

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
Comuni di Codigoro e Fiscaglia (FE)
LOCALITA' "Valle Giralda"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 71 MWp

Sezione SIA:
COMPENSAZIONE AMBIENTALE - CA

Titolo elaborato:
Analisi del ciclo vita dell'impianto

N. Elaborato: **SIA11.02.CA**

Scala: -

Proponente

VIRGO ALPHA S.r.l.

Via Piave, 7
CAP 00187 - ROMA (RM)
P.Iva 17296991007

Progettazione



sede legale e operativa
Loc. Chianarile snc Area Industriale - 82010 San Martino Sannita (BN)
sede operativa
Via A.La Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

P.IVA 01465940623

Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873



Procuratore

Dott. Ing. SALVATORE FLORENI

Progettista

Dott. Ing. NICOLA FORTE



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	MAGGIO 2024	MMG sigla	MMG sigla	NF sigla	Emissione progetto definitivo

Nome file sorgente	FV.CDG01.PD.SIA11.02.CA.R00.doc	Nome file stampa	FV.CDG01.PD.SIA11.02.CA.R00 .pdf	Formato di stampa	A4
--------------------	---------------------------------	------------------	----------------------------------	-------------------	----

INDICE

1	PREMESSA	2
2	ANALISI DEL CICLO VITA DELL'IMPIANTO	4
2.1	Informazione sull'analisi condotta e dati del progetto.....	4
2.2	Informazione sull'analisi condotta e dati del progetto.....	5
2.3	Assunzioni dell'analisi condotta	6
2.4	Considerazioni sulla sostenibilità dell'intervento	9

1 PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto agrivoltaico di potenza nominale installata pari a 71 MWp e potenza nominale di connessione pari a 60 MW da installare in provincia di Ferrara, nel comune di Codigoro in località "Valle Giralda", con opere di connessione ricadenti nei comuni di Codigoro e Fiscaglia.

Proponente dell'iniziativa è la società VIRGO ALPHA S.r.l. con sede in Via Piave, 7 - 00187 Roma (RM).

L'impianto agrivoltaico è costituito da 98628 moduli in silicio monocristallino, ognuno di potenza pari a 720 Wp. La configurazione dei pannelli, scelta in via preliminare, è costituita da un blocco di 7 file di tracker monoassiali. Ciascuna di esse consta di 24 moduli, ripartiti in n.12 moduli a valle ed a monte rispetto ad una barra di trasmissione tra le file parallele che traslerà in direzione est-ovest facendo ruotare, contemporaneamente, tutte le file ad esso collegate lungo la medesima direzione. Si precisa che la struttura descritta è la dimensione massima prevedibile, ma la stessa è modulabile per numero di moduli. Il limite di 7 file è dato, infatti, dalla massima trazione trasmissibile dalla barra per far scorrere le strutture ad esso collegate.

L'impianto è organizzato in n.6 campi delimitati da una recinzione perimetrale e provvisti di un cancello di accesso. Ogni stringa di moduli fotovoltaici è montata su una struttura metallica in acciaio zincato ancorata al terreno. All'esterno della recinzione, lungo il perimetro visibile dell'impianto, è prevista una fascia a verde di ampiezza pari a 3 m per garantire la mitigazione ambientale e paesaggistica dell'intervento.

L'impianto è organizzato in gruppi di stringhe collegati alle cabine di campo attraverso gli inverter di stringa. In particolare, l'energia elettrica viene prodotta da ogni gruppo di stringhe collegate in parallelo tramite quadri di parallelo DC in corrente continua (denominati "string box") e viene trasmessa agli inverter installati in campo e ancorati ai pali di sostegno di una delle strutture, che provvedono alla conversione in corrente alternata. Gli inverter attraverso linee BT vengono collegati ai trasformatori BT/AT ubicati all'interno delle cabine di campo.

Le linee AT 36 kV in cavo interrato collegano tra loro le cabine di campo, e quindi proseguono alla cabina di smistamento utente, prevista all'interno del campo 5.

