

Rivoluzione energetica: alcuni spunti di riflessione

Parte introduttiva:

Lo scopo di questa presentazione è quella di introdurre il problema energetico che sta affrontando la società moderna insieme ad altre criticità emergenti. Per comprendere il funzionamento degli ecosistemi viventi sul nostro pianeta è utile l'esempio della biosfera in vetro. Si tratta di una sorta di acquario, una sfera di vetro all'interno della quale è presente un ecosistema completo seppur semplice costituito da gamberetti, alghe, batteri e altri piccoli organismi. Il contenitore è perfettamente sigillato e quindi la materia al suo interno rimane sempre la stessa, gli atomi in gioco non cambiano. Se vi è una fonte di luce sufficientemente regolare la vita riesce ad andare avanti facendo compiere alla materia un ciclo. Negli ecosistemi si parla infatti di "flusso di energia e ciclo della materia". In realtà il nostro pianeta, dal punto di vista del funzionamento può essere considerato come una versione più estesa e complessa della biosfera in vetro. La vita sul nostro pianeta esiste da migliaia di anni e coinvolge sempre gli stessi atomi facendoli partecipare ad un percorso circolare, un ciclo e riesce a sostenersi grazie ad una fonte di energia permanente: il Sole. Capiamo quindi che una condizione necessaria affinché la vita sul nostro pianeta possa permanere nel tempo è una fonte di energia, ma ce n'è anche un'altra, alla quale spesso non pensiamo, ma che è di cruciale importanza: la possibilità di dissipare. Cosa significa questo? La branca delle scienze e in particolare della fisica che permette di spiegare questo aspetto è la termodinamica ed in particolare il secondo principio della termodinamica esprime questo concetto. Prima di introdurlo è utile ripassare il primo principio che può essere espresso con il seguente esempio:

Supponiamo di muovere un blocchetto su una superficie avente un certo attrito, se si applica una forza per mettere in moto il blocchetto e poi non si interviene più allora dopo un certo intervallo di tempo il blocchetto si ferma. Questo accade perché le forze di attrito trasformano l'energia cinetica posseduta dal blocchetto in movimento in energia termica provocando un aumento della temperatura del sistema. Il primo principio deriva essenzialmente dalla conservazione dell'energia e dice che la variazione dell'energia posseduta da un corpo (nel nostro caso il blocchetto) è data dal calore che dissipa (per esempio a causa degli attriti) meno il

lavoro applicato su di esso (cioè quello eventualmente compiuto dalle forze che tentano di mantenerlo in movimento).

Avendo questo esempio in mente supponiamo di voler mantenere in moto il blocchetto senza intervenire con ulteriori spinte oltre a quella necessaria a metterlo in moto. Come fare? In principio si potrebbe pensare di utilizzare il calore emesso a causa dell'attrito e riconvertirlo in energia cinetica. In effetti questo è in accordo con la conservazione dell'energia. Sarebbe possibile svolgere un'operazione del genere? Purtroppo no, o meglio non completamente. Un moto di questo tipo è un moto perpetuo di seconda specie che non può esistere. Perché questo? A causa del secondo principio della termodinamica. Quest'ultimo può essere espresso in diversi modi, ma quello più calzante per il nostro esempio è l'enunciato di Kelvin Plank: "Non è possibile convertire tutto il calore estratto da una sorgente calda per generare lavoro, parte del calore andrà a scaldare un corpo più freddo". In altre parole la dissipazione è un fenomeno inevitabile, intrinseco della termodinamica. È per questo che non è possibile realizzare una macchina termica con un'efficienza del 100%. Anche gli esseri viventi e le strutture umane come le città dissipano e possono essere pertanto considerati: "sistemi dissipativi". Una trattazione moderna di questi sistemi è molto complessa, un pioniere di questo settore è stato lo scienziato russo Ilya Prigogine, insignito del Premio Nobel per la chimica nel 1977. Ma in che modo gli esseri viventi o le strutture umane dissipano? Per esempio attraverso l'emissione di radiazione elettromagnetica (fotoni) nella lunghezza d'onda del visibile. Se osserviamo un organismo o una città con una termocamera (fotocamera sensibile alla radiazione infrarossa) possiamo accorgerci di questo fenomeno. Quindi per la biosfera è fondamentale dissipare al fine di permettere la realizzazione dei processi vitali. Nonostante questo, il nostro recente comportamento sta portando a conseguenze che ostacolano questo naturale comportamento della biosfera. Negli ultimi anni è aumentata nell'atmosfera la concentrazione dei cosiddetti "gas serra", si tratta di molecole come ad esempio CO₂, metano, ma anche l'acqua in grado di riflettere la radiazione infrarossa proveniente dalla superficie del nostro pianeta. Il sole emette luce in tutte le direzioni illuminando anche la Terra, quest'ultima si scalda ed emette a sua volta luce come un corpo nero nella frequenza dell'infrarosso. I gas serra intrappolano parte di questa radiazione causando un aumento della temperatura, questo fenomeno è detto "effetto serra". Di per sé l'effetto serra non è un evento negativo, anzi è grazie ad esso che la temperatura sul nostro pianeta è ideale alla nostra

