunità.



La necessità di demolire, riconvertire o comunque alienare un bene che aveva esaurito il proprio ciclo di vita, **cancellando ogni traccia** visibile - e spesso invisibile – lasciata dall'attività (antropica) preesistente per lasciare spazio a qualche cosa di nuovo, è una esigenza che è andata evolvendosi solo a partire dal Novecento, primariamente per poter recuperare preziose aree, un tempo periferiche, poi inglobatesi nel tessuto urbano, in modo da poterle destinare a nuovo utilizzo.

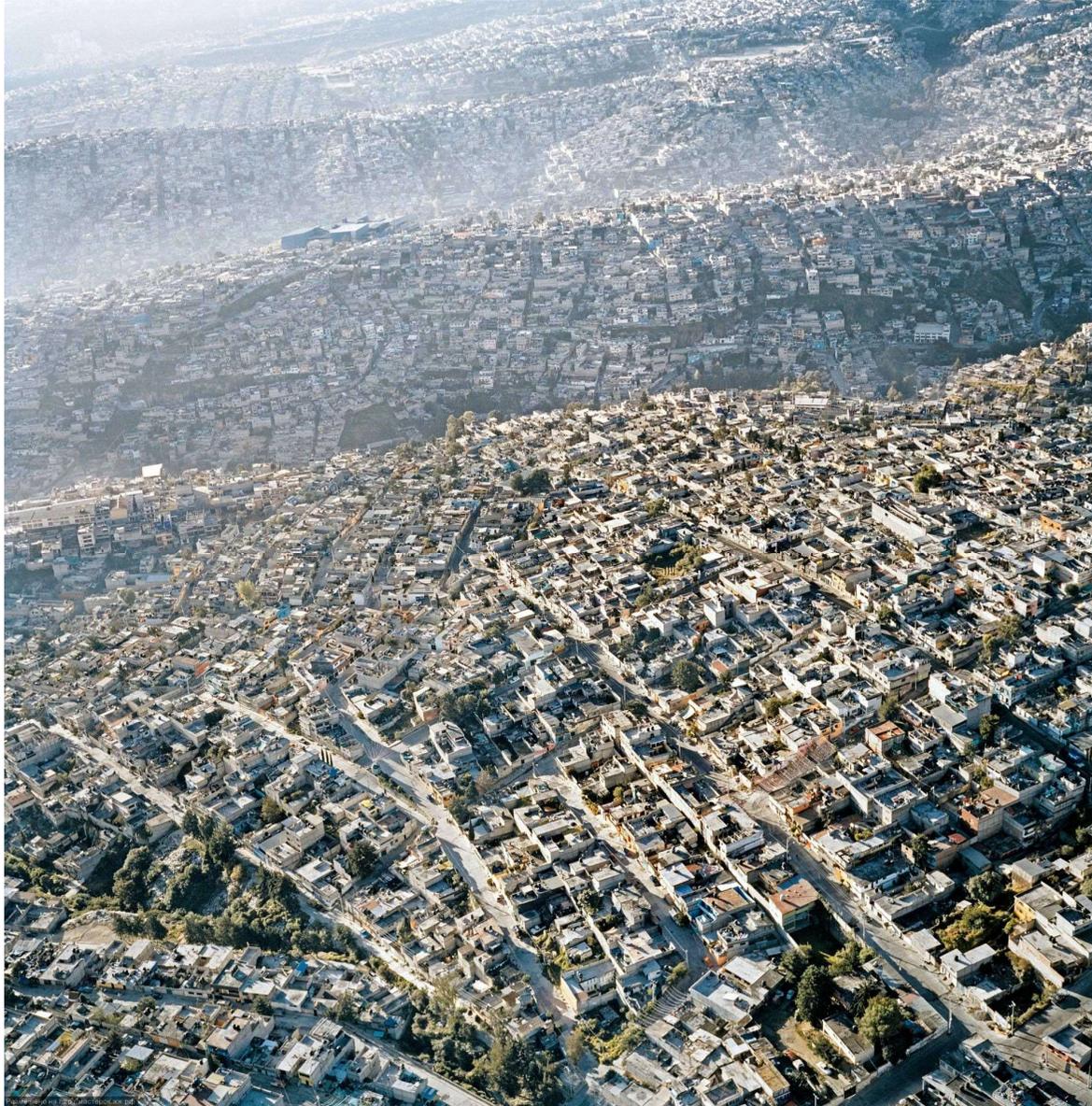




**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

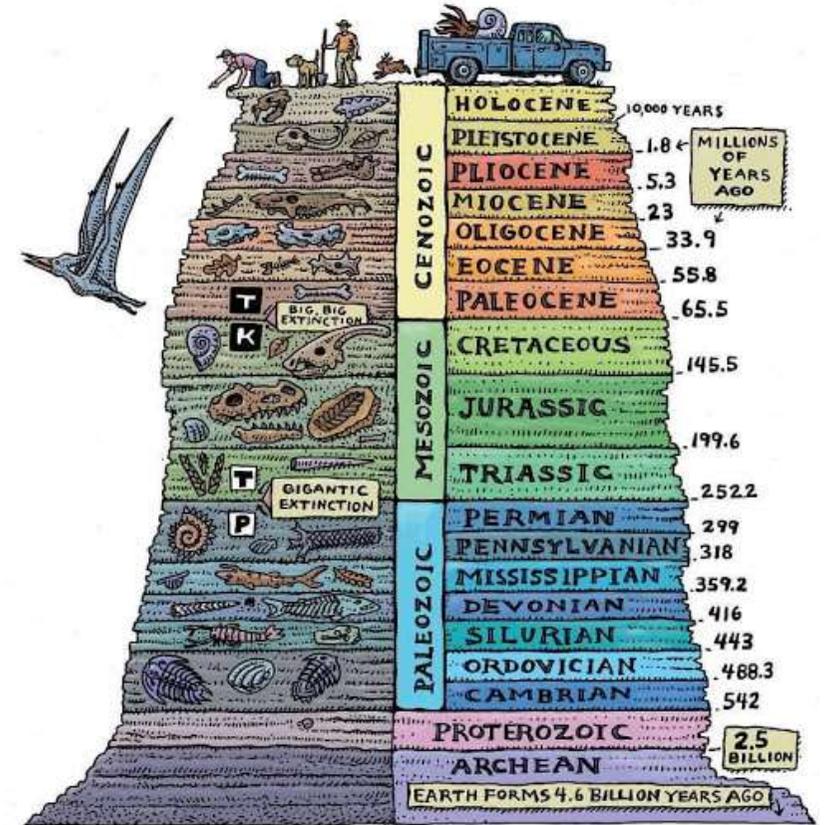
**antropizzare** v. tr. [der. di *antropo-*]. –  
In ecologia, produrre, da parte  
dell'uomo, alterazioni dell'ambiente  
naturale intese a trasformarlo al  
servizio di interessi umani (v.  
anche antropizzazione). ◆ Part.  
pass. **antropizzato**, anche come  
agg.: *natura antropizzata; ambienti  
naturali antropizzati*.



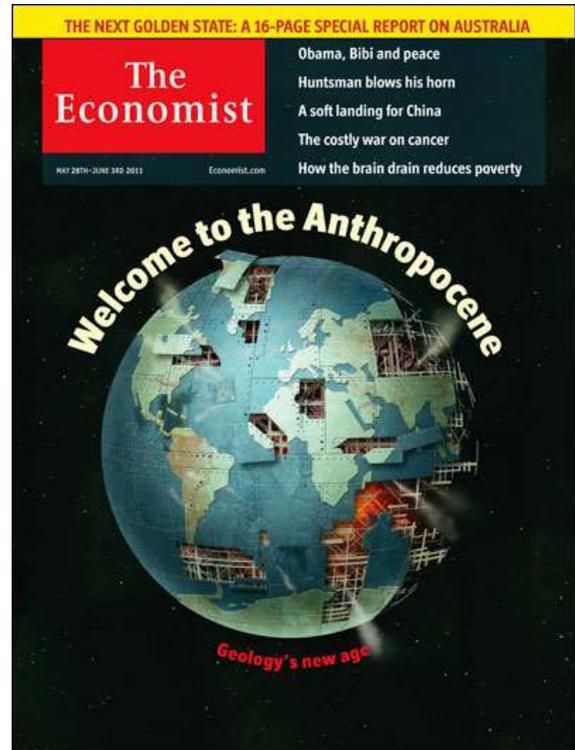
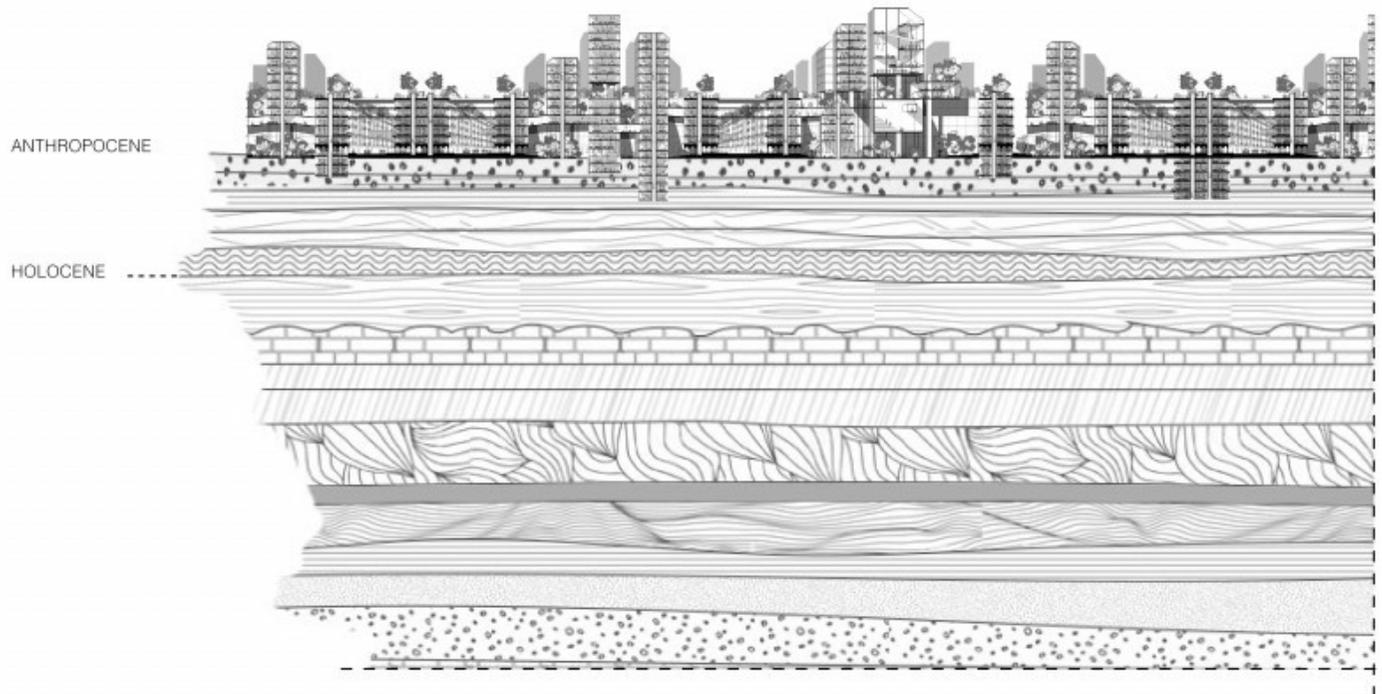


**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Il termine “antropocene” coniato dal premio Nobel Paul J. Crutzen rende bene l’idea della nuova epoca (successiva alla precedente “olocene” iniziata convenzionalmente circa 11.700 anni fa) connotandone, nel nome, l’apporto derivante dall’attività antropica...