Dalla cabina di smistamento utente si sviluppa una linea 36 kV interrata per il trasferimento dell'energia dell'impianto agrivoltaico alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entrata – esce alla linea RTN 380 kV "Ravenna Canala – Porto Tolle" e alle linee RTN 132 kV afferenti alla Cabina Primaria Codigoro ricollegata in doppia antenna alla suddetta Stazione Elettrica.

La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto ed il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell'intervento.

La presente relazione, nel dettaglio, descrive l'impatto ambientale generato dall'impianto, in termini di emissioni in aria dei principali gas inquinanti o causa di effetto serra, per le fasi di produzione dei materiali, realizzazione ed esercizio dell'impianto, nonché durante le fasi di manutenzione e dismissione dello stesso.

In altri termini si effettua una valutazione del ciclo vita dell'impianto, tecnicamente nota come "Life Cycle Assessment" (LCA). L'obiettivo di questo strumento a supporto delle decisioni è identificare e quantificare gli impatti generati da un prodotto o da un servizio lungo il suo ciclo di vita (produzione, uso, smaltimento) secondo l'approccio "dalla culla alla tomba" o, in ottica di economia circolare, "dalla culla, alla culla".

2 ANALISI DEL CICLO VITA DELL'IMPIANTO

2.1 Informazione sull'analisi condotta e dati del progetto

Di seguito vengono presentati i dati delle emissioni dovute ai materiali, alla realizzazione dei pannelli fotovoltaici e degli altri componenti che costituiscono l'impianto in esame e alla loro messa in opera, con particolare riferimento alle emissioni in aria di CO₂ in quanto principale causa dell'effetto serra e dei cambiamenti climatici.

La stima è stata condotta applicando la metodologia LCA (Life Cycle Assessment, eseguita in accordo alle norme della serie ISO standards for LCA (ISO 14040: 2006, ISO 14044: 2006). Si fa presente che, in assenza di dati certi derivanti direttamente dalla casa produttrice dei pannelli previsti per il progetto in esame, la presente trattazione si basa su un'attenta analisi e valutazione dei dati relativi a pannelli fotovoltaici simili a quelli di progetto.

L'unità funzionale di riferimento per eseguire la LCA è 1 kWh di energia elettrica consegnata alla rete elettrica nazionale e prodotta dall'impianto agrivoltaico di progetto avente potenza di picco pari a 71 MWp. Il tempo di vita utile dell'impianto è stato assunto pari a 30 anni.

Come prima cosa è stata calcolata la producibilità dell'impianto durante la sua vita utile, assunta, come detto, pari a 30 anni, partendo dalla stima di producibilità annua dell'impianto. Come dettagliatamente descritto nell'elaborato FV.CDG01.PD.8.4.R00, la stima di producibilità annua tiene conto dei seguenti fattori di perdita:

- Perdita per ombre vicine che sono funzione della geometria di disposizione del campo agrivoltaico e degli ostacoli all'orizzonte;
- Perdite dovute all'angolo di incidenza, ovvero tra la direzione dei raggi solari e la normale alla superficie del modulo fotovoltaico;
- Perdite per conversione fotovoltaica legata al rendimento dei singoli moduli fotovoltaici;
- Perdita a causa del livello d'irraggiamento solare;
- Perdita a causa della temperatura dei moduli fotovoltaici;
- Perdita dovute alla qualità del modulo fotovoltaico;
- Perdite di mismatching dovute all'accoppiamento non ottimale fra le stringhe;
- Perdite ohmiche di cablaggio dovute alle sezioni e alla lunghezza dei cavi elettrici e al loro cablaggio, ossia dovute al loro allacciamento e collegamento;
- Perdita dovuta all'efficienza dell'inverter in funzione, ovvero, la percentuale di energia disponibile in corrente continua che viene immessa in rete in corrente alternata;
- Perdite sugli inverter per:
 - superamento della potenza massima (Pmax), della massima corrente in ingresso, della tensione massima (Vmax);
 - non raggiungimento della potenza minima (Pmin), della tensione minima (Vmin);
 - Consumi notturni.

L'impianto fotovoltaico di progetto ha una potenza complessiva di picco installata pari a **71 MWp** per una produzione di **112,39 GWh annui**, corrispondente a **1583 ore di funzionamento equivalenti annue**.