sopravvivenza, se però la concentrazione dei gas serra aumenta questo fenomeno diventa più intenso e corre il rischio di diventare dannoso se non viene contenuto correttamente. Questo è uno dei grandi problemi della società moderna legato al modo in cui ci riforniamo di energia e la utilizziamo. Ve ne è un altro non meno importante.

Per introdurlo ritorniamo all'esempio della biosfera in vetro, ora che sappiamo come funziona dobbiamo porci una domanda: all'interno di questo sistema esiste qualcosa che possa essere chiamato "rifiuto"? Se consideriamo i singoli componenti della catena forse potremmo rispondere di sì. Per esempio per un gamberetto i cadaveri degli altri gamberetti morti o le deiezioni possono sembrare inutili oppure le alghe attraverso la fotosintesi producono più ossigeno di quello che consumano e quindi parte di esso è per loro uno scarto. Se però consideriamo l'ecosistema nel suo complesso le cose cambiano: è proprio grazie all'eccesso di ossigeno prodotto dalle alghe che i gamberetti possono respirare e sono le deiezioni e i cadaveri dei gamberetti che forniscono il nutrimento necessario alle alghe. Quindi quello che è rifiuto per qualcuno è una risorsa vitale per qualcun altro. Tutta la vita sulla Terra funziona in questo modo, noi stessi viviamo sfruttando l'ossigeno che è un rifiuto, un escremento delle piante. Da queste semplici considerazioni di carattere ecologico capiamo quindi che in realtà il rifiuto come lo intendiamo noi non esiste, è una nostra invenzione, o meglio una conseguenza dell'economia del consumismo. Quando un oggetto non funziona più o termina il suo ciclo di lavoro viene considerato senza valore e viene buttato. Il fatto è che questi oggetti non spariscono, bensì si accumulano nelle discariche. Tutti gli oggetti che noi consideriamo rifiuti in realtà hanno ancora un contenuto di materia interessante che dovrebbe essere sfruttato. Così si fa in natura e così dovremmo fare noi. Questo è il concetto cardine della cosiddetta "economia circolare", smontare gli oggetti dismessi, recuperarne tutte le componenti e reinserirle nel ciclo produttivo. Realizzare tutto questo non è affatto semplice e pone delle problematiche su diversi livelli, ma deve essere nostro compito impegnarci il più possibile nel renderlo attuabile. Siamo quindi ad una sorta di bivio nel senso che le nostre azioni e le nostre scelte potranno portarci o una soluzione dei grandi problemi moderni o ad un diretto scontro con le loro conseguenze negative. Dobbiamo quindi tenere presente l'obiettivo principale che può essere condensato in una parola: "sostenibilità". Stando all'Enciclopedia Treccani la sostenibilità è la condizione di uno sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione corrente senza

compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri. Questo significa che non dobbiamo semplicemente pensare a noi stessi, ma dobbiamo tenere presente anche il futuro di chi verrà dopo di noi facendo in modo che possa essere uguale o possibilmente migliore del nostro e non peggiore. Altrimenti un domani i nostri successori si ritroveranno ingiustamente a pagare per i nostri errori. Questa era solo un'introduzione sugli enormi ed estremamente complessi problemi che dobbiamo risolvere, ma come fare? Non c'è una risposta, però è utile ascoltare alcune idee: vediamo alcuni esempi.

