



Fronius GEN24 Plus – Un vantaggio per l'ambiente

Life Cycle Assessment (LCA)

DI Mag. Harald Pilz

to4to
together for tomorrow

 **Fraunhofer**
IZM

© Fronius International GmbH

Versione 02 01/2023

Business Unit Solar Energy / System Technology

Research & Development Technologies

Fronius si riserva tutti i diritti, con particolare riferimento ai diritti di riproduzione, distribuzione e traduzione.

Nessuna parte di quest'opera potrà essere riprodotta in alcun modo senza il consenso scritto di Fronius. Non potrà essere salvata, modificata, riprodotta o distribuita utilizzando un qualsiasi sistema elettrico o elettronico.

Si ricorda che le informazioni pubblicate in questo documento, nonostante sia stato redatto con la massima cura, sono soggette a modifiche e che né l'autore né Fronius si faranno carico di alcuna responsabilità legale.

Le parole di genere si riferiscono indifferentemente alla forma maschile e femminile.

Indice

1. Introduzione: un sogno sostenibile.....	4
1.1 Obiettivo	6
1.2 Definizione di analisi LCA	6
1.2.1 Che cosa significa LCA?	6
1.2.2 Perché è utile?.....	6
1.2.3 L'analisi LCA nel contesto europeo.....	8
2 LCA: alla ricerca dei dati ambientali	9
2.1 Analisi LCA per GEN24 Plus	9
2.2 Approvvigionamento	10
2.3 Produzione.....	11
2.4 Fase di utilizzo	11
2.5 Fine vita.....	12
3 LCA: Le prestazioni ambientali di GEN24 Plus.....	13
3.1 L'impronta di carbonio di GEN24 Plus	13
3.2 Vantaggi di Symo GEN24 10.0 Plus.....	20
3.3 Risultati LCA su vari scenari	21
4 Conclusioni: un passo avanti.....	23
4.1 Utilizzo e qualità dell'analisi LCA	23
4.2 I prossimi obiettivi: sulla strada della sostenibilità	24

1. Introduzione: un sogno sostenibile

Da decenni, il riscaldamento globale costituisce una delle principali sfide che le società umane si trovano a dover affrontare. Questo fenomeno dà luogo a molte conseguenze tra cui, solo per citarne alcune, l'intensificazione dei disastri naturali e l'aumento dei rifugiati per motivi climatici, oltre che dei problemi di inquinamento atmosferico. Inoltre, i danni all'ambiente sono associati ad altre importanti questioni, come la perdita di biodiversità, la crisi delle risorse naturali, l'aumento delle epidemie catastrofiche, ecc. Questi rischi sfidano l'equilibrio delle nostre società e mettono in pericolo il futuro dell'umanità. Molti dei rapporti che vengono continuamente pubblicati sul tema, come le analisi di IPCC¹ o del *World Economic Forum*², descrivono la probabilità di tali rischi o la loro percezione da parte delle società umane.

Di conseguenza, vi è l'urgente necessità di affrontare questi grandi problemi. Negli ultimi anni sono state adottate diverse misure e piani ambiziosi per ridurre il più possibile l'impronta ambientale delle nostre società, dei prodotti e dei servizi. In genere, i prodotti e i servizi non dovrebbero più seguire il modello dell'economia lineare (il cosiddetto "take-make-waste"), bensì quello dell'economia circolare, come esplicitato ad esempio nell'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile 12 delle Nazioni Unite: "Consumo e produzione responsabili". Inoltre, i vantaggi puramente finanziari non possono più essere gli unici criteri da seguire; anche i fattori di sostenibilità vanno presi in considerazione.

Al fine di limitare il devastante impatto dei cambiamenti climatici, le istituzioni politiche hanno implementato norme, leggi e strategie. Per accompagnare questa evoluzione, e anche per assumersi le proprie responsabilità, Fronius ha identificato nella sostenibilità uno dei suoi valori fondamentali. L'obiettivo Fronius "24 hours of Sun" (24 ore di sole), indica un futuro in cui il 100% della domanda mondiale di energia sarà coperto dalle fonti rinnovabili. Per arrivare a questo traguardo ideale, Fronius si impegna a sviluppare prodotti sostenibili progettati in modo ottimale, prendendo in considerazione tutte le fasi del ciclo di vita. Per raggiungere questo obiettivo e consentire decisioni consapevoli in futuro, è necessaria una comprensione scientifica delle prestazioni di sostenibilità dei prodotti basata su fatti concreti. L'analisi del ciclo di vita (LCA) rappresenta uno degli strumenti scientifici più comuni e standardizzati a livello internazionale per analizzare l'impatto sull'ambiente di un prodotto nel corso della sua vita. Nel 2020 è stato compiuto un nuovo passo significativo con il completamento della prima analisi LCA su una delle famiglie di prodotti Fronius: GEN24 Plus.

Poiché Fronius utilizza i risultati della valutazione del ciclo di vita per ottimizzare costantemente lo sviluppo dei prodotti, l'attualità di questi dati è particolarmente

¹ Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC: <https://www.ipcc.ch/reports/> (ultimo accesso 19/04/2021)

² "The Global Risks Report" (2021): http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf (ultimo accesso 19/04/2021)

importante. Per questo motivo, gli aggiornamenti della valutazione del ciclo di vita vengono effettuati frequentemente, in base alle esigenze e alle necessità. Quando si tratta di sostenibilità è richiesto un elevato grado di trasparenza e per Fronius è essenziale anche una comunicazione continua di questi aggiornamenti.

Data di aggiornamento LCA	Contenuto aggiornato
Febbraio 2023	<ul style="list-style-type: none">- Maggiori dettagli grazie alla maggior inclusione di dati primari e all'aggiornamento dei set di dati Ecoinvent alla versione 3.8.- Nuovi set di dati sull'impronta di carbonio dei moduli FV- Maggiore integrazione del consumo notturno di energia- Metodo ancora più accurato di rilevamento della produzione degli impianti fotovoltaici (PVSol) in diversi Paesi/regioni- Ungheria come paese aggiuntivo- Adattamento dei trasporti analogo alla più recente valutazione del ciclo di vita (LCA Tauro).

1.1 Obiettivo

L'obiettivo della presente relazione è illustrare il concetto di analisi LCA, la sua applicazione alla famiglia di prodotti GEN24 Plus e suoi i risultati e interpretazioni più rilevanti. Essa mira a fornire una panoramica dei risultati più importanti dell'analisi LCA senza entrare in modo troppo approfondito nei calcoli e nei dettagli.

1.2 Definizione di analisi LCA

Nei paragrafi seguenti viene definita l'analisi LCA, le informazioni che si possono trarre da essa e lo sviluppo e utilizzo nel contesto europeo.

1.2.1 Che cosa significa LCA?

L'analisi del ciclo di vita (in inglese, *Life Cycle Assessment* - LCA) è una metodologia scientifica in evoluzione dagli anni '90 il cui obiettivo è quello di condurre analisi ambientali. Il metodo consiste nel produrre un modello dell'impatto ambientale di tutto quanto gira intorno a un prodotto o a un servizio nel corso della sua vita (materiali, energia, emissioni, risorse, ecc.) e mira a fornire un quadro completo delle prestazioni ambientali del prodotto o servizio. La struttura, la validità e la coerenza del quadro sono supportate da due norme ISO (14040 e 14044). Per garantire una visione completa del ciclo di vita, Fronius e il partner LCA to4to³ (sigla che significa "*Together for tomorrow*"), nella persona di Harald Pilz, ha adottato per l'analisi LCA un approccio "dalla culla alla tomba", tenendo conto di tutte le fasi, dall'approvvigionamento alla produzione, all'utilizzo e alla fine del ciclo di vita (in inglese "*End-of-Life*" - EoL), compreso il trasporto (cfr. Figura 1). Per ottimizzare e verificare la qualità dell'analisi LCA di Fronius, è stata condotta su di essa una revisione in collaborazione con Fraunhofer IZM⁴, una delle istituzioni per la sostenibilità dei prodotti elettronici maggiormente conosciute a livello globale. Di conseguenza, la presente analisi LCA fornisce una valutazione olistica, dettagliata e verificata dell'impronta ambientale del prodotto.

