

Fronius Tauro



Ocena cyklu życia LCA



Fronius Tauro Eco

z korzyścią dla środowiska

DI Mag. Harald Pilz
to4to
together for tomorrow

 **Fraunhofer**
IZM

© Fronius International GmbH

wersja 01 05/2022

Energia słoneczna dla podmiotów biznesowych / Technologia systemowa Technologie w zakresie badania i rozwoju.

Spółka Fronius zastrzega sobie wszelkie prawa, w szczególności prawa do powielania, rozpowszechniania i tłumaczenia. Żadnej części tego opracowania nie można w żaden sposób powielać bez pisemnej zgody spółki Fronius. Niniejszego opracowania nie wolno również zapisywać, edytować, powielać ani rozpowszechniać za pomocą jakiegokolwiek systemu elektrycznego lub elektronicznego.

Przypominamy, że informacje zawarte w niniejszym dokumencie, mimo zastosowania najwyższej staranności przy ich opracowywaniu, mogą ulec zmianie i ani autor, ani spółka Fronius nie ponoszą żadnej odpowiedzialności prawnej. Sformułowania odnoszące się do płci dotyczą w równym stopniu form żeńskich, jak i męskich.

Spis treści

1. Wstęp: idea zrównoważonego rozwoju	4
1.1. Cel	5
1.2 Definicja oceny cyklu życia LCA	5
1.2.1 Na czym polega ocena LCA?	5
1.2.2 Dlaczego ocena LCA jest przydatna?	5
1.2.3 Ocena LCA w kontekście europejskim	7
2. LCA: pozyskiwanie danych środowiskowych	8
2.1. Ocena LCA dla Tauro ECO 100	8
2.2 Materiały	9
2.3 Produkcja	10
2.4 Faza użycia	10
2.5 Koniec życia	11
3. LCA: Wpływ środowiskowy Tauro ECO 100	12
3.1. Wpływ węglowy Tauro ECO 100	12
3.2 Korzyści Tauro ECO 100-D	19
4. Wniosek: kolejne kroki	20
3.1. Wykorzystanie i jakość ocen LCA	20
3.2 Kolejne kroki w kierunku zrównoważonego rozwoju	21

1. Wstęp

idea zrównoważonego rozwoju

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat globalne ocieplenie stało się jednym z największych wyzwań, przed jakimi stoi współczesne społeczeństwo. Zjawisko to ma wiele konsekwencji, w tym coraz częstsze klęski żywiołowe, uchodźstwo klimatyczne, zanieczyszczenie powietrza oraz wiele innych problemów. Ponadto szkody środowiskowe wiążą się również z innymi poważnymi konsekwencjami, takimi jak utrata bioróżnorodności, wyczerpujące się zasoby naturalne, dotkliwe katastrofy zdrowotne itp. Zagrożenia te naruszają równowagę społeczeństw i stwarzają ryzyko dla przyszłości człowieka. Wiele publikowanych raportów opisuje prawdopodobieństwo wystąpienia takich zagrożeń oraz ich postrzeganie przez społeczność, np. analizy Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC)¹ czy Światowego Forum Ekonomicznego².

W związku z tym istnieje potrzeba pilnego działania w obliczu tych zagrożeń. W ciągu ostatnich lat podjęto działania zakładających ambitne i możliwe jak największe ograniczenie śladu środowiskowego wywieranego przez społeczeństwa, produkty czy usługi. Zasadniczo produkty i usługi nie powinny być projektowane w oparciu o model „weź, zrób, wyrzuć” (take-make-waste), ale raczej zgodnie z modelem zamkniętym, na przykład opisywanym w 12. Celu Zrównoważonego Rozwoju opracowanym przez Organizację Narodów Zjednoczonych, tj. „Odpowiedzialna konsumpcja i produkcja”. Co więcej, korzyści czysto finansowe nie mogą już być jedynymi branymi pod uwagę kryteriami. Należy wziąć tu pod

uwagę przede wszystkim stosowanie zasad zrównoważonego rozwój.

Aby ograniczyć katastrofalne skutki zmian klimatycznych, wybrane kluczowe instytucje polityczne wdrożyły odpowiednie standardy, przepisy i strategie.

Aby wesprzeć te zmiany i sprostać powierzony odpowiedzialności, firma Fronius uznała zrównoważony rozwój za jedną ze swoich podstawowych wartości. Wizja firmy Fronius zawarta w haśle „24 godziny słońca” zakłada przyszłość, w której 100% światowego zapotrzebowania na energię pokrywane jest ze źródeł odnawialnych. Aby zrealizować ten cel, firma Fronius tworzy zrównoważone i optymalnie zaprojektowane produkty z uwzględnieniem wszystkich faz cyklu ich życia. Projektowanie takich urządzeń i rozwiązań oraz możliwość podejmowana w przyszłości świadomych decyzji wymaga naukowego, opartego na dowodach zrozumienia parametrów produktów w zakresie zrównoważonego rozwoju. Ocena cyklu życia LCA stanowi jedną z najpowszechniejszych i globalnie znormalizowanych metod naukowych używaną do analizy wpływu, jaki wywierają produkty na środowisko przez cały okres użytkowania. W 2020 r. firma Fronius wykonała bardzo ważny krok, przygotowując pierwszą ocenę cyklu życia (LCA) dla jednej z generacji falowników, tj. Fronius GEN24 Plus, a w 2022 r. opracowała ocenę LCA dla falownika komercyjnego, Tauro ECO 100 (wariant „D” oraz „P”).

1. Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu: <https://www.ipcc.ch/reports/> (data dostępu 19/04/2021)

2. „The Global Risks Report” (2021): http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf (data dostępu 19/04/2021)

1.1 Cel

Niniejsze opracowanie ma na celu przedstawienie koncepcji oceny cyklu życia LCA oraz jej zastosowania do falowników Tauro, jak również zaprezentowanie najistotniejszych wyników i ich interpretacji. Zawarty jest tu również przegląd najważniejszych wyników z oceny LCA bez prezentowania jednak szczegółowych obliczeń i danych.

1.2 Definicja oceny cyklu życia LCA

W poniższych częściach przedstawiona jest definicja oceny LCA oraz wyniki takiej oceny. Przedstawiony zostanie także jej rozwój i wykorzystanie w Europie.

1.2.1 Na czym polega ocena LCA?

Ocena cyklu życia (LCA) to naukowa metoda rozwijana jest od lat 90. XX wieku umożliwiającą przeprowadzanie analiz środowiskowych. Metoda ta polega na modelowaniu wpływu na środowiskowego obiegu zasobów (tj. materiałów, energii, emisji, zasobów itp.) użytych do wytworzenia produktu. Metoda ta korzysta z dwóch norm ISO (14040 i 14044), które regulują strukturę, ważność i spójność tej oceny. Aby uwzględnić pełną ocenę cyklu życia, firma Fronius wraz z partnerem w zakresie oceny LCA, panem Haraldem Pilzem ze spółki to4to³ („Razem na rzecz jutra”) realizuje w ocenach LCA kompleksowe podejście uwzględniając wszystkie etapy, tj. od pozyskiwania materiałów, przez produkcję, użytkowanie, zakończenie eksploatacji po transport (Rysunek 1). Aby dalej podnosić i weryfikować jakość ocen cyklu życia Fronius, dokonano przeglądu oceny LCA we współpracy z Fraunhofer IZM⁴, jednym z najbardziej renomowanych instytutów zajmujących się zrównoważonym rozwojem produktów elektronicznych na całym świecie. W wyniku tej współpracy ocena LCA zapewnia kompleksową, szczegółową i zweryfikowaną analizę śladu środowiskowego produktu.