Considerando un ciclo di vita di trent'anni dei pannelli fotovoltaici ed utilizzando i dati messi a disposizione da IEA List, si stima che l'impianto fotovoltaico permetterà un risparmio di circa **1094035 tonnellate di anidride carbonica** durante il corso della sua vita utile, stimata essere di 30 anni, come illustrato nella relazione di stima di producibilità dell'impianto (FV.CDG01.PD.8.4.R00).

2.2 Informazione sull'analisi condotta e dati del progetto

Il ciclo di vita dell'impianto agrivoltaico è stato suddiviso in 4 fasi che saranno di seguito brevemente descritte:

- Produzione delle componenti necessarie;
- Messa in opera dell'impianto;
- Mantenimento in attività dell'impianto;
- Fine vita.

Produzione

Questa fase comprende la produzione di materie prime e la fabbricazione delle componenti che costituiranno l'impianto agrivoltaico come i pannelli, i cavi, le cabine di campo e dei servizi ausiliari e le componenti della cabina di smistamento. In tale studio è incluso il trasporto delle materie prime ai siti di produzione specifici.

Allestimento impianto agrivoltaico

Questa fase prende in considerazione la messa in opera dell'impianto stesso. I lavori in sito quali adeguamenti stradali, realizzazione di nuovi tratti di viabilità sono inclusi nell'analisi di tale fase.

In particolare, la messa in opera dell'impianto comprende le seguenti operazioni:

- Preparazione del terreno;
- Installazione delle cabine di campo, delle cabine dei servizi ausiliari e della cabina di smistamento;
- Installazione della recinzione;
- Installazione delle strutture di supporto;
- Cablaggio;
- Installazione delle apparecchiature per il collegamento alla rete elettrica;
- Installazione di moduli fotovoltaici.

L'installazione dei pannelli fotovoltaici comprende anche il loro trasporto fino all'area d'impianto, prevedendo una parte di trasporto via nave ed una parte di trasporto con camion.

La parte di trasporto con camion prevede un kilometraggio notevolmente inferiore rispetto a quello con nave, ma, data la dimensione dell'impianto, richiede l'utilizzo di più camion.

Mantenimento in attività dell'impianto

Tale fase prende in considerazione le principali attività necessarie al mantenimento in funzione dell'impianto. Per valutare i flussi energetici è stato considerato il consumo di carburante di un furgone per le ispezioni trimestrali. È stato inoltre prevista la sostituzione di una parte degli inverter (dato che la loro vita utile stimata è solitamente inferiore a quella dei pannelli fotovoltaici) e la sostituzione di alcuni moduli fotovoltaici per tener conto dei possibili danni dovuti agli agenti atmosferici e delle possibili rotture accidentali. Anche in tal caso è stato valutato il consumo di carburante considerando l'utilizzo dei camion necessari per il trasporto di materiali.

Fine vita

Alla fine della vita utile dell'impianto, i principali componenti vengono smantellati e il sito viene bonificato allo stato concordato. Questa fase considera anche il trattamento di fine vita dei materiali che derivano dalla dismissione. In fase di redazione del piano di gestione dei rifiuti saranno valutate per ciascun tipo di rifiuto diverse possibili alternative: riciclaggio; incenerimento con recupero energetico, riutilizzo dei componenti e deposito in discarica. In base alla destinazione prevista del rifiuto e, quindi, in base alla possibilità o meno di un recupero energetico o materiale, si avranno potenziali impatti ambientali positivi o negativi.

A livello normativo in Italia, secondo il Decreto Legislativo. n. 49/2014 ("Attuazione della direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche), i pannelli fotovoltaici in quanto rientranti nella categoria RAEE, devono essere consegnati a operatori specializzati (i cosiddetti consorzi) che devono gestirne il riciclo, estraendo da essi il massimo delle risorse riutilizzabili. Lo stesso GSE si occupa di verificare che tali adempimenti siano rispettati sugli impianti incentivati. Ad oggi nel nostro continente sono stati riciclati più del 90% dei pannelli, grazie al continuo studio di nuovi e più efficienti processi.

