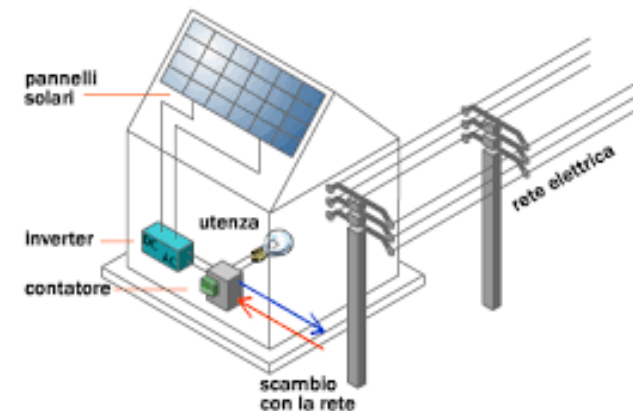




La definizione di una Metodologia di calcolo della CARBON FOOT PRINT per le CER del Progetto di ENER.BIT

Pierpaolo ORESTE
Politecnico di Torino

Biella, 2 ottobre 2024



Progetto di ricerca Politecnico di Torino-Ener.bit

- **Titolo:**

Studio per la definizione di metodologia standard per il calcolo dell'impronta di carbonio associata ai "prodotti" utilizzati dalla Soc. ENER.BIT, con particolare riferimento alla fase di estrazione e arricchimento/trattamento/lavorazione delle risorse minerarie e delle materie prime

- **Obiettivo:**

Valutazione dell'impronta di Carbonio nelle diverse fasi di realizzazione necessarie alla fabbricazione dei prodotti e dispositivi per i sistemi energetici (sistemi fotovoltaici, ...)

Particolare attenzione sarà dedicata ai metodi e processi minerari che sono alla base dell'estrazione e del trattamento dei minerali necessari alla fabbricazione dei prodotti e dei dispositivi energetici

Progetto di ricerca Politecnico di Torino-Ener.bit

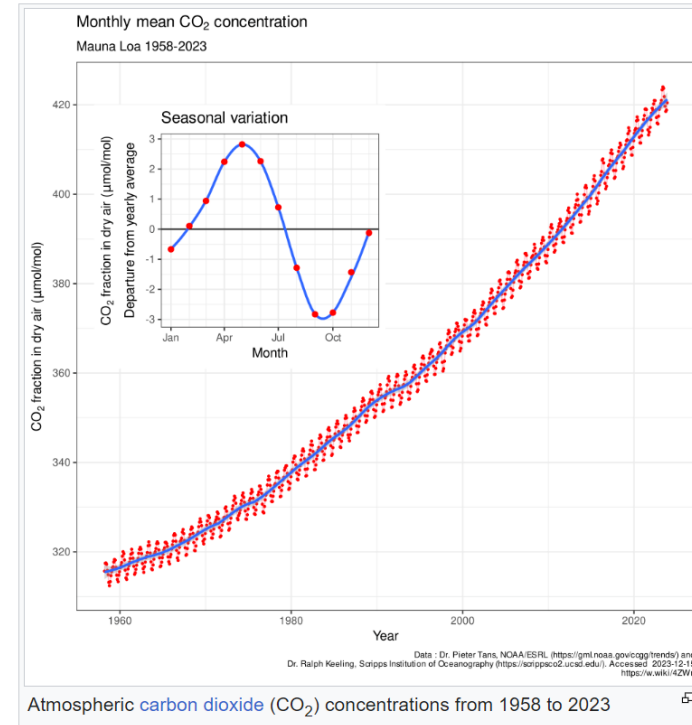
- **Caratteristiche della metodologia che sarà sviluppata:**

La metodologia che sarà adottata impiegherà metodi di valutazione scientificamente validi che tengano conto degli sviluppi a livello internazionale, considerando tutti gli impatti ambientali, compresi i cambiamenti climatici e quelli relativi all'acqua, all'aria, al suolo, alle risorse, all'uso del territorio e alla tossicità.

Successivamente implementata su una piattaforma open source, utilizzabile ed integrabile liberamente, come strumento di conoscenza nella gestione delle politiche ambientali e delle strategie energetiche non solo da ENER.BIT, ma anche da altri operatori pubblici e privati.