1.2.2 Dlaczego ocena LCA jest przydatna?

Wyniki oceny LCA pozwalają na dogłębne zrozumienie oraz poznanie wpływu produktu i procesu jego produkcji na środowisko oraz innych ewentualnych związanych z tym konsekwencji.

Potrzeba uzyskania danych środowiskowych produktów stale rośnie:

Uwzględniając dalsze dążenia firmy Fronius do poprawy parametrów środowiskowych istniejących i przyszłych produktów, należy naukowo udowodnić, monitorować i zrozumieć przemiany w cyklu życia. Ocena LCA stanowi jedną z nielicznych ustandaryzowanych i spójnych metod modelowania wpływu środowiskowego i stąd jest bardzo skutecznym rozwiązaniem. Za pomocą przeprowadzonych naukowych analizy firma Fronius może aktywnie wdrażać i realizować cele misji „24 godzin słońca”. W rezultacie może opracowywać bardziej zrównoważone i wydajne rozwiązania przynoszące korzyści nie tylko klientom, ale również środowisku.

3. To4to: <https://www.to4to.at/>

4. Witryna: <https://www.izm.fraunhofer.de/> (data dostępu 19/04/2021)

Aby przyspieszyć te działania, firma Fronius wdrożyła program „Zrównoważony rozwój na miarę”. Ocena LCA jest pierwszym etapem ujętym w tym programie.

Rosnąca świadomość naukowo uzasadnionych i zrównoważonych rozwiązań oraz rosnące zapotrzebowanie na takie rozwiązania przejawia się również w wymogach opracowanych dla rynku fotowoltaicznego:

- Komisja Europejska opracowała i promuje wytyczne środowiskowe dla produktów oparte na analizach cyklu życia (tak zwane zasady PEFCR: „Zasady dotyczące kategorii śladu środowiskowego produktu”⁵). Ponadto Komisja Europejska dąży do wyjaśnienia i zrozumienia zasad zrównoważonego rozwoju oraz przygotowuje konsumentów na transformację w kierunku zielonej przyszłości⁶.
- Ostatnie przetargi na systemy fotowoltaiczne priorytetowo traktują produkty o niskim śladzie węglowym. Na przykład francuski urząd regulacji ogłosił w 2021 r. nowy przetarg na systemy fotowoltaiczne (700 MW), wymagając, aby moduły miały mały wpływ na środowisko⁷.
- Coraz częściej wykorzystuje się bazy danych zrównoważonych produktów, w których wyróżniane są produkty przyjazne dla środowiska. Baza danych Up-cyclea⁸ we Francji lub Byggarubedömningen⁹ w Szwecji to przykłady takich rozwiązań.
- Ograny krajowe wywierają również coraz większą presję na uwzględnienie zasad dotyczących zrównoważonego rozwoju. Na przykład brytyjski Urząd ds. Konkurencji i Rynków (CMA) zwraca się do firm o uwzględnienie pełnego cyklu życia produktu, we Francji obowiązuje indeks naprawialności („indice de réparabilité”), a w Niemczech weszła w życie ustawa o łańcuchu dostaw („Lieferkettengesetz”)¹⁰.

Zatem dysponowanie oceną LCA z solidną analizą naukową (w porównaniu z „przybliżonymi szacunkami”) oraz weryfikacją tej oceny pozwoli osiągnąć cel „24 godziny słońca” oraz ułatwi nam podejmowanie świadomych decyzji dotyczących procesu rozwoju.

5. Źródło: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR_OEFSR_en.htm#final (data dostępu 12/04/2021)

6. Źródło: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_269 (data dostępu 08/03/2022)

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

8. Źródło: <https://www.upcyclea.com/> (data dostępu 09/04/2021)

9. Źródło: <https://byggvarubedomningen.se/> (data dostępu 9/04/2021)

10. Źródła: CMA: <https://www.gov.uk/government/publications/green-claims-code-making-environmental-claims/environmental-claims-on-goods-and-services> (data dostępu 08/03/2022), indeks naprawialności: <https://www.ecologie.gouv.fr/indice-reparabilite> (data dostępu 08/03/2022) i ustawa o łańcuchu dostaw: <https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz> (data dostępu 08/03/2022)

1.2.3 Ocena LCA w kontekście europejskim

Wykonywanie oceny LCA nie jest pojedynczą inicjatywą jednego przedsiębiorstwa – Fronius uczestniczy w globalnym trendzie rosnącej świadomości wpływu, jaki system energetyczny wywiera na środowisko. Na poziomie europejskim istnieje już kilka dokumentów zawierających wytyczne dotyczące oceny środowiskowej opartej o metodologię LCA. Ponadto prowadzone są inne europejskie inicjatywy wzmacniające potrzebę budowania zrównoważonej przyszłości i prowadzenia efektywnej transformacji energetycznej:

- Zielony Ład¹¹ opublikowany w 2019 r. wyznacza ambitny cel zakładający że do 2050 r. Europa staje się neutralna dla klimatu.
- Programy etykietowania energetycznego i ekoprojektu¹², które Komisja Europejska zamierza wdrożyć przed rokiem 2023-2024: Etykiety będą promować produkty o wyższych parametrach środowiskowych, a urządzenia niespełniające wymogów minimalnych nie będą dopuszczone do obrotu na rynku UE.
- Istniejące przepisy sprzyjają również wdrażaniu wydajnych i zrównoważonych systemów energetycznych, np. dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii III (REDIII)¹³ lub Taksonomia UE dla rozporządzenia UE 2020/852 („Ramy ułatwiające zrównoważone inwestycje”)¹⁴.

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

12. Więcej informacji na temat trwającego procesu: <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/pro-duct-groups/462/documents> (data dostępu 09/04/2021)

13. Źródło: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uri-serv:OJ.L_2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC (data dostępu 09/04/2021)

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

2. LCA

pozyskiwanie danych środowiskowych

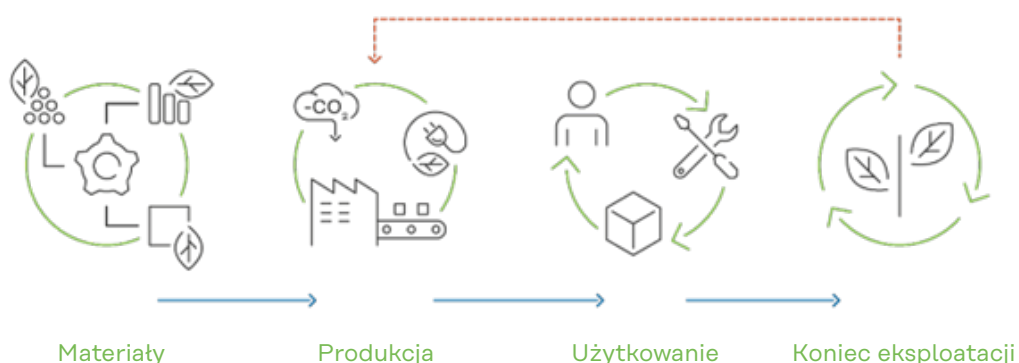
Ocena LCA wymaga zebrania odpowiednich danych o analizowanym produkcie. W tej części opisano różne fazy cyklu życia oraz inne ważne kwestie, które należy wziąć pod uwagę.

2.1 Ocena LCA dla Tauro ECO 100

Aby wesprzeć realizację wizji „24 godziny słońca”, rozwiązanie Fronius Tauro zostało przeanalizowane pod kątem efektywności i korzyści środowiskowych.

