

Sommario della valutazione di impatto sull'ambiente, la salute e la sicurezza di installazioni fotovoltaiche al CdTe attraverso il loro intero ciclo di vita

Paola Finetti, Ugo Bardi, **Università di Firenze, Dipartimento di Chimica, Via della Lastruccia 3, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze, Italy.**



La consapevolezza, ormai diffusa a livello mondiale, dell'impatto sull'ambiente delle emissioni di gas serra, assieme al costante aumento del prezzo del petrolio, hanno innescato una forte domanda di autentica innovazione tecnologica applicata alla produzione di energia elettrica. Per ottenere una riduzione significativa del consumo di petrolio, delle emissioni serra, e degli altri agenti inquinanti dovuti all'impiego di combustibili fossili è indispensabile disporre di fonti di energia rinnovabili ed economicamente vantaggiose.

L'elettricità fotovoltaica (FV) è una delle fonti più promettenti di energia rinnovabile. E' molto flessibile, in quanto può operare in molti tipi di territorio. In più, la generazione di energia FV può contare su tecnologie che negli ultimi anni hanno mostrato un notevole progresso in termini di efficienza di conversione ed in termini di impatto ambientale legato al loro ciclo di vita. Al tempo stesso la capacità produttiva dell'industria FV è cresciuta in maniera considerevole creando così un circolo virtuoso in quanto, l'aumento della capacità produttiva comporta al tempo stesso una diminuzione del consumo di energia richiesta per la produzione. La tecnologia FV basata su film sottili di tellururo di cadmio (CdTe) è cresciuta più velocemente rispetto alla tecnologia convenzionale al Si. La First Solar che è l'azienda guida a livello mondiale nel settore del FV al CdTe ha raggiunto una produzione annuale di oltre 2.2 GWp nel 2011.

Uno dei progressi più importanti del settore FV verso un livello di sostenibilità ancora maggiore è l'introduzione del programma di restituzione e riciclo dei pannelli solari. La First Solar è stata la prima azienda del settore FV ad introdurre questo tipo di programma nel 2005. Oltre 200 aziende del settore FV ne hanno seguito l'esempio diventando membri a pieno titolo del consorzio volontario di industrie chiamato PV CYCLE. Questo consorzio volontario di industrie si occupa di restituzione e riciclo di pannelli FV da dismettere.

Sostituendo il combustibile fossile con la conversione FV per generare corrente è possibile ridurre le emissioni di gas serra e di altri inquinanti che minacciano l'ambiente e la salute umana come i gas NO_x, SO₂, oppure il particolato fine ed i metalli pesanti. L'importanza della tecnologia solare al CdTe nel promuovere la generazione di energia FV risiede principalmente nel suo ottimo rapporto costo beneficio. La tecnologia FV a base di CdTe infatti, coniuga durezza, alta efficienza di conversione e prestazioni elevate in condizioni di alta temperatura con un basso costo di produzione. Grazie a queste caratteristiche, la tecnologia FV al CdTe offre il più basso tempo di

recupero energetico (energy payback time o EPBT) e la più bassa impronta di carbonio (carbon footprint) di tutte le tecnologie disponibili. Il più basso tempo di recupero energetico equivale a dire che il FV a base di CdTe è il più veloce nel restituire sotto forma di energia solare la quantità di energia convenzionale necessaria al suo intero ciclo di produzione e dismissione (inclusi restituzione e riciclo). La più bassa impronta di carbonio significa un minor livello di emissioni serra nel corso del ciclo di produzione e dismissione. Potendo contare sul più basso tempo di recupero energetico e la più bassa impronta di carbonio, l'industria FV a base di CdTe è in grado di sostenere una crescita più rapida pur mantenendo un profilo di impatto ambientale positivo. In base alle valutazioni di organismi indipendenti, sostituire l'attuale corrente di rete di, sia negli USA sia nella UE, con elettricità prodotta mediante pannelli FV al CdTe comporterebbe una riduzione di circa il 89-98%.

di tutte le emissioni serra, degli altri inquinanti tipici dei combustibili fossili, inclusi i metalli pesanti, tra i quali, lo ricordiamo, vi è il cadmio¹.

La tecnologia FV al CdTe è anche molto sicura. La parte attiva del dispositivo, cioè il film sottile di materiale semiconduttore è una giunzione tra il solfuro di cadmio (CdS) ed il CdTe. Il contenuto di CdS ammonta solamente a circa il 3% in peso del totale del film e per questo motivo il nome della tecnologia si riferisce al solo CdTe. Sia il CdS sia il CdTe sono composti semiconduttori molto stabili. Il CdS è più stabile del cadmio (Cd) ed il CdTe è più stabile di entrambi i suoi costituenti che sono il Cd ed il tellurio (Te) e di molti altri composti analoghi. Lo spessore del film di CdS/CdTe è di soli alcuni μ (meno di un capello umano). Il film di CdS/CdTe è fissato permanentemente al suo substrato di vetro grazie alle tecniche avanzate di deposizione di vapori. Il film è infine racchiuso a "panino" per mezzo di un altro strato di vetro. Questa struttura di incapsulazione per mezzo di un doppio vetro previene l'esposizione del film semiconduttore a qualsiasi agente atmosferico e lo protegge da possibili danni accidentali. Grazie alla stabilità chimica e fisica del CdS e del CdTe e grazie alle avanzate tecnologie di produzione, i moduli al CdTe in condizioni operative sono una sorgente a zero emissione di Cd.