1.2.2 Perché è utile?

I risultati LCA ottenuti ci consentono di acquisire una profonda comprensione e conoscenza delle prestazioni ambientali del prodotto e dei suoi potenziali limiti.

³ To4to - <https://www.to4to.at/>

⁴ Website: <https://www.izm.fraunhofer.de/> (ultimo accesso 04/19/2021)

La necessità di dati ambientali sui prodotti è in continuo aumento:

- Poiché Fronius punta a migliorare ulteriormente le prestazioni di sostenibilità dei suoi prodotti esistenti e futuri, è necessario dimostrare, monitorare e comprendere questa evoluzione da un punto di vista scientifico. L'analisi LCA rappresenta uno dei pochi metodi standardizzati e coerenti per produrre un modello dell'impatto ambientale e offre quindi una soluzione credibile. Mediante questa analisi basata su prove scientifiche, Fronius può svolgere un ruolo attivo nell'implementazione e compimento dell'obiettivo "24 ore di sole", al fine di sviluppare soluzioni ancora più sostenibili ed efficienti a vantaggio non solo del cliente, ma anche dell'ambiente.

Per questo motivo, Fronius ha lanciato il programma "*Sustainability by Design*" (sostenibilità attraverso il design) allo scopo di accelerare queste azioni. La presente analisi LCA rappresenta il primo passo di questo programma.

L'aumento della consapevolezza e della domanda di soluzioni sostenibili basate su prove scientifiche può essere osservato anche in relazione a diversi requisiti del mercato fotovoltaico:

- La Commissione europea ha sviluppato e cerca di promuovere linee guida ambientali per i prodotti basate su analisi del ciclo di vita (note come PEFCR: "*Product Environmental Footprint Category Rule*"⁵). Inoltre, la Commissione Europea sta combattendo le affermazioni di sostenibilità prive di prove e preparerà i consumatori alla transizione verso un futuro verde⁶.
- In recenti gare d'appalto per impianti fotovoltaici è stata data priorità ai prodotti a bassa impronta di carbonio. Ad esempio, nel 2021 CRE in Francia ha lanciato una nuova gara d'appalto per un impianto fotovoltaico da 700 MW che impone l'uso di moduli a basso impatto ambientale⁷.
- Sempre più spesso vengono utilizzati database di sostenibilità che promuovono prodotti con prestazioni rispettose dell'ambiente. Esempi in tal senso sono Upcyclea⁸ in Francia o Byggvarubedomningen⁹ in Svezia.
- Anche le autorità nazionali stanno aumentando le pressioni per comprovare le affermazioni sulla sostenibilità. Alcuni esempi sono: la CMA (*Competition & Markets*

⁵ Fonte: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR_OEFSR_en.htm#final (ultimo accesso 04/12/2021)

⁶ Source: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_269 (accessed 03/08/2022)

⁷ Fonte: <https://www.pv-magazine.com/2021/02/19/france-launches-700-mw-tender-for-large-scale-pv/> (ultimo accesso 04/19/2021)

⁸ Fonte: <https://www.upcyclea.com/> (ultimo accesso 04/09/2021)

⁹ Fonte: <https://byggvarubedomningen.se/> (ultimo accesso 04/09/2021)

Authority) nel Regno Unito che chiede alle aziende di considerare l'intero ciclo di vita del prodotto, l'indice di riparazione in Francia ("*indice de réparabilité*") o il Supply Chain Act in Germania ("*Lieferkettengesetz*").¹⁰

In questo senso, disporre di un'analisi LCA con un solido fondamento scientifico (a differenza delle "stime approssimative") e verificata da terzi faciliterà il raggiungimento dell'obiettivo "24 ore di sole" supportando Fronius al momento di adottare decisioni consapevoli nel processo di sviluppo.

1.2.3 L'analisi LCA nel contesto europeo

Lungi dal perseguire singole iniziative in modo isolato, Fronius è partecipe di un contesto globale che dimostra una crescente consapevolezza e attenzione all'impronta ambientale dei sistemi energetici. Diversi documenti a livello europeo integrano già oggi linee guida per le valutazioni ambientali, basate tra l'altro sull'approccio dell'analisi LCA. Altre iniziative europee sostengono la necessità di costruire un futuro sostenibile e attuare una transizione energetica efficiente:

- Il *Green Deal* europeo¹¹, adottato nel 2019, stabilisce per l'Europa l'ambizioso obiettivo di diventare climaticamente neutra entro il 2050.
- *Ecodesign* ed *Energy Labelling*¹² due programmi che la Commissione Europea intende attuare entro il 2023-2024, con i corrispondenti marchi che identificheranno i prodotti dalle migliori prestazioni ambientali, mentre quelli non conformi ai requisiti minimi non potranno più essere venduti sul mercato interno UE.
- La legislazione esistente che promuove l'implementazione di sistemi energetici efficienti e sostenibili, come la Direttiva (UE) 2018/2001 sull'uso dell'energia da fonti rinnovabili (rifusione)¹³ o la Tassonomia UE per il Regolamento UE 2020/852 ("Istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili")¹⁴ promuoverà inoltre l'implementazione di sistemi energetici efficienti e sostenibili.

¹⁰ Fonte: CMA: <https://www.gov.uk/government/publications/green-claims-code-making-environmental-claims/environmental-claims-on-goods-and-services> (ultimo accesso 03/08/2022), Repair Index: <https://www.ecologie.gouv.fr/indice-reparabilite> (ultimo accesso 03/08/2022), and Supply Chain Act: <https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz> (ultimo accesso 03/08/2022)

¹¹ Fonte: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> (ultimo accesso 04/09/2021)

¹² Per ulteriori informazioni sul processo in corso: <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau//product-groups/462/documents> (ultimo accesso 04/09/2021)

¹³ Fonte: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC (ultimo accesso 04/09/2021)

¹⁴ Fonte: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32020R0852> (ultimo accesso 04/09/2021)

2 LCA: alla ricerca dei dati ambientali

Un elemento chiave è rappresentato dall'acquisizione dei dati rilevanti sul prodotto oggetto dell'analisi LCA. Questo capitolo descrive le diverse fasi del ciclo di vita integrate nel modello e le diverse osservazioni di cui si è tenuto conto.

2.1 Analisi LCA per GEN24 Plus

A supporto dell'obiettivo "24 ore di sole", Fronius ha esaminato l'inverter Fronius GEN24 Plus al fine di dimostrare le prestazioni e i benefici ambientali associati al prodotto.