FUSIONE NUCLEARE

Nella lezione che abbiamo preparato analizziamo alcuni importanti risvolti che la ricerca in ambito energetico ha avuto negli ultimi decenni; il punto di partenza è comune: trovare una fonte di energia alternativa ai combustibili fossili, sia perché questi ultimi, secondo diverse stime, sono in procinto di esaurirsi (entro 70 anni) sia perché il loro impatto sull'ambiente è critico.

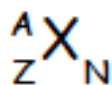
Le soluzioni studiate sono diverse, io mi sono concentrato sulla fusione nucleare, che per diversi motivi rappresenta una soluzione potenzialmente molto duratura al problema anche se è ancora in una fase sperimentale.

L'idea di utilizzare la fusione nucleare è arrivata osservando la nostra stella, il sole: essa infatti è composta da idrogeno (90%), elio (9%) sotto forma di plasma e produce energia proprio grazie a questo processo; ha una temperatura superficiale di 5700 K e una temperatura nel nucleo di 13,6 milioni di K.

Prima di parlare della fusione nucleare è necessario introdurre alcuni concetti fondamentali:

gli atomi sono gli ingredienti chiave di questo processo, essi sono composti da un nucleo (protoni e neutroni) e da elettroni che si trovano intorno al nucleo. I protoni e i neutroni hanno all'incirca la stessa massa, ma questi ultimi sono neutri mentre il protone ha una carica positiva, uguale e opposta a quella dell'elettrone; l'elettrone ha una massa all'incirca 1000 volte più piccola di quella del protone.

Per indicare univocamente un nuclide (un nucleo atomico con un certo numero di neutroni e protoni) si utilizza la seguente notazione:



La lettera Z (ovvero il numero atomico) indica il numero di protoni, che è uguale al numero di elettroni se l'atomo è neutro, la N indica il numero di neutroni mentre $A = N + Z$ è il numero di massa.

Quando si parla di elementi ci si riferisce ad atomi che hanno lo stesso numero di protoni Z, tuttavia è possibile che il numero di neutroni sia diverso: atomi con lo stesso numero di protoni ma con un diverso numero di neutroni sono denominati ISOTOPI di un elemento.

Un esempio che ci tornerà utile è quello dell'elemento con $Z=1$, ovvero l'idrogeno, che ha tre isotopi:

Prozio ($N=0$), deuterio ($N=1$) e trizio ($N=2$); le proprietà chimiche sono le stesse mentre le proprietà fisiche differiscono.

A questo punto passiamo a parlare delle reazioni nucleari, definite in generale come processi in cui dei nuclidi si trasformano in altri nuclidi; possono essere reazioni nucleari degli urti tra atomi (fissione, fusione) oppure decadimenti radioattivi di particelle che sono per loro natura instabili.

Nella fusione nucleare due nuclei leggeri si fondono per formare un nucleo più pesante mentre la fissione nucleare prevede la scissione di un nucleo pesante in due nuclei più leggeri grazie all'urto con un neutrone; entrambi sono esempi di reazioni nucleari.

Ma come mai possiamo ricavare energia da questi processi?

In tutte le reazioni nucleari la massa complessiva dei reagenti differisce dalla massa complessiva dei prodotti, in altre parole la massa non si conserva. L'energia, invece, si deve conservare, per cui cosa accade?

