

***F**ull **R**ecovery **E**nd of **L**ife **P**hotovoltaic*

Progetto LIFE12 ENV/IT/000904

“FRELP”

***“Full Recovery End of Life
Photovoltaic”***



www.sasil-life.com

Full Recovery End of Life Photovoltaic

LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO:

Brusnengo - Biella – Piemonte (Italy)

Murano – Venezia – Veneto (Italy)

Bruxelles (Belgium)



BUDGET:

Totale: 4,887,035 €

Quota bando LIFE+ assegnata: 2,383,517 € (50%)

DURATA: Start: 01/07/13 - End: 30/04/2016

PARTNERS:

Coordinatore: Sasil S.r.l.

Partners: Stazione Sperimentale del Vetro S.c.p.A. (SSV)

European Association for Recovery of Photovoltaic Modules (PV Cycle)



www.sasil-life.com

Full Recovery End of Life Photovoltaic

OBIETTIVI

Il progetto FRELP ha lo scopo di testare e sviluppare tecnologie innovative per recuperare il 100% dei pannelli fotovoltaici a fine vita in un modo economicamente sostenibile.

Sono due le principali soluzioni ambientali proposte:

- il recupero di vetro ad alta qualità extra chiaro, da utilizzare nell'industria del vetro cavo e del vetro piano, riducendo in modo molto significativo sia il consumo di energia sia le emissioni di CO₂ nel processo di fusione del vetro;
- il recupero di silicio metallico, da utilizzare come ferro silicio nelle leghe a ferro-silicio o, se abbastanza puro, trasformato in silicio amorfo per la produzione di film sottili, riducendo notevolmente il consumo energetico e le emissioni di CO₂ associate alla produzione primaria di silicio.



Full Recovery End of Life Photovoltaic

BACKGROUND

1. Ad oggi in Europa vi sono quasi 90 GW di installazioni fotovoltaiche (pari a circa 8 milioni di tonnellate di pannelli) che genereranno nel prossimo futuro diverse migliaia di tonnellate di rifiuti fotovoltaici da smaltire ogni anno.
2. La raccolta e lo smaltimento dei pannelli è regolamentata a livello Europeo dalla Direttiva RAEE del 2012, implementata in Italia dal decreto 49/2014.
3. Attualmente, tramite l'utilizzo di processi meccanici di smaltimento, solo alcuni dei componenti dei pannelli smaltiti vengono valorizzati completamente.

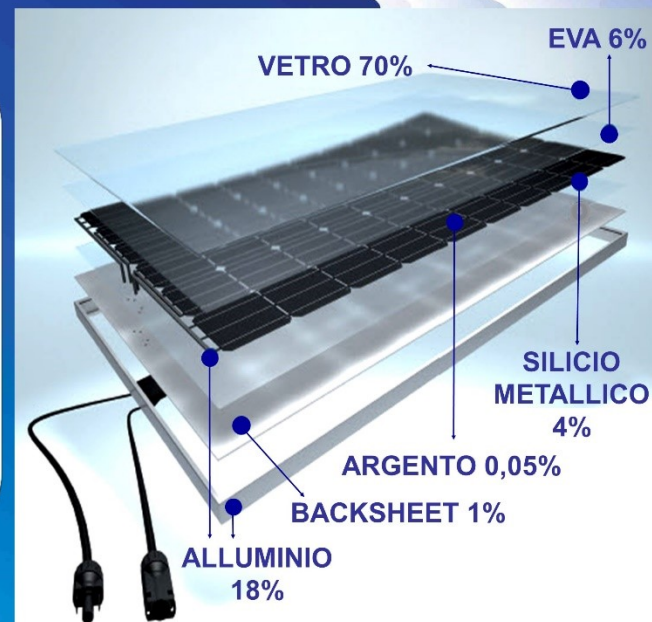
AZIONI

1. Analisi dei componenti dei pannelli fotovoltaici con tecnologia al silicio
2. Sviluppo e costruzione di un prototipo per la separazione dell'alluminio e del vetro dal sandwich contenente il silicio.
3. Termovalorizzazione (esterna alla Sasil) della plastica del sandwich per ottenere energia elettrica e residui metallici.
4. Utilizzo ed adattamento di tecnologie note per valorizzare il silicio e i conduttori metallici presenti nei residui di termovalorizzazione.