A questo proposito, e sulla base delle norme ISO per le analisi LCA (ISO 14040/44), sono state inserite nel modello e analizzate in maniera approfondita le quattro principali fasi del ciclo di vita di un prodotto, cfr. Figura 1:

- Fase della produzione (compreso l'approvvigionamento)
- Fase dell'utilizzo
- Fase della fine del ciclo di vita (*End-of-Life* - EoL)

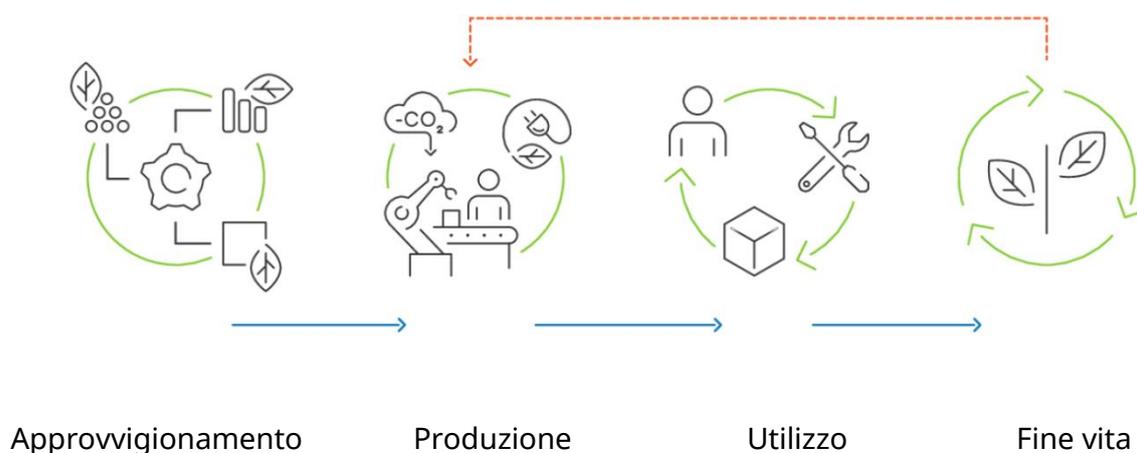


Figura 1: Fronius GEN24 Plus e le diverse fasi del suo ciclo di vita

I vari indicatori di impatto ambientale sono stati calcolati sulla base delle linee guida PEF/ILCD-2019/EF 3.0 (EPLCA, 2019¹⁵), come ad esempio:

- Il Potenziale di riscaldamento globale (*Global Warming Potential* - GWP), per il modello dell'effetto di riscaldamento provocato dai gas serra emessi dal prodotto nel suo intero ciclo di vita (in kg CO₂ equivalenti). Il termine "CO₂ equivalente" è l'unità utilizzata per valutare l'impatto di un prodotto sul GWP. "Equivalente" significa che diversi gas serra sono combinati e "tradotti" in effetti equivalenti di CO₂ sul GWP. Ad esempio, l'emissione di 1 kg di metano (CH₄) è equivalente a 28 kg di CO₂ in 100 anni (in base alla metodologia IPCC 2013 considerata in Ecoinvent v3.8, il principale organismo internazionale per la valutazione dei cambiamenti climatici¹⁶).
- La Domanda cumulativa di energia (*Cumulative Energy Demand* - CED), per misurare l'energia diretta e indiretta richiesta durante l'intero ciclo di vita del prodotto (in MJ equivalenti).

L'impatto ambientale di un prodotto non si limita alle sole emissioni di CO₂ o alla domanda di energia, ma comprende anche altri indicatori. Al fine di offrire una visione olistica e completa, l'analisi LCA condotta da Fronius tiene conto anche di indicatori come "l'esaurimento delle risorse metalliche", "la tossicità per l'organismo umano" e "le emissioni di particolato". Tuttavia, per motivi di chiarezza, nei capitoli seguenti, questa relazione si concentrerà sui due indicatori di impatto più noti e importanti: il Potenziale di riscaldamento globale (GWP) e la Domanda cumulativa di energia (CED).

Il database utilizzato nell'analisi LCA dei processi non prioritari (dati secondari) è ecoinvent (versione 3.7.1, 2020¹⁷), uno dei database di inventario del ciclo di vita (*Life Cycle Inventory* - LCI) più completi e comunemente utilizzati a livello globale.

2.2 Approvvigionamento



In primo luogo, la fase di approvvigionamento considera tutti i processi rilevanti, dall'estrazione delle materie prime e dai processi di raffinazione fino alla produzione dei componenti. In questa fase sono state condotte intense discussioni e ricerche con i fornitori, al fine di ottenere il maggior numero possibile di dati. La composizione dei materiali dei diversi componenti consegnati a Fronius è stata analizzata e modellata con dati disponibili o, se necessario, con la banca dati ecoinvent. Tuttavia, sono state condotte ulteriori analisi sulla composizione dei componenti, al fine di ottenere i risultati più

¹⁵ Fonte: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/index.html#menu1> (ultimo accesso 20/04/2021)

¹⁶ Fonte: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf (tabella 8.A.1, p.731, ultimo accesso 13/02/2023)

¹⁷ Fonte: <https://www.ecoinvent.org/> (ultimo accesso 02/16/2022)

dettagliati possibili. Le analisi sono state condotte in particolare su sezionatori DC, fusibili, ventole e altri componenti smontati a questo scopo.

2.3 Produzione



In secondo luogo, la fase di produzione considera la produzione di GEN24 Plus negli stabilimenti Fronius. Il processo produttivo è stato modellato sulla base di dati primari, come ad esempio il consumo energetico della linea di produzione, il fabbisogno di pasta di saldatura, la potenziale produzione e gestione dei rifiuti e l'uso degli imballaggi. Secondo la necessità, alcuni gruppi di dati sono stati estratti dal databaseecoinvent per completare la modellazione. Nel complesso, modelli di analisi LCA sono stati sviluppati per i seguenti dispositivi:

- Primo GEN24 Plus 3.0 e 6.0 kW
- Symo GEN24 Plus 5.0 e 10.0 kW

2.4 Fase di utilizzo



In terzo luogo, la fase di utilizzo tiene conto del tempo in cui il GEN24 Plus è attivo in un impianto fotovoltaico e del tempo prevedibile per le riparazioni. Vengono presi in considerazione diversi fattori come:

- La durata di esercizio dell'inverter, stabilita in un periodo standard di 20 anni.
- I paesi in cui viene utilizzato il sistema. Questo parametro influenza la capacità di produzione di energia dell'impianto fotovoltaico e l'incidenza del trasporto del prodotto. L'analisi LCA di GEN24 Plus prevede sei opzioni di paese: Australia, Austria, Brasile, Germania, Polonia e Stati Uniti (con due sotto-opzioni, New York e Los Angeles).
- Le dispersioni dell'inverter: questo valore è stabilito in base alla modellazione di PVSol per ogni scenario, al fine di fornire la modellazione più realistica (2022)¹⁸. PVSol, rispetto ad alcuni benchmark standardizzati dell'Unione Europea, fornisce risultati più realistici a seconda del Paese e dei parametri, ma permette anche di modellare il sovradimensionamento dell'impianto fotovoltaico (cfr. sezione 3.1).
- Il consumo notturno (o in stand-by) necessario per la raccolta dei dati o l'accesso all'interfaccia utente (8,2 W per i dispositivi Primo e 10 W per i dispositivi Symo).

¹⁸ Fonte: <https://valentin-software.com/produkte/pvsol-premium/> (ultimo accesso 02/16/2022)

- Sono stati anche generati modelli dei processi di riparazione, in base ai seguenti scenari:
 - o Sostituzione della ventola o dell'unità di trasmissione dati (detto "Pilot") (entrambi in loco)
 - o Sostituzione di quattro varistori sul gruppo power stage
 - o Sostituzione in blocco del gruppo power stage (entrambi presso il Centro internazionale riparazioni di Fronius)

L'elemento difettoso viene inviato al trattamento dei rifiuti o rispedito ai siti Fronius per la riparazione.