W związku z tym oraz w oparciu o normy ISO dla oceny LCA (ISO 14040/44) zostały określone, a następnie przeanalizowane cztery główne fazy cyklu życia (Rysunek 1):

- Pozyskiwanie surowców
- Produkcja w zakładach Fronius
- Użytkowanie
- Wycofywanie z eksploatacji



Rysunek 1: Tauro ECO 100 i różne fazy cyklu życia

Kategorie oddziaływania na środowisko zostały obliczone na podstawie następujących wytycznych PEF/ILCD-2019/EF (EPLCA, 2019¹⁵):

- Współczynnik globalnego ocieplenia (GWP), który modeluje ocieplenie generowane przez gazy cieplarniane pochodzące z produktu przez cały okres jego użytkowania (w kg równoważnika CO₂). „Równoważnik CO₂” to jednostka używana do oceny wpływu produktu na współczynnik globalnego ocieplenia. Równoważnik oznacza w tym wypadku połączenie kilku gazów cieplarnianych tworzących równoważny wpływ CO₂ na współczynnik globalnego ocieplenia. Na przykład emisja 1 kg metanu (CH₄) odpowiada 27,9 kg CO₂ (w oparciu o metodologię Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu¹⁶).

- Łączne zapotrzebowanie na energię (CED) mierzące energię bezpośrednią i pośrednią wymaganą przez cały cykl życia produktu (jako równoważnik megadżułów).

Wpływ produktu na środowisko nie ogranicza się tylko do emisji CO₂ lub zapotrzebowania na energię, ale również obejmuje inne kategorie. Aby uzyskać pełny obraz, ocena LCA przeprowadzona przez firmę Fronius uwzględnia również takie czynniki, jak wyczerpanie metali, toksyczność dla człowieka oraz emisje cząstek stałych. Dla jasności, kolejne rozdział koncentrować będą się na dwóch najpowszechniejszych i najważniejszych kategoriach wpływu: współczynnika globalnego ocieplenia oraz łącznym zapotrzebowaniu na energię. Bazą danych wykorzystywaną w ocenie LCA dla procesów w tle (dane wtórne) jest ecoinvent (wersja 3.8 2021¹⁷) będącą jedną z najbardziej kompletnych i powszechnych światowych baz danych do inwentaryzacji cyklu życia (LCI).

2.2 Materiały



Faza pozyskiwania materiałów uwzględnia wszystkie istotne procesy, od wydobycia surowców i procesów rafinacji do wytwarzania komponentów. W tej fazie prowadzone są intensywne dyskusje z dostawcami i badania, tak aby uzyskać jak najwięcej danych pierwotnych. Skład materiałowy komponentów dostarczonych do firmy Fronius został przeanalizowany i odwzorowany na podstawie danych pierwotnych lub w razie potrzeby na podstawie bazy danych ecoinvent. Dodatkowo przeprowadzone zostały dokładne analizy składu w celu uzyskania możliwie jak najbardziej szczegółowych wyników. Analizie poddano w szczególności półprzewodniki oraz użycie złota w elektronice. W tym celu zdemontowano kable, odłączniki prądu stałego, bezpieczniki, wentylatory oraz inne części (Zdjęcie 1 poniżej).



Zdjęcie 1: Szczegółowy demontaż odłącznika DC w Tauro ECO na potrzeby dalszego modelowania oceny LCA

15. Źródło: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.html> (data dostępu 01/03/2022)

16. Źródło: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf (tabela 7.SM.7, str. 1842, data dostępu 15/03/2022)

17. Źródło: <https://www.ecoinvent.org/> (data dostępu 16/02/2022)

2.3 Produkcja



Faza produkcji obejmuje produkcję Tauro ECO 100 w zakładach produkcyjnych Fronius. Produkcja Tauro ECO 100 została odwzorowana w oparciu o dane pierwotne uwzględniające m.in. zużycie energii na linii produkcyjnej, zapotrzebowanie na pastę lutowniczą, potencjalne wytwarzanie i zagospodarowanie odpadów oraz wykorzystanie opakowań. Aby ukończyć modelowanie, z bazy ecoinvent wyodrębnionych zostało kilka zestawów wymaganych danych. Ostatecznie, modele LCA zostały opracowane dla następujących typów urządzeń:

- Tauro ECO 100 – wariant D („rozproszony”) możliwy do wykorzystania w systemach zdecentralizowanych
- Tauro ECO 100 – wariant P („centralny”) możliwy do wykorzystania w systemach centralnych.

2.4 Fazy życia



Faza użycia uwzględnia czas aktywności Tauro ECO w systemie fotowoltaicznym z przewidzianą możliwością naprawy. Faza ta uwzględnia zatem kilka czynników, tj.:

- Żywotność falownika ustalaną standardowo na 20 lat
- Kraj użycia systemu. Ten parametr wpływa na zdolność produkcyjną systemu fotowoltaicznego oraz odległość podczas transportu produktu. Ocena LCA dla Tauro ECO przewiduje siedem krajów: Australia, Austria, Brazylia, Niemcy, Polska, Hiszpania i Włochy.
- Straty falownika: ta wartość ustalana jest dla każdego scenariusza na podstawie modelowania w programie PVSol, tak aby zapewnić najbardziej wiarygodne wyniki (2022)¹⁸. W porównaniu do niektórych standardowych wskaźników UE, PVSol w zależności od kraju i parametrów zapewnia rzetelne wyniki, a ponadto umożliwia modelowanie przewymiarowania systemu fotowoltaicznego (zob. punkt 3.1).
- Zużycie energii w nocy lub w trybie czuwania wymagane dla gromadzenia danych dostępu do interfejsu użytkownika – zużycie energii to 15 W
- Procesy naprawy zostały odwzorowane według następujących scenariuszy:
 - Wymiana zasilacza
 - Wymiana zewnętrznego wentylatora zasilacza
 - Wymiana jednostki transmisji danych
 - Wymiana układu sterowania

Wszystkie czynności wymiany może przeprowadzić jedna osoba na miejscu, a wadliwy element jest wysyłany do zakładu utylizacji odpadów lub odsyłany do firmy Fronius w celu naprawy.

18. Źródło: <https://valentin-software.com/produkte/pvsol-premium/> (data dostępu 16/02/2022)

2.5 Koniec życia



Faza wycofania z eksploatacji (EOL) uwzględnia możliwość przetworzenia lub recyklingu produktu. W tym celu opracowanych zostało pięć głównych scenariuszy możliwych czynności:

- Składowanie na wysypisku
- Spalanie odpadów
- Recykling metali z dalszym spalaniem odpadów
- Recykling bez demontażu (głównych części Tauro ECO-100¹⁹)
- Recykling z demontażem (głównych części Tauro ECO-100)

W zależności od wybranej opcji wpływ lub korzyści środowiskowe będą różne. Dla przykładu, opcja składowania na wysypisku ma większy wpływ na środowisko niż recykling z demontażem (zob. punkt 3.1).

19. Główne części to: 5 elementów aluminiowych (radiator + 4 blachy), 3 blachy ocynkowane, 3 zespoły kabli, 5 bloków zasilających + jednostka transmisji danych + układ sterowania

3. LCA

wpływ środowiskowy Tauro ECO 100

Do tej pory opisany został sposób gromadzenia istotnych danych. W kolejnych częściach szczegółowo przedstawiona zostanie efektywność środowiskowa i wyniki oceny LCA dla Tauro ECO 100. W szczególności uwzględniony zostanie ślad węglowy oraz zalety Tauro ECO 100.

3.1 Wpływ węglowy Tauro ECO 100

Oczywiście falownik w przeciwieństwie do np. drzewa, nie może pobierać CO₂ (lub innych szkodliwych zanieczyszczeń) z atmosfery. Niemniej jednak falownik podłączony do systemu fotowoltaicznego może znacząco ograniczyć emisję CO₂, w porównaniu z poborem prądu z sieci. Dzięki temu porównaniu (system fotowoltaiczny a sieć krajowa) możemy ocenić ograniczenie emisji CO₂ poprzez wykorzystanie zielonej energii słonecznej. W tym raporcie zaprezentowany został jeden konkretny scenariusz przedstawiający wnioski, jakie można wysunąć na podstawie oceny LCA²⁰.