RISULTATO ATTESO

Recupero integrale (92%) dei materiali componenti l'intero pannello fotovoltaico a base silicio e loro valorizzazione per riutilizzo totale: alluminio, vetro, plastica, conduttori metallici.

Produzione di energia elettrica dalla plastiche del sandwich (circa il 6% in peso) mediante termovalorizzazione.



PARAMETRI ENERGETICI DI RIFERIMENTO

Consumo energetico per **PRODURRE** un pannello di silicio standard da 250 WATT = **750 kWh**

Consumo energetico per **RECUPERARE** un pannello di silicio standard da 250 WATT = **5 kWh**

Full Recovery End of Life Photovoltaic

LE SFIDE

A fine 2015 in Europa risultano installati 90 GW di pannelli fotovoltaici pari a circa 8 milioni di tonnellate. Solo in Italia sono stati installati 18 GW, pari a 1,6 milioni di tonnellate.

Di questi 90 GW, l'80%, cioè 72 GW sono costituiti da pannelli con tecnologia al silicio mono e/o policristallino, cioè la tecnologia che si presta al trattamento di recupero proposto da Sasil.

Considerando che fra 5 anni si cominceranno a smantellare i primi impianti installati nel 2000, e che fra 15 anni saranno obsoleti la maggior parte degli impianti installati a cavallo del 2010, è prevedibile che nel 2030 vi sia la necessità, solo in Italia, di trattare fino a 160.000 t/anno, pari a 20 impianti della dimensione del prototipo oggetto del progetto FRELP.

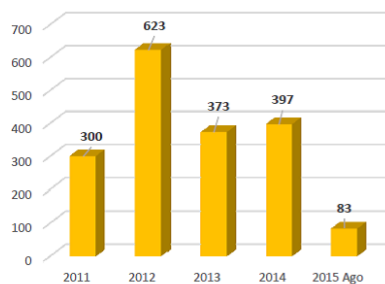
Nel 2012, quando è stato presentato il progetto FRELP, le proiezioni statistiche prevedevano che si sarebbe giunti già nel 2016 al recupero di grandi quantità di pannelli fotovoltaici a fine vita che giustificavano un progetto così ambizioso.

La raccolta effettiva in Europa ed in Italia dei pannelli a fine vita negli anni recenti è rilevabile nei grafici seguenti:

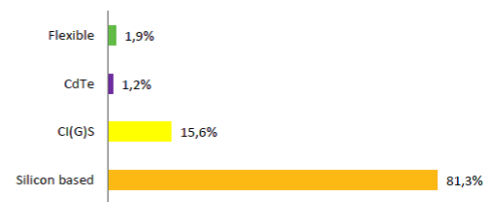
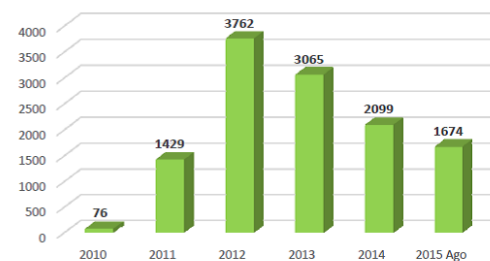


RACCOLTO PV CYCLE

Raccolto in tonnellate Italia



Raccolto in tonnellate Europa



Full Recovery End of Life Photovoltaic

LA SOLUZIONE PROPOSTA

Nel luglio 2013 SASIL S.p.A. ha avuto l'approvazione e il finanziamento, tramite il programma europeo LIFE+, di un progetto avente per oggetto il recupero integrale dei pannelli fotovoltaici al silicio mono e policristallino.

FRELFP è l'acronimo di *Full Recovery End of Life Photovoltaic panel*.