TOPOLOGICAL TIMELINE

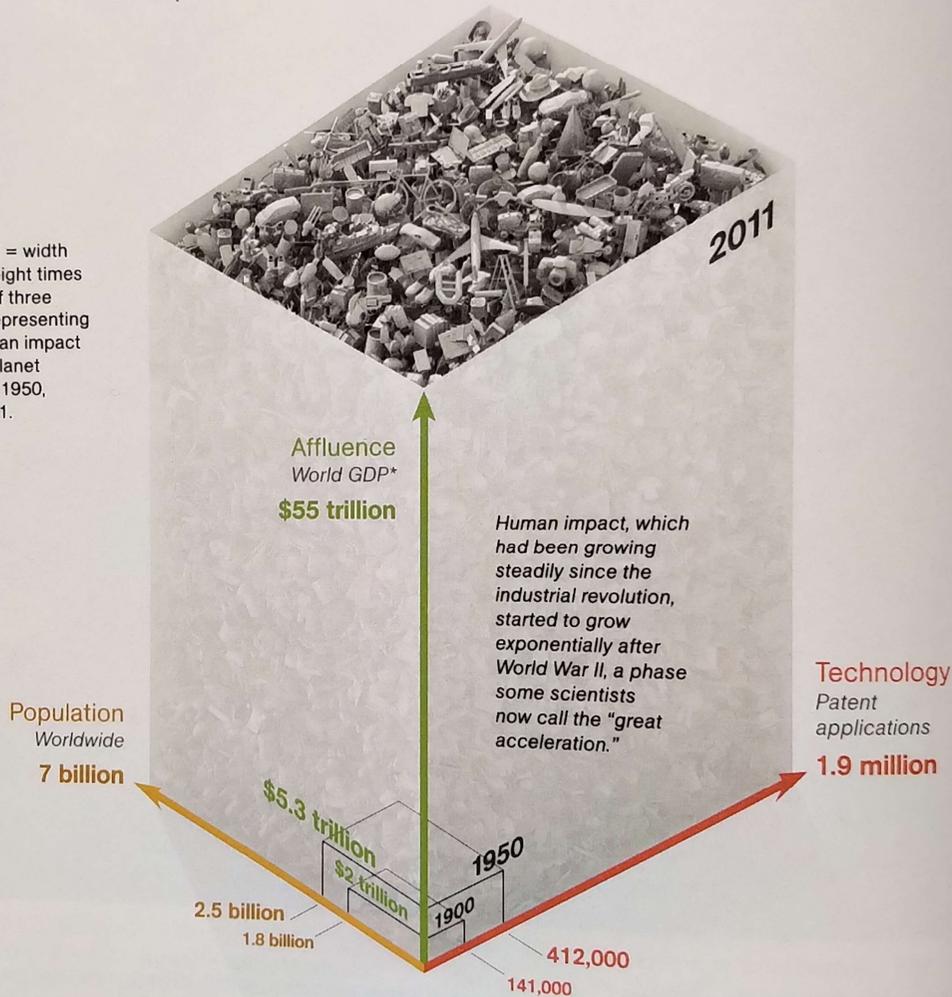


**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

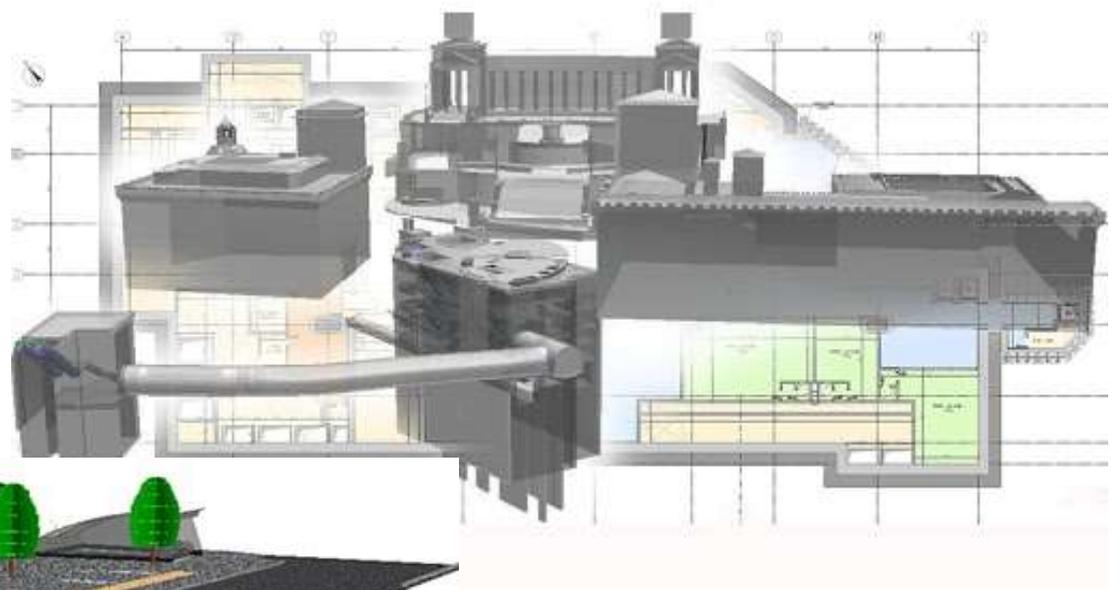
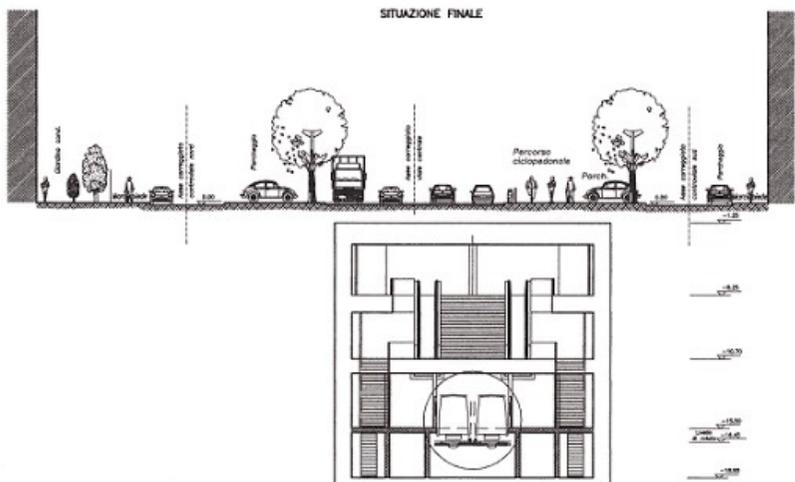
$$I = P \times A \times T$$

Human Impact = Population x Affluence x Technology

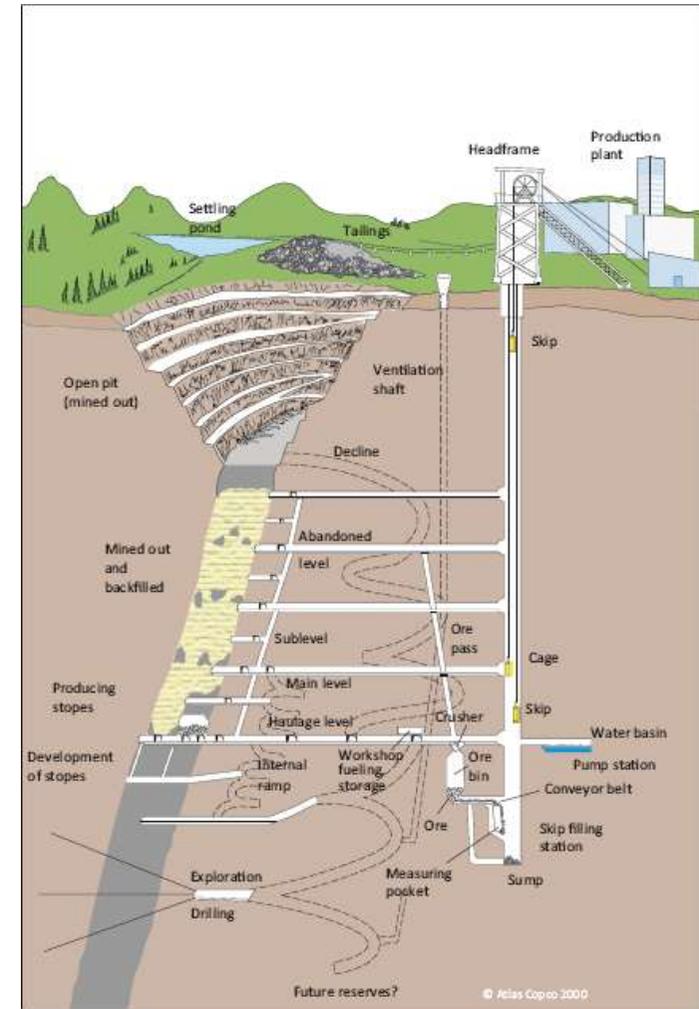
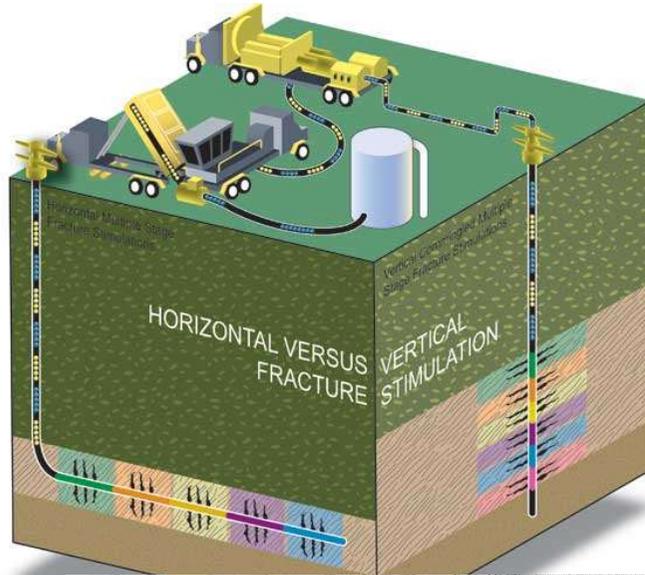
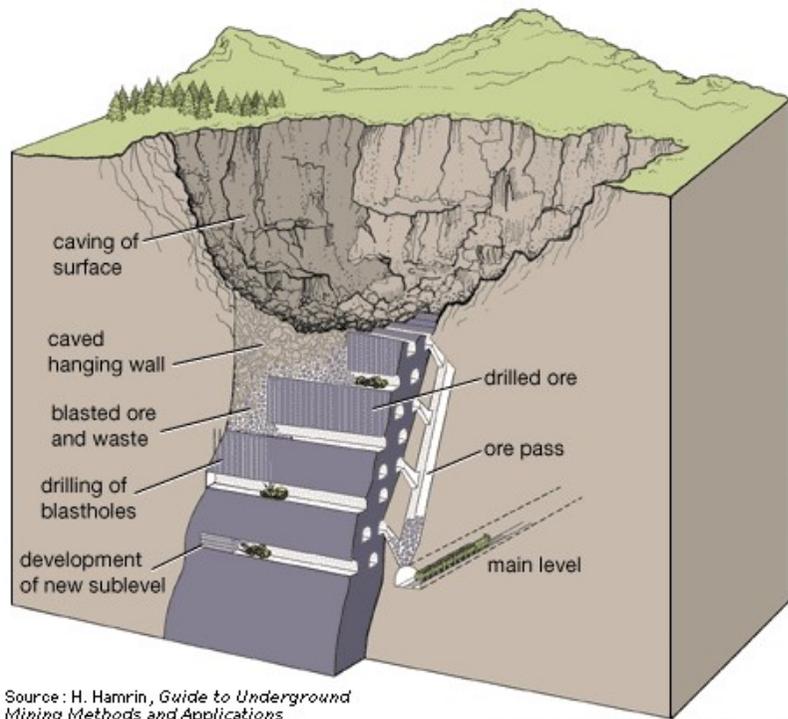
P x A x T = width times height times length of three boxes representing the human impact on the planet in 1900, 1950, and 2011.



**DE** Department of Engineering Ferrara



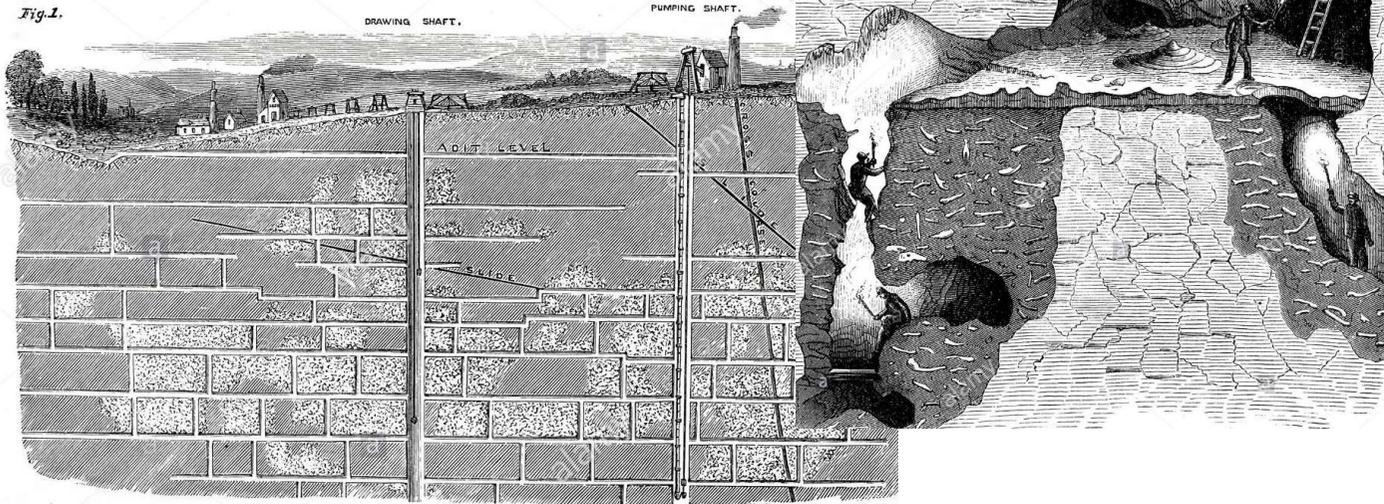
**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



Source: H. Hamrin, *Guide to Underground Mining Methods and Applications* (Stockholm: Atlas Copco, 1990)

© 2007 Encyklopedin Britanica, Inc.

Fig. 1.



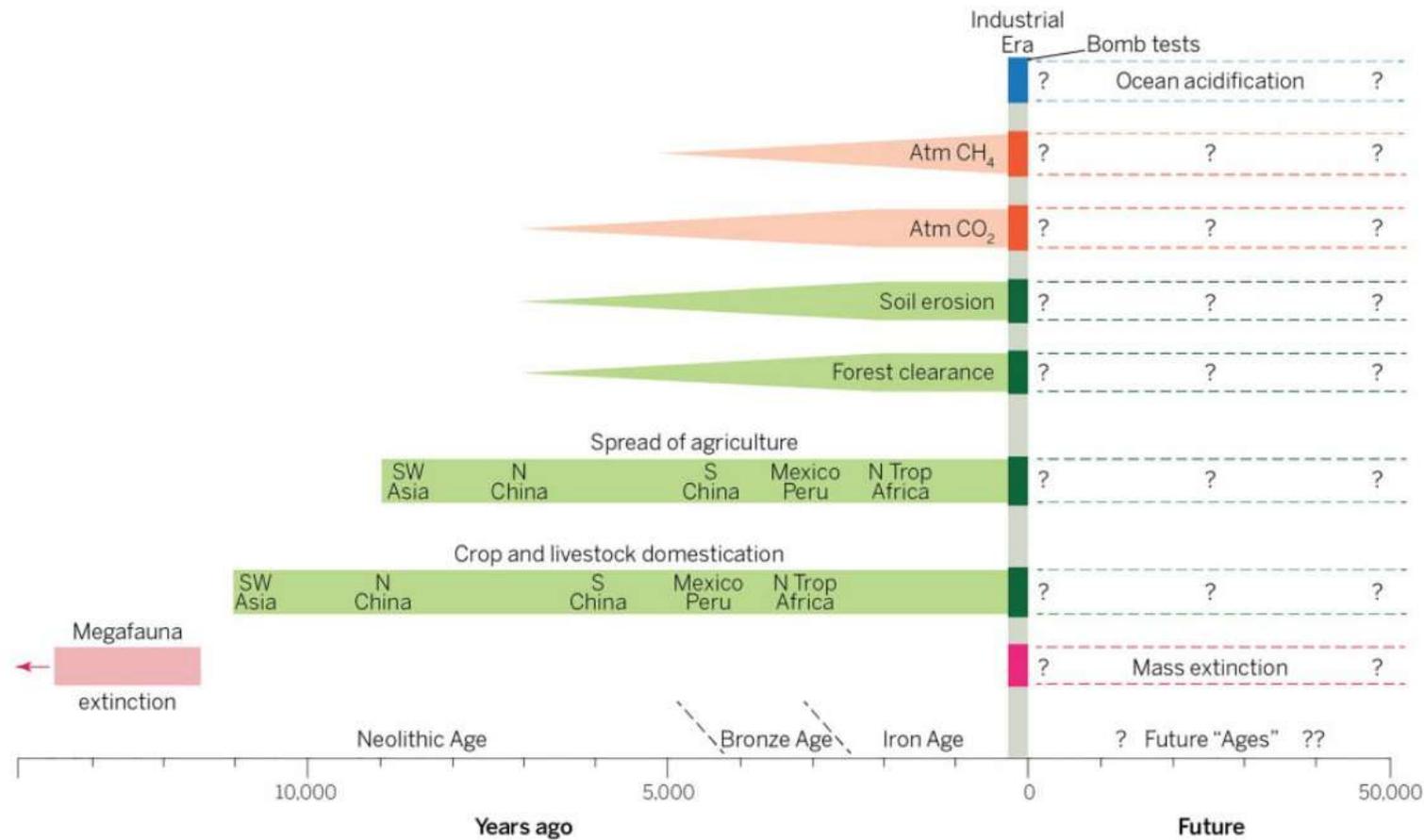
**DE** Department of Engineering Ferrara

La terra ha trovato una sostanziale stabilità climatica a partire, all'incirca, da 11 millenni fa.