2.3 Assunzioni dell'analisi condotta

L'analisi condotta si basa sulle seguenti assunzioni:

- La vita utile del pannello fotovoltaico e, quindi, dell'intero impianto è assunta pari a 30 anni, ma, grazie ad un'attenta manutenzione, la vita utile dell'impianto può superare i 30 anni previsti per l'impianto in analisi, come riportato nel report relativo alla task 12 dell'IEA PVPS (International energy agency – Photovoltaic power system programme). Entrano sicuramente in gioco anche valutazioni di tipo economico dato che, trattandosi di una tecnologia in continua evoluzione, da un punto di vista prettamente economico, può risultare più conveniente sostituire i pannelli con altri più efficienti piuttosto che mantenere gli stessi in esercizio fino al loro fine vita. In ogni caso rimane comunque possibile soddisfare il raggiungimento dei 30 anni di vita utile del pannello fotovoltaico attraverso un riutilizzo dello stesso. Un esempio di seconda vita del pannello è rappresentato dalla vendita dello stesso nel mercato residenziale.

Tali considerazioni fanno sì che i risultati che si otterranno dall'LCA in termini di kg di emissioni per kWh, possano essere considerati cautelativi, dato che l'energia prodotta durante tutto il ciclo di vita potrà, con ogni probabilità, essere maggiore di quella stimata considerando una vita utile di 30 anni.

- La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di PVGIS® che è una fonte meteorologica comunemente usata per località internazionali. Tale fonte meteorologica satellitare fornisce una metodologia uniforme per il calcolo dell'irraggiamento.

Di seguito si riporta l'insolazione mensile:

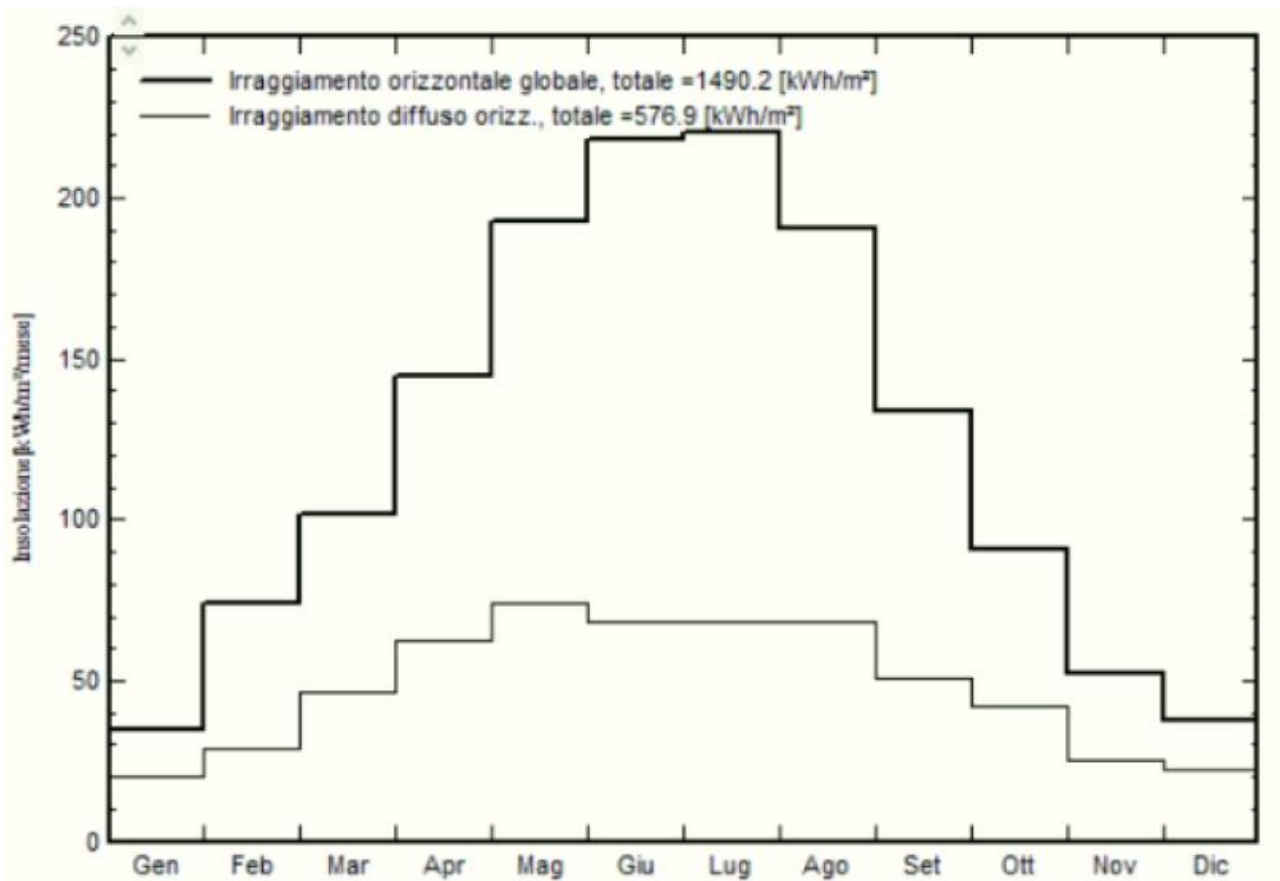


Figura 1: Insolazione mensile su dati meteo per Passo di Pomposa

La valutazione della produzione di energia attesa su base mensile, delle perdite che interessano i singoli moduli e l'energia complessivamente immessa in rete al netto delle perdite è stata invece effettuata servendosi del software PVsyst.

Risultati principali

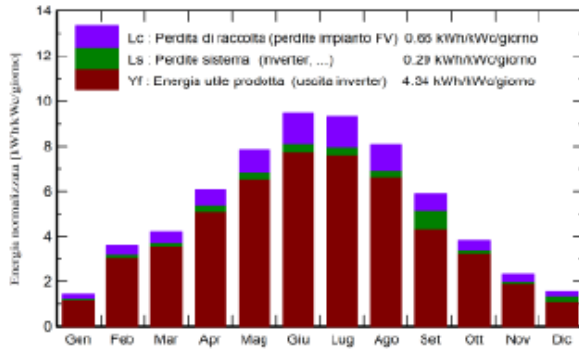
Produzione sistema
Energia prodotta

112392.45 MWh/anno

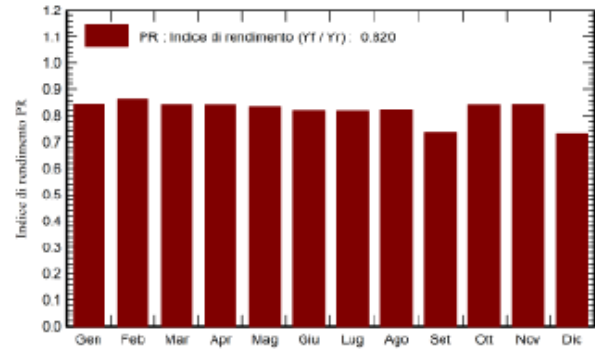
Prod. Specif.
Indice rendimento PR

1583 kWh/kWp/anno
81.96 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Gennaio	34.6	20.10	5.65	43.2	39.5	2726	2599	0.846
Febbraio	73.8	20.10	6.45	99.4	92.9	6384	6108	0.865
Marzo	101.5	46.46	9.64	129.7	122.1	8244	7775	0.844
Aprile	144.4	62.46	13.24	181.9	172.4	11462	10904	0.844
Maggio	193.1	73.75	17.90	243.4	231.6	15146	14377	0.831
Giugno	217.9	68.40	23.45	283.2	269.9	17330	16435	0.817
Luglio	220.1	68.24	25.09	288.2	274.8	17610	16709	0.816
Agosto	190.8	68.00	25.96	250.2	236.1	15316	14572	0.820
Settembre	133.6	50.83	19.61	176.8	167.4	11007	9223	0.735
Ottobre	91.0	41.64	17.49	119.1	111.6	7451	7135	0.844
Novembre	52.1	25.36	10.74	68.6	63.2	4302	4119	0.846
Dicembre	37.4	22.55	6.62	47.1	42.7	2944	2437	0.729
Anno	1490.2	576.89	15.21	1930.9	1826.0	119923	112392	0.820