1. Falownik Fronius	2. Miejsce użycia	3. Opcja na wycofaniu z eksploatacji	4. Dodatkowy parametr
<ul style="list-style-type: none">• Tauro 100-P• Tauro 100-D	<ul style="list-style-type: none">• Austria• Niemcy• Polska• Brazylia• Australia• Hiszpania• Włochy	<ul style="list-style-type: none">• Składowanie na wysypisku• Spalanie odpadów• Recykling metali z dalszym spalaniem odpadów• Recykling bez demontażu• Recykling z demontażem	<ul style="list-style-type: none">• Okres eksploatacji 20 lat• Różne procesy naprawcze• Miks energetyczny dla zużycia w nocy

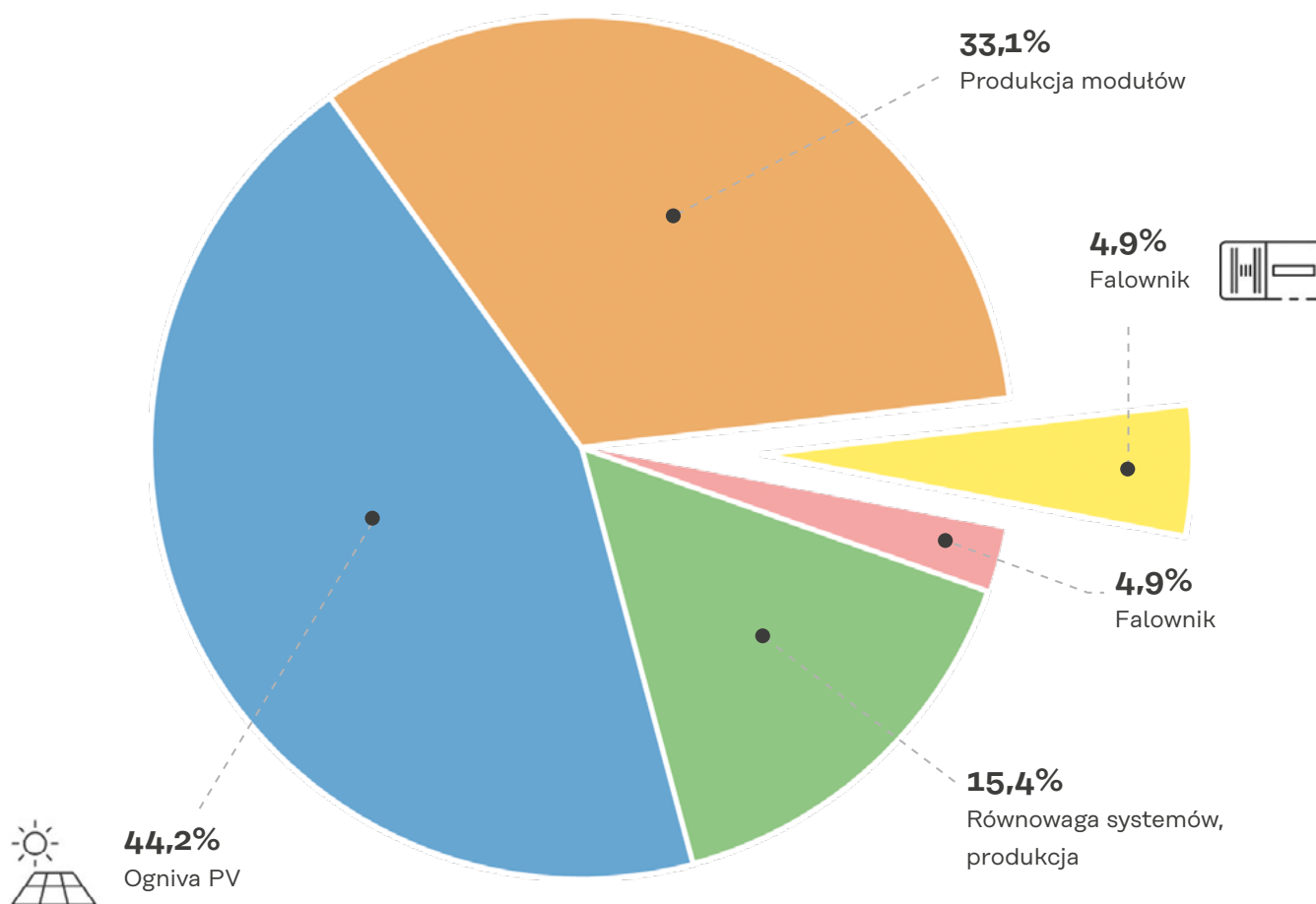
Tabela 1: Opcje scenariusza (opcje zaznaczone pogrubioną czcionką to scenariusz ujęty w białej księdze)

Ponadto komercyjne systemy fotowoltaiczne są zwykle „przewymiarowane”, tzn. że moc modułów fotowoltaicznych przekracza zakres mocy falownika fotowoltaicznego. W tym scenariuszu, w oparciu o doświadczenie firmy Fronius wybrano standardowy współczynnik przewymiarowania na poziomie 130%, tj. Tauro ECO 100 kW podłączony jest do systemu PV o mocy 130 kWp.

20. Personel Fraunhofer IZM nie mógł zweryfikować wszystkich wariantów scenariuszy i konkretnych wartości ze względu na złożoność i dużą liczbę wyników (możliwych jest co najmniej kilka tysięcy szczegółowych wariantów). Niemniej jednak dokonano przeglądu ogólnej struktury oraz modelowania oceny LCA, potwierdzając, że wszystkie scenariusze są zgodne z tą samą metodologią i zapewniają możliwie największą spójność.

Z perspektywy całego systemu

Przy ocenie LCA należy w pierwszej kolejności pamiętać o ograniczeniach w zakresie wyników: falownik jest tylko częścią systemu fotowoltaicznego. Poniżej przedstawiony został przegląd całego systemu fotowoltaicznego umożliwiający określenie względnego udziału różnych jego części (modułów, falownika itp.) Informacje na temat śladu węglowego modułów fotowoltaicznych pochodzą z bazy danych ecoinvent dla ocen LCA oraz z analizy dostępnych źródeł wykonanej przez firmę Fronius. Na rysunku 2 przedstawiony został przegląd całego systemu przy założeniu, że proporcje mogą się nieznacznie (o kilka procent) różnić w zależności od otrzymanych danych lub scenariuszy. Równowaga systemów (Rysunek 2) uwzględnia dodatkowe komponenty wymagane dla systemu fotowoltaicznego (infrastruktura nośna, okablowanie, kable itp.).