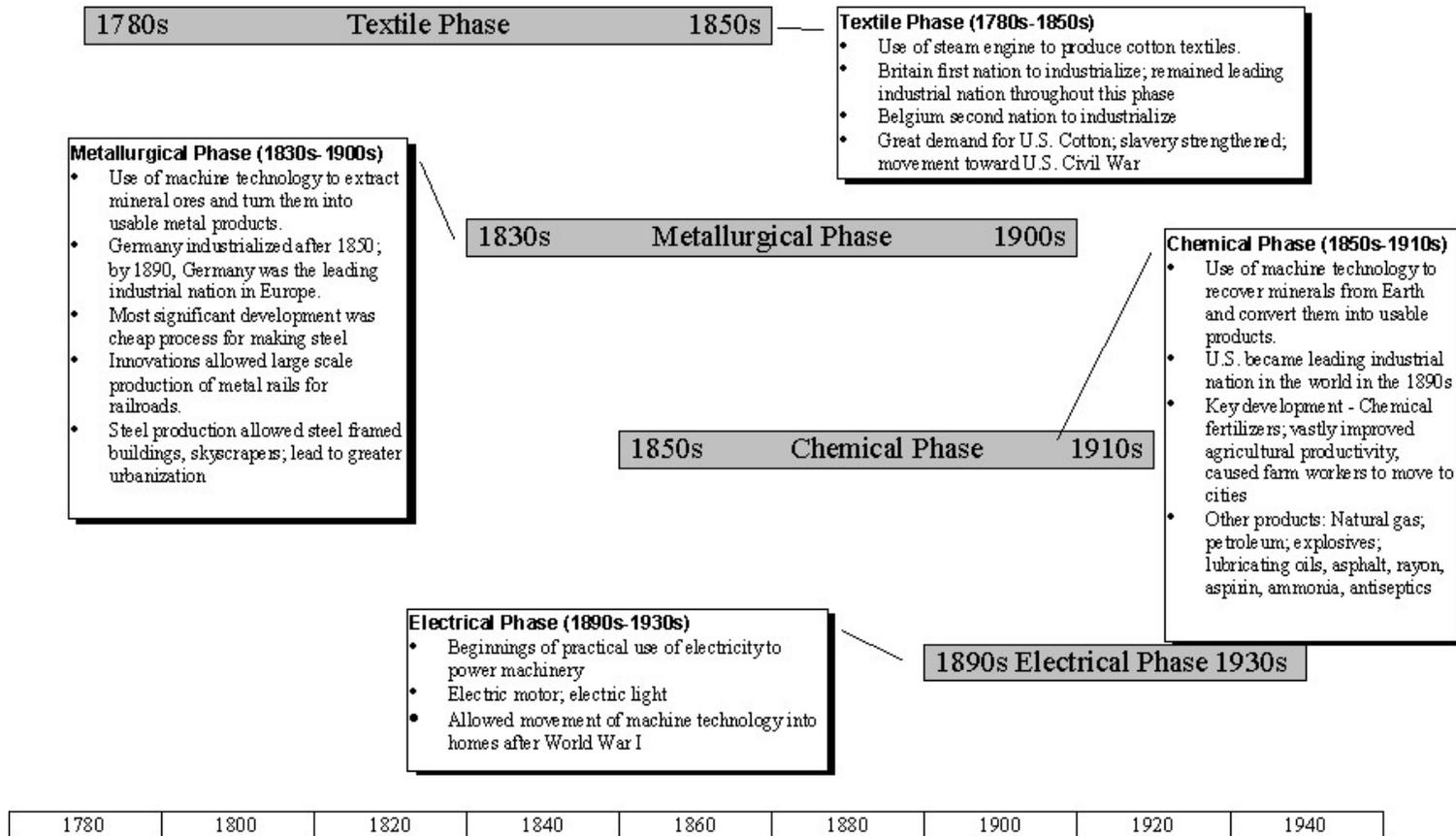
A partire dalla metà del 1700 – con la Prima Rivoluzione Industriale - si è registrato un progressivo aumento della temperatura media del globo a causa dell'aumento della concentrazione della  $\text{CO}_2$  e  $\text{NO}_x$  in atmosfera dovuta alla combustione, del carbone prima e degli idrocarburi poi, utilizzati per produrre il sempre crescente fabbisogno di energia e, in parte non irrilevante, dalla combustione dei motori termici e dei processi di sintesi della chimica di base (processo Haber-Bosch per la produzione dell'ammoniaca e altri).



## Long-term anthropogenic changes



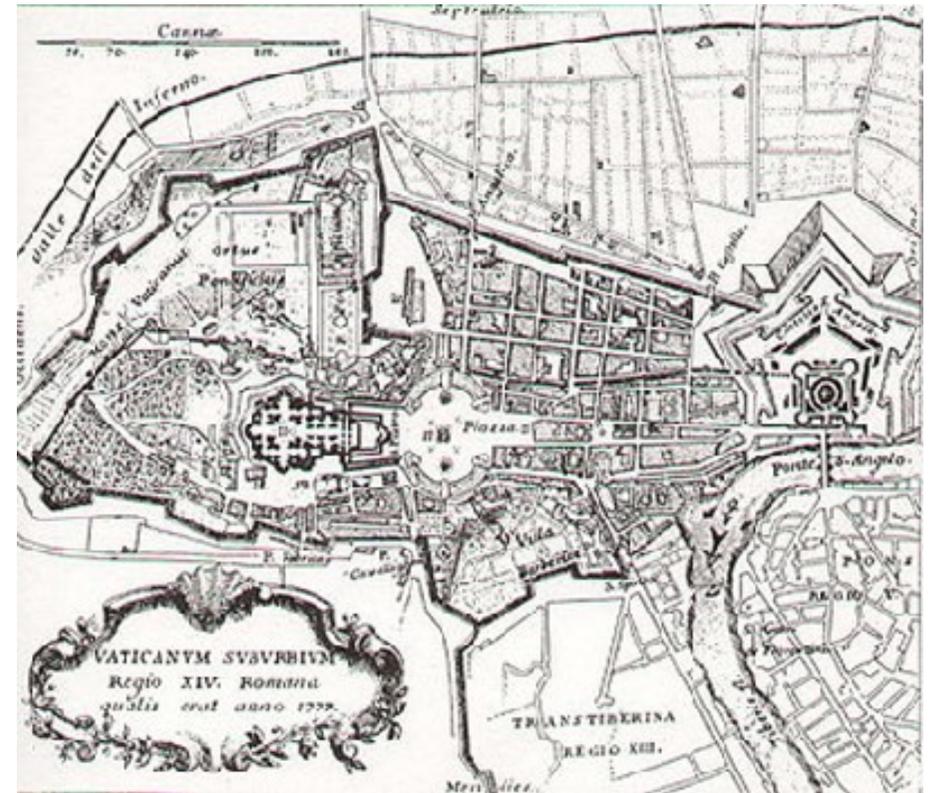
## The Industrial Revolution, 1780s-1930s



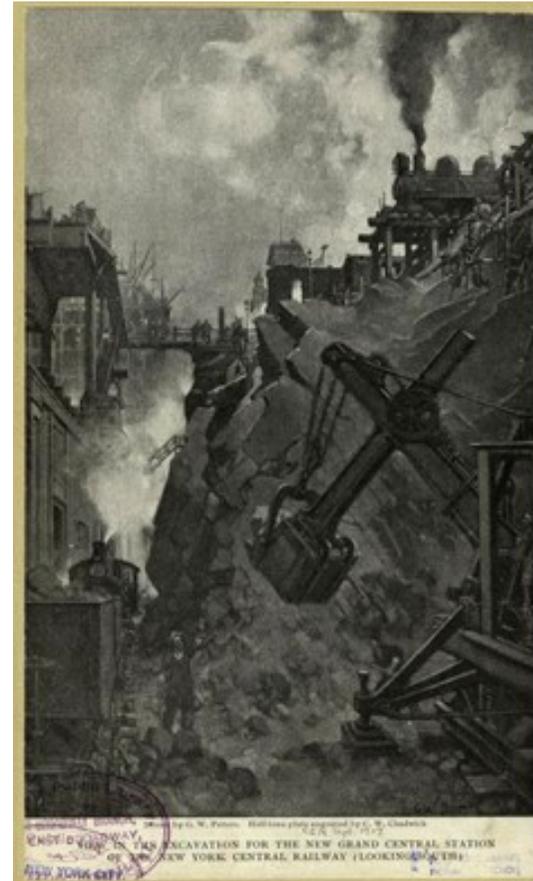
Storicamente la prima demolizione di grande estensione finalizzata a una riurbanizzazione che cancellasse (quasi) ogni traccia antropica precedente, è stata probabilmente quella operata tra il 1852 e il 1870 a Parigi dal barone Haussmann.



Viene spesso citata in letteratura anche la riurbanizzazione realizzata a Roma tra il 1936 e il 1937 nell'area occupata dal quartiere Borgo (in particolare nelle aree cosiddette Borgo Nuovo, Borgo Pio e Borgo S. Angelo) e che ha dato luogo all'attuale assetto cittadino nella zona prospiciente e circostante la basilica di S. Pietro.



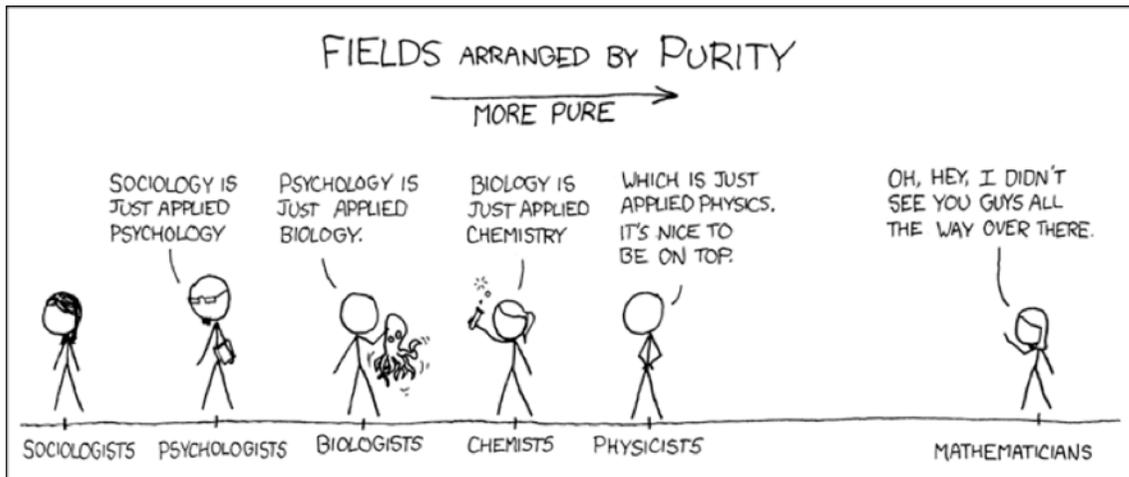
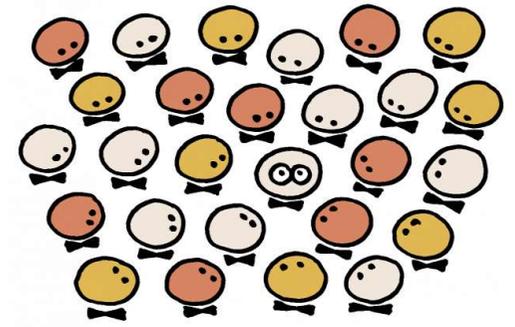
Un tipico esempio di decommissioning urbano di tipo prettamente infrastrutturale è invece quello rappresentato dalla demolizione della Grand Central Station di NYC; fu effettuato all'inizio del Novecento per fare spazio al complesso multifunzionale ancora oggi conosciuto come Grand Central Terminal



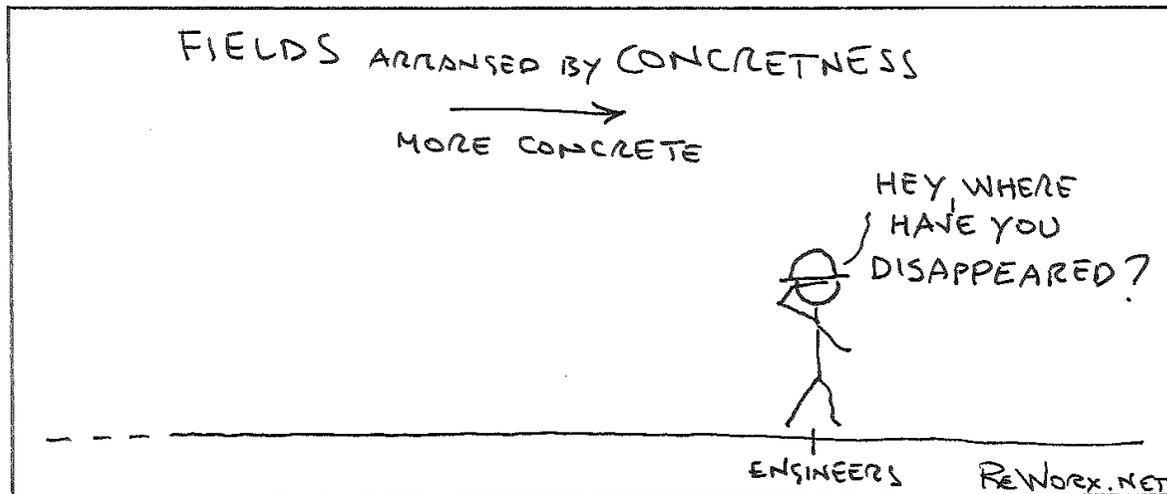
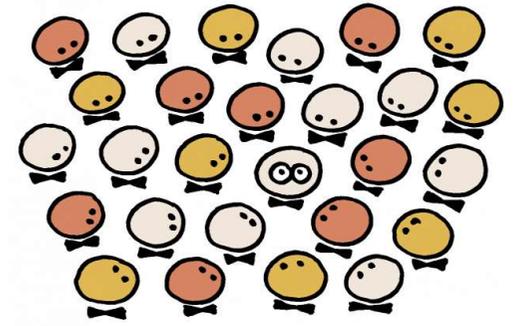
In tempi recenti la necessità di recuperare e riconvertire aree industriali, infrastrutture, edifici e manufatti di ogni genere, la necessità di **eliminare rischi per la popolazione e per l'ambiente** e altre motivazioni hanno fatto sì che si sviluppasse una vera e propria specialità ingegneristica volta a “progettare” la dismissione con un approccio gestionale del tutto simile a quello necessario per la realizzazione di una nuova opera con la eventuale aggiunta di qualche ulteriore fase logica.



Ciò ha portato alla nascita di quella che oggi viene chiamata **decommissioning engineering**, disciplina che integra le competenze di ingegneri, chimici, biologi, geologi, geofisici, scienziati ambientali, architetti, urbanisti, agronomi, antropologi, sociologi, economisti, giuristi, storici, ecc.



Con le inevitabili frizioni tra le varie categorie professionali per assicurarsi la leadership interdisciplinare...



La **decommissioning engineering** non rappresenta, ad oggi, una disciplina codificata, sebbene l'insegnamento di *decommissioning civile e industriale*, attivato dal 2015 presso questo Ateneo costituisca un primo tentativo di inquadramento accademico.

I confini di questa disciplina sono ancora incerti e suscettibili di tante e importanti evoluzioni nei prossimi anni soprattutto pensando alla commistione di competenze che occorrono per svilupparla compiutamente.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Recuperare significa, in senso letterale «**trasformare un oggetto non più utile in un oggetto completamente nuovo**»; applicato ad un contesto urbano significa trasformare una area precedentemente produttiva o antropizzata e poi successivamente abbandonata, in una area nuovamente fruibile anche se con una differente destinazione d'uso rispetto all'originale (*adaptive re-use*).