DURANTE IL PROCESSO UNA PARTE DELLA MATERIA SI TRASFORMA IN ENERGIA O VICEVERSA

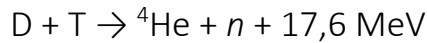
$$E=mc^2$$

Questo difetto di massa, chiamato anche energia di legame, assume un valore differente da reazione a reazione, in generale può essere positivo o negativo.

Siccome siamo interessati a ricavare energia cerchiamo processi in cui la massa diminuisca nel verso della reazione, quindi cerchiamo un difetto di massa negativo.

Nel caso di una fusione tra un nucleo di deuterio e uno di trizio, il difetto di massa è negativo ed è in valore assoluto pari a 17.6 MeV (l'elettronvolt è un'unità di misura dell'energia molto usata in fisica nucleare e in fisica dei solidi, corrisponde a $1.67 \cdot 10^{-19}$ J: per fare un esempio più concreto, l'energia che serve per sollevare un gatto di 1 kg da terra fino ad un'altezza di 1 m è pari a 9.8 J, mentre 17.6 MeV corrispondono circa a 10^{-12} J).

Di seguito si riporta la reazione citata precedentemente per esteso:



Naturalmente non dobbiamo dimenticarci che l'obiettivo è quello di risolvere in parte o totalmente il problema del fabbisogno energetico → bisogna vedere se il guadagno energetico è sufficiente.

Ci viene in aiuto una grandezza, il potere calorico di un combustibile, che rappresenta l'energia rilasciata da 1 kg di sostanza: per una miscela deuterio-trizio il potere calorico è pari a $3.35 \cdot 10^{14}$ J/kg (il valore è all'incirca lo stesso per altre reazioni di fusione d'interesse come deuterio-deuterio) mentre il carbone ha un potere calorico di $3.14 \cdot 10^7$ J/kg; risulta evidente quindi, in linea di principio, che la fusione nucleare può effettivamente essere una valida fonte energetica.

REALIZZAZIONE EFFETTIVA

Come si traduce quanto detto in un'applicazione tecnologica?

Come si dice, tra il dire e il fare c'è di mezzo il mare

Mia madre dice, a scapito della rima, che c'è di mezzo l'oceano...

Per far avvenire le reazioni di fusione occorre vincere la repulsione di natura elettrica tra i nuclei (ricordiamo che essendo composti da protoni e neutroni essi sono carichi positivamente, pertanto si respingono) in modo da avvicinarli sufficientemente per far prevalere la forza nucleare forte, che invece è attrattiva e agisce alle scale di lunghezza tipiche dei nuclei atomici: è grazie a questa forza se esistono gli atomi. Immaginate di voler far salire da una pallina una collinetta: se non applicate abbastanza spinta la palla arriverà fino ad un certo punto della salita e poi tornerà indietro, in altre parole vi serve una certa quantità di energia per superare l'ostacolo. Nel caso della fusione la "collinetta" è la barriera energetica repulsiva che devo vincere per fondere i nuclei, per cui se l'energia che fornisco attraverso la temperatura (moto caotico) non è sufficiente non può avvenire la reazione. Adoperando la fisica classica, dai calcoli si ottiene che $T = 10^9$ K (1000000000 K). Di fronte a questo valore dovremmo tuttavia rimanere perplessi: all'inizio avevo citato il sole, poiché produce energia proprio attraverso la fusione, e avevo detto che la sua temperatura nel nucleo, il luogo dove avviene la reazione, è circa $1,3 \cdot 10^7$ K. Com'è possibile allora che riesca a funzionare?

Dobbiamo considerare che, siccome stiamo parlando di atomi, entra in gioco la meccanica quantistica (addirittura la fisica classica fallisce nella descrizione della natura a queste dimensioni, ovvero 10^{-10} m).

In particolare, esiste il cosiddetto *effetto tunnel*, che permette ad una particella di superare (statisticamente) una barriera energetica anche se possiede un'energia che non sarebbe sufficiente, ovvero la pallina dell'esempio precedente riuscirebbe a superare la collina anche se la spinta che le si fornisce fosse troppo debole.

