

SICUREZZA E SALUTE SUL LAVORO E APPLICAZIONI A ENERGIA SOLARE DI PICCOLE DIMENSIONI

1 Introduzione

Le installazioni a energia solare domestiche e di piccole dimensioni sono ampiamente usate, ma finora è stata prestata solo scarsa attenzione ai relativi aspetti di sicurezza e salute sul lavoro (SSL). Lungo l'intero ciclo di produzione, trasporto, installazione e manutenzione, fino allo smantellamento e riciclaggio, entrano in contatto con tali impianti molti gruppi diversi di lavoratori in vari tipi di ambienti e settori di lavoro. È quindi importante prestare un'adeguata attenzione alla sicurezza e salute sul lavoro al momento di progettare e pianificare tali applicazioni, per evitare rischi per la salute e la sicurezza in una fase successiva del loro ciclo di vita. Questo numero di E-fact intende sensibilizzare in merito ai fattori di rischio legati al lavoro e agli aspetti di sicurezza e salute sul lavoro associati alle installazioni a energia solare domestiche e di piccole dimensioni durante il loro ciclo di vita.



Autore: David Tijero Osorio

1.1 Basi tecnologiche e realizzazione di installazioni solari di piccole dimensioni

Esistono due tipi di tecnologie che sfruttano l'energia solare: gli impianti solari fotovoltaici e gli impianti solari termici. Nessuno dei due produce gas a effetto serra o emissioni di gas tossici durante il funzionamento ed entrambi sono adatti per applicazioni di piccole dimensioni. L'energia solare concentrata viene usata solo per applicazioni di grandi dimensioni.

Gli impianti fotovoltaici sono i più diffusi e utilizzano celle per convertire le radiazioni solari in elettricità. La luce del sole crea un campo elettrico tra gli strati di materiale semiconduttore, producendo corrente elettrica continua. Un invertitore trasforma la corrente continua in corrente alternata. La conversione delle radiazioni si basa su un effetto fisico e non può essere interrotta.

Il materiale semiconduttore più comune usato nelle celle fotovoltaiche è il silicio. I processi produttivi e i materiali sono simili a quelli usati nell'industria microelettronica. Nella parte superiore si trovano le celle "a pellicola sottile", che utilizzano quantità molto piccole di materiali semiconduttori, applicati in strati sottili a superfici di vetro, metallo e plastica. I materiali usati per la tecnologia fotovoltaica comprendono il silicio cristallino (x-Si), il silicio amorfo (a-Si), il tellururo di cadmio (cdTe), il diseleniuro di rame indio (CIS) e il disolfuro di rame indio gallio (CIGS).

La maggior parte delle strutture fotovoltaiche di piccole dimensioni è collegata alla rete elettrica. Gli impianti possono essere costruiti come installazioni da montare sui tetti di case, condomini o edifici commerciali. I materiali fotovoltaici possono anche essere integrati negli edifici, ad esempio nelle facciate delle abitazioni o nei rivestimenti dei tetti.

Gli impianti solari termici o le caldaie solari convertono la luce del sole in calore. Essi sono formati da collettori piani con una miscela di acqua/glicole usata come fluido di trasferimento del calore. Il calore viene trasportato in un serbatoio di stoccaggio e può essere utilizzato per la produzione di acqua calda o per il riscaldamento. Diversamente dagli impianti fotovoltaici, gli impianti solari termici non

utilizzano materiali tossici, esplosivi, corrosivi o potenzialmente cancerogeni e l'impianto non comporta pericoli elettrici.

1.2 Obiettivi politici

L'Unione europea (UE) ha una strategia ambiziosa per la politica energetica e climatica, che mira a contrastare i cambiamenti climatici, aumentare la sicurezza energetica e trasformare l'Europa in un'economia a bassa impronta di carbonio. Per promuovere tale processo, la Commissione europea (CE) ha fissato un obiettivo di riduzione delle emissioni di CO₂ entro il 2020 di almeno il 20% rispetto ai livelli di emissione del 1990, a fronte di un incremento del 20% della componente di energia rinnovabile rispetto a tutta l'energia primaria consumata.