2.5 Fine vita



In quarto e ultimo luogo, la fase di fine vita (EoL) prevede per il prodotto la possibilità di essere smaltito come rifiuto oppure riciclato. A questo fine, per i possibili modelli di fine vita sono stati considerati cinque scenari principali:

- Discarica
- Incenerimento senza riciclo dei metalli
- Incenerimento con riciclo dei metalli
- Riciclo senza disassemblaggio (dei 5 componenti principali di GEN24)
- Riciclo con disassemblaggio (dei 5 componenti principali di GEN24)

L'impatto o il beneficio ambientale varia in base allo scenario. Ad esempio, l'opzione dello smaltimento in discarica genera un maggiore impatto ambientale rispetto al riciclo con disassemblaggio (cfr. paragrafo 3.1).

3 LCA: Le prestazioni ambientali di GEN24 Plus

Una volta acquisiti tutti i dati rilevanti, nei successivi capitoli descriviamo in maniera più dettagliata le prestazioni ambientali e i risultati dell'analisi LCA di GEN24 Plus. In particolare, sarà dedicato ampio spazio all'impronta di carbonio e ai vantaggi apportati da GEN24 Plus.

3.1 L'impronta di carbonio di GEN24 Plus

Naturalmente, al contrario di una pianta, l'inverter non può rimuovere dall'atmosfera la CO₂ o altri inquinanti nocivi. Tuttavia, una volta collegato in un impianto fotovoltaico, l'inverter consente di produrre molte meno emissioni di CO₂ rispetto all'alternativa presa in considerazione, ovvero la alimentazione di energia elettrica dalla rete. Attraverso questo confronto (impianto fotovoltaico rispetto alla rete pubblica), possiamo valutare la riduzione delle emissioni di CO₂ determinata dall'impiego dell'energia solare. Nella presente relazione si fa ricorso a uno scenario specifico con l'obiettivo di fornire un'idea concreta di ciò che si può evincere da un modello di analisi LCA¹⁹.

Tabella 1: Opzioni possibili di scenario (le opzioni evidenziate in grassetto rappresentano lo scenario considerato in questo whitepaper)

Fronius Inverter	Luogo di impiego	Strategia a fine vita	Parametri aggiuntivi
<ul style="list-style-type: none"> - Primo GEN24 Plus 3.0 kW - Primo GEN24 Plus 6.0 kW - Symo GEN24 Plus 5.0 kW - Symo GEN24 Plus 10.0 kW 	<ul style="list-style-type: none"> - Australia - Austria - Brasile - Germania - Ungheria - Polonia - USA - NY - USA - LA 	<ul style="list-style-type: none"> - Discarica - Incenerimento dei rifiuti - Combinazione di riciclo dei metalli ed incenerimento - Riciclo senza disassemblaggio - Riciclo con disassemblaggio 	<ul style="list-style-type: none"> - Aspettativa di vita: 20 anni - Processo di riparazione medio - Mix di elettricità per il consumo notturno

Considerazioni iniziali

¹⁹ Lo staff di Fraunhofer IZM non ha potuto esaminare ogni singola variante e valori specifici di scenario a causa della grande complessità e mole di risultati (almeno diverse migliaia di variazioni dettagliate possibili). Ciò nonostante, la struttura generale e la modellizzazione dell'analisi LCA è stata verificata e tutti gli scenari seguono la stessa metodologia, garantendo così la migliore coerenza possibile.

Per prima cosa, in un'analisi LCA è importante tenere conto dei limiti dei risultati: l'inverter è solo uno dei tanti componenti di un impianto fotovoltaico. Di seguito viene quindi fornita una panoramica dell'intero impianto per avere un'idea dei contributi dei diversi componenti (moduli, inverter, ecc.). Le informazioni sull'impronta di carbonio dei moduli fotovoltaici sono state acquisite dal database LCA ecoinvent, oltre che tramite le ricerche bibliografiche di Fronius. La Figura 2 fornisce quindi una panoramica a livello di impianto, tenendo presente che le singole quote possono variare leggermente (di qualche punto percentuale) in base ai dati o agli scenari. Il "BoS" (Balance of Systems, nella Figura 2) considera i componenti aggiuntivi necessari per un impianto fotovoltaico (infrastrutture di supporto, cablaggi, cavi, etc.).

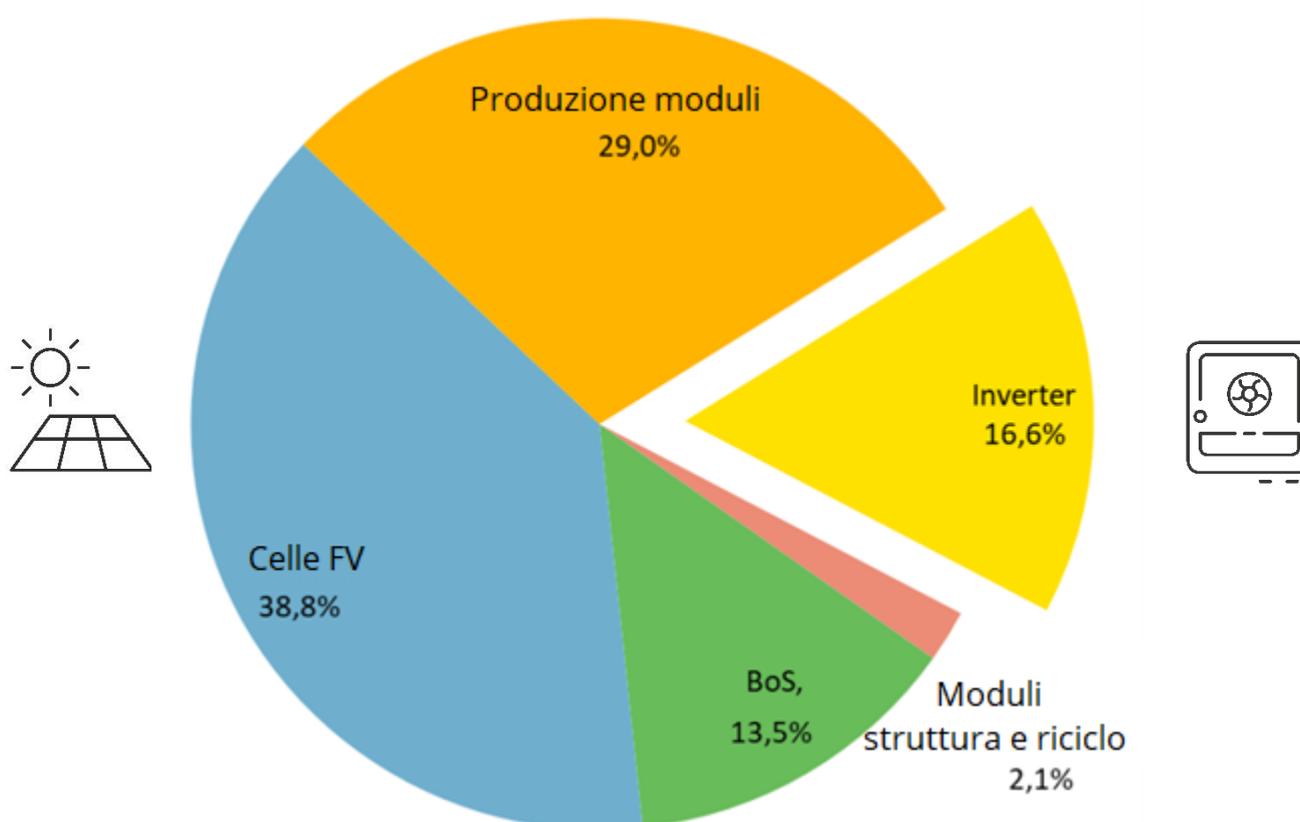


Figura 2: Contributo dell'inverter fotovoltaico (scenario australiano) all'impronta di carbonio ("PV system perspective")

Nel nostro scenario, l'inverter rappresenta il 16.6% dell'impatto ambientale totale dell'impianto fotovoltaico (a seconda dello scenario può variare tra il 9.30% e il 34.54%).