I combustibili fossili immagazzinano il Cd, che è molto tossico, e lo rilasciano durante il processo di combustione. In condizioni normali i pannelli FV non emettono Cd. Dunque

¹ Fthenakis, et al. Emissions from Photovoltaic Life Cycles, Environmental Science and Technology, 2008, Vol. 42, 2168-2174.

l'emissione diretta di Cd da parte dei pannelli FV al CdTe può avvenire in principio durante le fasi di trasformazione ed i vari processi in fase di produzione, oppure ancora in fase di dismissione (smaltimento o riciclo) dei moduli FV. La comunità scientifica ha esaminato il rischio legato alle potenziali emissioni di Cd nell'arco dell'intero ciclo di vita dei pannelli FV al CdTe: dalla fornitura di materiali grezzi, attraverso la manifattura dei moduli FV, le loro condizioni operative normali fino ad arrivare alla fase di dismissione (smaltimento o riciclo) dei pannelli FV. Il risultato di questa ricerca è che l'emissione diretta di Cd durante l'intero ciclo di vita dei pannelli FV è trascurabile. L'unica emissione di Cd misurabile è dovuta ai combustibili fossili impiegati nella generazione di energia elettrica richiesta in fase di produzione (e di riciclo).² Per ogni GWh di energia elettrica prodotta l'emissione di Cd legata al ciclo di vita dei pannelli FV al CdTe risulta oltre cento volte più piccola rispetto all'emissione di Cd in aria dovuta ad una centrale elettrica a combustibile fossile. Inoltre, la tecnologia al CdTe è, tra tutte le tecnologie FV disponibili quella che richiede la minore quantità di energia per la sua produzione, quindi è, tra tutte, anche la meno inquinante in termini di emissioni di Cd.

Una questione importante nel promuovere la diffusione degli impianti FV di larga scala è la loro compatibilità di questi con l'agricoltura. Attualmente sono allo studio variare soluzioni di montaggio in grado di consentire lo svolgimento di attività agricola negli stessi siti degli impianti FV. Gli impianti contenenti moduli FV al CdTe sono sicuri e compatibili con l'agricoltura. Combinare la produzione di energia elettrica di tipo FV con l'agricoltura potrebbe rivelarsi un beneficio per entrambe le attività.

I moduli FV prodotti da First Solar sono stati certificati come rifiuto non pericoloso³, ciò significa che sono adatti allo smaltimento in una normale discarica di rifiuti. In ogni caso la pratica della restituzione e riciclo è vista da molti, sia da esperti sia dal pubblico più sensibile alle tematiche ambientali, come una dei percorsi principali per migliorare l'impronta verde di tutte le compagnie FV. Questa pratica promuove infatti la responsabilità dei produttori e l'ottimizzazione della progettazione dei dispositivi FV in modo da venire incontro all'esigenze dei processi di riciclo. Restituire e riciclare è anche un potenziale metodo di recupero di materiali e di riduzione della

² Fthenakis, V.M., Life Cycle Impact Analysis of Cadmium in CdTe PV Production, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2004, Vol. 8, 303-334.

³Wehrens W., GfBU-Consult mbH Certificate, May 2011.

domanda cumulativa di energia, con la relativa impronta di carbonio, dei moduli FV. Al momento la disponibilità di moduli FV in fase di dismissione è piccola, data la giovane età di molti impianti rispetto alla loro aspettativa di durata. Tuttavia, tra una decina d'anni circa, la possibilità, ma anche la domanda di riciclo è destinata a diventare notevole. E' stato stimato che in Germania nel 2020 la quantità di potenziali rifiuti FV ammonterà a 35.000 tonnellate.

Il programma di restituzione e riciclo offerto dalla First Solar si applica ad ogni modulo prodotto. Il costo della restituzione e del riciclo è incluso nel prezzo del modulo FV. Il denaro assegnato a questa parte del processo è gestito da un fondo fiduciario indipendente. L'impatto ambientale del processo di riciclo è stato valutato da ricercatori indipendenti⁴, i quali hanno concluso che l'intero processo permette di recuperare circa il 90% del vetro ed il 95% del CdTe, materiale di valore. Riciclare il vetro è una pratica molto efficace nel ridurre le emissioni di gas serra. E' stato calcolato fondere vetro puro comporta un risparmio energetico del 30% rispetto alla fusione di materiali grezzi, i quali fondono a temperature più elevate e contengono residui carboniosi che bruciano durante il processo di fusione.

⁴Held, M., Life Cycle Assessment of CdTe Module Recycling, University of Stuttgart, Presented at the Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, 2009.