



Università degli Studi di Milano
Jean Monnet Centre of Excellence

“The impact of European Union Research and Innovation
Policy upon Services of General Interest”

With the support of the Erasmus+ Programme of the European Union



Modulo 2

CONOSCENZA, DISEGUAGLIANZE, POLITICHE PUBBLICHE

Lezione 2.3
Green Europa:
scienza e tecnologia per salvare il pianeta

Outline

- Il ruolo della ricerca e dell'innovazione di frontiera

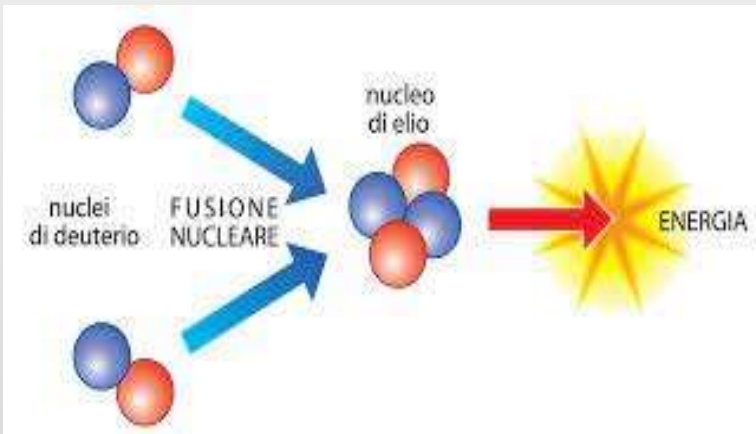
Il ruolo della ricerca e dell'innovazione di frontiera

- Quali progressi sono necessari sul piano delle conoscenze per fare definitivamente pendere la bilancia nella direzione di una trasformazione verde dell'economia?
- la stabilizzazione del fenomeno del riscaldamento globale è un bene pubblico globale nonostante in anni recenti le emissioni di CO₂ da produzione di energia

- Otto esempi → ampio fronte di progressi scientifici e tecnologici necessari per vincere la partita ma non esaustivi

1. Fusione nucleare

- Da decenni l'idea di replicare sulla terra il processo che genera l'energia sprigionata dal sole (invece che usare quella che qui ci arriva naturalmente sfruttando l'effetto fotoelettrico) è il 'sacro graal' della ricerca più avanzata sull'autosufficienza energetica del pianeta



- Diversamente dalla tecnologia di fissione nucleare controllata, impiegata da decenni per produrre elettricità, non si tratta di 'rompere' gli atomi, ma di 'fonderli'
- La reazione più studiata è quella deuterio-trizio (isotopi dell'idrogeno che fondendosi formano elio)

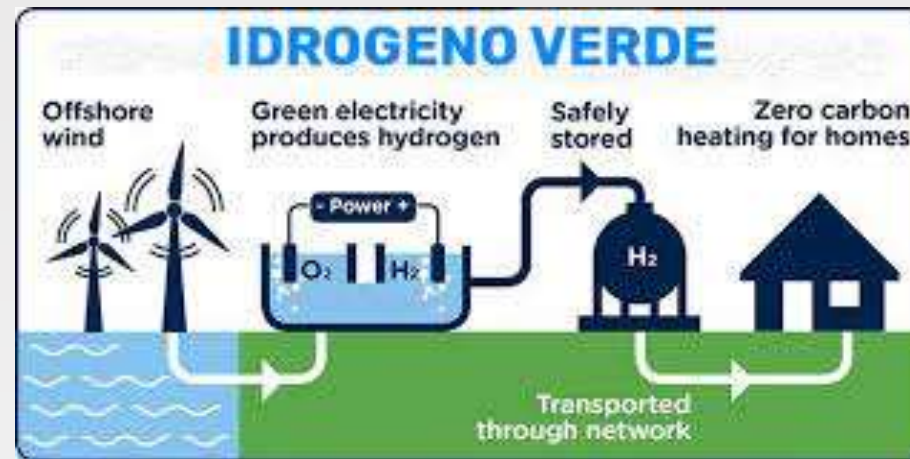
- Questa reazione come effetto collaterale produce neutroni veloci e rende radioattivi i componenti del reattore, ma in compenso produce molte meno scorie dei reattori nucleari a fissione (e zero emissioni di gas serra)
- La reazione, pure molto studiata, a cui si vuole arrivare strategicamente è la reazione deuterio – deuterio che richiede più energia di attivazione, ma non produce alcun neutrone. Con questa reazione non ci sarebbe alcuna attivazione radioattiva