L'energia solare riveste un ruolo fondamentale nel panorama delle fonti di energia sostenibile in Europa e la sua promozione è sostenuta dagli investimenti della Commissione. Nell'ambito del piano strategico europeo per le tecnologie energetiche (SET) è stata varata un'iniziativa industriale europea sull'energia solare per rendere possibili tecnologie solari pulite, competitive e sostenibili, in grado di soddisfare fino al 15% della domanda di energia elettrica in Europa entro il 2020.

Poiché le tecnologie a energia solare presentano solitamente una più alta intensità di manodopera rispetto alle tecnologie tradizionali, come le tecnologie basate sui combustibili fossili, la spinta dell'Unione europea verso l'energia solare comporta un cambiamento strutturale a livello di occupazione e crea un numero elevato di posti di lavoro nell'energia solare.

1.3 Ruolo e impatto dell'energia solare

Il settore solare è cresciuto rapidamente durante gli ultimi due decenni e tale tendenza dovrebbe continuare anche in futuro. La riduzione nel costo degli impianti a energia solare, unitamente alla disponibilità di finanziamenti e investimenti pubblici, sta generando un'elevata domanda di installazioni domestiche. Gli ingenti investimenti effettuati dall'Europa nell'energia solare sono dimostrati dai 320 000 addetti del settore nel 2011, con un incremento dell'86% rispetto al 2009 [1].

La capacità di elettricità solare fotovoltaica in tutti gli Stati membri ammontava nel 2010 a 26 gigawatt (GW) ed entro il 2020 raggiungerà prevedibilmente 84 GW. La crescita media annua nella capacità di elettricità solare si è attestata al 64% nel periodo 2005-2010. La crescita media annua prevista dell'energia dagli impianti solari termici evidenzia una crescita stabile del 16% nel periodo 2005-2020, ma copre ancora una quota considerevolmente inferiore rispetto all'elettricità solare [2].

Il mercato solare europeo sta rallentando nei principali paesi, per esempio Germania e Spagna, principalmente a causa della riduzione del sostegno governativo. Per contro, alcuni mercati più piccoli dell'Europa centrale e orientale stanno crescendo rapidamente, come nel caso di Austria, Belgio, Ucraina, Bulgaria, Repubblica ceca e Romania. Questi paesi offrono un numero crescente di incentivi, tra cui tariffe fisse di feed-in e agevolazioni fiscali. Nel prossimo futuro si dovrebbe quindi assistere a una diffusione più omogenea dell'energia solare in tutta l'Unione europea.

2 Sicurezza e salute sul lavoro durante il ciclo di vita degli impianti solari di piccole dimensioni

Il ciclo di vita delle installazioni solari di piccole dimensioni include le seguenti fasi: progettazione e pianificazione, fabbricazione, trasporto, installazione, integrazione con l'infrastruttura, funzionamento e manutenzione, smantellamento e infine smaltimento/riciclaggio. Queste fasi coinvolgono diversi gruppi di lavoratori in vari tipi di posti di lavoro e settori, per esempio meccanici di macchinari industriali, ingegneri elettrici, saldatori, metalmeccanici, elettricisti, installatori di impianti a energia solare, operai edili, addetti allo smaltimento dei rifiuti ecc. [3].

Da un'analisi degli aspetti di sicurezza e salute sul posto di lavoro in tutte queste fasi emerge che i principali pericoli (sostanze pericolose, lavoro in quota, scivoloni e cadute, pericoli elettrici e di incendio) possono quindi avere un impatto su numerosi lavoratori in vari posti di lavoro. Quando si

progetta un sistema di pannelli solari è dunque importante considerare la sicurezza e la salute sul lavoro per l'intero ciclo di vita dell'impianto e progettarlo in modo da ridurre al minimo i rischi per la salute e la sicurezza sul lavoro nelle fasi successive del ciclo di vita. Prima di immettere il prodotto sul mercato è inoltre necessario verificare il profilo di sicurezza e salute sul lavoro, per assicurarsi che il prodotto soddisfi standard accettabili.