Ripetendo i calcoli usando la meccanica quantistica, troviamo che le temperature necessarie per far avvenire la reazione di fusione sono comprese tra 10^7 K e 10^8 K. Ecco spiegato l'arcano!

A temperature così alte la materia si trova allo stato di plasma, nel quale gli elettroni non sono più legati ai nuclei.

Il problema quindi è: come posso mantenere il plasma in una struttura chiusa? (siccome non esistono materiali allo stato solido in grado resistere alle temperature necessarie), qual è la soluzione per evitare il contatto con le pareti del "contenitore"? Di fatto esistono due tipi di confinamento del plasma: inerziale e magnetico

MAGNETICO: siccome il plasma è formato da particelle cariche, si possono usare campi magnetici per far muovere le particelle, in particolare in modo che non vadano a contatto con le pareti. Si è studiata una soluzione in cui questi campi fanno muovere il plasma in una regione di forma toroidale (ciambella col buco) in condizioni di alto vuoto per evitare contaminazioni del plasma; questa configurazione è denominata Tokamak ed il suo studio è cominciato già negli anni '50.

Siccome i campi magnetici richiesti devono avere intensità che un normale magnete non riesce a raggiungere, si devono usare materiali superconduttori, che non oppongono resistenza al passaggio di corrente.

L'energia liberata dalla fusione è sostanzialmente quella cinetica delle particelle prodotte dagli urti (nel caso D-T, ^4He e neutroni), per cui saranno presenti dei pannelli in materiale assorbitore in grado di convertire questa energia.

INERZIALE: si utilizzano piccole quantità di reattivo (dell'ordine dei milligrammi) racchiuse in pellets, i quali vengono bombardati con fasci di particelle cariche o laser pulsati che portano la temperatura ai valori richiesti per avviare la fusione.

Il confinamento è dato dall'inerzia stessa del materiale reattivo, in quanto nello stadio iniziale della reazione avviene un'implosione che comprime la miscela D-T a pressioni elevatissime (dell'ordine del miliardo di atmosfere).

Altri problemi relativi all'applicazione tecnologica della fusione sono, ad esempio:

-ricerca di materiali refrattari alle alte temperature

Nonostante il plasma sia confinato magneticamente e sia in vuoto, esiste comunque la trasmissione di calore tramite irraggiamento (il sole scalda proprio grazie a questo meccanismo, essendo lo spazio che lo separa da noi vuoto), è quindi necessario uno studio sul tipo di materiali da adoperare per le pareti del Tokamak.

-sistema criogenico

I materiali superconduttori usati per i magneti sono tali a temperature molto basse (intorno ai $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ per i superconduttori ad alta temperatura) per cui per svolgere la loro mansione devono essere raffreddati.

-materiali assorbitori di neutroni

I neutroni costituiscono un problema: essendo privi di carica non sentono l'effetto dei campi confinanti e sfuggono al plasma, ed essendo molto energetici (circa 14 MeV) sono pericolosi per la salute; è necessario l'uso di materiali assorbitori quali cemento armato.

In tutto questo non bisogna dimenticarsi che, siccome si vuole produrre energia e che al contempo di energia per far avvenire la reazione se ne spende, deve essere raggiunta la condizione per cui si ottiene più di quello che si immette; in particolare si vuole cercare di utilizzare parte dell'energia prodotta per sostenere le temperature richieste dalla reazione stessa (si parla del Q , cioè il rapporto tra la potenza emessa e la potenza immessa, che sicuramente dovrà essere >1).

A questo punto parliamo di ITER, a dimostrazione del fatto che la ricerca è attiva nel settore:

ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor, il cui acronimo rimanda al termine latino "iter", cioè "la via") è un reattore sperimentale che avrà la funzione di testare i vari componenti di cui è costituito in modo da capire se la realizzazione di un reattore è possibile; la sua costruzione è cominciata nel 2007 a Cadarache in Francia ed è frutto di una collaborazione tra molti paesi mondiali, primo fra tutti l'Unione Europea.