- I problemi tecnologici di creare un confinamento – magnetico o inerziale - del plasma di fusione per ‘schiacciare’ l’uno contro l’altro gli atomi sono formidabili
- Il progetto ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), concepito nel 1985, con 35 paesi partecipanti, con UE, USA, Russia, Cina, Giappone, Corea, India, in costruzione in Francia, ha rivisto più volte i propri costi di investimento e tempi di avvio, peraltro con l’obiettivo di creare un bilancio positivo fra energia prodotta e utilizzata, ma non di generare elettricità (obiettivo del successivo progetto DEMO)

- Nel 2018 il costo di costruzione era stimato in 22 miliardi USD, ma il Dept of Energy Usa che contribuisce al progetto ha reso pubblica una propria stima di 65 miliardi (contestata dal management ITER)
- La data di completamento è stata spostata al 2035, con esperimenti iniziali nel 2025. A sua volta il progetto DEMO non riuscirà a produrre elettricità a costi competitivi, ma solo a dimostrare che la fattibilità della tecnologia

- In sostanza, benché la produzione di energia da fusione potrebbe essere la soluzione definitiva del problema della transizione energetica, prima di vari decenni non sapremo se questa strada porterà a soluzioni economicamente vantaggiose
- Questo orizzonte temporale troppo lungo rispetto alla necessità urgente di bloccare il riscaldamento globale sotto la soglia dei due gradi, oltre la quale si creano danni planetari irreversibili. Occorre quindi continuare con ITER e DEMO, ma nel frattempo occorre altro e velocemente

2. Idrogeno



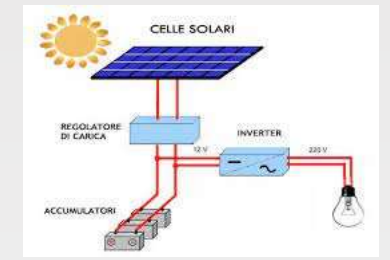
- Speranze molto più a breve termine sono riposte nella tecnologia dell'idrogeno
- Non essendo disponibile in natura va prodotto, ma se a sua volta prodotto efficientemente con fonti rinnovabili può consentire di stoccare e trasportare energia limitando le emissioni di gas a effetto serra

- Le celle a combustibile sfruttano reazioni elettrochimiche
- In questo caso i principi scientifici e tecnologici sono noti, ma il limite principale è il costo di produzione delle pile oppure, per i sistemi su larga scala, il costo dell'infrastruttura per il trasporto dell'idrogeno, anche se in una certa misura quella del trasporto di metano potrebbe essere convertita
- L'applicazione da alcuni ritenuta più promettente per gli autoveicoli e per i treni, ma quella decisiva sarebbe la possibilità di stoccare l'energia in modo complementare alle fonti rinnovabili come eolico o solare

- Come sappiamo il problema di queste fonti è la loro variabilità non prevedibile (o il loro uso non completamente programmabile) mentre si potrebbe disegnare un sistema autonomo ad idrogeno con elettrolizzatori, stoccaggio dell'idrogeno, celle a combustibile, batterie, che si attiverrebbero quando richiesto, venendo il sistema alimentato dalle stesse fonti intermittenti quando in funzione e scaricato quando non utilizzabili

- L'abbondanza dell'idrogeno in natura nella forma di composti e la possibilità di estrarlo con una varietà di fonti di energia, conduce all'ipotesi di potere definitivamente abbandonare i fossili per una economia dell'idrogeno sia con grandi generatori centralizzati, che con pile a combustibile decentrate
- Quello che fino ad oggi ha rallentato l'uso dell'idrogeno è la questione della sua efficiente conversione in elettricità, dato non è mai stato ritenuto proponibile l'uso diretto in motori endotermici, come si fa con il metano o il GPL
- Lo stoccaggio e trasporto in sicurezza sembrano problemi più risolvibili, ma la ricerca dovrebbe puntare allo sviluppo di celle a combustibile alimentate a idrogeno efficienti ed economiche