L'impronta di carbonio di GEN24 Plus Symo 10.0 kW nelle fasi del ciclo di vita

Nei grafici seguenti, l'attenzione viene posta sull'inverter, oggetto di analisi più dettagliate che hanno consentito di raccogliere dati affidabili di prima mano. Il primo grafico mostra l'impronta di carbonio del solo inverter (collegato all'impianto fotovoltaico) in valori assoluti kg CO₂-eq.

Impronta di carbonio (kg CO₂-eq)

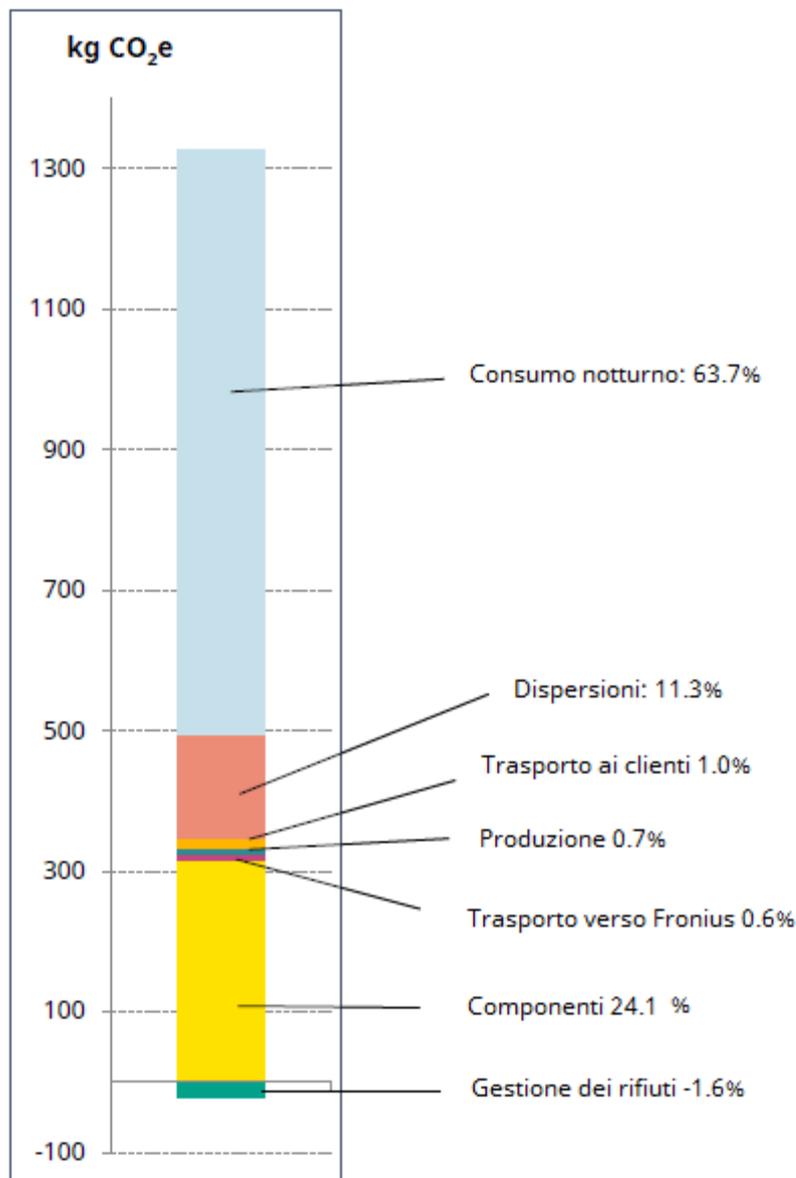


Figura 3: Impronta di carbonio di Symo GEN24 10.0 Plus in valori assoluti e in termini di contributo relativo in riferimento alle fasi del ciclo di vita. La figura sottolinea l'importanza della fase di approvvigionamento e della fase di utilizzo.

Come si vede nella Figura 3, l'impronta di carbonio totale di GEN24 Symo 10.0 è di 1307,0 kg CO₂e (1327,9 kg CO₂e con un "credito" ambientale di -20,9 kg CO₂e dalla gestione dei rifiuti). Inoltre, si possono dedurre diversi messaggi o interpretazioni importanti:

- Fabbricazione dei componenti: i necessari processi di produzione dei componenti (parti metalliche, componenti elettronici, parti in plastica, ecc.) contribuiscono in modo significativo all'impronta di carbonio dell'inverter. Ciò sottolinea l'importanza dell'impatto della catena degli approvvigionamenti e la conseguente necessità di produrre uno sforzo congiunto unitamente a tutti gli stakeholder lungo la catena stessa con l'obiettivo futuro di continuare a migliorare le prestazioni ambientali degli inverter. In quest'ottica, Fronius ha già adottato misure adeguate, ad esempio oltre il 90% del componente metallico principale dell'inverter è in alluminio riciclato.
- Fase di produzione: l'assemblaggio dell'inverter nello stabilimento di Fronius rappresenta una piccola percentuale dell'impronta di carbonio totale. Ciò dimostra che il processo di assemblaggio di per sé è già ottimizzato. Inoltre, l'energia utilizzata nello stabilimento proviene da fonti energetiche rinnovabili (forniture di energia elettrica verde + impianto fotovoltaico locale). Grazie all'installazione di impianti fotovoltaici nei propri siti produttivi, Fronius produce ogni anno quasi 2.000 MWh di energia solare.
- Trasporto dei componenti a Fronius e trasporto degli inverter da Fronius ai clienti: anche queste fasi formano una quota limitata dell'impronta di carbonio dell'inverter. La ragione principale è che Fronius evita il più possibile il trasporto aereo e favorisce invece il trasporto ferroviario, marittimo e stradale delle merci. Ciò comporta un'impronta di carbonio relativamente ridotta (meno del 2%).
- Dispersioni: Ogni prodotto ha la propria impronta di carbonio, che può essere descritta come la CO₂ dispersa da tutti i processi di produzione di base, trasporti e così via (il cosiddetto "zaino ecologico"). Di conseguenza, anche l'elettricità generata da un impianto fotovoltaico è associata a una dispersione di CO₂ (circa 15-80 g CO₂-eq/kWh) che tuttavia è di gran lunga inferiore a quella dell'elettricità della rete (circa 100-1.200 g CO₂-eq/kWh, a seconda del paese). Il GEN24 Symo 10.0 è modellato con un valore di dispersione definito dal software PVSol, tenendo conto dei livelli di radiazione solare del Paese (più granulare dell'efficienza europea). Nello scenario australiano, il valore della dispersione dell'inverter è fissato al 2,25%, il che significa che una certa quantità di energia elettrica generata dai moduli fotovoltaici, con il relativo zaino ecologico di CO₂, viene dispersa sotto forma di calore. Il 2,25% è un valore relativamente basso (l'intervallo è tra il 2,25 e il 4,30%, a seconda dello scenario), ma l'inverter fotovoltaico ha una durata utile prevista di 20 anni, il che significa che occorre tenere conto delle dispersioni che si sommano lungo l'intero periodo. Nonostante l'elevata efficienza del GEN24

Symo 10.0 (97,75%, in base alla modellazione PVSol), ciò si traduce in dispersioni (nella fase dell'utilizzo) che contribuiscono in modo significativo all'impronta di carbonio totale (11,3%).