Inizialmente le fasi del progetto erano le seguenti:

- I- Distacco meccanico robotizzato dei profili di alluminio, dei connettori del vetro e del sandwich (RAC + REV)
- II- Pirolisi dell'Eva per recuperare il silicio metallico ed altri metalli (PES)
- III- Lisciviazione acida per separare per filtrazione il silicio da altri metalli (ALF)
- IV- Elettrolisi per recuperare rame e argento e trattamento di neutralizzazione delle acque acide (OME)

Durante la sperimentazione, a causa della presenza di plastiche fluorurate e clorurate nel sandwich, si è dovuto abbandonare il processo di pirolisi, che avrebbe comportato emissioni di fluoro e cloro con i combustibili di cracking, e si è optato per la termovalorizzazione del sandwich, da eseguire presso una società esterna che aveva già dato una prima disponibilità di massima (Fase TES).

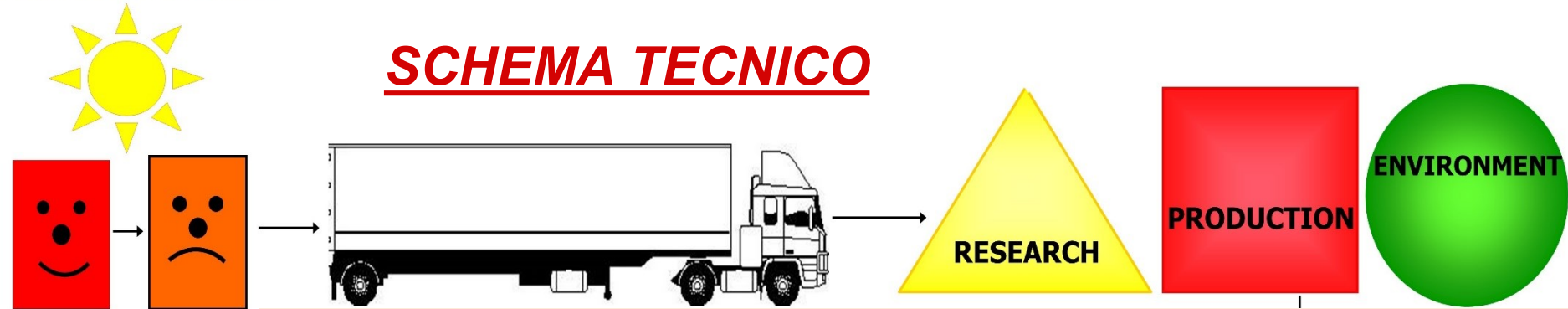
Le prove decisive per la scelta della combustione al posto della pirolisi sono state eseguite dalla Stazione Sperimentale dei Combustibili.

In pratica, i risultati della sperimentazione hanno consentito di confermare la validità del progetto iniziale, con la sola variante della termovalorizzazione al posto della pirolisi.