3. Solare fotovoltaico



- La tecnologia ha una storia lunga, a partire dagli anni '50 nei Bell Laboratories. L'efficienza era relativamente bassa (6%), inizialmente il costo dei pannelli altissimo, e il solo cliente disposto a pagare era la NASA per i satelliti, dato che in pratica non vi erano alternative
- Il fattore principale nell'incremento in corso del fotovoltaico, soprattutto a piccola scala, la drastica riduzione dei prezzi dei pannelli, molto oltre l'incremento del rendimento (che gioca in realtà principalmente sulla superficie, al momento comunque molto elevata: questo limita le applicazioni su grande scala)

- L'efficienza oggi si aggira intorno al 17-20%, ma il principio fisico è rimasto quello di settanta anni fa: due lamine per lo più di silicio ultra puro, opportunamente drogate per renderle dei semiconduttori
- Per il resto la fisica è quella di vari contributi nel XIX secolo, con una nuova interpretazione teorica da parte di Einstein dell'effetto fotoelettrico, nell'articolo del 1905 che gli valse il Nobel, e un vasto filone di studi successivi

- La ricerca applicata attuale riguarda l'uso invece del silicio di altri elementi, quali alluminio, gallio, indio, fosforo, arsenico
- Nei satelliti si usa generalmente il gallio
- In laboratorio usando un misto di elementi e di processi si è arrivati ad un'efficienza complessiva del 47.1% (Geisz *et al.* 2020)

- L'efficienza di queste celle aumenta se si concentra la luce solare con specchi o lenti. Altri materiali sono alcuni tipi di perovskiti, sperimentati da OxfordPV sulla base della ricerca condotta in quella università (efficienza del 28%) e uno stabilimento in costruzione in Germania
- In questo caso si potrebbe operare anche con intensità della luce abbastanza bassa come quella domestica (studi presso Università Tor Vergata e Fraunhofer Dresda), con efficienza del 22,6%

- La pandemia ha rivelato che se i cieli sono puliti per il minore inquinamento la produzione di energia elettrica da celle fotovoltaiche può aumentare significativamente
- In Germania ad esempio in una settimana di aprile 2020 (complice il parziale *lock down*) ha raggiunto il 23% del totale, contro una media dell'8% nel 2019

- La tecnologia quindi potrebbe essere favorita da progressi in altri campi, innescando un circolo virtuoso, meno inquinamento, più solare, meno inquinamento... Questo richiede ulteriori di ricerche, anche perché alcuni inquinanti in realtà hanno funzioni di schermo protettivo e ridurli può essere desiderabile per certi versi ma per altri versi può peggiorare il riscaldamento

4. Reti elettriche



- Fino a che non sarà dimostrata la possibilità di produrre convenientemente e universalmente energia elettrica da fusione nucleare (forse nell'orizzonte della fine di questo secolo) realisticamente nei prossimi decenni l'elettricità sarà prodotta con una varietà di fonti sia con sistemi decentrati che centrali, sia intermittenti che continue
- La rete del futuro è intelligente, in grado di effettuare dei bilanciamenti fini in tempo reale con una velocità di risposta maggiore di ciò che da decenni fanno gli attuali sistemi di dispacciamento per bilanciare domanda e offerta

- Una rete intelligente richiede che informazioni puntuali nel tempo e nello spazio siano scambiate fra i nodi
- In pratica ciò richiede che una infrastruttura di ICT sia integrata nella rete stesse e vi sono diverse soluzioni possibili a riguardo
- L'infrastruttura elettrica potrebbe a sua volta essere resa più efficiente, in particolare sotto il profilo della dissipazione di energia, se si riuscisse in particolare a usare la superconduttività nella trasmissione di corrente

- È noto che la resistenza elettrica diventa nulla con certi materiali mantenuti a temperature estremamente basse
- La tecnologia è alla base dei magneti in uso in collisori di particelle come LHC ed in ITER ma anche, con campi di intensità molto minore, nella risonanza magnetica nucleare negli ospedali
- Fino ad ora ci sono solo alcuni esperimenti di linee elettriche locali ma la ricerca è in corso, perché la questione chiave è potere ottenere l'effetto a temperatura ambiente.