Condizione attuale della crisi climatica

- temperatura superficiale media del pianeta superiore di circa $1,2^{\circ}\text{C}$ rispetto ai livelli preindustriali ($2,4^{\circ}\text{C}$ nel 2100)
- emissioni dei gas serra non hanno ancora raggiunto il loro picco (dovranno essere zero nel 2050)
- settore energetico principale responsabile dell'inquinamento atmosferico
- nuova economia dell'energia pulita: sistema solare fotovoltaico e veicoli elettrici (batterie)



Curva di Keeling

Impronta di Carbonio

- Carbon Footprint of the Product (CFP) è la misura delle tonnellate equivalenti di CO₂ emessa (tCO₂e) in ogni fase ed attività per la realizzazione di prodotti o servizi
- Tiene conto non solo della CO₂, ma anche di altri gas serra, attraverso dei fattori di conversione (N₂O CH₄ HFC SF₆ PFC)
- Consente la misura quantitativa delle emissioni globali associate ad un prodotto per poterle gestire e ridurre
- Una norma specifica (ISO 14067) indica nel dettaglio come effettuare i calcoli tenendo conto di tutti i molteplici fattori che incidono sulle emissioni



Principi nella valutazione della CFP

- Prospettiva del ciclo vita (dalla materia prima allo smaltimento finale)
- Completezza e trasparenza di tutte le valutazioni
- Consistenza (coerenza dei metodi nelle varie fasi analizzate)
- Precisione (dati accurati per ridurre l'incertezza del risultato finale)

Metodologia di calcolo della CFP

- Si basa sui criteri del Life Cycle Assessment (LCA): analisi accurata di tutti i flussi di materia ed energia in ogni fase della produzione, con riferimento all'efficienza e sostenibilità
- Si sviluppa secondo quattro punti: definizione degli ambiti da esaminare (le fasi della produzione), quantificazione dei flussi dei materiali e delle emissioni in ogni singola attività, calcolo delle emissioni (dirette ed indirette), valutazione dei risultati ottenuti
- Attività da considerare: estrazione delle materie prime e loro trattamento, produzione e fabbricazione del prodotto, distribuzione e trasporto, uso del prodotto, recupero delle materie prime e smaltimento finale
- Riferimento ai dati secondari (letteratura tecnica) e poi anche ai dati primari (reperiti dal monitoraggio interno)

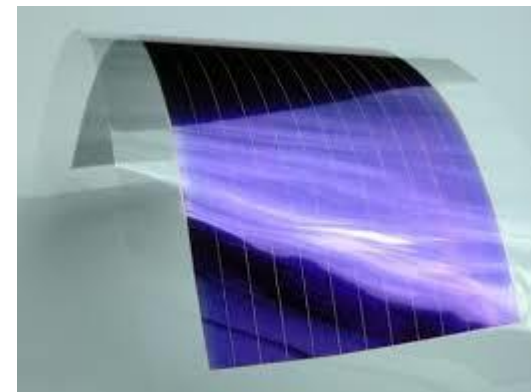
Dati sull'Impronta di Carbonio dei sistemi fotovoltaici

- Secondo recenti studi i pannelli attuali richiedono 2 anni del loro funzionamento (pay-back energetico) per poter ripagare l'impronta di carbonio generata per produrli (20 g/kWh)
- Negli anni Settanta del secolo scorso il pay-back energetico era di 400-500 g/kWh
- La percentuale di materiale recuperato da un pannello fotovoltaico a fine vita può oggi arrivare fino al 95 % (alluminio, plastica, vetro, rame, argento, silicio)