I pericoli legati agli impianti solari di piccole dimensioni si riscontrano perlopiù anche in altri settori e possono essere gestiti con le conoscenze esistenti in materia di sicurezza e salute sul lavoro. Tuttavia, sono richieste anche nuove combinazioni di competenze per far fronte alle nuove costellazioni di pericoli e per gestire i nuovi prodotti (per esempio, tegole fotovoltaiche, nel senso che le tegole diventano una fonte di pericolo elettrico) e le nuove sostanze come gli ultimi nanomateriali. Le installazioni solari per l'acqua calda, per esempio, richiedono ai lavoratori di avere le competenze di installatori di tetti, idraulici ed elettricisti, oltre alle conoscenze di chi lavora in quota.

La crescente domanda di installazioni solari domestiche di piccole dimensioni può anche evidenziare una mancanza di competenze che potrebbe essere difficile colmare in tempi rapidi; inoltre, può indurre i lavoratori ad applicare nuove tecnologie, o tecnologie con le quali non hanno familiarità, pur non disponendo della formazione e delle competenze necessarie per farlo [4]. La disponibilità di finanziamenti pubblici per incoraggiare queste installazioni può anche attrarre nuove aziende prive di esperienza in questo settore. E la fretta di approfittare di queste sovvenzioni prima che siano ritirate può allontanare l'attenzione dagli aspetti di sicurezza e salute sul lavoro.

Attualmente non vi sono dati attendibili sugli infortuni sul lavoro associati agli impianti di energia solare. Poiché gran parte del lavoro legato all'installazione di tali impianti viene svolto da lavoratori autonomi o nell'ambito dell'economia informale, la raccolta di dati sugli infortuni e le malattie professionali è piuttosto difficoltosa. La valutazione dei rischi sul posto di lavoro può anche essere ostacolata da una mancanza di dati sulla sicurezza e la salute, in particolare in relazione all'ampia gamma di tecnologie solari e processi produttivi delle celle fotovoltaiche. I dati disponibili sulle cadute mortali durante il lavoro in quota indicano che l'energia solare prodotta dagli impianti installati sui tetti è di gran lunga più pericolosa dell'energia eolica o dell'energia nucleare (0,44 morti per terawatt/ora ogni anno rispetto a 0,15 e 0,04 morti rispettivamente) [6]. Con l'incremento della domanda di installazioni solari di piccole dimensioni potrebbe aumentare anche la probabilità di incidenti legati alla salute e alla sicurezza.

L'espansione del settore solare amplifica in misura sostanziale tutte le fasi del ciclo di vita della tecnologia, comportando rischi potenziali per un maggior numero di persone. Una volta raggiunta la fine del ciclo di vita, i pannelli fotovoltaici creano un'enorme quantità di rifiuti elettronici con un potenziale impatto sull'ambiente e la salute. Anche altre fasi del ciclo di vita delle tecnologie solari come la costruzione e la manutenzione sono interessate da questo fenomeno di amplificazione e devono essere attentamente monitorate per quanto riguarda gli aspetti di sicurezza e salute sul lavoro. I pericoli delle nuove tecnologie solari fotovoltaiche (celle solari con semiconduttori organici, celle sensibilizzate a colorante, celle microcristalline a pellicola sottile in carburo di silicio e celle fatte di nanomateriali) sono difficili da valutare poiché si trovano ancora nella fase di sviluppo in laboratorio [5].

2.1 Rischi per la sicurezza e la salute sul lavoro associati alla produzione di installazioni solari

Nella produzione di celle fotovoltaiche, la salute dei lavoratori può essere sfavorevolmente influenzata da una varietà di agenti e materiali chimici. I pericoli chimici riguardano la tossicità, corrosività, infiammabilità ed esplosività dei materiali. Le quantità e i tipi di agenti chimici usati variano in funzione del tipo di cella prodotta, mentre i materiali semiconduttori sono usati solo in piccole quantità, in particolare nella produzione di strati ultra-sottili [7]. Inoltre i giunti di saldatura tra i pannelli possono contenere metalli pesanti come il piombo.