Legenda

GlobHor	Irraggiamento orizzontale globale	EArray	Energia effettiva in uscita campo
DiffHor	Irraggiamento diffuso orizz.	E_Grid	Energia immessa in rete
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Indice di rendimento
GlobInc	Globale incidente piano coll.		
GlobEff	Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre		

Figura 2: Risultati dettagliati della simulazione

- Non avendo a disposizione dati sul grado di contenuto riciclato dei materiali utilizzati è stato assunto che tutti i materiali necessari derivino da materie prime;
- Il ciclo di vita dell'impianto si conclude con il processo di decommissioning, con il quale si prevede di ripristinare le condizioni iniziali del sito. Poiché ciò avverrà tra 30 anni, durante i quali sicuramente le tecnologie per lo smaltimento e il recupero dei rifiuti saranno migliorate, è stato ipotizzato uno scenario ottimistico, secondo il quale tutto il materiale tecnicamente riciclabile, al di là dell'economicità, verrà di fatto riciclato.

Un tipico pannello fotovoltaico è composto da una cornice in alluminio (circa 10% del peso), una lastra di vetro (altro 80% del peso) su cui vengono appoggiate le celle fotovoltaiche e i contatti elettrici che vengono poi sigillati a caldo da un foglio di plastica. La prima fase del procedimento di riciclo consiste nello staccare meccanicamente il vetro dal foglio plastico, recuperandolo. In un secondo momento, un apposito macchinario spazzolerà via le altre componenti ancora attaccate, tritando finemente il materiale rimasto che verrà poi fatto passare attraverso una serie di vagli e cicloni a soffio di aria, dove i vari materiali saranno separati secondo la loro densità.

Dal processo di riciclo si possono ottenere polvere di plastica, rame e argento dei contatti elettrici oltre, naturalmente, al silicio. I componenti principali del modulo fotovoltaico sono, quindi, potenzialmente riciclabili. In alcune nazioni, quale ad esempio la Germania, sono stati sviluppati impianti pilota con processi che permettono di recuperare il 100% dell'alluminio, almeno il 90% del vetro e del silicio e lo strato di argento presenti nel pannello fotovoltaico. Nella stima delle emissioni effettuato si è tenuto conto del trasporto dei moduli agli impianti di riciclaggio.

2.4 Considerazioni sulla sostenibilità dell'intervento

In definitiva, l'impianto agrivoltaico di progetto sarà realizzato impiegando componenti, materiali e apparecchiature che al termine della fine utile dell'impianto ne garantiranno la reversibilità e il quasi totale riutilizzo limitando al massimo la produzione di rifiuti. Le previsioni progettuali sono quelle di mantenere in esercizio le opere che potranno essere destinate ad altri utilizzi o cedute ad altri produttori, i tratti di cavidotto AT posati lungo viabilità esistente. In tal modo, oltre a limitare ulteriormente la produzione di rifiuti, anche gli impatti correlativi con la fase di fine vita utile dell'impianto e quindi di dismissione saranno ridotti.

L'intervento proposto risulta, pertanto, altamente sostenibile sotto il profilo degli impatti ambientali e della reversibilità delle aree interessate.

In considerazione del fatto che la fine utile dell'impianto è stimabile dopo 30 anni dalla sua entrata in esercizio, ad oggi non è possibile prevedere i centri di recupero, riciclaggio e le discariche ove verranno conferiti i diversi materiali provenienti dalla fase di dismissione dell'impianto. Sicuramente si prediligeranno i centri più vicini anche al fine di limitare al minimo i trasporti. Presumibilmente, i

materiali in acciaio e le apparecchiature che costituiscono i pannelli e le varie apparecchiature elettriche, saranno portati nel polo industriale più vicino, dove saranno rivenduti.

È ipotizzabile, inoltre, che le tecnologie relative al riutilizzo/riciclaggio nei prossimi anni migliorino ulteriormente per cui è auspicabile che si possa ridurre ulteriormente la percentuale di componenti/materiali che alla fine utile dell'impianto fotovoltaico verranno conferiti come rifiuto presso discariche autorizzate.