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Il recupero urbano è spesso definito come quel processo di trasformazione fisica, sociale e culturale di edifici o di aree più o meno vaste o di intere città indirizzato a salvaguardare la memoria storica, ad elevare il livello culturale e al contempo a migliorare la vivibilità di una comunità.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Da un punto di vista operativo le attività di decommissioning sono ancora oggi caratterizzate, sia in Italia che in altre parti del mondo, mondo da un quadro normativo di riferimento estremamente frammentato e incerto.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Secondo uno studio condotto dal Massachusetts Institute of Technology (MIT) un progetto di decommissioning deve perseguire i seguenti obiettivi:

- migliorare l'ambiente e la salute pubblica;
- eliminare i segni derivanti dall'inquinamento esistente;
- invertire i trend di disoccupazione e frustrazione sociale;
- accrescere il valore delle proprietà immobiliari e il gettito fiscale correlato;
- ottenere significativi risparmi riguardo gli investimenti nelle infrastrutture ottimizzando le infrastrutture sottoutilizzate già esistenti;
- stimolare la crescita economica generale del territorio;
- aumentare la disponibilità degli spazi destinati allo sviluppo immobiliare mantenendo inalterato o migliorando il rapporto con le aree destinate a verde pubblico.



**Massachusetts  
Institute of  
Technology**



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Secondo alcuni studiosi, il recupero adattivo di edifici e siti industriali deve, inoltre, integrare i seguenti principi fondamentali:

- essere duraturo e adattabile alla nuova funzione;
- ottemperare al meglio alla funzione per la quale viene riconvertito;
- integrarsi con il contesto in cui è inserito;
- risultare esteticamente piacevole sia ai residenti che ai passanti;
- risultare sostenibile da un punto vista energetico, ambientale e sociale.



I benefici che è possibile ottenere dal recupero di un sito dismesso sono dunque molteplici.

Di carattere **economico**:

- attrarre investimenti;
- aumentare il gettito fiscale;
- migliorare la competitività del territorio;
- incrementare il valore delle proprietà immobiliari;
- migliorare l'efficienza delle infrastrutture urbane e le risorse del territorio.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

## Di carattere **sociale**:

- incrementare le opportunità di lavoro;
- aumentare la convenienza delle opportunità abitative per i residenti;
- migliorare la qualità della vita dei residenti;
- diminuire i rischi per la salute dei residenti.

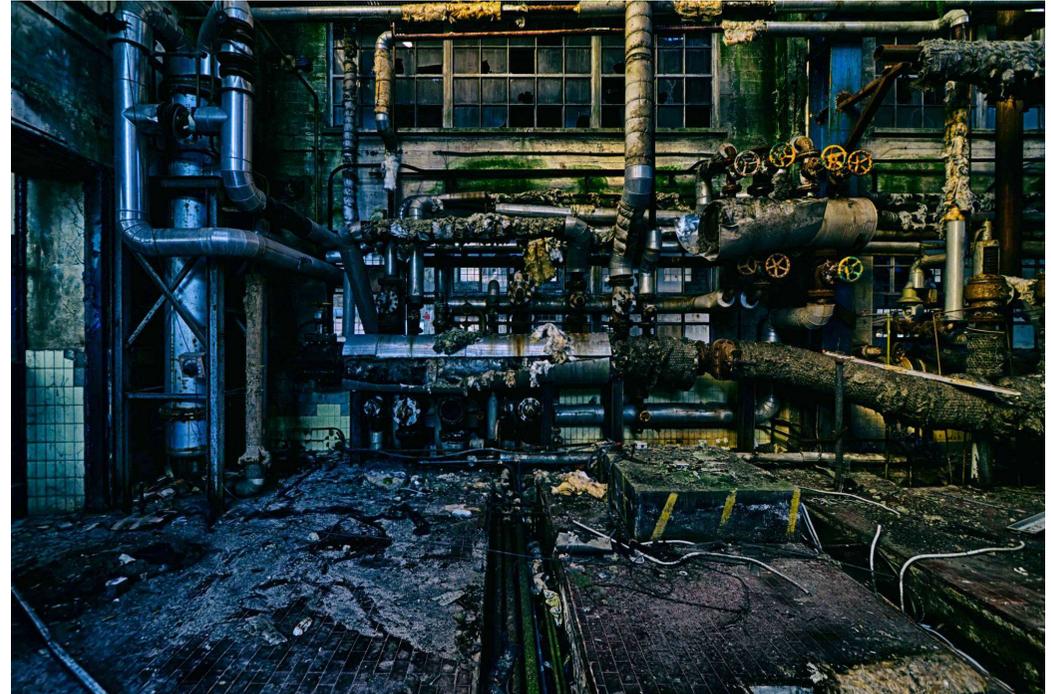


## Di carattere **ambientale**:

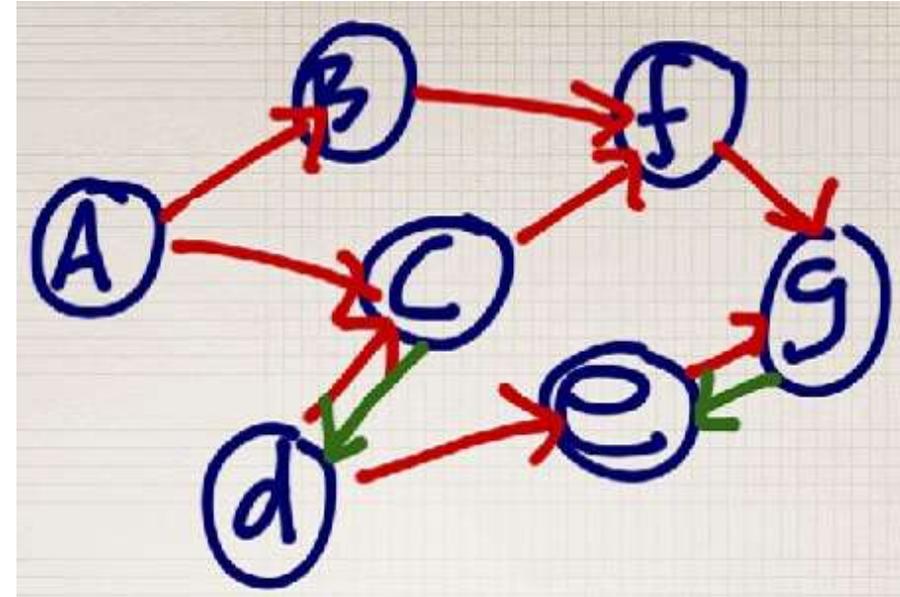
- migliorare la qualità dell'ambiente urbano;
- ridurre le emissioni dei gas serra;
- sviluppare l'urbanizzazione salvaguardando gli spazi verdi.



Più o meno tutti i progetti di decommissioning presentano specifiche problematiche; alcuni settori, per scarsa cultura tecnica e gestionale, per la pericolosità delle sostanze impiegate nei processi produttivi (e ancora presenti nei siti) risultano però molto più critici di altri.



Per rendere più **rapide, economiche e sicure** le attività di decommissioning occorrerebbe, idealmente, che durante tutta la vita operativa dell'insediamento o del manufatto venisse mantenuta una **tracciabilità** relativamente a tutti quegli **aspetti sensibili** - strutturali, di potenziale energetico, di nocività per la salute dell'uomo, di pericolo per l'ambiente, ecc. – aventi un **impatto** fondamentale al momento della **dismissione**.



Per quanto riguarda siti produttivi realizzati decenni or sono, il livello di tracciabilità relativamente ai predetti aspetti sensibili è in moltissimi casi, assai ridotto e pertanto si è costretti a procedere a dismissioni parziali o complete senza documentazioni e informazioni di supporto quali disegni *as-built* strutturali e impiantistici, schemi di marcia degli impianti, censimento delle sostanze pericolose, informazioni sullo stato di energizzazione e così via.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

E', in generale, nella **messa in sicurezza**, ancor prima che nella progettazione della demolizione o della riconversione, che si concentrano le maggiori criticità di qualsiasi processo di decommissioning: **disenergizzazione, bonifica e messa in sicurezza strutturale** sono le tre macro aree sulle quali bisogna focalizzare l'attenzione prima di procedere con qualsiasi altra attività.



Altrettanto importante sarebbe che durante la vita di una qualsiasi insediamento industriale o di una qualsiasi infrastruttura venissero **accantonate**, da chi ne detiene la proprietà o ne ha in carico la gestione, le **risorse finanziarie** sufficienti a garantirne il decommissioning a fine vita senza che i relativi costi ricadano sulla comunità



Lo stato di degrado degli impianti meccanici e di processo, la presenza ubiquitaria di **sostanze variamente pericolose per l'uomo e per l'ambiente**, la presenza di **potenziali energetici residui**, **l'ammaloramento delle strutture** in laterizio, in acciaio o in calcestruzzo armato (per quelle più recenti) rendono frequente la necessità di operare interventi di **disenergizzazione, bonifica e ripristino strutturale** estremamente onerosi, prima di pensare a qualsiasi intervento successivo (demolizione, decostruzione, riadattamento).



Il decommissioning è un processo caratterizzato da problematiche complesse e inusuali che riguardano sia l'ambiente naturale che aspetti sociali dove la sicurezza e la salute dell'uomo sono aspetti prioritari; non sono da trascurare aspetti tecnologici ed economici soprattutto in settori dove le esperienze sono più limitate.



Più o meno tutti i progetti di decommissioning presentano specifiche problematiche; alcuni settori, per scarsa cultura tecnica e gestionale, per la pericolosità delle sostanze impiegate nei cicli produttivi e per assenza di vincoli normativi (caso frequente nel passato), risultano però molto più critici di altri.



Studi dell'International Labour Organization e di varie ONG affermano, ad esempio, che l'attività di *shipbreaking* – così come viene effettuata in India, Pakistan e Bangladesh (dove oltre il 90% delle navi vengono portate per essere demolite) – è la più pericolosa attività lavorativa praticata al giorno d'oggi dall'uomo, considerando il numero di infortuni gravi e mortali e l'insorgenza di malattie professionali in rapporto al numero di addetti.



Se è vero che i costi di un qualsiasi *decommissioning* sono di norma largamente inferiori rispetto a quelli (attualizzati) necessari per la realizzazione iniziale, le problematiche che occorre affrontare sono, viceversa, generalmente più complesse e delicate e il processo può richiedere tempi notevolmente più lunghi di quelli che sono stati necessari in origine per la costruzione.



## Diapositiva 50

---

**RN1** Roberto Nicolucci; 12/01/2020

**RN2** Roberto Nicolucci; 12/01/2020

Sono moltissimi i fattori che incidono sul quadro economico di un progetto di *decommissioning*: ad esempio la scelta delle tecniche di demolizione e smontaggio più opportune e la relativa analisi economica, è dettata molto spesso da vincoli temporali, dalle condizioni ambientali e antropiche al contorno, dalla presenza di agenti di rischio di natura chimica, fisica, biologica palesi o occulti dalla volontà di riconvertire il manufatto lasciandone inalterate integralmente o parzialmente una o più parti, dalla scelta di recuperare in modo selettivo i materiali utilizzati.



In alcuni settori industriali il termine decommissioning viene anche impiegato per fare riferimento ad una attività di fermata della produzione e di messa in sicurezza a tempo determinato; la fermata temporanea può essere dettata da ragioni strategiche, dall'andamento del mercato, dalla necessità di un revamping per ammodernamento o miglioramento o dalla necessità di una riconversione ad altro processo.



Per questo tipo di fermata temporanea e reversibile gli anglosassoni utilizzano frequentemente il più appropriato termine **mothballing**, che letteralmente significa "mettere in naftalina"



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Purtroppo, soprattutto in alcuni settori (siderurgico, minerario, ecc), il termine «mothballing» viene utilizzato in modo inappropriato anche quando è già chiara una strategia di totale dismissione dell'attività. Per questo motivo questo termine è spesso associato a tensioni sociali negative.



E' possibile distinguere almeno **SETTE** differenti approcci ai processi di decommissioning ciascuno caratterizzato da uno specifico contesto «produttivo», quadro normativo, criticità, tecnologie, modalità operative e gestionali, ecc.

1. **edifici e infrastrutture**
2. **insediamenti industriali**
3. **centrali nucleari**
4. **siti minerari**
5. **oil&gas offshore**
6. **insediamenti militari**
7. **shipping**



# 1. Decommissioning civile e infrastrutturale (edifici, opere idrauliche, strade, ponti, ferrovie, porti, stazioni, ecc.)

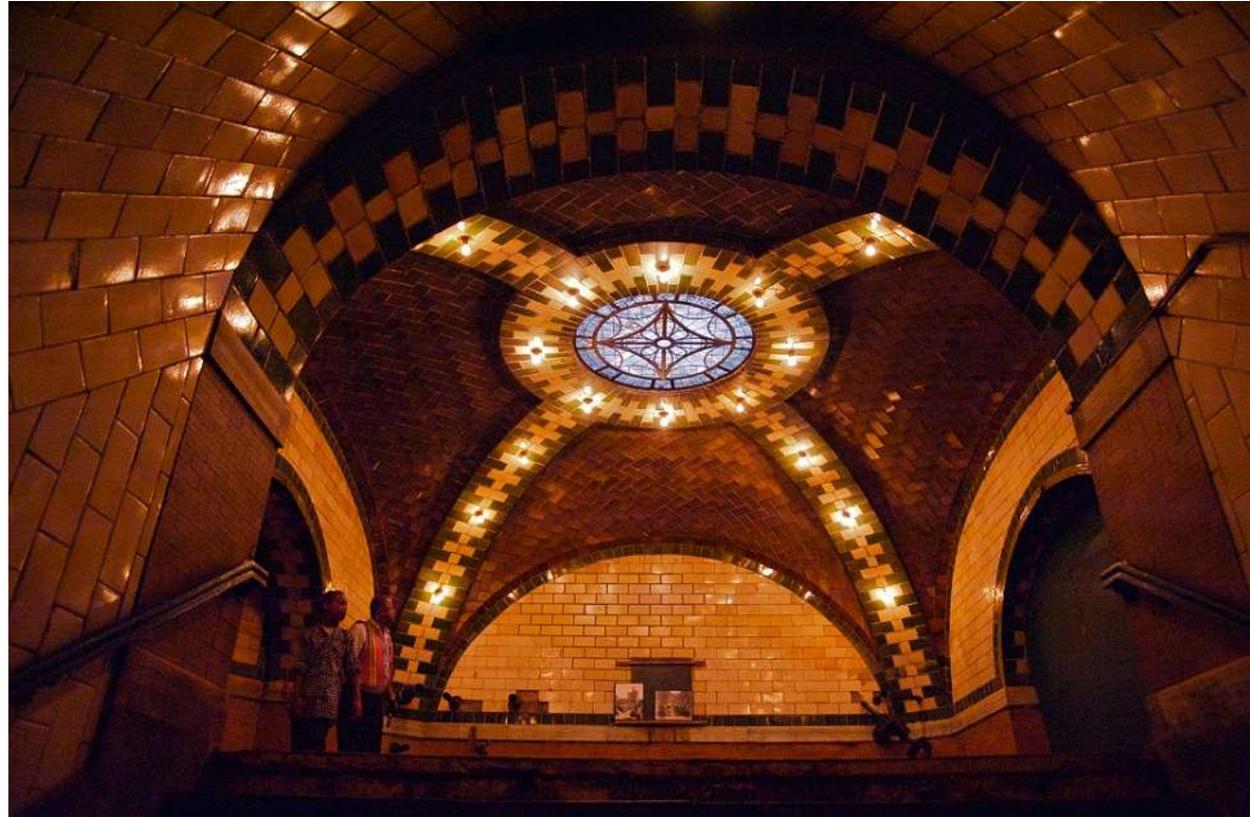




**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



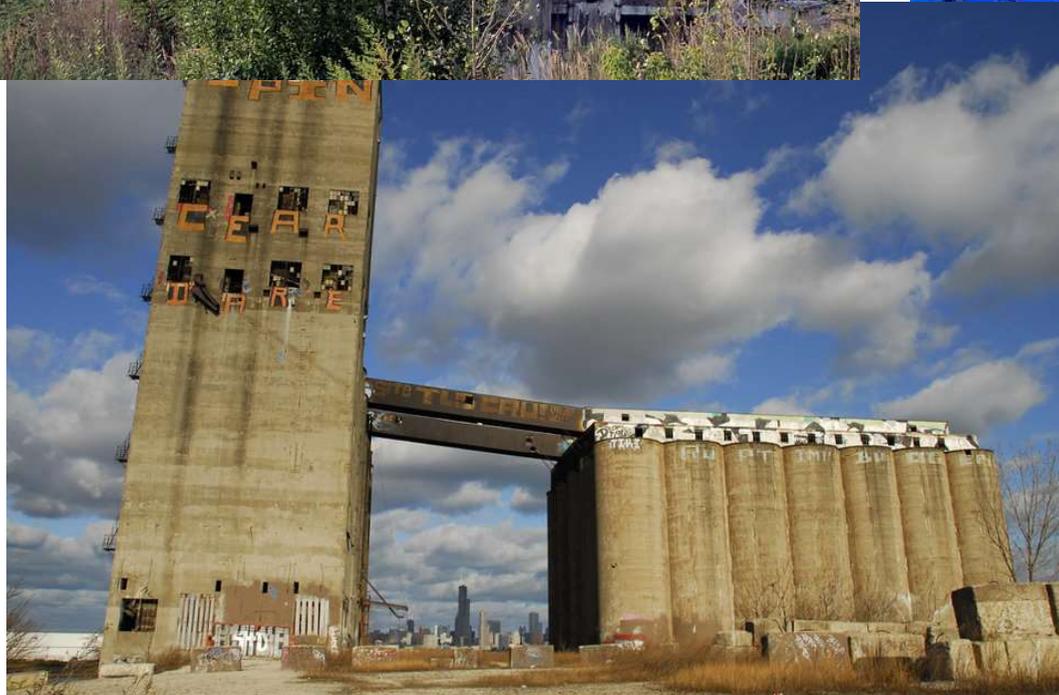
**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