Particolarmente pericolosi nella produzione di celle x-Si sono gli agenti chimici caustici, come l'acido fluoridrico (HF), usato per pulire le piastrine di silicio, e il gas silano (SiH_4), che è estremamente infiammabile ed esplosivo. Al momento, la maggior parte del silicio usato come materiale di base per le celle x-Si è prodotta in paesi come la Cina, che applicano standard variabili in materia di sicurezza

e salute sul lavoro. La produzione di celle a-Si richiede inoltre l'uso di grandi quantità di SiH_4 . Il rischio principale legato alle celle CdTe è la tossicità e la cancerogenicità del cadmio. Il CdTe sembra essere meno tossico rispetto al cadmio elementare, almeno in termini di esposizione acuta [8]. L'uso di acido selenidrico (H_2Se) rappresenta il principale problema legato alle celle CIS/CIGS; purtroppo scarseggiano le informazioni riguardo alla tossicità del CIS [9]. Gli agenti chimici summenzionati sono abitualmente manipolati nell'industria dei semiconduttori e le misure di sicurezza sono perlopiù definite. Le procedure di sicurezza sul lavoro e l'uso di impianti di produzione chiusi o impianti di ventilazione e cappe aspiranti riducono al minimo il rischio di esposizione.

Durante i processi produttivi occorre considerare le problematiche legate alla manipolazione manuale, soprattutto quando aumenta l'entità dei prodotti che richiedono una manipolazione manuale [10]. Le opzioni di prevenzione possono comprendere l'utilizzo di soluzioni ergonomiche adattate, come dispositivi di sollevamento a vuoto, e di soluzioni di automazione e robotica. L'assemblaggio che richiede movimenti ripetitivi degli arti superiori (braccia e mani) è un fattore comune di rischio per lo sviluppo di disturbi agli arti superiori.

Il trasporto di (pezzi di) installazioni a energia solare di piccole dimensioni dalla fabbrica al cliente non costituisce un fattore critico, ma deve avvenire nel rispetto delle norme in materia di sicurezza e salute sul lavoro altrimenti applicabili al trasporto di merci.

2.2 Rischi per la sicurezza e la salute sul lavoro associati a installazione, manutenzione e smantellamento

I principali pericoli sono associati al lavoro in quota e includono: problemi di accesso; caduta di oggetti; cadute e scivoloni causati, per esempio, da tegole vetrificate scivolose o tegole con depositi di alghe o di muschio sulle superfici dei tetti; tetti a falde molto ampie; tetti fragili; tetti delicati o danneggiati. Oltre al rischio di lesioni secondarie a scivoloni e cadute, questi pericoli possono contribuire anche alla comparsa di disturbi muscolo-scheletrici. Per esempio, i pannelli solari, in particolare i pannelli per l'acqua calda, possono essere pesanti e difficili da sollevare sui tetti. Spesso è anche necessario lavorare per periodi prolungati in posizioni scomode, per esempio stando inginocchiati o accovacciati, il che significa che i lavoratori sono esposti a rischi ergonomici durante le attività di (dis)installazione e manutenzione, che possono provocare disturbi muscolo-scheletrici tra cui lesioni a carico del dorso.

Ulteriori rischi come lo stress da freddo o da caldo sono causati dalle condizioni climatiche sfavorevoli quali le temperature estreme. L'esposizione alle radiazioni solari può causare scottature solari, disturbi agli occhi e alcuni tipi di tumore. La pioggia o la neve possono rendere scivolose le superfici e causare scivoloni e cadute.

Le installazioni solari termiche non presentano pericoli elettrici, ma potrebbero provocare ustioni o bruciature dovute al calore dei fluidi, mentre gli impianti fotovoltaici possono presentare rischi elettrici. Costituisce in primo luogo una minaccia il fatto di lavorare vicino a linee aeree ad alta tensione che seguono l'andamento del tetto. In secondo luogo, gli impianti fotovoltaici presentano rischi elettrici se l'impianto elettrico è compromesso o le coperture protettive dei componenti sono danneggiate. La tensione tipica, che si aggira attorno a 600 volt, può causare shock elettrici (elettrocuzione), ustioni elettriche o termiche e oftalmia da raggi [11]. Inoltre, anche livelli bassi di amperaggio possono causare reazioni muscolari involontarie, che potrebbero determinare una caduta dal tetto. Un'ulteriore sfida è rappresentata dal fatto che l'impianto fotovoltaico è sempre alimentato per via delle radiazioni solari e non può essere spento per la manutenzione o altri interventi sull'impianto. Potrebbero anche emergere nuovi rischi elettrici paralleli agli sviluppi tecnologici. Per esempio, la possibilità di integrare le celle fotovoltaiche nelle tegole potrebbe indurre gli installatori di tetti a montarle senza disporre di un'adeguata formazione elettrotecnica.