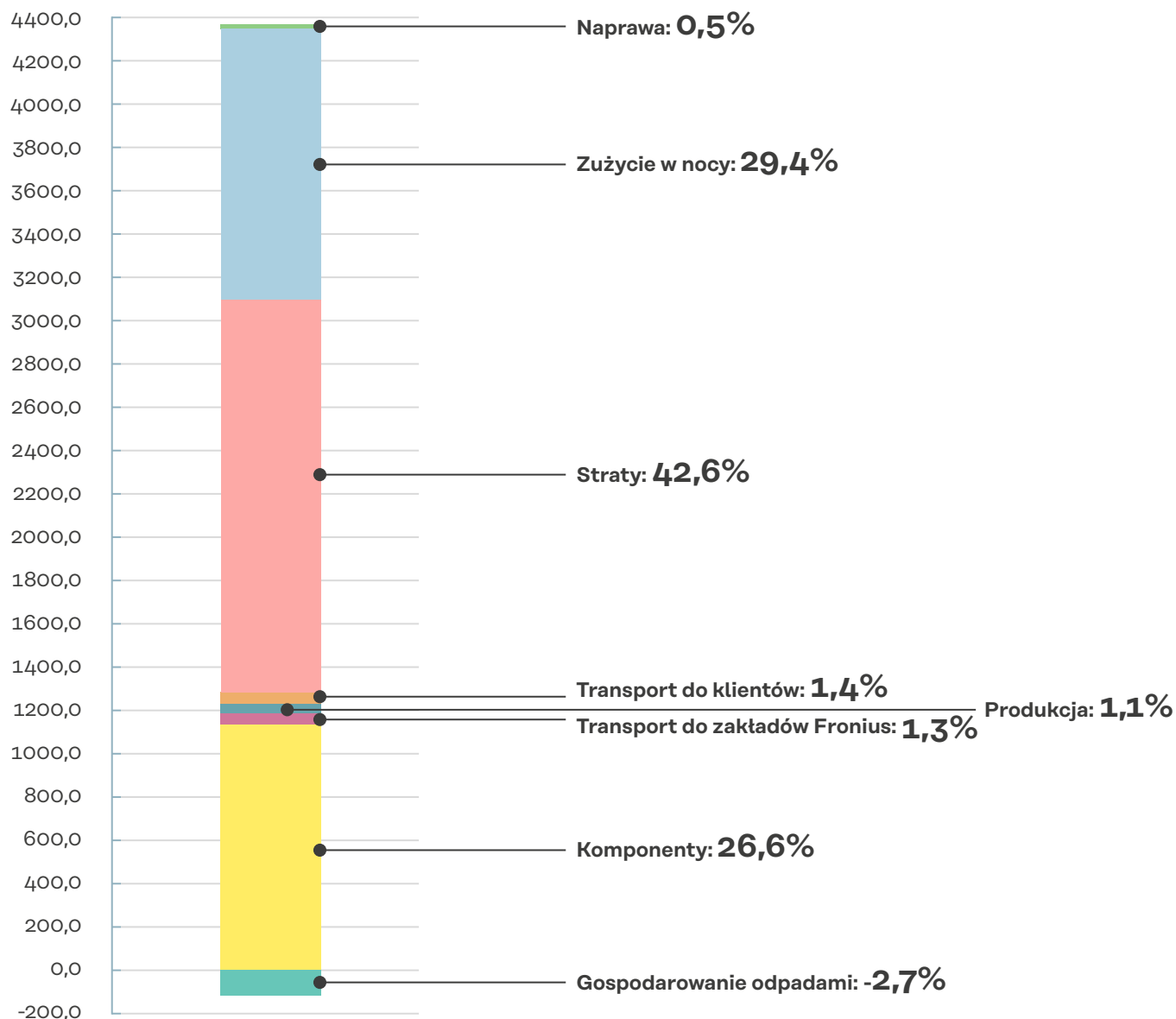


Rysunek 2: Względny udział falownika fotowoltaicznego (scenariusz australijski) w emisji dwutlenku węgla systemu fotowoltaicznego („perspektywa systemu fotowoltaicznego”)

W wybranym scenariuszu falownik odpowiada za 4,9% wpływu środowiskowego wywieranego przez cały system fotowoltaiczny (w zależności od scenariusza wpływ ten może wynosić od 3,5 do 5,3%). Zatem 4,9% korzyści środowiskowych całego systemu fotowoltaicznego przypisuje się falownikowi.

Ślad węglowy faz cyklu życia Tauro ECO 100-D

Kolejne wykresy dotyczą falownika oraz opierają się na podstawowych i sprawdzonych danych oraz szczegółowych analizach. Poniższy wykres przedstawia ślad węglowy samego falownika (podłączonego jednak do systemu fotowoltaicznego) w wartościach bezwzględnych kilogramów równoważnika CO₂ (kg CO₂).



Rysunek 3: Ślad węglowy Tauro ECO 100-D w wartościach bezwzględnych z uwzględnieniem względnego udziału według faz cyklu życia. Rysunek podkreśla znaczenie fazy pozyskiwania surowców oraz fazy użytkowania.

Z rysunku 3 wynika, że całkowity ślad węglowy Tauro ECO 100-D wynosi 4247,8 kg CO₂e (4362,7 kg CO₂e z „kredytem” środowiskowym wynoszącym -114,9 kg CO₂e z tytułu gospodarowania odpadami). Ponadto można tu sformułować kilka ważnych wniosków:

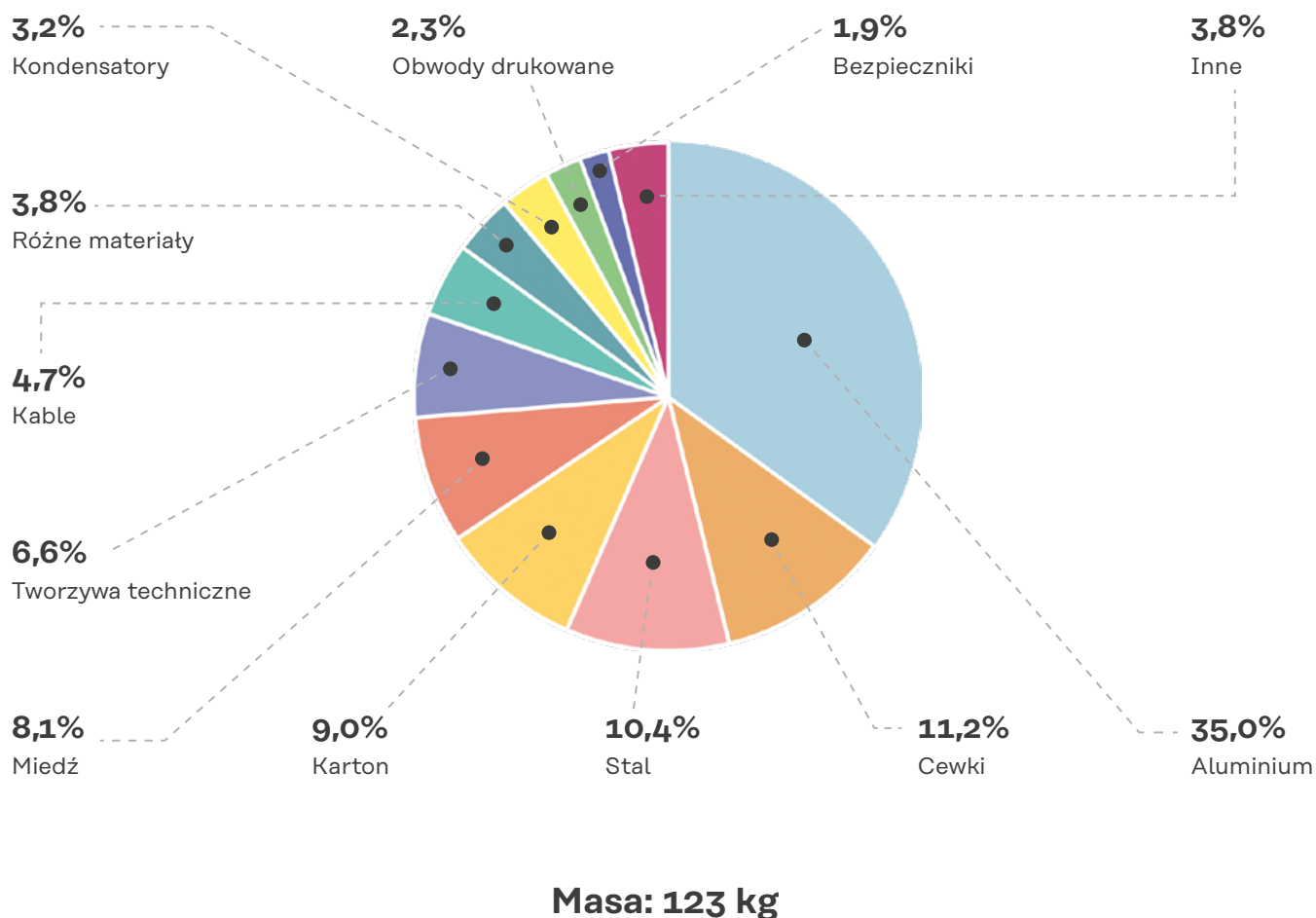
- Faza produkcji komponentów: Procesy produkcyjne niezbędne dla wytworzenia komponentów (metale, komponenty elektroniczne, tworzywa sztuczne itp.) w ponad czwartej części przyczyniają się do tworzenia całkowitego śladu węglowego falownika. Taki wynik podkreśla znaczenie wpływu łańcucha dostaw oraz potrzebę podjęcia wspólnego wysiłku w celu przyszłej poprawy efektywności środowiskowej falowników. Mając to na uwadze, firma Fronius wdrożyła już odpowiednie działania, np. radiator w ponad 70% wykonywane jest z aluminium pochodzącego z recyklingu.
- Faza produkcji: Montaż falownika w zakładzie produkcyjnym Fronius generuje jedynie niewielką część śladu węglowego (w tym scenariuszu 1,1%). Pokazuje to, że proces montażu został zoptymalizowany. Ponadto energia używana w w procesie produkcji pochodzi ze źródeł odnawialnych (umowa na ekologiczną energię elektryczną i lokalna instalacja fotowoltaiczna). Korzystając z systemów fotowoltaicznych w swoich zakładach produkcyjnych, firma Fronius generuje rocznie ponad 2000 MWh energii.
- Transport komponentów do firmy Fronius i transport falowników Fronius do klientów. Te działania mają również niewielki udział w śladzie węglowym falownika. Wynika to głównie z faktu, że Fronius odstępuje od korzystania z frachtu lotniczego, decydując się na transport kolejowy, drogowy lub morski. Takie rodzaje transportu generują stosunkowo niewielki ślad węglowy (mniej niż 3% łącznie).
- Straty: każdy produkt ma własny ślad węglowy (obciążenie CO₂ lub dług CO₂) pochodzący m.in. ze wszystkich procesów produkcyjnych w tle czy transportu. W konsekwencji energia elektryczna pochodząca z systemu fotowoltaicznego ma również obciążenie CO₂ (o wartości ok. 15-80 g CO₂e/kWh), które jest jednak niższe niż obciążenie CO₂ energii elektrycznej z sieci (ok. 100-1200 g CO₂e/kWh w zależności od kraju). W modelowaniu Tauro ECO-100 program PVSol przewiduje straty wynikające z uwzględnienia poziomu promieniowania słonecznego w kraju oraz przewymiarowania systemu PV. W scenariuszu australijskim wartość strat falownika została określona na poziomie 2,19%, co oznacza, że pewna ilość energii elektrycznej z modułów fotowoltaicznych z obciążeniem CO₂ jest tracona w postaci ciepła. 2,19% to stosunkowo niska wartość (w zakresie 2,12 – 2,48% w zależności od scenariusza), przy czym falownik fotowoltaiczny jest używany przez 20 lat, co oznacza, że straty muszą być dodawane przez cały okres eksploatacji. Nawet przy wysokiej wydajności Tauro ECO-100 (97,81%, na podstawie modelowania programu PVSol), generowane są straty (w fazie użytkowania), które w największym stopniu wpływają na całkowity ślad węglowy (42,6%).
- Zużycie nocne: w tym scenariuszu zakłada się, że system fotowoltaiczny korzysta z miksu energetycznego dostępnego w Australii ze średnią roczną wartością 12,10 godzin/dzień „trybu nocnego” dla falownika fotowoltaicznego. Ze względu na stosunkowo duży ślad węglowy australijskiego miksu energetycznego ślad węglowy wynikający ze zużycia nocnego jest znaczący (1249,5 kg CO₂e, tj. większy niż ślad węglowy wszystkich komponentów i produkcji Tauro i jest równy 29,4% globalnego śladu węglowego falownika). Jeśli jednak energia elektryczna wykorzystywana do zużycia nocnego jest pobierana od dostawcy energii odnawialnej, związany z nią ślad węglowy zużycia nocnego będzie znacznie mniejszy (ok. 56 kg CO₂e, generując udział na poziomie ok. 1,8%). Dlatego też należy w jak największym stopniu ograniczyć ślad węglowy nocnego zużycia energii przez falownik fotowoltaiczny, np. poprzez wykorzystanie do zasilania odnawialnych źródeł energii.
- Naprawa: Modelowaniu poddano różne scenariusze napraw (zob. punkt 2.4), a w tej części podano uśrednione wartości wynikające z możliwości naprawy. Pozytywny wpływ środowiskowy procesu napraw, mimo że jest znikomy (w tym scenariuszu 0,5%) jest niemal całkowicie przestonięty wpływem środowiskowym generowanym przez transport i produkcję elementów zamiennych. W zależności od rodzaju wymaganej naprawy wartość dodatkowego śladu węglowego dla procesu napraw wynosi: 5,91 – 167,7 kg CO₂e. Opcje naprawy nie uwzględniają jednak najgorszego scenariusza, w którym wymianie podlega cały falownik, co znacznie zwiększyłoby ślad węglowy ze względu na fazę

produkcji, transport itp. Dla porównania, naprawa będzie korzystna w kontekście śladu węglowego nawet po 17 lat użytkowania (dla falownika przewiduje się żywotność 20 lat). A konkretniej, jeśli jednostka transmisji danych zostanie wymieniona po 10 latach, ślad węglowy związany z procesem naprawy wyniesie 26,4 kg CO₂e. Alternatywne rozwiązanie (tj. zastąpienie całego falownika) przyniosłoby dodatkowy ślad węglowy na poziomie 1189,9 kg CO₂e (ze względu na komponenty, produkcję, transport i gospodarkę odpadami) i byłby 45 razy większy. Naprawa przynosi więc znaczące korzyści dla środowiska.

- Gospodarka odpadami: Firma Fronius przestrzega dyrektywy WEEE i dąży do zwiększenia recyklingu swoich produktów. Kredyt środowiskowy (wartość ujemna na wykresie słupkowym na Rysunku 3) można zatem uzyskać poprzez zastąpienie i unikanie nowych surowców oraz zmniejszenie zapotrzebowania na energię. Odpowiedzialne i świadome korzystanie z zasobów naturalnych jest nie tylko podstawowym obowiązkiem firmy Fronius, ale również zwiększą korzyścią środowiskową.