Dovrà produrre una potenza di 500 MW adoperando 50 MW di input ($Q=10$) e sarà a confinamento magnetico; i magneti superconduttori in particolare sono stati realizzati da ASG Superconductors® nello stabilimento di La Spezia. La prima produzione di plasma è prevista per dicembre 2025 e, se tutto va bene, ad ITER farà seguito il progetto DEMO, che sarà la prima centrale a fusione di produzione energetica (previsto per il 2050).

Esistono, almeno in teoria, altre vie per condurre la fusione, ovvero:

- sfruttare altre reazioni di fusione, come ad esempio D-D oppure D-³He. Quest'ultima in particolare ha il vantaggio di non produrre neutroni, tuttavia l'isotopo 3 dell'elio è rarissimo.

- è teoricamente possibile ridurre drasticamente le temperature necessarie per la reazione, si sfrutterebbe una sorta di catalisi ad opera di muoni, particelle con stessa carica dell'elettrone ma 207 volte più massive. Se venisse fatto in modo che queste particelle sostituissero l'elettrone nei vari atomi di idrogeno, data la loro massa essi orbiterebbero 207 volte più vicini al nucleo per cui la distanza tra gli atomi D-T decrescerebbe a tal punto da rendere prevalente l'interazione nucleare forte rispetto a quella elettrostatica senza bisogno di aumentare l'energia cinetica dei nuclei (quindi la temperatura).

Dopo questa panoramica sulla fusione è arrivato il momento di dare qualche motivazione sul perché scommettere su questa fonte di energia:

- disponibilità di combustibile

Il deuterio è molto comune: si trova nelle acque.

Il trizio è più raro e deve essere prodotto (per esempio a partire dal litio sfruttando una reazione nucleare).

- scorie

Il processo di fusione produrrebbe una quantità di scorie molto limitata e di radioattività non duratura nel tempo, al contrario di quello che avviene per la fissione.

- sicurezza

Nei reattori a fusione non esisterebbero pericoli di perdita di controllo della reazione in quanto essa non è a catena.

Il grosso svantaggio potrebbe essere un costo di realizzazione e manutenzione troppo elevato, ITER servirà proprio per valutare questi aspetti.

INCROCIAMO LE DITA!!

Lecture consigliate

- Sito ufficiale progetto ITER (iter.org, in lingua inglese)
- <http://scienzapertutti.infn.it/chiedi-allesperto/tutte-le-risposte/1491-0279-come-avviene-la-fusione-nucleare>

PS: Attenzione alla “fusione fredda”, se vi capita di leggere qualcosa a riguardo sappiate che è stato appurato che si tratta di un flop, nonostante alcuni siti ancora ne parlino speranzosi.

Confronto di un veicolo elettrico con uno tradizionale

In questa parte della lezione il nostro obiettivo è confrontare dal punto di vista dell’impatto ambientale un veicolo “tradizionale” con uno elettrico per comprendere i principali limiti di questi ultimi.

Partiamo con alcuni dati riguardanti l’ambito dei trasporti per far comprendere l’importanza della ricerca di alternative ai veicoli tradizionali: ad oggi vi è circa un miliardo di veicoli sul nostro pianeta, ed è stato previsto un raddoppio di questa quantità entro il 2050 (questa stima è del 2004 ed è possibile che ora la quantità prevista sia addirittura superiore).

Dato il numero elevatissimo di veicoli presenti e la loro voracità energetica non sorprende il fatto che sono tra i principali attori nel determinare l’inquinamento globale, si stima infatti che il settore dei trasporti contribuisca per il 23% alla produzione di CO₂ mondiale, per il 67% alla produzione di NO_x e per il 47% alla produzione di PM_{2,5} (secondo una analisi effettuata a Bruxelles nel 2012 per questi ultimi 2).

È perciò chiaro che non possiamo continuare a basare la nostra mobilità su una tecnologia così altamente inquinante come i motori a combustione interna e

dobbiamo cercare delle alternative, a chiunque potrebbero venire in mente i veicoli elettrici, ma è necessario analizzare approfonditamente il ciclo di vita di questi veicoli per comprendere se sono effettivamente una buona alternativa.