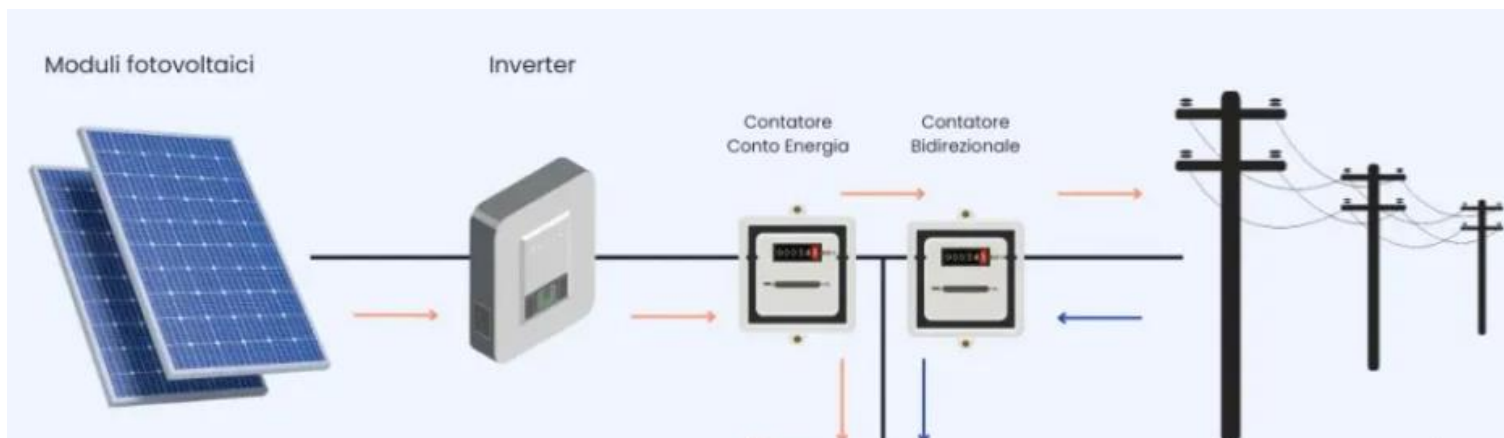
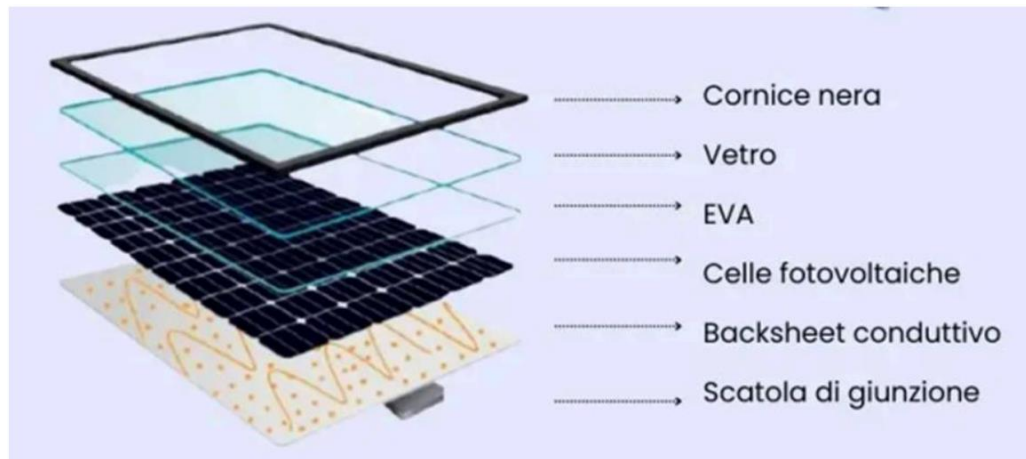


Pannelli fotovoltaici in corso di studio

- Pannelli al silicio policristallino: efficienza energetica 10-18 %, semplicità costruttiva, costi di produzione contenuti, in grado di operare con temperature elevate, vita utile 14 anni, alta sensibilità alle temperature
- Pannelli al Tellururo di Cadmio (CdTe) (a film sottile): efficienza 6-10 %, vita media 25 anni, rapido calo di efficienza iniziale, costi contenuti, problemi ambientali per la tossicità del cadmio e del tellurio