- Il consumo notturno: in questo scenario si ipotizza che l'impianto fotovoltaico sia collegato alla rete elettrica australiana, con una media annuale di 12,10 ore al giorno di "modalità notturna" per l'inverter fotovoltaico. A causa dell'impronta di carbonio relativamente elevata del mix di rete australiano, l'impronta di carbonio derivante dal consumo notturno è significativa (833,0 kg CO₂e, pari al 63,7% dell'impronta di carbonio totale dell'inverter). Tuttavia, se l'energia elettrica per il consumo notturno provenisse da un fornitore di energia rinnovabile, l'impronta di carbonio relativa al consumo notturno sarebbe di molto inferiore (38,3 kg CO₂eq, pari a una quota del 7,5% circa). Anche il contributo relativo all'impatto ambientale dell'inverter fotovoltaico rispetto al resto dell'impianto fotovoltaico diminuirà, attestandosi tra il 6,94% e il 15,76% a seconda degli scenari (anziché tra il 9,30% e il 34,54%, vedi note sotto la Figura 2). Pertanto, l'impronta di carbonio del consumo notturno dell'inverter fotovoltaico deve essere limitata il più possibile con, ad esempio, una fornitura di energia elettrica rinnovabile.
- Gestione dei rifiuti: Fronius applica la direttiva RAEE e punta ad aumentare la riciclabilità dei suoi prodotti. Ciò rende possibile l'ottenimento di un credito verde (il valore negativo nel grafico in Figura 3) in quanto contribuisce alla sostituzione e prevenzione di nuove attività di estrazione di materie prime e al minor fabbisogno energetico. Oltre a promuovere i benefici ambientali, l'uso responsabile e consapevole delle risorse del pianeta rappresenta per Fronius un impegno fondamentale.

Confronto tra massa e impronta di carbonio

I risultati dell'LCA possono essere utili anche per comprendere il contributo relativo di ciascun componente dell'inverter Symo GEN24 10.0 Plus, come evidenziato nei grafici sottostanti:

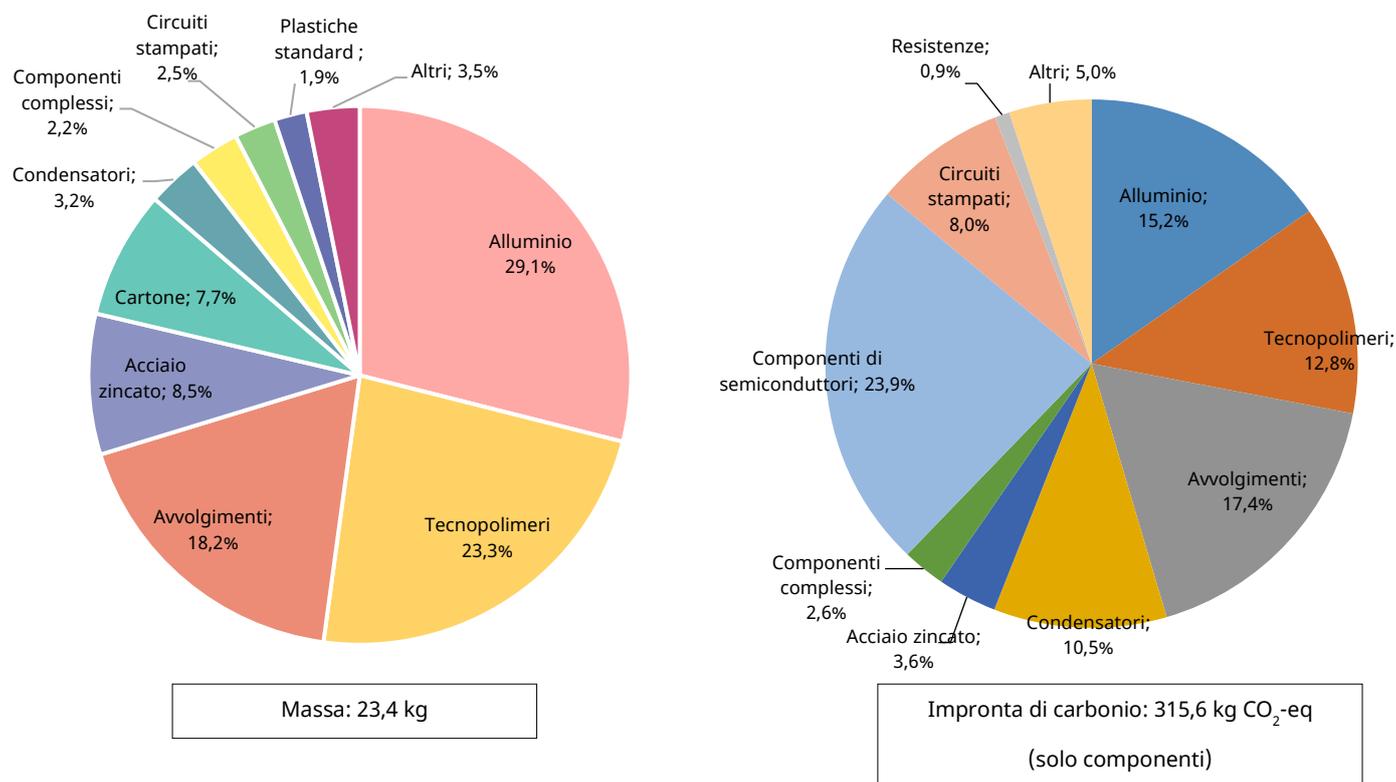


Figura 4: Contributo dei componenti Symo GEN24 10.0 Plus in termini di massa (a sinistra, in % kg) e di impronta di carbonio (a destra, in % kg CO₂-eq). La figura mostra che alcuni elementi con un contributo in termini di massa relativamente ridotta possono avere una quota significativa di impronta di carbonio.

Come si può osservare in Figura 4, l'alluminio apporta il contributo più significativo alla massa ma ha un contributo quasi due volte inferiore all'impronta di carbonio del Symo GEN24 10.0 Plus. I condensatori sono un caso interessante in quanto rappresentano solo il 3,2% della massa ma sono responsabili del 10,5% dell'impronta di carbonio. I semiconduttori (circuiti integrati e transistor) sono ancora più evidenti, con lo 0,1% della massa ma il 23,9% dell'impronta di carbonio. L'analisi LCA evidenzia che gli elementi con una massa ridotta possono avere un impatto ambientale significativo come conseguenza dei processi ad alta intensità energetica effettuati nelle fasi a monte (produzione, ecc.). In confronto, i tecnopolimeri hanno una bassa impronta di carbonio (12,8%) in relazione alla massa (23,3%).

Gestione della fine del ciclo di vita

Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti, i risultati dell'analisi LCA indicano anche che quanto più esteso è il processo di gestione della fine del ciclo di vita, tanto maggiore sarà il vantaggio per l'ambiente, come si osserva nell'istogramma in Figura 5. I valori negativi rappresentano il credito associato alla sostituzione delle materie prime o dell'energia fossile.