5. Batterie



- Attualmente un'auto elettrica può coprire oltre 300km prima di avere bisogno di una ricarica, e questa distanza per molte attività quotidiane è sufficiente, ma non per tutte e questo non favorisce il decollo di un nuovo tipo di propulsione che sicuramente contribuirebbe alla diminuzione dell'inquinamento urbano
- Le batterie che hanno cambiato la scena sono quelle agli ioni di litio, con elettrolita liquido, introdotte da Sony nel 1991

- La loro versione moderna ha una capacità di oltre 200 watt al kg, e dipende criticamente non tanto dal litio, che è abbondante, ma dal cobalto che viene per lo più dalle miniere del Congo (ex Zaire)
- Ci sono alternative che usano nickel e manganese
- Il prezzo delle batterie al litio è sceso fortemente, da 1160 USD al kg nel 2010 al di sotto dei 100 USD attesi per il 2024
- Questa sembra essere la soglia che consente di rendere effettivamente competitive le auto elettriche

- Questa potrebbe essere raggiunta anche con altri studi presso Samsung che usa un elettrolito solido composto di argento, germanio e zolfo, con una capacità più che doppia dei modelli attuali e un corrispondente incremento del raggio di autonomia del veicolo
- Tuttavia i problemi tecnologici di una produzione su larga scala sembrano tutt'altro che risolti per le caratteristiche richieste all' elettrolita solido (un polimero speciale o un materiale ceramico)
- L'altro problema per lo sviluppo di auto elettriche è l'infrastrutturazione diffusa per la ricarica delle batterie
- Le soluzioni possono essere molteplici e meritano essere oggetto di ricerca e sviluppo

6. Trasporti



- Il balzo recente nel valore di mercato di Tesla direbbe che gli investitori finanziari 'votano' per il futuro dell'auto elettrica
- Volkswagen investirà 60 miliardi di Euro fra il 2020 e il 2025 nell'auto elettrica ed in altre tecnologie, anche se la risposta dei consumatori è incerta
- In Cina il governo ha sussidiato fortemente i veicoli elettrici e la risposta dei consumatori è stata buona
- In generale ci si attendono ulteriori fusioni, dopo quella fra FCA e Peugeot-Citroen, per cui in definitiva le scelte chiave sono nelle mani di un oligopolio dell'auto sempre più concentrato



- Se i produttori di autoveicoli possono essere interessati o comunque incentivati a cambiare sistema di propulsione non si può chiedere loro di immaginare una logistica che minimizzi la necessità di trasportare persone e cose, sostituendo al movimento fisico quello dei dati
- Abbiamo scoperto con la pandemia che certamente non tutte, ma molte attività di lavoro e di studio possono essere svolte in remoto, anche se in modo fastidioso e per molti versi qualitativamente inferiore

- Questo in parte dipende dal fatto che le tecnologie ICT erano impreparate a gestire il traffico quando sono centinaia di milioni le persone che usano sistemi di comunicazione remota
- Questo vale anche per la stampa 3D, che potrebbe consentire di produrre certi tipi di manufatti dove e nelle quantità che servono, invece che movimentare milioni di *container* di oggetti via mare, cielo, terra, bruciando insieme combustibili e tempo

7. Osservazione terrestre



- I satelliti, nati per applicazioni militari, possono osservare come sta cambiando il pianeta in tempo reale
- Un esempio fra tanti: l'organizzazione di ricerca TRASE ha osservato in Brasile le catene di produzione al dettaglio di 5570 municipalità, tracciando le probabilità non solo la deforestazione illegale, ma anche i processi produttivi che si basano, anche in luoghi distanti, sulle aree deforestate illegalmente, compresa la zootecnia e la coltivazione della soia.

- Si è potuto vedere che il 95% degli abbattimenti di alberi per la produzione di soya in Mato Grosso fra il 2012 e il 2017 era illegale, rivelando così quanta parte dei prodotti delle multinazionali del settore della soia, che dichiarano di non usare terreni disboscati illegalmente, in realtà provengono da una catena di fornitura che si avvale di queste aree.
- L'Unione Europea con Agenzia Spaziale Europea è impegnata nel programma Copernicus che le sue Sentinelle, una flotta di satelliti per osservazione terrestre, che consente di avere informazioni dettagliate e continue sullo stato del pianeta

- I problemi in questo campo sono soprattutto di sottoutilizzo dei dati, anche quando accessibili gratuitamente, per la difficoltà delle amministrazioni pubbliche di elaborare i dati stessi, cosa che non è sempre banale
- Più in generale, l'osservazione terrestre da satellite potrebbe essere fondamentale per monitorare una vasta classe di rischi ambientali, anche naturali (come le eruzioni vulcaniche) oltre a quelli antropogenici (come le emissioni di metano e i test di armi nucleari).