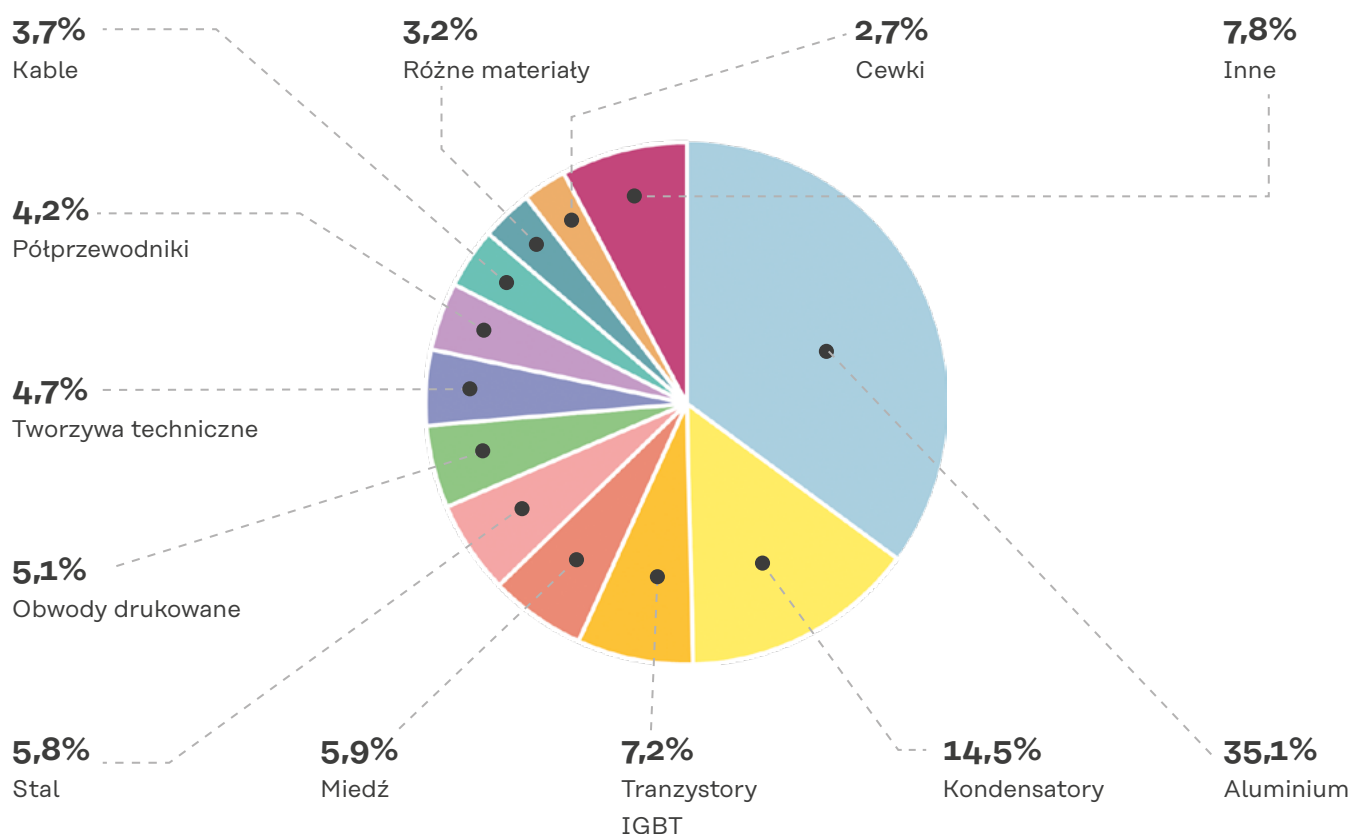
Masa a ślad węglowy

Wyniki oceny LCA można również zastosować w celu wyjaśnienia względnego udziału każdego komponentu falownika Tauro ECO 100-D w generowaniu śladu węglowego (zob. poniższe rysunki):



Rysunek 4: Względny udział komponentów Tauro ECO 100-D według masy (po lewej, w % kg) i śladu węglowego (po prawej w % kg CO₂e). Zgodnie z rysunkiem niektóre pierwiastki o stosunkowo niewielkim udziale masy mogą mieć znaczny udział w śladzie węglowym.

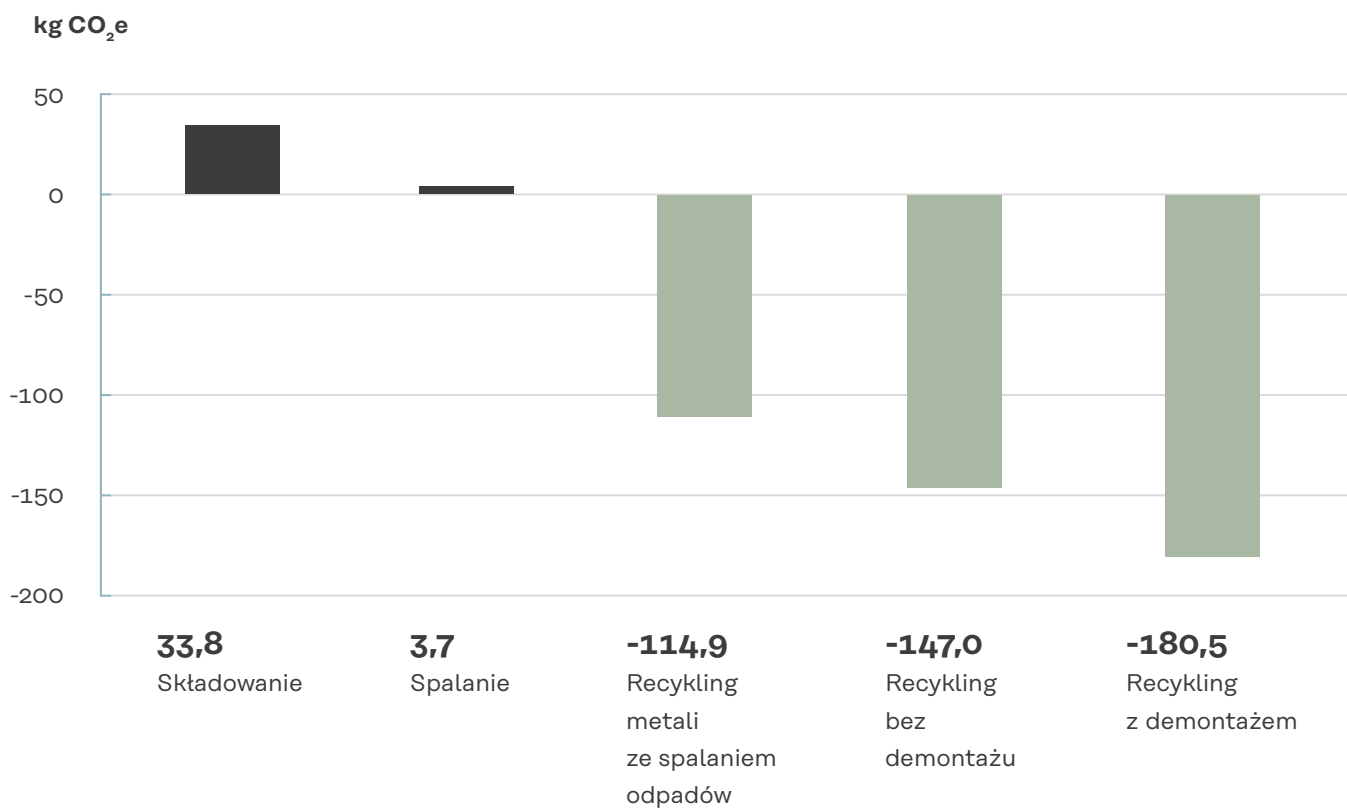
Jak widać na Rysunku 4, aluminium ma największy udział w masie i śladzie węglowym Tauro ECO 100-D. Kondensatory są ciekawym przypadkiem, ponieważ stanowią tylko 3,2% masy, a odpowiadają za 14,5% śladu węglowego (tranzystory IGBT jeszcze więcej: 0,2% masy i 7,2% śladu węglowego). Ten wynik w ocenie LCA pokazuje, że pierwiastki o małej masie mogą mieć znaczący wpływ na środowisko ze względu na energochłonne procesy mające miejsce na wcześniejszych etapach (produkcja, rafinacja itp.). Dla porównania cewki generują mały ślad węglowy (2,7%) w stosunku do swojej masy (11,2%).