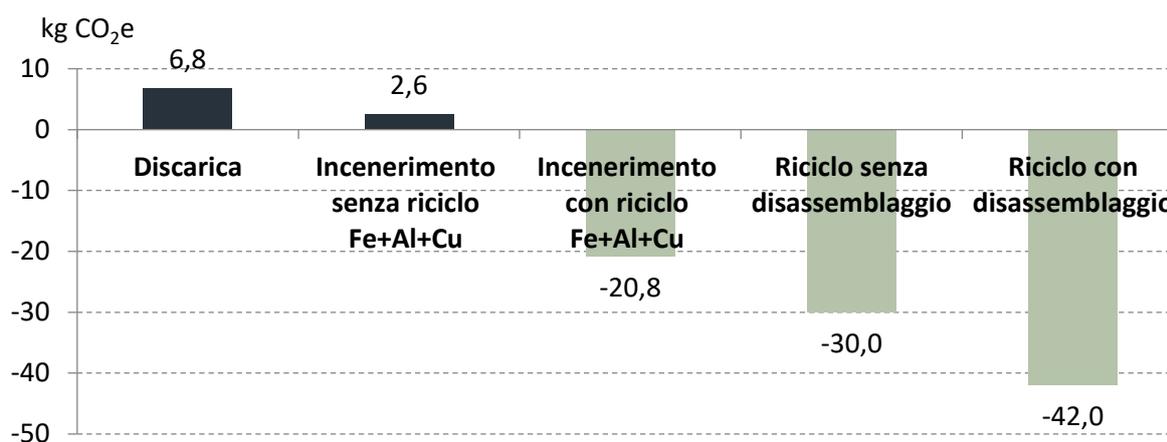


Figura 5: Costi o vantaggi ambientali della gestione a fine vita di Symo GEN24 10.0 Plus. L'opzione della discarica comporta emissioni aggiuntive. Il beneficio ambientale aumenta con il riciclo dei metalli ed è ottimale col disassemblaggio.

Inoltre, i risultati dell'analisi LCA confermano che le riparazioni effettuate da Fronius comportano vantaggi ambientali rispetto alla semplice sostituzione del prodotto. Ad esempio, se il gruppo power stage viene sostituito dopo 20 anni, si ha un'estensione di altri 20 anni della durata utile dell'inverter. Dal momento che la durata utile dell'inverter dipende soprattutto dalle condizioni di funzionamento del gruppo power stage, una volta eseguita questa sostituzione tutte le altre parti dell'inverter potranno essere utilizzate ancora a lungo. Inoltre, la riparazione di un dispositivo esistente consente di evitare le emissioni derivanti dalla produzione di un dispositivo completamente nuovo (in caso di sostituzione), con un risparmio fino a circa 300 kg di CO₂-eq.

Di conseguenza, grazie al prolungamento della durata utile, l'impronta di carbonio dell'inverter nel corso della sua vita viene diminuita di circa 70 kg CO₂-eq (l'impronta di carbonio totale della produzione dell'inverter all'origine è di circa 660 kg CO₂-eq).

3.2 Vantaggi di Symo GEN24 10.0 Plus

Dopo questa visione d'insieme dell'impronta di carbonio di Symo GEN24 10.0 Plus, passiamo a descrivere più in dettaglio i vantaggi del dispositivo.

L'energia elettrica generata da un impianto fotovoltaico equipaggiato con **Symo GEN24 10.0 Plus** in Australia evidenzia un'impronta di carbonio media di **21.07 g CO₂eq/kWh**. A confronto, l'elettricità fornita dal **mix di rete australiano** ha un'impronta di carbonio compresa tra **600 e 950 g CO₂eq/kWh** (circa 28-45 volte superiore a causa, tra le altre cose, dell'impiego di carbone)²⁰.

Facendo una stima approssimativa, le emissioni di CO₂ risparmiate dall'impianto fotovoltaico in 30 anni (quindi non solo dall'inverter) equivalgono all'effetto di circa 1.200 alberi messi a dimora²¹. In rapporto invece alle emissioni di un'auto a benzina con un consumo medio di 5 l/100 km, secondo il database ecoinvent, un impianto fotovoltaico equipaggiato con Symo GEN24 Plus 10.0 in Australia comporta nell'arco di 30 anni un risparmio di emissioni di CO₂ (calcolato per l'intero impianto fotovoltaico, non solo per l'inverter) equivalenti a una percorrenza di circa **3.663.083 chilometri** in auto. Inoltre, sempre con questo scenario di utilizzo dell'impianto fotovoltaico, il risparmio di emissioni di CO₂ equivale a circa **240 voli di andata e ritorno Vienna-New York**²².

In base ai risultati dell'analisi LCA, il **tempo di ammortamento della CO₂** (in inglese "*CO₂ payback time*", ovvero il tempo necessario affinché le emissioni evitate di CO₂ arrivino a compensare le emissioni di CO₂ prodotte dal dispositivo) va da 0,7 a 3,3 anni, a seconda dello scenario. Per lo scenario australiano, il valore è di 0,7 anni. Una volta terminato il tempo di ammortamento, per il resto della sua durata utile **GEN24 Plus avrà emissioni di CO₂ inferiori rispetto al mix di rete**, generando quindi un impatto positivo per l'ambiente. Se l'inverter Symo GEN24 10.0 Plus viene utilizzato per 30 anni, la quantità

²⁰ Media desunta da: <https://www.electricitymap.org/map>, ecoinvent, <http://www.cleanenergyregulator.gov.au/NGER/National%20greenhouse%20and%20energy%20reporting%20data/electricity-sector-emissions-and-generation-data/electricity-sector-emissions-and-generation-data-2020-21>

²¹ Sulla base del documento seguente: Nam et al. 2016: "Allometric Equations for Aboveground and Belowground Biomass Estimations in an Evergreen Forest in Vietnam" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4910975/>)

²² Calcoli delle emissioni di volo basati su: https://co2.myclimate.org/en/flight_calculators/new. I dati relativi agli alberi, ai chilometri percorsi in auto e ai viaggi in aereo sono puramente indicativi in quanto non sono basati su valori standardizzati e verificati da terzi (variano a seconda della fonte utilizzata).

totale di emissioni di CO₂eq evitate può arrivare ad essere fino a **44,9 volte superiore** la quantità totale di emissioni di CO₂ prodotte lungo l'intero ciclo di vita del dispositivo.

Il **tempo di ammortamento energetico** ("Energy Payback Time" o EPBT) invece è compreso tra **0,6 e 1,8 anni** (per lo scenario australiano: 0,7 anni). Al termine di questo periodo di tempo, l'impianto fotovoltaico avrà generato una quantità di energia pari a quella assorbita lungo l'intero ciclo di vita (ovverosia, la quantità totale di energia necessaria per la sua produzione, trasporto, ecc.). Nel periodo restante, l'impianto fotovoltaico genererà quindi un "surplus di energia" che apporta **valore aggiunto energetico all'ecosistema**.

Se l'inverter Symo GEN24 10.0 Plus viene utilizzato per 30 anni, la quantità totale di **energia generata** può essere fino a **43 volte superiore** alla quantità totale di energia assorbita lungo l'intero ciclo di vita del dispositivo.

3.3 Risultati LCA su vari scenari

Poiché i risultati della valutazione del ciclo di vita dipendono da molteplici fattori, esiste anche un'ampia varietà di scenari. La tabella seguente mostra i risultati più importanti per uno scenario molto pratico basato su diversi Paesi.

Dati di base per gli scenari:

Dispositivo	Symo GEN24 10.0 Plus
Durata (inverter)	20 anni
Durata (sistema fv e moduli)*	30 anni
Impronta di carbonio incorporata dei moduli FV	984 kg CO ₂ /kWp
Opzione di fine del ciclo di vita dell'inverter	Combinazione del riciclo dei metalli con l'incenerimento
Opzione di fine del ciclo di vita per gli imballi in cartone	Incenerimento rifiuti
Opzione di fine del ciclo di vita per gli imballi in plastica	Incenerimento rifiuti
Consumo notturno	Dal mix di rete nazionale

*Per la durata di un intero sistema fotovoltaico (inverter, moduli, ecc.), sono stati calcolati 1,5 inverter, poiché la durata presunta dell'inverter è di 20 anni e quella dei moduli fv di 30 anni.