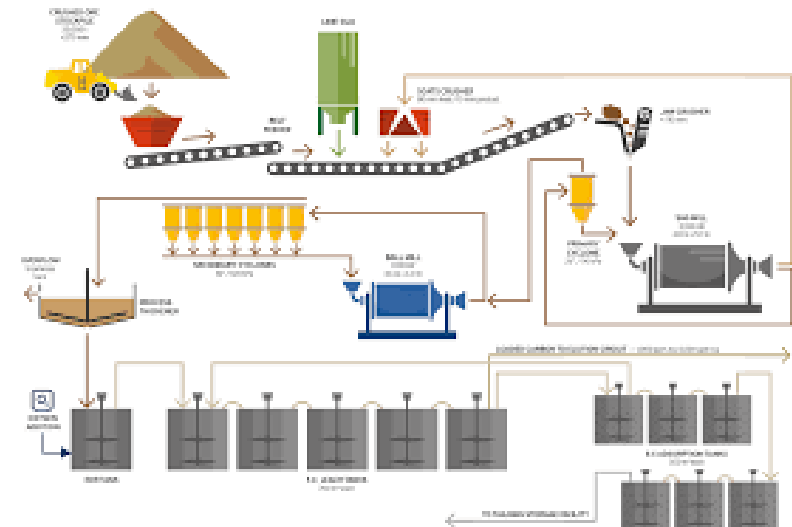
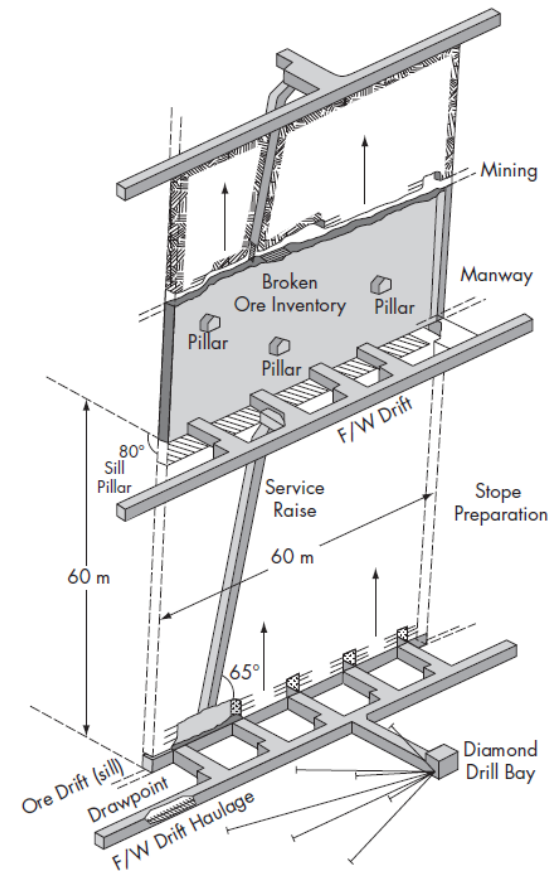


Materiali necessari alla realizzazione di un sistema fotovoltaico



Fasi dell'attività mineraria

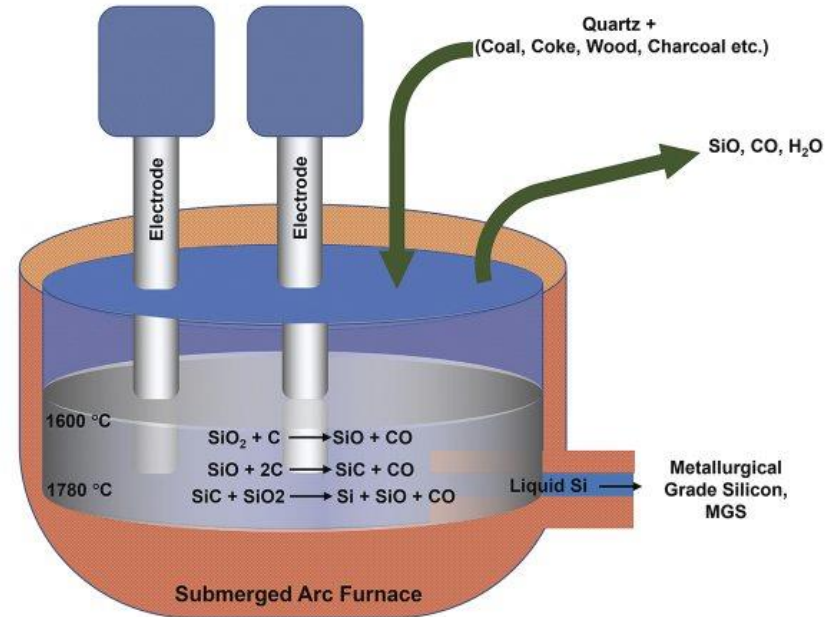
- Esplorazione dei giacimenti
- Apertura della miniera e tracciamento del giacimento
- Estrazione della roccia mineralizzata
- Trattamento e lavorazione per ottenere il minerale/elemento chimico di interesse (comminuzione, separazione, attacco chimico, fusione)



Estrazione del silicio dalla crosta terrestre



Arricchimento e purificazione del silicio per applicazioni nel solare



Estrazione del silicio per fotovoltaico

- estrazione del quarzo, poi raffinato per produrre silicio di grado metallurgico
- ulteriore purificazione attraverso un processo chimico noto come processo Siemens (silicio di grado solare)
- aspetti particolari da considerare: elevato consumo energetico (impianti energivori ad alta temperatura) e produzione di rifiuti
- obiettivi della ricerca: aumento dell'efficienza dei processi di estrazione del silicio e impiego del silicio riciclato
- il silicio costituisce quasi completamente le celle fotovoltaiche, che sono solo il 2 % in peso dei pannelli