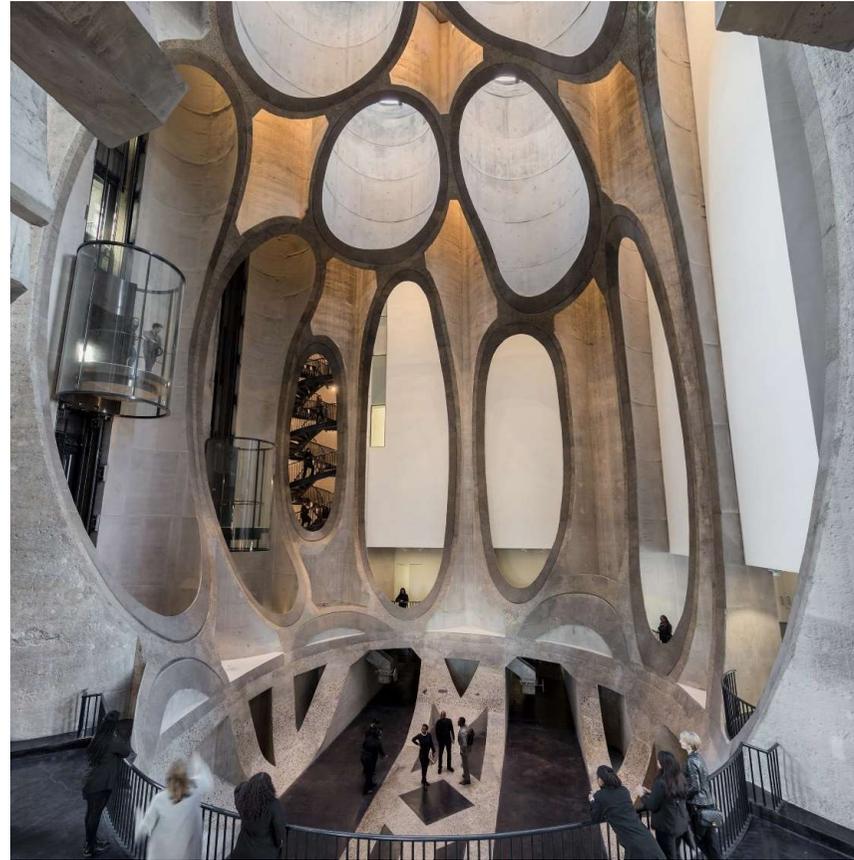
**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

## 2. Decommissioning industriale (manifatturiero, agroalimentare, petrolchimica, siderurgia, produzione energia non nucleare, ecc.)





**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



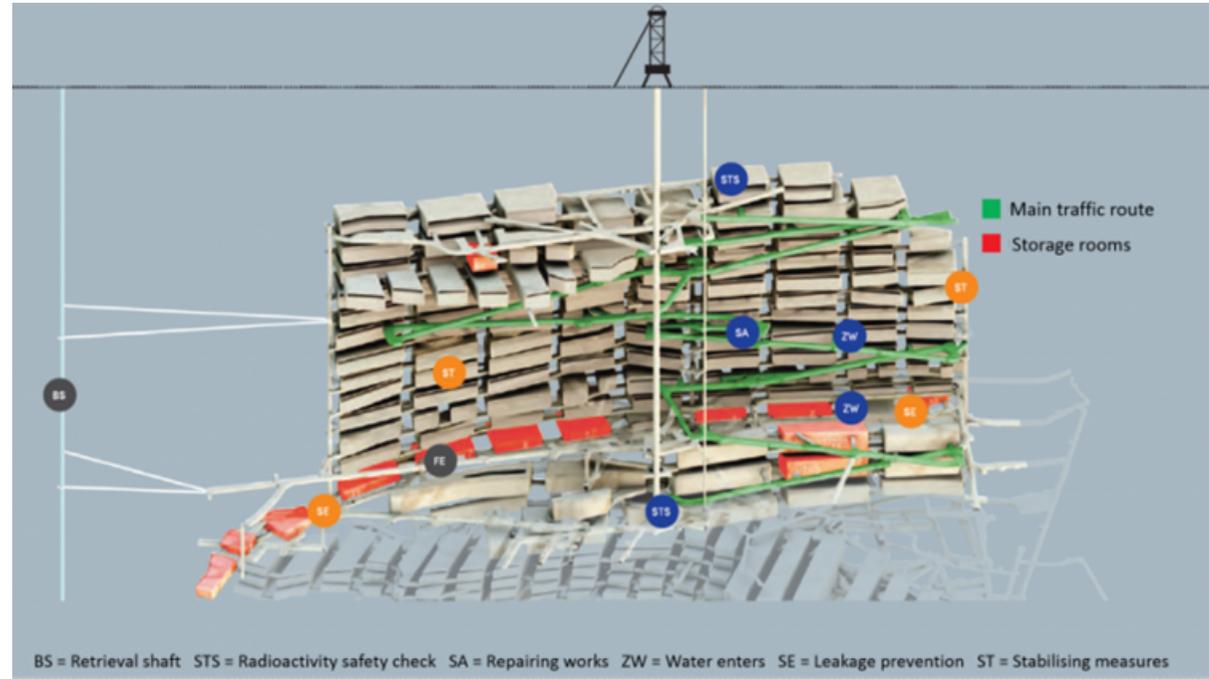
**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



### 3. Decommissioning nucleare



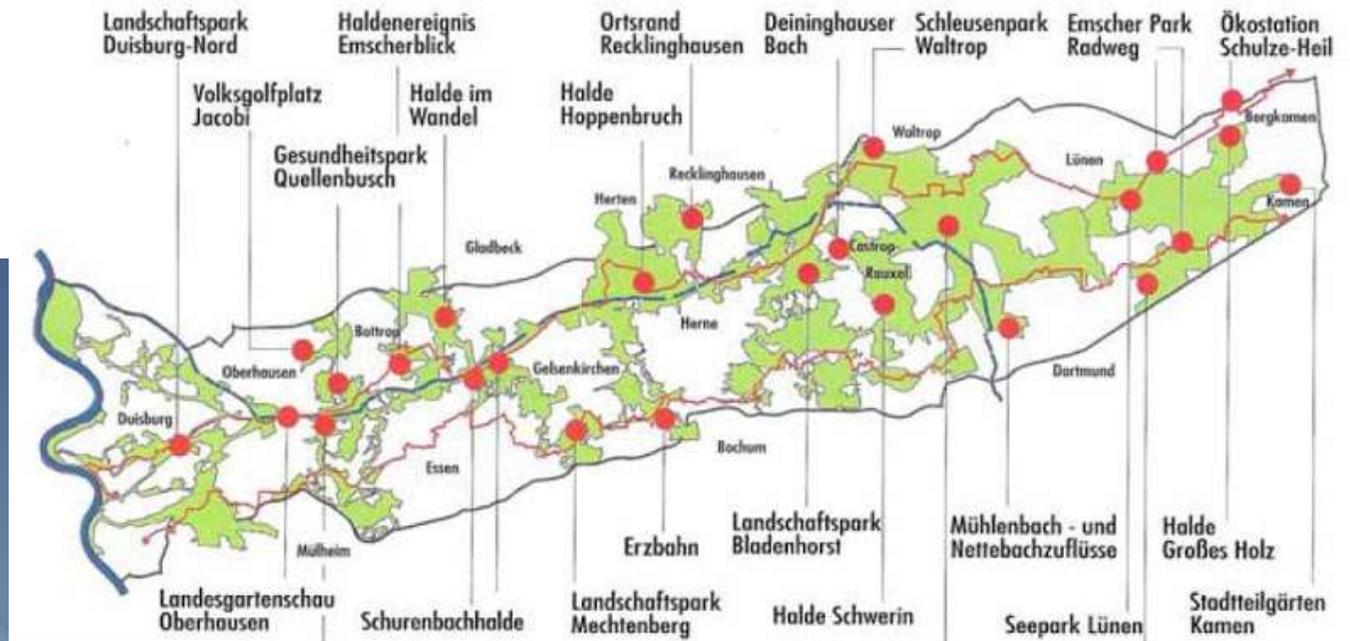
**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



## 4. Decommissioning minerario



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

## 5. Oil&gas offshore



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

# *Decommissioning the UKCS*

## The North Sea's next chapter?



*What does the future hold?*

Reefs?



Wind?



Carbon Capture?

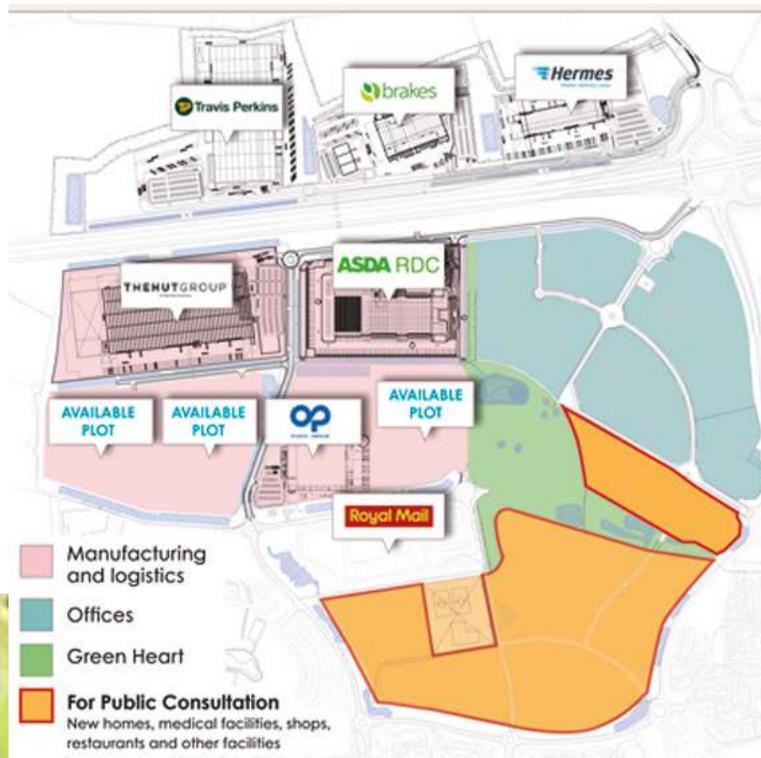


**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

## 6. Insediamenti militari



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



**DE** Department of Engineering Ferrara

# 7. Shipping



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

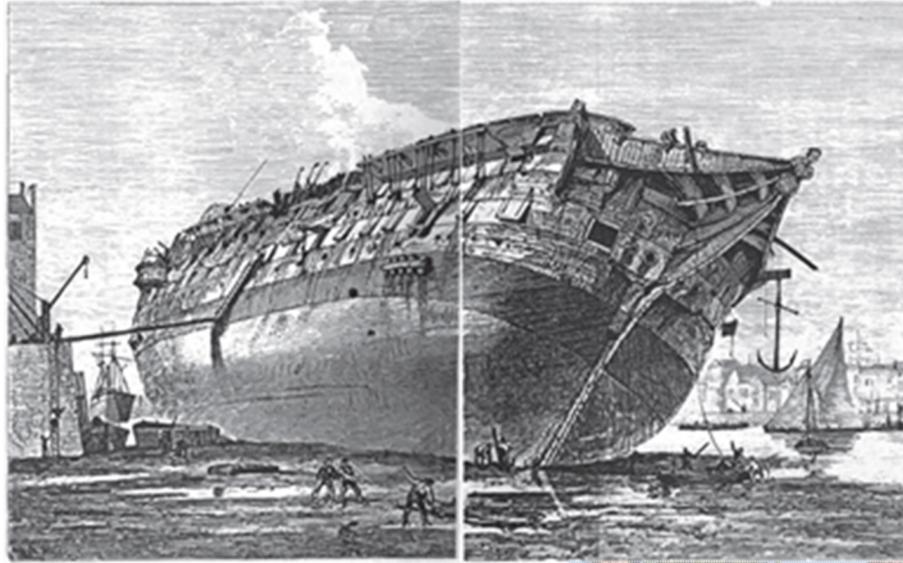


**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Numerosi esempi di abitazioni realizzate con travature lignee provenienti dallo smantellamento di navi da carico si trovano in varie parti del Nord Europa.