I requisiti per (dis)installare e sottoporre a manutenzione gli impianti solari residenziali o commerciali sono complessi e richiedono vari tipi di conoscenze, il che presuppone che i lavori possano essere subappaltati solo a persone con una combinazione di competenze in vari settori. La mancanza di lavoratori con le competenze necessarie, unitamente alla forte concentrazione sull'ottenimento di sovvenzioni, contribuisce a far sì che spesso vengano assunti lavoratori inesperti, lavoratori migranti con una scarsa conoscenza della lingua del paese ospitante e lavoratori in nero. Le precarie

condizioni di lavoro dovute alla pressione temporale e dei costi possono provocare livelli elevati di stress. In considerazione di ciò, è fondamentale promuovere la comunicazione lungo la catena di subappalti e intensificare l'osservanza degli standard in materia di sicurezza e salute sul lavoro da parte di tutti i subappaltatori.

Con il diminuire della complessità dell'installazione, è possibile che si diffondano installazioni realizzate in maniera non regolare da occupanti privati, anche perché è possibile acquistare presso una qualsiasi ferramenta locale un kit per l'auto-installazione. Per garantire installazioni sicure e la sicurezza degli occupanti, degli addetti alla manutenzione e degli operatori del pronto soccorso può dunque essere necessario sottoporre il processo d'installazione a un controllo da parte di professionisti SSL [12].

2.3 Rischi per la salute e la sicurezza sul lavoro associati all'integrazione nell'infrastruttura e al funzionamento

L'integrazione degli impianti solari domestici e di altri impianti solari di piccole dimensioni nella rete elettrica e il funzionamento dell'impianto implicano pericoli elettrici e rischi di incendio analoghi a quelli descritti per l'installazione e la manutenzione. Durante il normale funzionamento dei moduli fotovoltaici non vi sono pericoli dovuti a sostanze, gas o agenti chimici pericolosi, poiché è impossibile che si generino vapori o polveri.

I pannelli solari sono normalmente collegati alla rete da tecnici qualificati. Tuttavia, proprietari di edifici, occupanti, titolari o custodi potrebbero tentare di svolgere personalmente questo lavoro senza avere le competenze necessarie, esponendosi così a una serie di rischi. Oltre al collegamento dell'impianto, potrebbero cercare di svolgere da soli anche altre attività, come pulire, controllare le superfici e il montaggio, ispezionare i comandi elettrici e l'invertitore, ecc., per le quali potrebbero non avere un'adeguata formazione. In alternativa, se dovessero incaricare dei lavoratori di eseguire gli interventi di collegamento e queste ulteriori mansioni, non essendo a conoscenza dei rischi potenziali e delle qualifiche necessarie, potrebbero rivolgersi a persone non qualificate, esponendo anche queste ultime a un rischio.

2.4 Rischi per la sicurezza e la salute sul lavoro associati alla gestione dei rifiuti e al riciclaggio

I moduli durano all'incirca trent'anni, dopodiché devono essere smantellati e smaltiti o riutilizzati, esattamente come gli altri prodotti elettronici. Riciclare gli impianti fotovoltaici alla fine del ciclo di vita è preferibile dal punto di vista ambientale, in quanto è possibile riciclare il 95% del materiale semiconduttore e il 90% del vetro [13]. Separare i metalli pericolosi dal vetro e dai telai metallici consente di ridurre di tre volte la quantità di rifiuti pericolosi [14].

Il previsto incremento delle attività di riciclaggio solleva potenziali questioni legate alla sicurezza e alla salute sul lavoro per le aziende di riciclaggio e i loro lavoratori durante la raccolta dei rifiuti e il trattamento di quelli riciclabili. Come accade con la produzione, i lavoratori possono essere esposti ai materiali semiconduttori o ai metalli pesanti contenuti nei pannelli solari che devono smontare. Analogamente, durante la manipolazione di moduli pesanti o la manipolazione ripetitiva sono esposti a rischi ergonomici e di comparsa di disturbi muscolo-scheletrici. Poiché i rifiuti riciclabili sono sempre più frequentemente raccolti nell'ambito di un unico processo con nuove linee di smistamento maggiormente meccanizzate, sono necessarie sempre meno persone per smistare i materiali manualmente. Questa automazione riduce l'esposizione a tali pericoli.