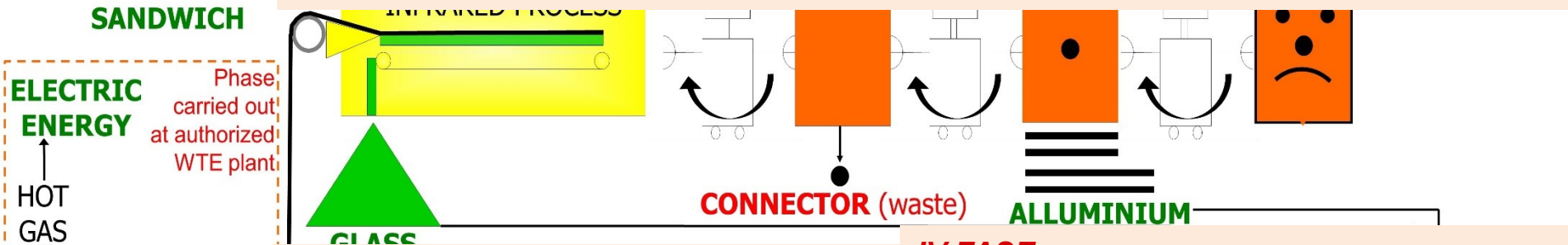


www.sasil-life.com

SCHEMA TECNICO



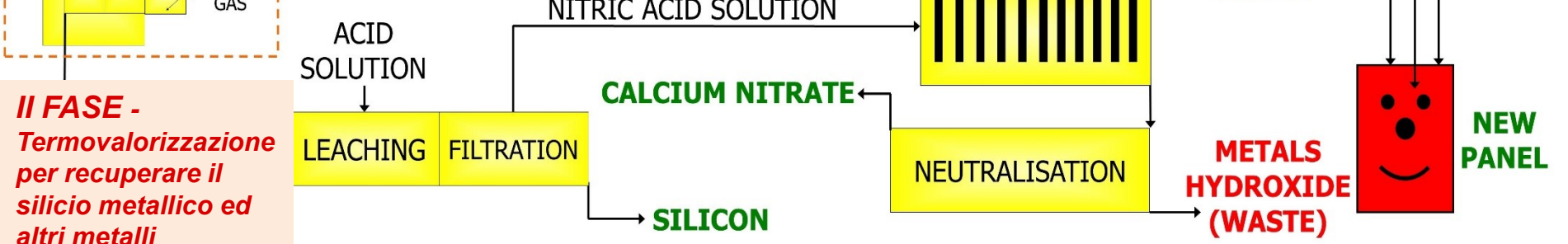
I FASE - Distacco meccanico robotizzato dei profili di alluminio, dei connettori del vetro e del sandwich



II FASE - Termovalorizzazione per recuperare il silicio metallico ed altri metalli

III FASE - Lisciviazione acida per separare per filtrazione il silicio da altri metalli

IV FASE - Elettrolisi per recuperare rame e argento e trattamento di neutralizzazione delle acque acide



Full Recovery End of Life Photovoltaic

LA SOLUZIONE TROVATA PER IL RECUPERO SOSTENIBILE DEL 99% DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI A FINE VITA

Dal punto di vista quantitativo l'obiettivo era di progettare e costruire un impianto pilota in grado di trattare fino a 1.000 kg/ora di pannelli in formato standard 1.000 x 1.660 mm con un peso medio di 20 kg, pari a circa 50 pannelli/ora.

Dal punto di vista qualitativo l'obiettivo era di ottenere una serie di prodotti valorizzati a livello commerciale in modo da essere integralmente riutilizzati in diversi settori produttivi.

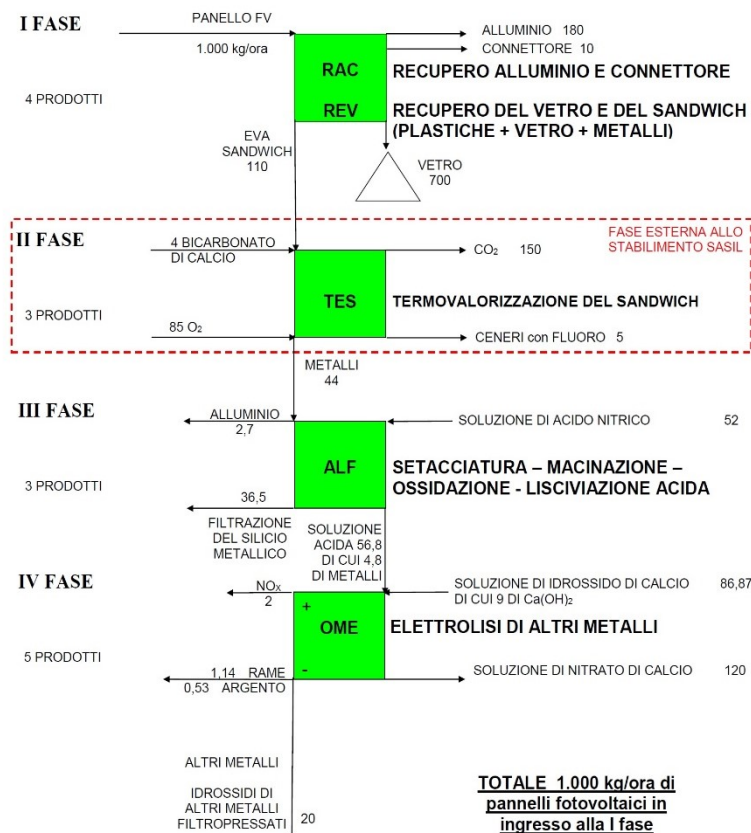
In particolare 5 prodotti rappresentano da soli il 92% del recupero e sono:

-	Alluminio	18,2%	recuperato attraverso la fase I (RAC + REV)
-	Vetro	70,0%	recuperato attraverso la fase I (RAC + REV)
-	Silicio	3,65%	recuperato attraverso la fase III (ALF)
-	Rame	0,10%	recuperato attraverso la fase IV (OME)
-	Argento	0,05%	recuperato attraverso la fase IV (OME)



Full Recovery End of Life Photovoltaic

L'obiettivo doveva essere raggiunto con lo sviluppo di un impianto prototipale diviso nelle seguenti fasi:



Fase I Trattamento meccanico per recupero dell'alluminio e dei connettori

Trattamento termico e meccanico per la separazione del vetro dal sandwich

Trattamento ottico per la valorizzazione del vetro

Fase II Trattamento di combustione del sandwich per ottenere i metalli (operazione esterna allo stabilimento Sasil)

Fase III Trattamenti meccanici di setacciatura e macinazione dei metalli per il recupero di metalli grossolani

Trattamento termico di ossidazione per i metalli macinati

Trattamento di lisciviazione acida con acido nitrico per mandare in soluzione i metalli ossidati

Trattamento di filtrazione per il recupero del silicio metallico

Fase IV Trattamento di elettrolisi differenziata per il recupero di rame e argento dalla soluzione acida in uscita dal ciclo di filtrazione della fase III

Trattamento di neutralizzazione delle acque acide residuali della elettrolisi per ottenere fanghi di idrossidi metallici da inviare a discarica e soluzione acquosa al 5% di nitrato di calcio da utilizzare in agricoltura



Full Recovery End of Life Photovoltaic

DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA'

Tutte le azioni sperimentali sono state portate avanti con risultati incoraggianti, a parte l'azione della *pirolisi* che si è scelto di sostituire, come detto, con la combustione.

Questa immagine mostra il prototipo della macchina che separa l'EVA dal vetro dopo la fase di distacco dell'alluminio e dei connettori.



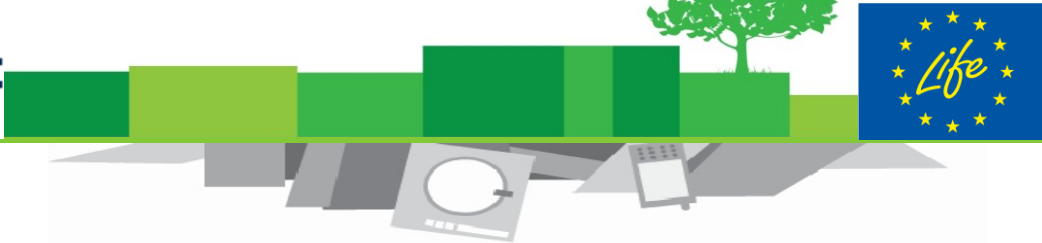
**Prototipo macchina di distacco
EVA-Vetro**

Full Recovery End of Life Photovoltaic

RISULTATI

Tali azioni hanno permesso di sviluppare le seguenti attività con i conseguenti risultati:

- Costruzione e brevetto di un sistema di distacco del vetro dal sandwich in modo da recuperare il 95% del vetro presente
- Costruzione e messa in opera di un prototipo per la valorizzazione del vetro recuperato ad uso vetrario per applicazione del settore dei vetri per contenitori super-bianchi e del vetro piano ultra-chiaro
- Progettazione di un sistema automatizzato per il distacco dei profilati di alluminio e dei connettori dai pannelli fotovoltaici, con una capacità di trattamento di 1.000 kg/ora (circa 50 pannelli all'ora)
- Sperimentazione di un ciclo di combustione controllata per recuperare le ceneri contenenti il silicio metallico e i metalli conduttori contenuti all'interno del sandwich
- Sperimentazione di un ciclo di lisciviazione acida con acido nitrico in modo da mandare in soluzione i metalli e recuperare come corpo di fondo il silicio metallico non attaccato dall'acido
- Sperimentazione, presso una ditta specializzata, del ciclo di elettrolisi, per verificare la possibilità del recupero differenziato di due metalli principali: argento e rame
- Studio del sistema di abbattimento del liquido residuale di elettrolisi per ottenere da un lato nitrato di calcio per uso agricolo, e dall'altro fanghi di idrossidi metallici da conferire a discarica
- Progetto di massima del ciclo di trattamento a partire dalla lisciviazione delle ceneri fino al recupero del silicio metallico e dei due metalli principali, argento e rame, nonché al recupero dell'eluato di pirolisi per avere un impatto ambientale neutro.



Full Recovery End of Life Photovoltaic

CONCLUSIONI

Il risultato senz'altro valido che ha prodotto il progetto Frelp è la dimostrazione che la tecnologia complessiva di trattamento prevista nelle fasi I, II, III e IV descritta sinteticamente in precedenza è sostenibile economicamente e dal punto di vista ambientale.

Come detto, il progetto Frelp è stato interrotto nell'aprile 2016 in quanto la disponibilità di pannelli fotovoltaici a fine vita era insufficiente a garantire la sostenibilità del prototipo per la produzione prevista dal progetto.

Già all'inizio del progetto si ipotizzava un minimo di 3.500 t/anno di pannelli disponibili a fine vita, fabbricati con tecnologia al silicio mono e poli cristallino, per poter portare avanti la prototipazione complessiva.



Full Recovery End of Life Photovoltaic

FOLLOW UP

In base ai business-plans elaborati da Sasil, questa è ancora una quantità che poteva essere valida qualora vi fosse stato il contributo Life.

Senza contributo pensiamo che il quantitativo annuo debba essere il doppio, cioè 7.000 t/anno, e sicuramente entro i prossimi 10 anni questo quantitativo verrà raggiunto.

In base ai due business-plans elaborati da Sasil, uno per la fase I e uno per le fasi II, III, IV, risulta che sarebbe sostenibile anche solo per la fase I, completamente sperimentata a livello di pre-prototipo dalla Sasil all'interno del progetto Frelp.

Va detto che tale fase I permette recupero e valorizzazione dell'88% del peso complessivo dei pannelli fotovoltaici al silicio mono e/o poli cristallino con un impatto negativo del solo sandwich che rappresenta appunto il 12% del peso.

Il ritorno economico della fase I potrebbe essere realizzato con un quantitativo di sole 2.000 t/anno di pannelli, pari ad un turno di lavoro.

Il ritorno economico delle fasi II, III, IV richiede invece un minimo di 7.000 t/anno di pannelli in quanto il ciclo di lavorazione è previsto in continuo, 24 ore su 24.

La tecnologia studiata da Sasil permetterebbe inoltre di disgiungere la fase I dalle altre fasi nel senso che, per motivi di logistica, si potrebbe distribuire sul territorio più di una attività di fase I, e concentrare in un solo polo l'attività delle fasi II, III, IV che richiedono più investimento e un maggior impatto ambientale.

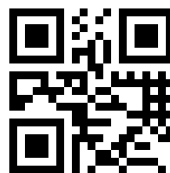
Lo studio LCA ha permesso di capire che l'eliminazione delle plastiche fluorurate e/o clorurate nel back-sheet dei pannelli fotovoltaici potrebbe ridurre l'impatto ambientale nello smaltimento degli stessi.



www.sasil-life.com

Full Recovery End of Life Photovoltaic

Per informazioni:



SASIL S.r.l.

Regione Dosso,
13862 Brusnengo – BI -Italy

Tel.: +39 015-985261

Fax: +39 015-985980

www.sasil-life.com

www.frelp.info

eventi@rasil-life.com



www.sasil-life.com