Cerchiamo perciò dei parametri utili a valutare la sostenibilità di un prodotto, prima di tutto pensiamo a come valutare impatto ambientale e tre parametri adatti a questo scopo sono il Global Warming Potential l'Abiotic Depletion e lo Human Toxicity Potential.

In italiano questi si traducono con Potenziale di riscaldamento globale, Deplezione Abiotica e Potenziale di tossicità umana.

Il primo e l'ultimo fattore si commentano da soli, sono due grandezze la prima delle quali quantifica la produzione di sostanze che contribuiscono all'effetto serra (in equivalenti di kg CO₂) la seconda quantifica la produzione di sostanze tossiche per gli umani (in equivalenti di kg di diclorobenzene), la Deplezione Abiotica infine ha un nome oscuro, ma è in realtà molto semplice: quantifica infatti l'utilizzo di energia. Infine, dobbiamo cercare di capire se un veicolo elettrico è conveniente dal punto di vista del costo, verrà quindi eseguita una analisi dei costi.

I tre fattori considerati fondamentali in questa sede per quanto riguarda l'impatto ambientale (anche se ve ne sono molti altri possibili) vengono valutati tramite una delle procedure più utilizzate per lo studio dell'impatto dei prodotti: il Life Cycle Assessment (LCA) traducibile come "valutazione del ciclo di vita".

Questa è una procedura così importante da essere internazionalmente definita dalla normativa BS EN ISO 14040:2006, che definisce l'LCA come lo studio degli aspetti ambientali del ciclo di vita di un prodotto, dall'acquisizione dei materiali grezzi, all'utilizzo, fino alla dismissione.

L'LCA è quindi proprio ciò che ci serve, una metodologia per valutare da cima a fondo l'impatto ambientale del ciclo di vita di un prodotto.

Vediamo ora come si sviluppa un LCA, per prima cosa bisogna definire un obiettivo e dei confini, in questo caso l'obiettivo è il confronto dell'impatto di un veicolo elettrico rispetto ad uno tradizionale e i confini vanno dai materiali ed energia utilizzati per la produzione dei veicoli alla fase di dismissione.

È importante sottolineare che i confini devono essere ben definiti, altrimenti si rischierebbe di dover procedere in una ricerca infinita, ad esempio se estendessimo l'LCA alla produzione dei mezzi utilizzati per l'estrazione dei materiali o dei

macchinari per la rottamazione la valutazione diverrebbe un lavoro enorme, e in casi estremi al limite dell'impossibile.

Dopo aver definito obiettivi e confini è necessario fare una analisi di inventario, quindi un modello del nostro sistema unito ad un lavoro di ricerca che portino insieme a definire nel modo più accurato possibile quali materiali e quanta energia sono necessari in ogni momento del ciclo di vita del prodotto.

Una volta che questi dati sono stati raccolti è finalmente possibile valutare l'impatto del ciclo di vita del prodotto e anche comprendere quali sono le fasi del ciclo di vita che sono critiche da questo punto di vista.

Avere a disposizione le informazioni che può dare un LCA è fondamentale per qualsiasi azienda che abbia a cuore il futuro di tutti, in quanto conoscendo i punti critici del ciclo di vita dei prodotti è possibile ripensarli in modo da renderli sempre più sostenibili, inoltre una azienda con approfondite conoscenze sui propri prodotti è in grado di pianificare in modo più oculato la propria strategia e in generale le proprie attività di mercato, i propri obiettivi e i mezzi per arrivarci.

Entriamo ora nel merito dell'LCA in analisi, i veicoli a confronto sono una delle più utilizzate auto elettriche in Europa, la Nissan Leaf, ed una nota auto tradizionale, la Toyota Yaris, per entrambe le auto è stato modellizzato il ciclo di vita facendo alcune ipotesi, in particolare è necessario ipotizzare la durata dei veicoli, il loro consumo e la qualità della fase di dismissione, recupero e riciclo dei materiali, è inoltre importante comprendere, per quanto riguarda il veicolo elettrico, le fonti utilizzate per produrre l'energia che lo alimenta.