- Oltre ai satelliti alcuni progetti mirano ad usare la stessa atmosfera come un grande sensore sfruttando i movimenti di elettroni liberi nella ionosfera, osservati da strumenti a terra, che possono vedere onde che si creano quando sulla superficie terrestre si verificano sia fenomeni naturali distruttivi come uragani, terremoti ed eruzioni, sia artificiali come esplosioni nucleari, lancio di missili ed altre attività di interesse militare
- Il progetto AtmoSense finanziato da DARPA, la stessa agenzia celebre per avere sostenuto la nascita di internet e molto altro si propone di sfruttare alcune proprietà fisiche che trasmettono segnali da terra alla ionosfera e da questa di nuovo a terra

8. Emissioni negative



- Secondo alcuni modelli di simulazione (Samset, Fuglestvedt, Lund 2020), vi è una notevole inerzia, combinata con la variabilità naturale del clima (come quella ciclica legata El Nino)
- In pratica i miglioramenti potrebbero tardare molto a manifestarsi: se si riducesse CO₂ del 5% all'anno da adesso, si avrebbero effetti statisticamente significativi sulla temperatura del pianeta solo nel 2044
- Una riduzione di emissioni la si è ottenuta nel 2020 solo con la pandemia, altrimenti la tendenza è ancora all' aumento, non alla diminuzione

- La ragione di fondo dell'inerzia è che occorrono decenni se non secoli per fissare il carbonio già emesso in eccesso, e per lo scambio di calore fra oceani e atmosfera
- Inoltre le interazioni fra vari tipi di emissioni, ad esempio quelle derivanti dal metano e da composti dello zolfo, possono complicare la transizione

- Questo fatto potrebbe giustificare di investire in ricerca su tecnologie che generino emissioni negative, come effetto collaterale o principale, quindi oltre la cattura del carbonio nei processi che comunque lo generano
- La via maestra è la riforestazione ma su una scala senza precedenti, che richiede anche un salto nella comprensione di come gestire la copertura verde del pianeta

- Il primo modello dell'impatto dei gas serra sulla temperatura risale agli studi di Arrhenius intorno al 1850
- Le sue equazioni prevedevano che raddoppiare il livello di CO₂ nell'atmosfera avrebbe riscaldato il pianeta di 5 gradi
- Cento anni dopo per la prima volta è stato programmato un computer per risolvere modelli climatologici

- I modelli del clima dividono l'atmosfera in milioni di celle e studiano l'evoluzione secolare dell'atmosfera con approcci probabilistici
- Un esercizio di confronto delle previsioni su 56 modelli svolto nel 2013 dal Coupled Model Intercomparison Project prevede che il raddoppio della CO₂ generi un riscaldamento da 1.5 a 4.5 gradi, quindi con una grande incertezza

- I modelli che servirebbero dovrebbero accoppiare la dinamica degli oceani, quella atmosferica, e gli scenari antropici e biologici, con complessi effetti di retroazione
- Questo richiede strumenti di calcolo più avanzati di quelli attuali, oltre a una miriade di osservazioni standardizzate ripetute nel tempo

- Senza una modellistica meno incerta di quella attuale le politiche pubbliche rischiano di fare scelte inadeguate per eccesso o per difetto a seconda di quale scenario si prenda per buono
- Questo è un altro importante campo di ricerca

- Poiché quindi nei prossimi decenni le condizioni climatiche favoriranno fenomeni estremi è necessario sviluppare non solo le tecnologie di osservazione, ma anche quelle di previsione che richiedono modelli meteorologici complessi, cui poi debbono seguire procedure gestite efficacemente
- Ciò richiede sia sistemi di comunicazione che raggiungano i singoli e le organizzazioni per tempo, ma anche che siano all'opera sistemi protettivi azionabili velocemente

- Secondo la Global Commission on Adaptation, una organizzazione non governativa, il rischio di qui al 2050 di interruzione dei rifornimenti idrici, perdita dei raccolti, quindi di sconvolgimenti della catena alimentare -che peraltro dovrebbe aumentare la produzione del 50 per cento in trenta anni per fare fronte alla crescita della popolazione e del reddito procapite - è sicuro, se non si inventano modi di adattarsi (ad esempio con tipi di colture più resistenti a cambiamenti di temperatura, salinità, e precipitazioni)

- Occorrono investimenti su larga scala
- Una stima di UN Environmental Programme suggerisce fra 130-300 miliardi di dollari all'anno nella prossima decade), che a loro volta richiedono nuovi studi scientifici e tecnologici, tutt'altro che banali (come dimostra ad esempio il caso del MOSE a Venezia)