Paese	Australia	Austria	Brasile	Germania	Unità
Impronta di carbonio inverter	1307,04	787,01	695,25	953,19	kg CO2-eq
Quota relativa di impronta di carbonio inverter/sistema FV (30 anni)	16,61%	10,71%	9,58%	12,69%	%
Tempo di ammortamento energetico inverter (20 anni)	0,47	0,95	0,57	0,69	anni
Tempo di ammortamento energetico sistema fv (30 anni)	0,71	1,43	0,86	1,03	anni
Tempo di ammortamento della CO2 dell'inverter (20 anni)	0,45	1,74	1,69	1,19	anni
Risparmio di CO2 dell'inverter (20 anni)	-58,49	-9,03	-8,25	-15,98	tonnellate CO2 -eq
Tempo di ammortamento della CO2 del sistema fv (30 anni)	0,67	2,62	2,53	1,79	anni
Risparmio di CO2 del sistema fv (30 anni)	-528,1	-126,4	-129,1	-188,94	tonnellate CO2 -eq
Paese	Ungheria	Polonia	USA-NY	USA-LA	Unità
Impronta di carbonio inverter	915,89	1423,49	703,58	847,53	kg CO2-eq
Quota relativa di impronta di carbonio inverter/sistema FV (30 anni)	12,25%	17,83%	9,69%	11,44%	%
Tempo di ammortamento energetico inverter (20 anni)	0,43	0,78	0,46	0,6	anni
Tempo di ammortamento energetico sistema fv (30 anni)	0,64	1,16	0,69	0,9	anni
Tempo di ammortamento della CO2 dell'inverter (20 anni)	1,26	0,69	1,91	1	anni
Risparmio di CO2 dell'inverter (20 anni)	-14,5	-41,1	-7,36	-16,96	tonnellate CO2 -eq
Tempo di ammortamento della CO2 del sistema fv (30 anni)	1,9	1,04	2,87	1,5	anni
Risparmio di CO2 del sistema fv (30 anni)	-177,53	-345,79	-113,96	-222,39	tonnellate CO2 -eq

4 Conclusioni: un passo avanti

Di seguito vengono fornite informazioni sull'ulteriore utilizzo dell'analisi LCA e sulle future tappe del percorso di sostenibilità intrapreso da Fronius.

4.1 Utilizzo e qualità dell'analisi LCA

L'analisi LCA di Gen24 Plus rappresenta un passo in avanti significativo nel percorso di Fronius verso la sostenibilità. Essa ha permesso di acquisire conoscenze specifiche sull'inverter basate su dati di fatto scientifici, che potranno essere utilizzate per sviluppare ulteriori prodotti con un impatto ambientale ancora minore. Inoltre, i risultati dell'analisi evidenziano le impressionanti prestazioni ambientali della famiglia di prodotti GEN24 Plus e possono essere fatti valere ovunque vi sia la necessità di soddisfare le esigenze di sostenibilità (specifiche tecniche, capitolati, ecc.).

Poiché le analisi LCA diventeranno sempre più comuni nei prossimi anni, molto probabilmente vi saranno tentativi di confrontare i risultati delle analisi sottoposti da diverse aziende. A questo proposito, sarebbe bene adottare un approccio cauto e critico. I confronti tra analisi LCA possono rivelarsi particolarmente impegnativi, dal momento che può cambiare l'ambito di applicazione del sistema analizzato. Inoltre, la metodologia applicata o le fonti dei dati possono divergere in modo significativo. Non esiste ancora un quadro standardizzato e riconosciuto a livello internazionale per le analisi LCA (soprattutto quando si tratta della metodologia applicata) che, come tale, consenta di ottenere risultati omogenei e direttamente confrontabili. A questo proposito, vi è la necessità di trasparenza e comunicazione riguardo alla modellizzazione della LCA, alla definizione del sistema e alla metodologia applicata.

Nonostante le attuali difficoltà sul lato metodologico, Fronius si è sforzata di garantire che i risultati fossero del più alto livello possibile in termini di qualità e validità. L'analisi LCA è stata condotta in collaborazione con Harald Pilz (to4to), un esperto in valutazioni di sostenibilità con una profonda esperienza in materia di LCA.

La verifica condotta dall'istituto Fraunhofer IZM nella veste di organismo terzo in base alle norme ISO 14040/44 rappresenta un'ulteriore azione concreta a supporto di questo approccio. La verifica mirava a controllare, confermare e supportare la qualità e la coerenza del lavoro di analisi LCA effettuato da Fronius. Fraunhofer IZM è un'istituzione consolidata e riconosciuta a livello internazionale grazie alle sue conoscenze e competenze nel campo dell'elettronica e dei sistemi fotovoltaici, delle analisi LCA e dei processi di verifica²³. Durante la revisione dell'analisi LCA di Fronius da parte di

²³ Esempio di analisi LCA sui telefoni cellulari: https://www.fairphone.com/wp-content/uploads/2020/07/Fairphone_3_LCA.pdf

Fraunhofer IZM sono state svolte ricerche e discussioni approfondite riguardo ai componenti elettronici, ai materiali contenuti e al loro recupero, oltre che alla validità dei dati secondari. Sono state verificate l'analisi LCA e la struttura generale del modello, e il rapporto finale di Fraunhofer IZM è disponibile sul sito web di Fronius ([Link](#)).

Inoltre, Fronius partecipa attivamente ai forum organizzati con enti e associazioni europei per promuovere un quadro coerente e uniforme a livello europeo per le analisi LCA. Nel frattempo, è possibile trarre alcune conclusioni o fissare dei termini di confronto purché si eserciti cautela e si valuti caso per caso.

4.2 I prossimi obiettivi: sulla strada della sostenibilità

L'approfondita conoscenza e consapevolezza delle prestazioni ambientali di GEN24 Plus conseguita grazie all'analisi LCA ha evidenziato diverse opportunità per incrementare ulteriormente le prestazioni di sostenibilità del dispositivo.

Sulla base dei risultati dell'analisi, sarà possibile definire e affrontare i requisiti specifici dei processi di sviluppo del prodotto, confermando l'impegno di Fronius verso la sostenibilità, con una forte enfasi sulla lunga durata, l'efficienza, la riparabilità e le possibilità di riciclo dei dispositivi elettronici prodotti dall'azienda. Inoltre, Fronius prevede di effettuare investimenti con l'obiettivo di ottimizzare ulteriormente l'efficienza energetica e dei materiali lungo la catena degli approvvigionamenti e nelle fasi di produzione e utilizzo mediante il ricorso a prodotti sostenibili e riciclati. In questo modo, le prestazioni andranno a beneficio non solo del cliente, ma anche dell'ambiente. Fronius punta a migliorare ulteriormente le prestazioni di sostenibilità del proprio portafoglio prodotti.

In conclusione, l'analisi LCA di GEN24 Plus ha permesso a Fronius di acquisire una profonda conoscenza delle prestazioni ambientali dei suoi prodotti a diversi livelli (componentistica, processo di produzione, ecc.). Questa analisi può essere utilizzata attivamente per sviluppare prodotti ancora più sostenibili e soddisfare un'ampia varietà di specifiche e requisiti di sostenibilità relativi agli inverter e agli impianti fotovoltaici.

L'analisi LCA rafforzerà la posizione di leadership di Fronius in riferimento alla sostenibilità degli impianti fotovoltaici di sua produzione e potrà supportare l'implementazione di sistemi fotovoltaici rispettosi dell'ambiente sulla base di elementi scientifici concreti.

Il livello di dettaglio, la scala dell'ambito, la flessibilità degli scenari e la qualità/trasparenza dell'intero processo di analisi LCA su GEN24 Plus finora erano stati raramente applicati in altre analisi LCA e rappresenta ad oggi l'unica effettuata su di un inverter fotovoltaico.