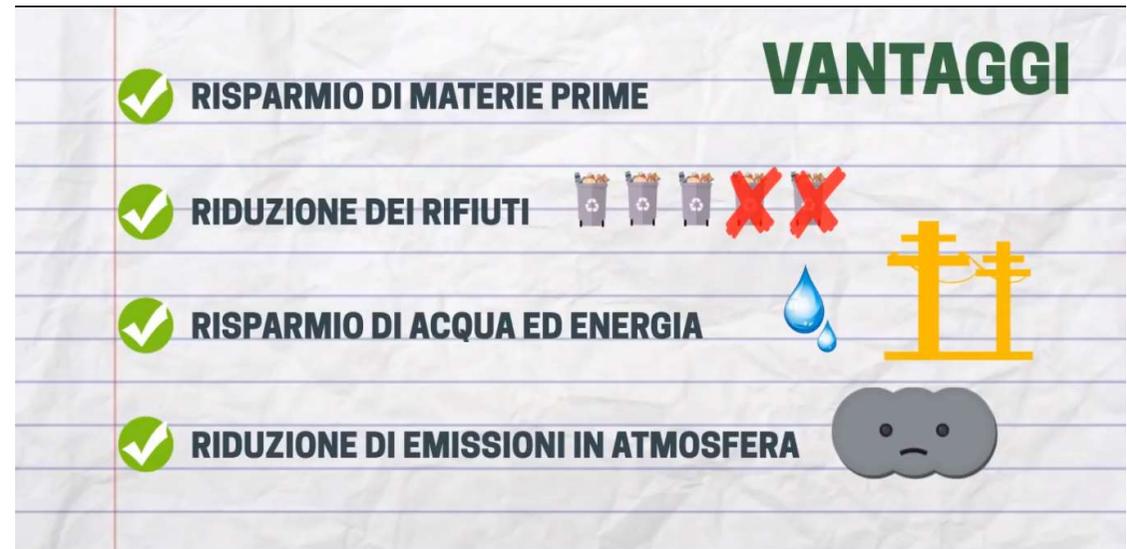


SETTORE	RISCHIO SOSTANZE PERICOLOSE/POTENZIALI ENERGETICI RESIDUI	RISCHIO STRUTTURALE	CONTAMINAZIONE AMBIENTE (esclusi casi incidentali)	POSSIBILI TA' DI RIUSO ADATTIVO	POSSIBILITA' DI RECUPERO MATERIALI/IMPIANTI
CIVILE/ INFRASTRUTTURALE	BASSO	MEDIO/ALTO	BASSA	ALTA	BASSA/MEDIA
INDUSTRIALE	MEDIO/ALTO	ALTO	MEDIA	MEDIA	MEDIA/ALTA
NUCLEARE	ALTO	BASSO	NULLA	NULLA	MEDIA
MINERARIO	MEDIO/ALTO	MEDIO	MEDIA/ALTA	ALTA	BASSA
OIL&GAS OFFSHORE	MEDIO/ALTO	MEDIO	BASSA	BASSA	ALTA
MILITARE	MEDIO/ALTO	MEDIO	MEDIA/ALTA	ALTA	BASSA
NAVALE	ALTO	MEDIO/ALTO	NULLA (potenzialmente alta durante il decom)	BASSA	ALTA

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5



Dal punto di vista del bilancio globale delle emissioni (un argomento sicuramente di attualità in un'epoca di *low-carbon economy*) l'impatto apportato da un progetto di recupero, a parità di volumetrie fruibili, risulta sempre sensibilmente inferiore rispetto a quello prodotto da una nuova realizzazione.



L'energia che è necessaria per recuperare e riciclare l'alluminio è pari ad un ventesimo di quella necessaria ad estrarlo dalla bauxite, raffinarlo e immetterlo in commercio come semilavorato. Altri materiali comportano vantaggi in termini energetici più ridotti, ma sempre convenienti senza dimenticare che in questo modo non vengono depauperate preziose risorse naturali.



L'interesse manifestato negli ultimi 100 anni dai paesi occidentali prima e orientali poi, nei confronti del rottame ferroso (*steel scrap* o *scrap steel*) è legato all' utilizzo nella cosiddetta **siderurgia di integrazione** il cui ciclo produttivo è notevolmente più semplice rispetto a quello della **siderurgia a ciclo integrale**.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

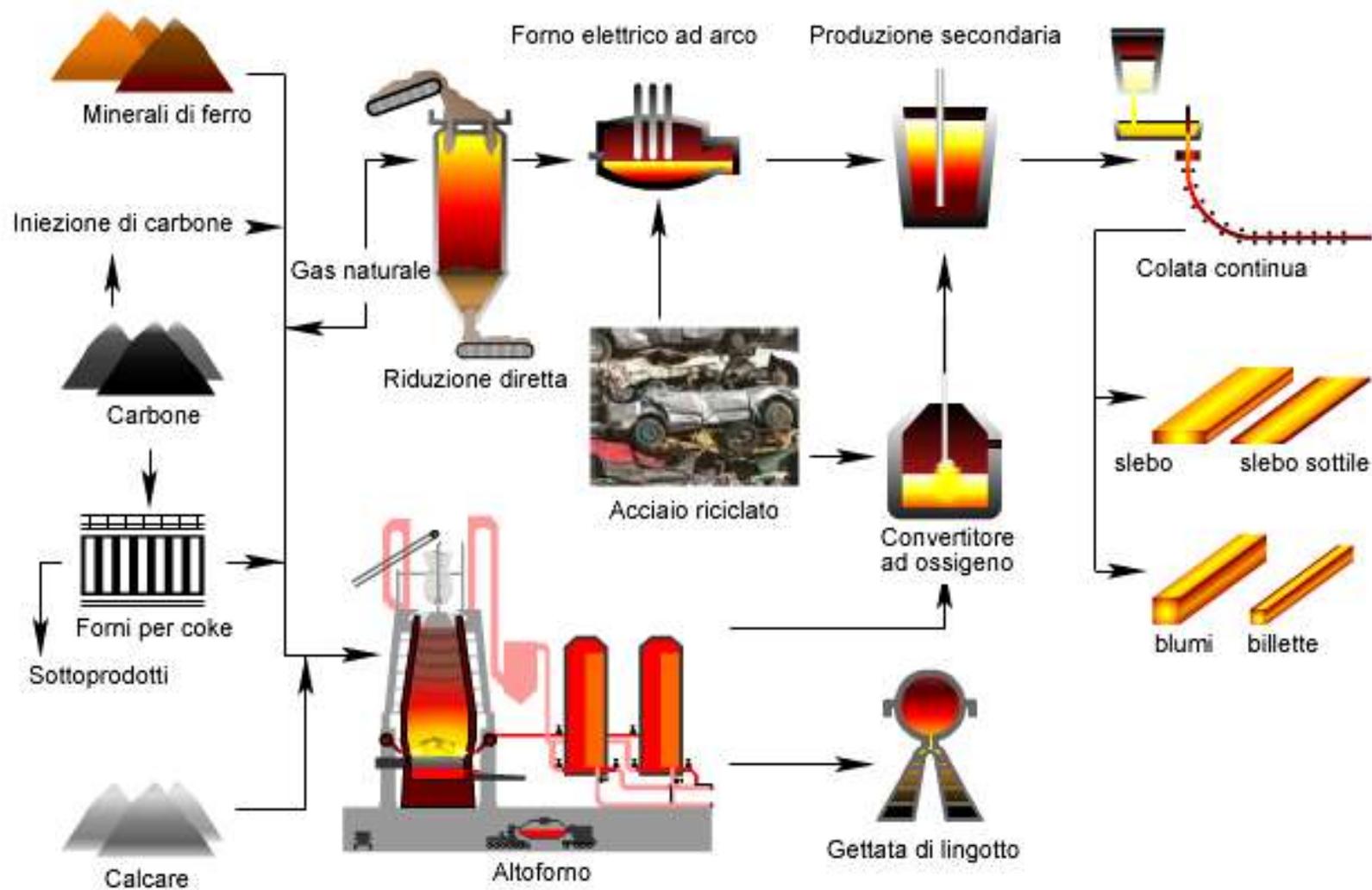
La **siderurgia a ciclo integrale (o integrato) o primaria**, presenta la necessità di approvvigionarsi di materia prima sotto forma di minerale di ferro (magnetite, ematite, goethite, siderite), di carbone e di fondenti e di conseguenza necessita di miniere in prossimità o quanto meno di impianti portuali per il ricevimento delle navi porta minerale (*ore carrier*) e di complessi e costosi **impianti per la produzione della ghisa grigia (cokeria + altoforno)** e dei successivi **impianti di conversione (Linz-Donawitz, Bessemer, ecc.)** per l'ottenimento dell'acciaio. **Raramente i paesi in via di sviluppo possono permettersi tale tipologia di impianti.**



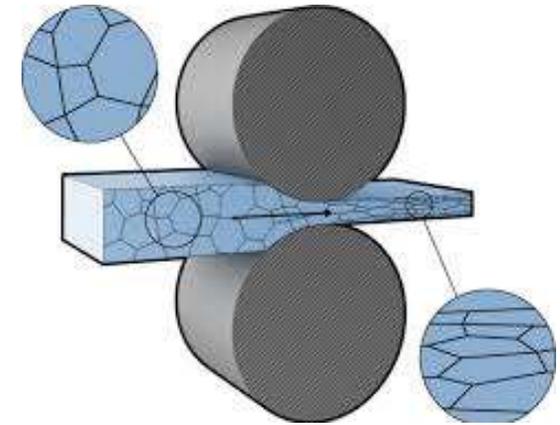
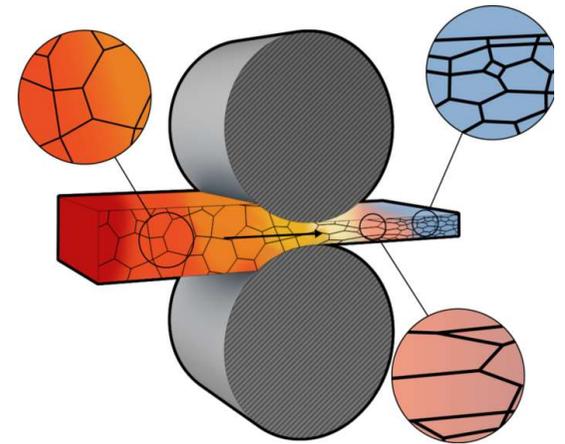
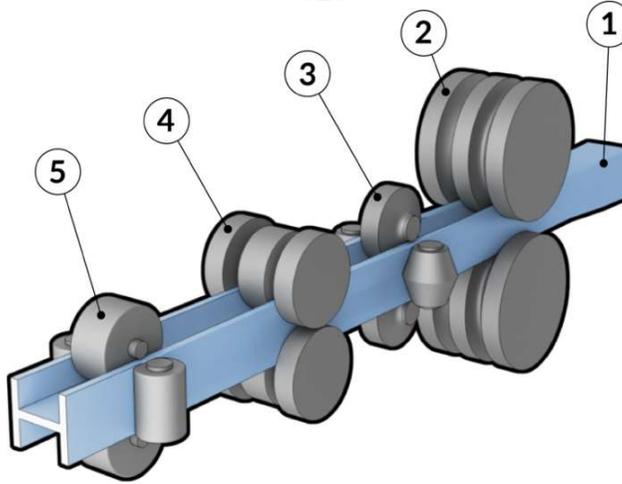
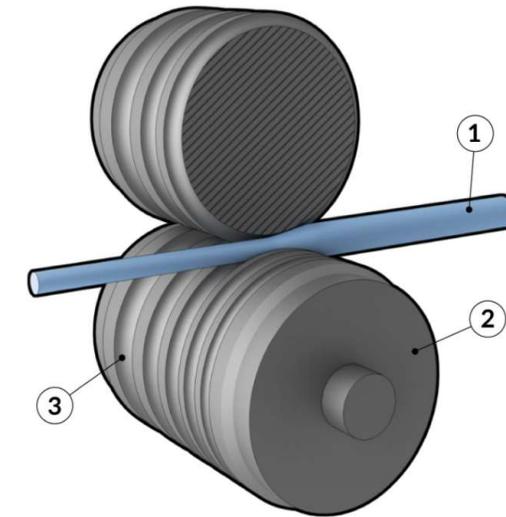
La **siderurgia di integrazione**, anche detta **metallurgia da rottame** o **secondaria**, sfrutta esclusivamente materiale di scarto cioè materiale già totalmente o parzialmente «ridotto». Si tratta quindi di un ciclo produttivo che necessita di impianti molto più semplici ed economici quali, ad esempio, i **forni elettrici ad arco (tipo Siemens)** in cui avviene la semplice fusione (senza «riduzione»).



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara



Esiste una forma ancora più economica di riciclaggio dell'acciaio, molto diffusa nei paesi emergenti, che è quella del cosiddetto «cold rolling» e «hot rolling» in cui le lamiere vengono tagliate e rilavorate a freddo (ossia ad una temperatura che convenzionalmente è compresa tra la temperatura ambiente e la temperatura di plasticizzazione dell'acciaio) o a caldo (ossia ad una temperatura prossima a quella di plasticizzazione).



Secondo alcuni studi, per ogni tonnellata di acciaio prodotto partendo da rottame, si risparmiano 1,1 tonnellate di minerale vergine e 0,6 tonnellate di coke.

Dal punto di vista strettamente energetico la produzione di una tonnellata di acciaio, partendo da minerale vergine richiede 23 GJ di energia contro i 7 GJ che occorrono con il processo di laminazione a freddo; secondo altri studi il rapporto è leggermente meno favorevole, ma comunque ancora molto conveniente.



Non va inoltre sottovalutata la proporzionale riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e la riduzione dell'inquinamento generato da particolato, gas nocivi e dagli altri tipici inquinamenti della siderurgia a ciclo integrale; si stima che **il ricorso alla siderurgia di integrazione consenta una riduzione dell'85% delle emissioni nell'atmosfera, del 76% nei recettori idrici oltre a una riduzione del 40% nell'uso di fonti idriche e una riduzione di 1,3 tonnellate di rifiuto solido per ogni tonnellata di acciaio prodotto.**



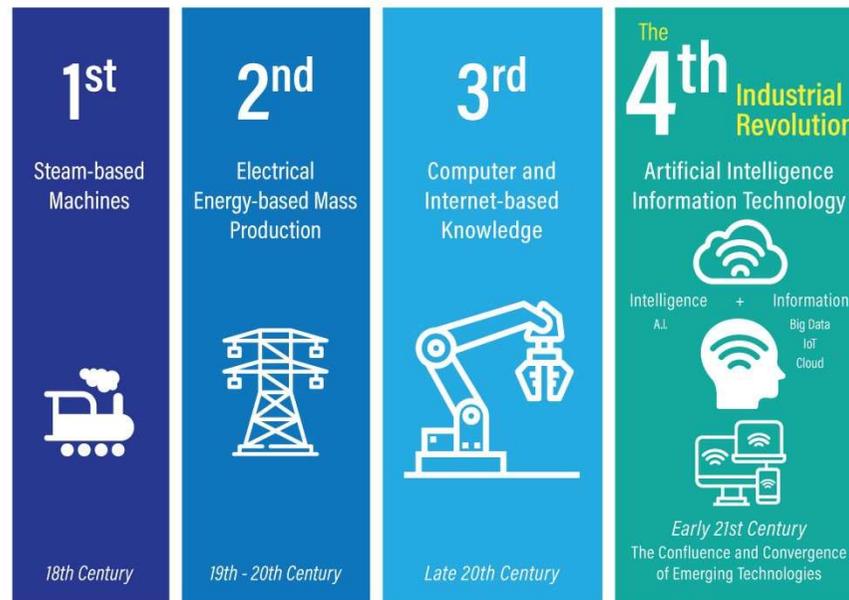
***“Neppure il miglior progetto [di una realizzazione ex-novo] può competere con un progetto di conservazione, modernizzazione, conversione e riutilizzo di siti ed edifici esistenti quando il termine di paragone è costituito dalle risorse [energetiche ed economiche] che è necessario mettere in campo”***

prof. Karl Ganser, ideatore dell'IBA Emscher Park



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Il trend relativo alla dismissione di edifici, infrastrutture e opifici, dalla Prima Rivoluzione Industriale alla fine del XX secolo, è stato principalmente guidato dallo sviluppo e dal rinnovamento; obsolescenza tecnologica e leggi di mercato erano stati i principali driver nella realizzazione di nuovi impianti produttivi e nell'abbandono di quelli più vecchi.