Parlando delle fonti energetiche, e concentrandoci in particolare su quelle europee, possiamo osservare l'Europa consuma principalmente energia proveniente da combustibili fossili, per questo utilizzare un veicolo elettrico in Europa avrà comunque un impatto ambientale non nullo.

Passiamo quindi a commentare i risultati dell'LCA, per quanto riguarda il potenziale di riscaldamento globale il veicolo a combustione interna (tradizionale) risulta essere il più impattante, è possibile però osservare che il veicolo elettrico non si allontana molto da quello tradizionale, questo perché la fase di produzione di un veicolo elettrico risulta più impattante di quella di un veicolo tradizionale.

Per quanto riguarda la tossicità per gli umani il veicolo elettrico risulta essere addirittura peggiore di quello tradizionale, anche in questo caso il problema risulta essere la fase di produzione.

Per quanto riguarda il consumo energetico il veicolo tradizionale ha la peggio, data la sua minore efficienza, anche in questo caso viene evidenziata la fase di produzione come debolezza del veicolo elettrico.

Purtroppo, uno dei difetti dei veicoli elettrici è l'elevato impatto della loro produzione, sia dal punto di vista dell'inquinamento dovuto all'estrazione dei materiali, sia a causa della difficoltà nel produrre batterie sempre più efficienti, richiedendo così un grande consumo di energia e comportando l'emissione di composti nocivi.

È stata perciò effettuata una analisi specifica riguardante la fase di produzione della batteria, in praticamente tutti gli scenari si osserva che la produzione del catodo e dell'anodo della batteria, cioè i suoi costituenti fondamentali, risultano essere la causa principale dell'impatto della batteria, che a sua volta causa praticamente il 50% dell'impatto totale del veicolo elettrico.

Ovviamente l'articolo analizzato si dilunga nell'espone i vari modelli del sistema e a presentare una moltitudine di parametri aggiuntivi che sono stati valutati, ma noi non abbiamo tempo per farlo, ci sono inoltre molti altri articoli che analizzano l'impatto dei veicoli elettrici, ma per esporre i risultati di tutte le ricerche condotte ci vorrebbero ore.

Per ora sembra che i veicoli elettrici siano effettivamente una buona alternativa a quelli tradizionali, ma c'è un ulteriore parametro che voglio considerare, infatti se un prodotto è sostenibile, ma pochi possono permetterselo, allora non è veramente una possibile alternativa agli altri veicoli.

Per l'analisi dei costi ho utilizzato una Nissan Leaf come veicolo elettrico e una Nissan Micra N-Sport, due veicoli della stessa casa produttrice e con prestazioni simili, il risultato è una piccola differenza di prezzo tra i due, che è grande all'acquisto ma che va poi ad appiattirsi con la fase di utilizzo, tenendo conto degli sconti per le auto elettriche (sia per l'acquisto, sia per assicurazione e bollo), questa differenza andrebbe probabilmente ad appiattirsi ancora di più, fino addirittura ad annullarsi o a rendere le auto elettriche più vantaggiose di quelle tradizionali.

Cosa dobbiamo ancora migliorare per rendere l'auto elettrica la vera auto che vogliamo nel nostro futuro?

La produzione di energia da fonti rinnovabili: aumentando questa andrebbe a calare, fino potenzialmente ad annullarsi, l'impatto legato alla fase di utilizzo dei veicoli elettrici.

Le batterie: le batterie agli ioni di litio comunemente utilizzate in tutti i dispositivi ricaricabili (auto elettriche comprese) stanno oramai incontrando i loro limiti tecnologici, hanno una bassa densità di energia per massa e sono inquinanti da produrre molto più dei componenti di un veicolo tradizionale, è necessario trovare quindi una alternativa, una nuova tecnologia nel campo delle batterie, in grado di far volare l'elettrico.