La gestione dei rifiuti degli impianti fotovoltaici comporta pericoli analoghi alla gestione di altri tipi di rifiuti elettronici. Tutti questi rischi possono essere gestiti adottando adeguate misure di prevenzione. Senza dubbio i rischi aumentano quando i rifiuti elettronici sono spediti (illegalmente) in altri paesi dove non possono essere assicurate condizioni soddisfacenti per la sicurezza e la salute sul lavoro e i lavoratori non sono sufficientemente protetti durante la manipolazione dei rifiuti pericolosi.

2.5 Rischi per la sicurezza e la salute sul lavoro associati ai servizi d'emergenza

Se un impianto fotovoltaico prende fuoco, i servizi d'emergenza devono far fronte non solo ai rischi elettrici ma anche, per esempio, ai pericoli connessi alla respirazione di sostanze pericolose, a crolli, scivoloni e cadute, alle cadute dall'alto e alla caduta di materiali. Ad esclusione dei rischi elettrici, ciò vale anche per le installazioni solari termiche. Il potenziale di emissioni significative dei materiali fotovoltaici è trascurabile, in quanto le temperature di fiamma negli incendi dei tetti sono molto più basse delle temperature di evaporazione dei materiali fotovoltaici [9]. Come con qualunque incendio strutturale, è indispensabile effettuare una valutazione ottimale. I vigili del fuoco devono essere immediatamente informati del fatto che l'edificio dispone di un impianto a energia solare e di quale tipo di impianto si tratta, così da poter stabilire quali azioni successive intraprendere in base alle linee guida in materia di interventi antincendio [15]. Bisogna inoltre tenere presente che i vigili del fuoco spesso aggrediscono gli incendi domestici penetrando attraverso il tetto. Se i pannelli fotovoltaici impediscono l'accesso all'interno dell'edificio, questo potrebbe complicare le operazioni.

3 Prevenzione

I rischi associati agli impianti domestici a energia solare sono piuttosto tradizionali. Tuttavia, essi sono vari, possono combinarsi tra loro, coinvolgere nuovi prodotti e sostanze e insorgere in situazioni nuove, eventualmente con nuovi operatori del settore privi di qualifiche. Occorre svolgere un processo approfondito e personalizzato di valutazione dei rischi sul posto di lavoro, che costituisce il fulcro di una valida prevenzione. Come descritto nella direttiva quadro dell'UE ⁽¹⁾, è necessario individuare i pericoli, analizzare e ordinare i rischi per priorità e quindi osservare la gerarchia delle misure di controllo: eliminare o altrimenti sostituire il pericolo, ridurre al minimo i rischi alla fonte per mezzo di controlli ingegneristici, applicare misure di controllo organizzative e, come estrema *ratio*, utilizzare dispositivi di protezione individuale.

Il settore solare è un ramo altamente dinamico che sta tuttora acquisendo slancio in rapporto allo sviluppo di nuovi impianti. L'applicazione di nuove tecnologie, attrezzature o sostanze, l'attuazione di nuove prassi o procedure di lavoro e il cambiamento a livello di manodopera richiedono un processo dinamico di gestione dei rischi che deve essere periodicamente verificato. Questo processo non deve fermarsi una volta che i rischi sul posto di lavoro sono stati efficacemente controllati. Al contrario, essendo sempre possibile la comparsa di nuovi pericoli nei luoghi di lavoro, occorre adottare un metodo sistematico di monitoraggio e verifica.

Devono anche essere intensificati gli sforzi per eliminare o ridurre al minimo i rischi sin dall'inizio della fase progettuale [16]. In questa fase bisogna infatti adottare un approccio multidisciplinare, che consideri gli aspetti di sicurezza e salute sul lavoro lungo l'intero ciclo di vita delle applicazioni solari di piccole dimensioni [17].