Le ricerche più recenti sulla trasformazione di beni e risorse correnti in **stranded assets** ha mostrato che la causa principale nell'abbandono di infrastrutture e impianti produttivi è invece sempre più legata al cambiamento climatico e, in generale, ad una presa di coscienza delle problematiche ambientali.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

La definizione di *stranded assets*, originariamente legata al mondo dell'energia ha iniziato a circolare attorno alla fine degli anni Novanta del secolo scorso ed oggi, più che mai, viene associata all'idea della transizione energetica; pur trattandosi di un concetto oggi consolidato, la definizione assume differenti sfumature a seconda dell'ambito o del settore industriale a cui si riferisce.



La International Energy Agency (IEA), ad esempio, definisce gli *stranded assets* come “quegli investimenti già realizzati, ma che, in un qualche momento precedente al loro completo ammortamento economico, non sono più in grado di garantire un margine di guadagno a causa di cambiamenti di mercato derivanti da mutamenti legislativi **legati alle politiche climatiche**”.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Carbon Tracker utilizza la medesima definizione precisando che il mutamento è legato, non a generiche politiche relative al clima, ma ad una “transizione energetica **da risorse fossili a risorse rinnovabili**”.



La Generation Foundation si esprime sulla stessa linea specificando che si tratta di “beni che perdono il loro valore economico molto in anticipo rispetto alla loro vita utile in conseguenza di **mutamenti legislativi, delle regole di mercato, di dirompenti innovazioni, del mutamento di valori e norme sociali o di shock ambientali**”.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

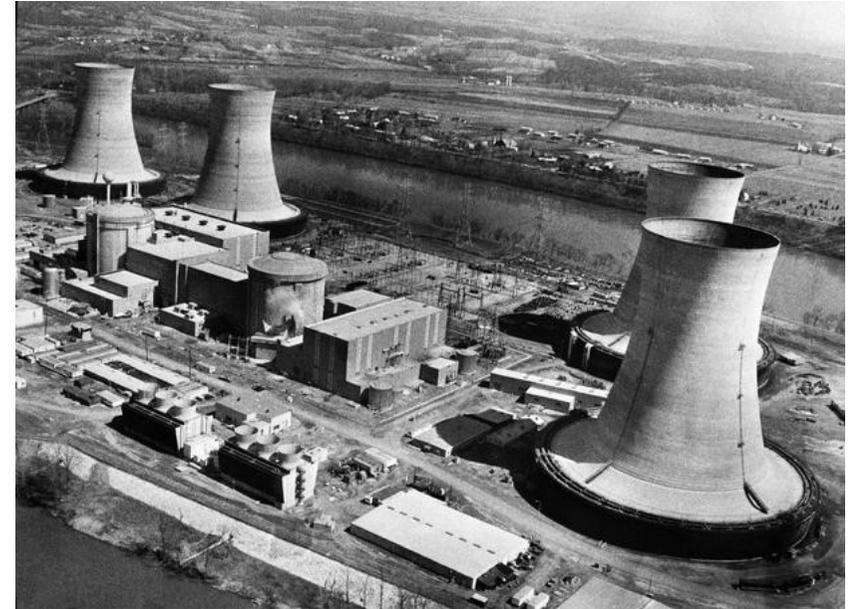
Un'altra definizione corrente di *stranded assets* è la seguente: beni o risorse che hanno perso valore e che sono stati forzatamente abbandonati con grande anticipo e in maniera imprevista rispetto alla fine del loro ciclo di vita o dell'esaurimento (nel caso di risorse non rinnovabili) come risultato di cambiamenti legislativi, contenziosi legali, trend di mercato, eventi accidentali, innovazioni tecnologiche, cambiamenti nelle correnti di pensiero e così via.



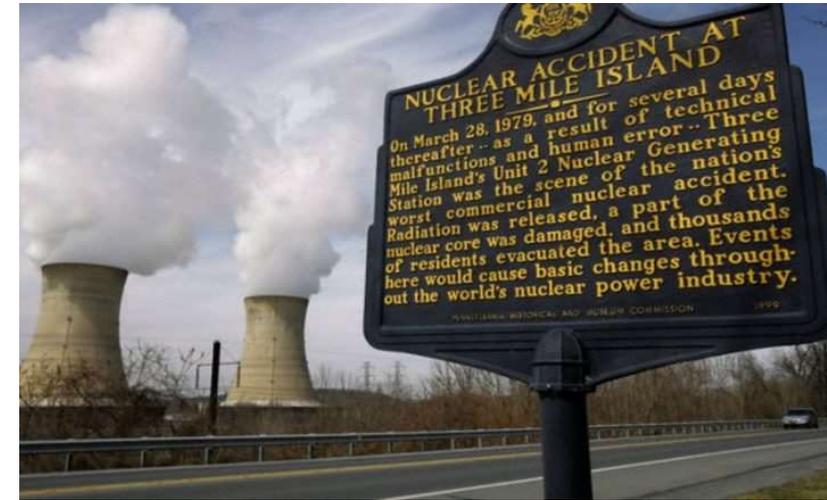
E' importante notare che la vita «economica» e la vita «tecnologica» di un qualsiasi asset non necessariamente coincidono; alcuni asset possono essere ammortizzati anticipatamente – sia dal punto di vista economico-tecnico (ossia civilistico) che fiscale - nel caso in cui se ne possa prevedere un fine vita anticipato; è altrettanto possibile però che il fine vita venga decretato a seguito di eventi imprevisti e repentini e quindi si vada incontro a ingenti perdite finanziarie.



Un classico esempio di *stranded assets* sono le centrali nucleari di costruzione più recente, divenute improvvisamente tali (ben prima della loro naturale fine vita tecnico) in molti paesi del mondo, dopo gli eventi di Three Mile Island (1979), Chernobyl (1986) e Fukushima (2011) che, ciascuno per una quota parte e relativamente a differenti aree geografiche hanno fatto percepire da un momento all'altro, ad una larga fetta della popolazione del mondo, come altamente pericolosi (se non proprio inquinanti) tali impianti.



In questi tre eventi, rispetto all'impatto psicologico sulle comunità allargate, è contato il fatto che (a) l'incidente a Three Mile Island non abbia provocato nessuna vittima, che (b) l'incidente di Chernobyl probabilmente non sarebbe potuto accadere in nessuna altra centrale nucleare esistente al mondo e che (c) l'incidente di Fukushima sia stato innescato da un evento naturale e non abbia una origine tecnologica direttamente correlata alla sicurezza del processo di generazione dell'energia.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

In tutti i tre casi la percezione del rischio ha generato un sentimento nella popolazione e una protesta tale che i governi degli USA nel primo caso, dell'Italia nel secondo e della Germania nel terzo, per iniziativa diretta o a seguito di un referendum popolare non hanno potuto fare altro che decretare un disimpegno dal settore nucleare.

Pare irrilevante per l'opinione pubblica di USA e Germania che, per compensare la mancata produzione di energia, siano state realizzate nuove centrali a carbone che causano, nei rispettivi paesi, migliaia di decessi prematuri ogni anno a causa del maggiore inquinamento.



Altrettanto irrilevante deve essere apparso agli italiani il fatto che il costo di una dismissione così prematura delle 4 centrali nazionali attive (Latina, Garigliano, Trino Vercellese e Caorso) e di quella di Montalto di Castro in avanzato stato di realizzazione, sarebbe pesato inesorabilmente sulle tasche dei cittadini e che lo stato avrebbe comunque dovuto acquistare energia prodotta (anche) con il nucleare da alcuni paesi limitrofi (Francia, Svizzera, Slovenia).



L'incidente di Three Mile Island, oltre a contribuire ad aumentare il numero delle centrali a carbone, ha anche avuto come conseguenza quella di contribuire ad elevare ulteriormente la sicurezza (ma soprattutto il costo) degli impianti nucleari che ancora venivano deliberati.

Secondo le teorie di Paul Slovic, professore all'Università dell'Oregon e pioniere della moderna psicologia della percezione del rischio, si tratta di uno dei classici casi che hanno contribuito a fare deragliare un trend positivo (ma percepito come negativo) forzando scelte che hanno contribuito ad un generale peggioramento della sicurezza ambientale e delle comunità.



Il disimpegno nel settore nucleare è quindi, a 40 anni di distanza, sempre più spesso spinto dalla necessità di impegnare elevatissime risorse finanziarie al fine di raggiungere un livello di sicurezza che possa assicurare la comunità; l'unica nuova centrale attualmente in costruzione negli USA (la Vogtle Electric Generating Plant) ha visto lievitare i costi di realizzazione dai previsti 4,4 miliardi di dollari agli attuali (2020) 27 miliardi di dollari.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

La messa fuori servizio, in tempi più o meno brevi, degli impianti dell'industria dell'oil&gas, del nucleare, della petrolchimica e di altri settori industriali, ossia la loro trasformazione in *stranded assets*, dipenderà molto dalla rapidità con cui avverrà la **transizione energetica** (il cosiddetto GREEN NEW DEAL); nel momento in cui la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili inizierà a crescere sensibilmente e l'utilizzo di carbone e idrocarburi oggi utilizzati per la produzione di energia elettrica e in molti cicli produttivi dell'industria pesante e della petrolchimica diminuirà, sempre più impianti industriali perderanno la propria valenza strategica e verranno abbandonati lasciando una pesante passività ambientale e sociale alle loro spalle.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Una improvvisa e forte accelerazione nel trend di dismissione potrebbe quindi interessare l'industria petrolifera; si è stimato che nel momento in cui l'industria energetica da rinnovabili dovesse prendere il sopravvento potrebbero diventare *stranded assets*, nel giro di pochi decenni, le riserve residue di combustibili fossili che non più tardi del 2017 erano state stimate in un controvalore corrente di 107.000 miliardi di dollari; automaticamente diventerebbero stranded assets gran parte degli impianti di produzione, trasporto, stoccaggio, raffinazione, distribuzione, trasformazione, ecc. (ossia tutto il mondo dell'upstream, midstream e downstream dell'oil&gas e una buona parte dell'attuale industria petrolchimica).



Sulla localizzazione geografica di queste grandi bolle di stranded assets legati alle risorse fossili una sommaria analisi potrebbe fare emergere qualche sorpresa ai più: siamo abituati a pensare che il Medio Oriente sia la principale area di produzione di petrolio e gas ma in termini assoluti sono gli Stati Uniti e la Russia i primi produttori; l'Arabia Saudita è al terzo posto e il Canada al quarto produce (anche grazie alle tecnologie dello shale gas, shale oil e fracking) e raffina più idrocarburi di Iran, Iraq, Emirati Arabi, Kuwait, Cina, Brasile, Venezuela e Messico messi assieme.



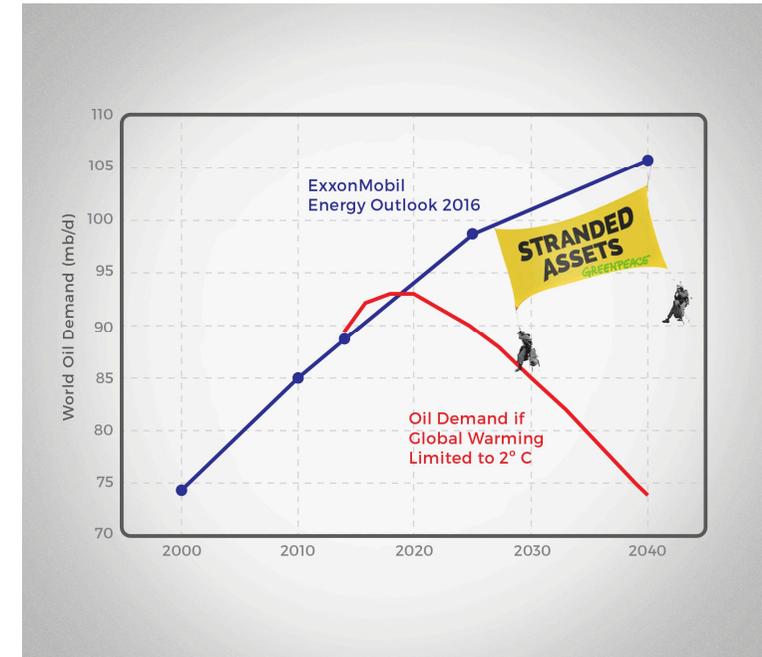
Queste previsioni di dismissioni riguarderanno non solamente i paesi produttori di idrocarburi ma anche quelli che detengono vaste riserve di **carbone** e sono molto attive nell'**industria siderurgica**: Germania, Russia, Polonia, Sud Africa solo per citarne qualcuno. Si tenga infatti presente che nel complesso le attività industriali legate al carbone sono responsabili del 25% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Tutto ciò potrebbe ricevere una prima forte spinta alla luce degli obiettivi climatici ma poi, strada facendo, potrebbero sorgere altre motivazioni.

Sul quando questa transizione sarà completata (ossia quando dovremo far fronte alla improvvisa urgenza di eliminare, riconvertire, ecc. decine, forse centinaia, di migliaia di impianti industriali in tutto il mondo) è difficile fare previsioni; neppure facile è determinare quando si verificherà il punto di inversione, ossia quando l'industria petrolifera raggiungerà il picco di produzione assoluto; ciò dipende da numerosi fattori contingenti.



La transizione sarà probabilmente guidata dai cosiddetti mega-trend, vediamo alcuni:

1. La mitigazione del cambiamento climatico
2. L'accesso universale all'energia;
3. La sicurezza energetica;
4. La crescita della popolazione mondiale;
5. La rivoluzione industriale nei paesi in via di sviluppo.



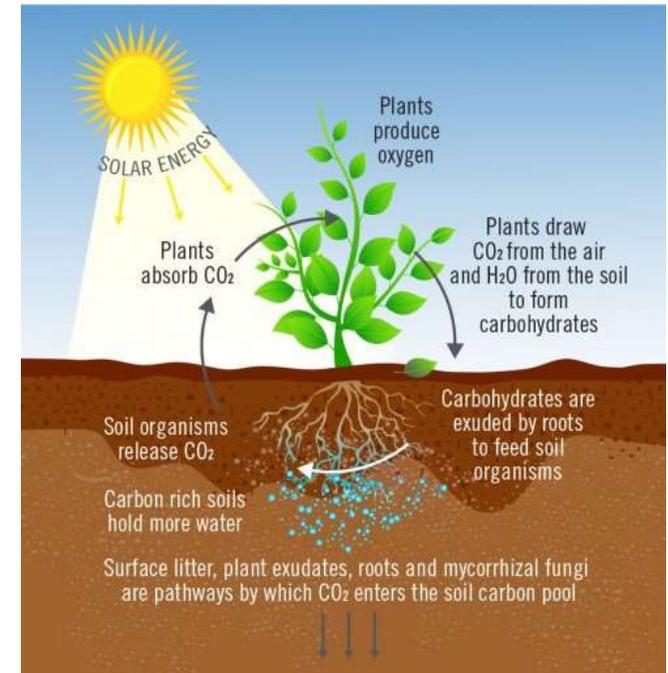
E' però opportuno ricordare che diversi ricercatori (scienziati ambientali, geologi, sociologi, economisti, ecc.) ritengono che saranno proprio i megatrend, in particolare quello relativo alla crescita della popolazione mondiale nelle aree in via di sviluppo a sostenere, ancora per un certo tempo, la domanda di energia ricavata da combustibili fossili, per certi versi la più flessibile forma di energia di cui oggi l'Uomo può disporre.

La sfida climatica sarà in questo caso condotta per quanto riguarda questa quota di produzione di energia sviluppando tecnologie e implementando strategie che consentano di sequestrare l'anidride carbonica prodotta.

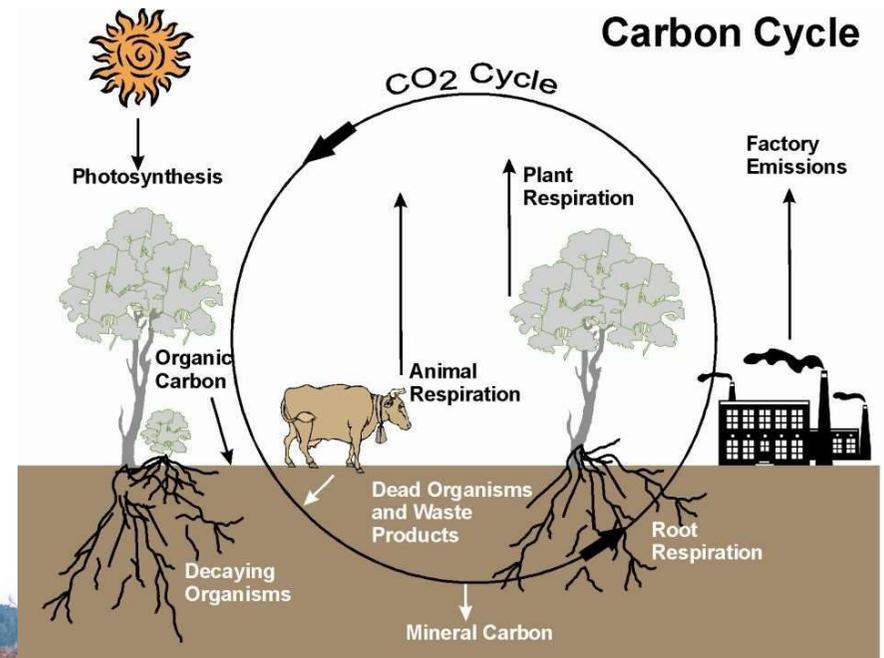


Alcuni studiosi sostengono che questo obiettivo sia perseguibile “semplicemente” riforestando il pianeta - ossia implementando una strategia di «compensazione forestale».

Si tratta però di un percorso alquanto impegnativo ed incerto in quanto secondo alcuni studi occorrerebbe piantare oltre mille miliardi di alberi per ottenere un risultato significativo (ma pur sempre parziale) anche in ragione del fatto che in diverse parti del mondo potrebbero crescere essenze con diversa efficacia e soprattutto non tutte le zone del mondo sarebbero adatte a una riforestazione dedicata (carbon farming).



Il problema della compensazione della CO<sub>2</sub> (*carbon offset*) è attualmente reso ancora più critico dal trend globale di deforestazione che, soprattutto in alcuni paesi, è non solo causata dalla urbanizzazione dei territori, ma anche dalla continua necessità di ampliare i terreni da pascolo per poter fronteggiare la sempre maggiore richiesta proveniente dal mercato alimentare.



Secondo l'economista americano Jeremy Rifkin, sarà comunque il settore immobiliare a rappresentare il più grande "contenitore" di stranded assets: edifici residenziali, commerciali, industriali, amministrativi e strutture sanitarie dovranno subire un rinnovo o una riconversione che innanzitutto ne migliori fortemente l'efficienza energetica. A livello mondiale il turn over non supera il 2% annuo. Secondo stime di IRENA (International Renewable Energy Agency) la valorizzazione degli stranded assets immobiliari ammonta a quasi 11.000 miliardi di dollari.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

La transizione energetica non sarà però una questione limitata all'industria mineraria alla siderurgia, alla petrolchimica e all'efficientamento di edifici e sistemi di trasporto. Uno dei settori a maggiori emissioni di CO<sub>2</sub> è quello agroindustriale: coltivazione, irrigazione, raccolta, immagazzinamento, lavorazione e distribuzione; inoltre la produzione di fertilizzanti azotati aumenta il debito.





**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

La valorizzazione delle risorse abbandonate anticipatamente avviene sulla base della quantità stimata al momento e del prezzo corrente al momento in cui si effettua la stima (diciamo che si tratta di una valorizzazione più figurativa che reale).

Uno studio di IRENA ha passato in rassegna 29 ricerche internazionali sulla valorizzazione degli stranded assets focalizzati su diversi settori: produzione di energia, upstream dei combustibili fossili, agricoltura e industria in generale.



Sono stati ipotizzati uno scenario di transizione dal fossile alle rinnovabili anticipato e uno più dilatato nel tempo; sono stati valorizzati gli asset relativamente a quattro categorie principali: il settore edilizio, la produzione di energia, l'upstream delle risorse fossili (carbone, petrolio, gas naturale), l'industria petrolchimica e manifatturiera.

A seconda degli scenari, il valore cumulativo dei beni (lo studio non riguarda le risorse naturali inutilizzate) che tra il 2015 ed il 2050 verrebbero dismessi oscilla tra i 18.000 (transizione anticipata) e i 40.000 (transizione differita) miliardi di dollari.



Come metro di paragone della valorizzazione degli stranded assets, si pensi che diversi studi - citati anche nei rapporti dell'autorevole "The Economist Intelligence Unit" - stimano che un aumento della temperatura media del globo di 6 °C (secondo alcuni scienziati facilmente raggiungibile se non si interviene urgentemente con la riduzione dell'effetto serra) porterebbe ad una perdita di asset nel settore privato per circa 14 trilioni di dollari; se si considera la prospettiva del settore pubblico le perdite assommano a 43 trilioni di dollari; la valorizzazione di tutte le aziende quotate sul mercato azionario globale assommano a circa 143 trilioni di dollari.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Si tratta di un impegno finanziario esorbitante cui i privati non potranno verosimilmente fare fronte volontariamente; in altri termini la transizione potrà avvenire in tempi relativamente rapidi solamente se sarà sostenuta da politiche e incentivi pubblici. In caso contrario la transizione avverrà comunque ma sarà molto lunga e il trend prevalente ancora per parecchi decenni sarà quello del business-as-usual.



Un altro settore che potrebbe subire una importante accelerazione per quanto riguarda gli stranded assets è quello legato alla mobilità e alla logistica; il cambio di paradigma imposto dal passaggio dai combustibili fossili potrebbe rendere obsoleti nel giro di pochi decenni gli attuali impianti di produzione di carburante, così come le attuali fabbriche di autoveicoli, la rete retail di vendita, le attuali infrastrutture.



Se da un lato la rivoluzione “verde” nel settore della mobilità, ossia la progressiva elettrificazione, porterebbe ad un disimpegno nel tradizionale settore minerario, la produzione di componentistica elettrica ed elettronica (motori, batterie, sensoristica, ecc) necessitano di una serie di materie prime (in particolare le terre rare) la cui produzione oltre a creare preoccupanti dipendenze politico-economiche (la produzione di alcuni minerali è concentrata in Russia e Cina) comporterebbe notevoli preoccupazioni di carattere ambientale e sociale come spesso evidenziato dai media internazionali più attenti.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

In realtà una precisa valorizzazione degli stranded assets riveste un significato importante per il mondo della finanza e dell'economia in generale, ma molto minore per quanto riguarda il futuro dei progetti di decommissioning. Che un impianto industriale sia stato ammortizzato interamente o meno in modo corrente o anticipato non influirebbe sulla necessità di doverlo demolire, smontare o riconvertire; di maggiore interesse semmai può essere il fatto che all'atto della dismissione risulti o meno ammortizzato da un punto di vista fisico (tecnologico) poiché se il fine vita tecnologico è ancora distante è probabile che possa essere riconvertito o smontato e in parte riutilizzato per altri processi a più basso impatto ambientale.



Si può affermare che il futuro del decommissioning sarà, seppur indirettamente, influenzato oltre che dai mega trend precedentemente visti da: (a) l'abbandono del concetto di economia lineare a favore del concetto di economia circolare, (b) l'adozione di nuovi processi industriali focalizzati sulla riduzione dell'impiego di sostanze dannose per l'uomo e per l'ambiente, (c) la riduzione degli scarti e (d) l'impiego di energie rinnovabili.



In futuro la corretta progettazione, realizzazione e gestione di un qualsiasi asset civile o industriale eliminerà di fatto le attuali problematiche di messa in sicurezza a fine vita, bonifica, trattamento di materiali tossici, demolizione, ecc. e consentirà di affrontare i progetti di decommissioning in sicurezza, potendosi focalizzare esclusivamente sugli aspetti di revamping, di retrofitting o di rifunzionalizzazione.



Da cosa sarà effettivamente spinta la transizione energetica e quindi la dismissione degli stranded assets nei prossimi decenni? Forse, come sempre, dietro le quinte ci saranno driver finanziari...

Il fondo pensionistico pubblico norvegese (oltre 1000 miliardi di dollari di portafoglio) ha disinvestito dal settore petrolifero per investire in iniziative a basso impatto ambientale.

La compagnia di assicurazioni britannica Aviva ha deliberato investimenti per quasi 800 milioni di dollari all'anno in imprese e infrastrutture a basso impatto ambientale.

Il colosso assicurativo tedesco Allianz ha riversato 2,5 miliardi di dollari del proprio portafoglio in investimenti nel settore delle rinnovabili con la prospettiva di raddoppiare questo valore nel medio termine.

Il fondo pubblico svedese AP4 ha monitorato le aziende dell'indice S&P 500 ed ha eliminato dal proprio portafoglio le 150 meno performanti in termini di *carbon footprint*.



Oggi si assiste ad una corsa ad elaborare i più affidabili indici e strumenti informatici in grado di assistere gli investitori privati ed istituzionali nella previsione degli andamenti azionari legati alle grandi questioni ambientali fino al 2050 e possibilmente fino al 2100. Se è vero che i fondi privati hanno interesse per investimenti con un outlook a breve e brevissimo termine, non altrettanto avviene per i fondi pensione che già oggi, a maggior ragione in un'ottica di allungamento della vita media, debbono poter garantire erogazioni a distanza di 50 – 70 anni.



NORWEGIAN MINISTRY OF FINANCE



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Nell'ipotesi di riuscire a contenere l'incremento globale della temperatura al di sotto della soglia dei 2 °C, la riduzione del rischio sul mercato azionario che mediamente stimano oggi i fondi di investimento privati e pubblici è all'incirca dell'80%.

Pur limitando l'incremento sotto la soglia dei 2 °C, secondo Nick Robin, co-direttore dell' "Inquiry into the Design of a Sustainable Financial System" dell'UNEP, saremmo ancora, in termini di perdite economiche e di rischio di perdita di vite umane per le comunità più fragili, nella stessa situazione in cui si troverebbero i passeggeri "su un aereo che ha il 5% di probabilità di precipitare [sul quale, naturalmente, nessuno salirebbe]".



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

In conclusione secondo uno studio della Heinrich Böll Foundation, quattro settori – energia, trasporti, immobiliare e trasformazione delle materie prime (in particolare acciaio, alluminio, cemento e carta) – sono strategici nella moderna economia; sono anche i settori strategici in termini di carbon footprint.

Tra tutte l'industria siderurgica è emblematica in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>; secondo dati pubblicati dalla Heinrich Böll Foundation, trattandosi di un processo basato largamente sul consumo di carbone, contribuisce per il 5-6 % del totale delle emissioni antropogeniche e per il 27% del totale delle emissioni del settore manifatturiero.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

In un'ottica di decarbonizzazione, pur considerando che l'acciaio rimarrà una tra le commodities insostituibili e che il processo di base non potrà essere modificato grazie a nuove tecnologie, il settore dell'acciaio sarà uno dei primi generatori di stranded assets. Nel settore siderurgico, così come nei settori dell'alluminio e della carta notevoli passi in avanti possono essere fatti incentivando il riciclaggio, pure tenendo presente che le caratteristiche dei materiali riciclati sono sempre inferiori a quello del materiale prodotto da materia prima vergine.



**HEINRICH  
BÖLL  
STIFTUNG**



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Quale futuro per la professione del *decommissioning engineer*?

Il trend previsto, per i prossimi decenni e oltre, è quello di un incremento esponenziale per questo genere di progetti.

Un aspetto storicamente (sebbene la storia sia molto breve) critico relativo alle attività di decommissioning nei settori industriali, ma si potrebbe affermare in generale, è quello della scarsa attrattività esercitata nei confronti del management e dei tecnici specialisti.



**We are Hiring**

—

Do you have what it takes?  
Apply today.



**EXCEED**



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

La concorrenza esercitata, fino ad ora, da attività più emozionali quali quelle di progettazione e costruzione ha, fino ad oggi, relegato queste attività ad essere viste come una opportunità professionale di ripiego.

Le cose stanno per fortuna rapidamente cambiando grazie alla presa di coscienza che tutte le attività caratterizzate da una elevata sostenibilità ambientale e sociale sono assunte ad un ruolo prioritario.

Il settore nucleare e l'oil&gas in questo hanno aperto la strada.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Una recente indagine svolta all'interno di una grande oil company ha mostrato come il 40% del top management e del personale tecnico sia fortemente motivato ad operare nel settore del decommissioning e ritenga questa attività strategica per il prossimo futuro e sfidante professionalmente in termini di complessità e di ricerca di soluzioni innovative.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

E' infatti oramai consolidato il pensiero che per affrontare attività di decommissioning occorran professionalità specifiche. Mettere in sicurezza, smontare gli impianti e ripristinare l'ambiente naturale può essere più complesso (e anche potenzialmente più pericoloso) di quanto non lo sia installare un impianto nuovo.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Per creare team specializzati in grado di gestire le complesse problematiche del decommissioning occorrerà attrarre i giovani evidenziando la centralità di questo settore in relazione alle problematiche di deindustrializzazione, decarbonizzazione e in generale di salvaguardia ambientale (sia dell'ecosistema marino che terrestre, a seconda dei casi) e non in ultimo evidenziando la prospettiva di lungo termine che questa professione riserva.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Un aspetto che molti reputano interessante e motivante a livello professionale è l'ecllettismo e l'interdisciplinarietà che questi progetti richiedono; ma anche la ricerca di soluzioni e il travaso di expertise da differenti settori quali le grandi infrastrutture, lo shipping, il nucleare, il petrolchimico, l'oil&gas, il militare... le cui specificità devono essere messe a fattor comune.



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

Un interessante studio di ARUP, commissionato da Decom North Sea e da Scottish Enterprise, pubblicato nel 2015, aiuta, ad esempio, a comprendere le importanti e complesse competenze necessarie per affrontare un progetto di decommissioning offshore; tra le principali: (a) project management, (b) pianificazione e controllo di gestione, (c) competenze economiche e finanziarie, (d) analisi ambientale, (e) ingegneria di base e di dettaglio, (f) tecniche di stakeholder engagement, (g) legislazione e permitting, (h) sicurezza, igiene industriale e analisi di rischio, (i) shipping e attività di pesca, (j) gestione dei rifiuti, (k) servizi del settore E&P oil&gas e attività offshore, (l) processi di cantieristica, (m) analisi e caratterizzazione di sostanze pericolose, (n) geofisica e petrografia, (o) gestione delle risorse umane, (p) attività di diving e con impiego di ROV

# ARUP



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara

*“Most of us engineers are designers.  
We design things to last, we are never  
taught to destroy [...] but you have to get  
more comfortable with it”*

Bartholomew Jukui (Shell Malaysia Upstream)



**DE** Department of  
Engineering  
Ferrara