Poiché i lavoratori in numerosi settori, e anche categorie di persone diverse dai lavoratori, possono essere esposti ai rischi derivanti dalle installazioni solari di piccole dimensioni, è necessario creare una cultura ampiamente diffusa di sicurezza e salute, che integri vari operatori quali rappresentanti dei lavoratori, responsabili d'impresa, (sub)appaltatori, vigili del fuoco e amministrazioni comunali. Le misure seguenti risultano particolarmente significative: formazione periodica di tutte le persone coinvolte, monitoraggio costante dei (nuovi potenziali) pericoli, riduzione dell'uso di materiali tossici nella fase di produzione, prove adeguate dei nuovi materiali e processi sulla base di un approccio precauzionale e progettazione di prodotti che consentano operazioni sicure lungo l'intero ciclo di vita, incluso il riciclaggio sicuro dell'impianto.

Una lista di controllo a corredo del presente E-fact è inoltre disponibile all'indirizzo: <https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-69-hazard-identification-checklist-osh-risks-associated-with-small-scale-solar-energy-applications> per aiutare ad avviare il processo di individuazione dei rischi e può quindi costituire un supporto per intraprendere la valutazione dei rischi

¹ Direttiva 89/391/CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989, concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro (89/391/CEE). Disponibile all'indirizzo: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:01989L0391-20081211:IT:NOT>

sul posto di lavoro. Essa fornisce inoltre esempi di misure preventive per aiutare a individuare e mettere in atto le misure preventive del caso.

Ulteriori informazioni

CE – Commissione europea. <http://setis.ec.europa.eu/technologies/Solar-photovoltaic>,
<http://setis.ec.europa.eu/technologies/Solar-heating-and-cooling>

EPIA – European Photovoltaic Industry Association. <http://www.epia.org/about-epia/who-is-epia.html>

ESTIF – European Solar Thermal Industry Federation:
http://www.estif.org/statistics/st_markets_in_europe_2010/

IFA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. [http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestiseng:sdbeng](http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll?f=templates$fn=default.htm$vid=gestiseng:sdbeng)

OIL – Organizzazione internazionale del lavoro <http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/lang-en/index.htm>, http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_175600.pdf,
http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@emp_ent/documents/publication/wcms_152065.pdf

NFPA – National Fire Protection Association, *Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems*, Quincy, maggio 2010. Disponibile all'indirizzo:
http://www.nfpa.org/assets/files/pdf/research/fftacticssolarpower.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=fftacticssolarpower.pdf

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health:
<http://www.cdc.gov/niosh/topics/PtD/greenjobs.html>,
<http://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2010/01/green-2/>

OPPBTP – La prévention BTP, *Pose De Panneaux Photovoltaïcs – Préparation d'un chantier*, 2^e édition, aprile 2011. Disponibile all'indirizzo:
http://www.oppbtp.fr/thematiques/danger_nuisance_risque/electricite/documentation/pose_de_panneaux_photovoltaïques_preparation_d_un_chantier

OSEIA – Oregon Solar Energy Industries Association, *Solar Construction Safety*, Portland, 12/06. Disponibile all'indirizzo: http://www.coshnetwork.org/sites/default/files/OSEIA_Solar_Safety_12-06.pdf

OSFM – Office of the State Fire Marshal, *Fire Operations for Photovoltaic Emergencies*, Sacramento, novembre 2010. Disponibile all'indirizzo:
http://osfm.fire.ca.gov/training/pdf/Photovoltaics/Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf

OSHA – US Occupational Safety & Health Administration.
<http://www.osha.gov/dep/greenjobs/solar.html>

PV Cycle – Associazione europea per il ritiro e il recupero volontario di moduli fotovoltaici A.I.S.B.L.
<http://www.pvcycle.org/>

UNEP – Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente –
http://www.unep.org/labour_environment/pdfs/green-jobs-background-paper-18-01-08.pdf

Riferimenti

- [1] Observ'ER, "The State of Renewable Energies in Europe 11th – EurObserv'ER Report", Parigi, dicembre 2011. Disponibile all'indirizzo:
http://www.euroserver.org/pdf/barobilan11.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=barobilan11.pdf

- [2] Beurskens, L. W. M., Hekkenberg, M. & Vethman P., "Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States", ECN-E-10-069, 2011. Disponibile all'indirizzo: <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2010/e10069.pdf>
- [3] EU-OSHA (Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro), "Foresight of New and Emerging Risks to Occupational Safety and Health Associated with New Technologies in Green Jobs by 2020, Phase I – Key drivers of change", 2011. Disponibile all'indirizzo: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/foresight-green-jobs-drivers-change-TERO11001ENN>
- [4] Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (CDC), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), "Summary of the Making Green Jobs Safe Workshop", Washington, DC, 14–16 dicembre 2009. Disponibile all'indirizzo: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-201/pdfs/2011-201.pdf>
- [5] Silicon Valley Toxics Coalition, "Toward a Just and Sustainable Solar Energy Industry", White Paper, 2009. Disponibile all'indirizzo: http://svtc.org/wp-content/uploads/Silicon_Valley_Toxics_Coalition_-_Toward_a_Just_and_Sust.pdf
- [6] Next Big Future, "Deaths per TWh by Energy Source", 2011. Consultato il 10 settembre all'indirizzo: <http://nextbigfuture.com/2011/03/deaths-per-twh-by-energy-source.html>
- [7] EPRI (Electric Power Research Institute), "Potential Health and Environmental Aspects Associated with the Manufacture and Use of Photovoltaic Cells", Final Report, Palo Alto, 2003. Disponibile all'indirizzo: <http://www.energy.ca.gov/reports/500-04-053.PDF>
- [8] Zayed, J. & Philippe, S., "Acute Oral and Inhalation Toxicities in Rats with Cadmium Telluride", International Journal of Toxicology, Vol. 28, No 4, 2009, pagg. 259–265.
- [9] Fthenakis, V. M., "Overview of Potential Hazards", in Markvart T. & Castaner, L. (Eds.), Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, Elsevier, 2003, pagg. 854–868. Disponibile all'indirizzo: http://www.bnl.gov/pv/files/pdf/art_170.pdf
- [10] Wang, M-J. J., Chung, H-C. & Wu, H-C., "Evaluating the 300mm Wafer-Handling Task in Semiconductor Industry", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 34, No 6, 2004, pagg. 459–466. Disponibile all'indirizzo: <http://ir.lib.cyut.edu.tw:8080/bitstream/310901800/7335/1/A7.pdf>
- [11] Chen, H., Green and Healthy Jobs, Labour Occupational Health Program, University of California at Berkeley, 2010. Disponibile all'indirizzo: <http://www.cpwr.com/pdfs/Green-Healthy%20Jobs%20fnl%20for%20posting.pdf>
- [12] Grant, C. C., "Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems", Final Report, a DHS/Assistance to Firefighter Grants (AFG) Funded Study, Maggio 2010. Disponibile all'indirizzo: http://www.nfpa.org/assets/files/pdf/research/fftacticssolarpower.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=fftacticssolarpower.pdf
- [13] Krueger, L., "An Overview of First Solar's Module Collection and Recycling Program", Presentato al Photovoltaics Recycling Scoping Workshop, 34th PV Specialists Conference, 11 giugno 2009, Philadelphia, USA, e alla 1ª Conferenza internazionale sul riciclaggio di moduli, gennaio 2010, Berlino, Germania. Disponibile all'indirizzo: http://www.bnl.gov/pv/files/PRS_Agenda/2_Krueger_IEEE-Presentation-Final.pdf
- [14] Fthenakis, V. M., "End-of-Life Management and Recycling of PV Modules", Energy Policy, Vol. 28, 2000, pagg. 1051–1058. Disponibile all'indirizzo: http://clca.columbia.edu/papers/End_Life_Management_Recycling_Energy_Policy.pdf
- [15] CAL Fire (Office of the State Fire Marshal), "Fire Operations for Photovoltaic Emergencies", novembre 2010. Disponibile all'indirizzo: http://osfm.fire.ca.gov/training/pdf/Photovoltaics/Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf?bcsi_scan_53dc4632274cd1ca=0&bcsi_scan_filename=Fire%20Ops%20PV%20lo%20resl.pdf
- [16] Schulte, P. A., Rinehart, R., Okun, A., Geraci, C. L. & Heidel, D. S., "National Prevention through Design (PtD) Initiative", Journal of Safety Research, Vol. 39, No 2, 2008, pagg. 115–121.

- [17] Ertas, A., "Prevention through Design: Transdisciplinary Process", Lubbock, Texas, 2010.
Disponibile all'indirizzo:
http://basarab.nicolescu.perso.sfr.fr/ciret/ARTICLES/Ertas_fichiers/ptd.pdf