Ślad węglowy 1128,5 kg CO₂e
(tylko komponenty)

Wycofanie z eksploatacji

Wyniki oceny LCA w zakresie gospodarowania odpadami wskazują również, że im bardziej rozbudowany jest proces wycofania z eksploatacji, tym większe są korzyści dla środowiska, (zob. Rysunek 5). Wartości ujemne oznaczają kredyt uzyskany z zastąpienia materiałów pierwotnych lub energii pochodzącej z paliw kopalnych.



Rysunek 5: Środowiskowe koszty zakończenia eksploatacji i korzyści dla środowiska Tauro ECO 100-D.

Opcja zakładająca składowanie powoduje dodatkowe emisje. Korzyści środowiskowe wzrastają przy recyklingu metali, który jest najbardziej optymalny w przypadku przeprowadzenia demontażu.

3.2 Korzyści Tauro ECO 100-D

W powyższych częściach opisywany był ślad węglowy Tauro ECO 100-D. Czas przejść zatem do zalet tego urządzenia. Użycie energii elektrycznej generowanej przez system fotowoltaiczny z falownikiem Tauro ECO 100-D w Australii spowodowałoby średni ślad węglowy na poziomie **18,1 g CO₂e/kWh**. Dla porównania, korzystanie z energii elektrycznej z **miksu energetycznego Australii** skutkowałoby śladem węglowym na poziomie **600 - 950 g CO₂e/kWh** (ok. 33-56 razy wyższym, m.in. ze względu na wykorzystanie węgla)²¹.

Dla porównania, emisje CO₂, których udało się uniknąć dzięki jednemu kompletnemu systemowi fotowoltaicznemu (nie tylko falownik) w ciągu 20 lat to równoważnik biomasy 10 323 drzew²². Innym ogólnym porównaniem mogą być samochody benzynowe, gdzie bierze się pod uwagę średnie zużycie 5 l/100 km. Na podstawie danych ecoinvent, 20-letnie korzystanie z systemu fotowoltaicznego wyposażonego w Tauro ECO 100-D w Australii (użycie całego systemu fotowoltaicznego, nie tylko falownika) pozwoliłoby na uniknięcie emisji CO₂ równoważnej ok. **30 791 513 km** przejechanych samochodem. W tym samym scenariuszu użycie systemu fotowoltaicznego ograniczyłoby emisję CO₂ generowaną przez **2018 lotów w obie strony na trasie z Wiednia do Nowego Jorku**²³.

W oparciu o wyniki oceny LCA **czas zwrotu CO₂** (czas potrzebny, aby emisje CO₂, których udało się uniknąć zrównoważyły emisje CO₂ produktu) wyniosłby w zależności od scenariusza **0,4 – 1,9 lat**. Dla scenariusza przedstawionego w Australii czas ten wynosi 0,4 roku. Po upływie czasu zwrotu **użytkownik Tauro ECO 100 ogranicza emisję CO₂ w porównaniu z alternatywnym rozwiązaniem zasilania z sieci**, wywierając przy tym pozytywny wpływ na środowisko. Zakładając, że falownik Tauro ECO 100 jest w użyciu przez 20 lat, całkowita ilość emisji **CO₂e, której udaje się uniknąć**, może być nawet **52,9 razy wyższa** niż całkowita ilość emisji CO₂ generowana w całym cyklu życia urządzenia.

Czas zwrotu energii mieści się w przedziale **0,3 – 0,8 roku** (0,34 roku w obecnym scenariuszu). Osiągnięcie czasu zwrotu oznacza, że system fotowoltaiczny wyprodukował energię w ilości zaspakajającej zapotrzebowanie w całym swoim cyklu życia (energia potrzebna do produkcji, transportu itd.). Po tym czasie system fotowoltaiczny wytwarza „dodatkową energię”, **która wnosi do ekosystemu wartość dodaną energii**.

Zakładając, że falownik Tauro ECO 100 jest w użyciu przez 20 lat, całkowita ilość **energii wytworzonej**, może być nawet **62,7 razy wyższa** niż całkowita ilość energii wymagana w całym cyklu życia urządzenia.

21. Średnia wartość w oparciu o: <https://www.electricitymap.org/map>, ecoinvent, <http://www.cleanenergyregula-tor.gov.au/NGER/National%20greenhouse%20and%20energy%20reporting%20data/electricity-sector-emissions-and-generation-data/electricity-sector-emissions-and-generation-data-2020-21>

22. Na podstawie poniższego dokumentu: 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/>)

23. Obliczenia emisji lotniczych na podstawie: https://co2.myclimate.org/en/flight_calculators/new. Wartości określone dla drzew, podróży samochodem w km i podróży samolotem są tu podane w celu porównania i nie zostały znormalizowane bądź zweryfikowane (w zależności od źródła).

4. Wniosek

kolejne kroki

Po pomyślnym wykonaniu oceny LCA przyszedł czas na przedstawienie informacji dotyczących dalszego wykorzystania ocen cyklu życia oraz kolejnych kroków na ścieżce zrównoważonego rozwoju firmy Fronius.

4.1 Wykorzystanie i jakość ocen LCA

Po pomyślnym zakończeniu oceny LCA dla falownika GEN24 Plus w 2020 r. Tauro ECO 100 LCA stał się kolejnym ważnym krokiem w działaniach na rzecz zrównoważonego rozwoju w firmie Fronius24, która dysponując klarowną wiedzą dotyczącą falowników, opierającą się na dowodach naukowych, dąży do opracowania kolejnych produktów o jeszcze mniejszym wpływie na środowisko. Ponadto wyniki oceny LCA potwierdzają bardzo dobre wyniki środowiskowe falownika Fronius Tauro ECO 100, które mogą być wykorzystane w odpowiedzi na zapytania w zakresie zrównoważonego rozwoju (wymagania, przetargi itp.).

Przewiduje się, że w kolejnych latach oceny LCA staną się powszechne i najprawdopodobniej pojawią się próby porównania wyników ocen LCA różnych podmiotów. Dlatego też w przeprowadzanych ocenach należy przyjąć ostrożne i restrykcyjne kryteria. Porównania między ocenami LCA mogą narażać wiele trudności wynikających z różnic w zakresie analizowanego systemu, stosowanej metodologii oraz wykorzystywanych źródeł danych. Nie został jeszcze opracowany jednolity i globalnie uznawany model LCA (zwłaszcza pod względem stosowanej metodologii), który umożliwiłby wiarygodne porównanie wyników. Istnieje zatem potrzeba przejrzystości i komunikacji w zakresie modelowania ocen LCA, definicji systemu oraz stosowanej metodologii. Jednak mimo trudności wynikających ze stosowania metody ocen LCA, firma Fronius starała się uzyskać wysokiej jakości reprezentatywne i rzetelne wyniki.

Ocena LCA została przeprowadzona we współpracy z Haraldem Pilzem z firmy to4to, ekspertem w dziedzinie ocen zrównoważonego rozwoju posiadającym szerokie doświadczenie w zakresie LCA. Proces weryfikacji zgodny z normą ISO 14040/44 LCA został przeprowadzony we współpracy z zewnętrznym podmiotem, tj. Fraunhofer Institute IZM i jest kolejnym krokiem wspierającym przyjęte założenia. Przegląd oceny LCA miał na celu weryfikację, potwierdzenie oraz promowanie jakości i spójności przeprowadzonych prac. Fraunhofer IZM jest instytucją o ugruntowanej pozycji, która jest uznawana na całym świecie dzięki swojej wiedzy i doświadczeniu w dziedzinie elektroniki i systemów fotowoltaicznych, w tym ocen LCA oraz procesów przeglądu²⁵. Podczas przeglądu oceny LCA firmy Fronius przeprowadzono szeroko zakrojone analizy i dyskusje dotyczące komponentów elektronicznych, materiałów oraz możliwości ich odzyskiwania oraz poprawności danych wtórnych. Zweryfikowany został raport z oceny LCA oraz ogólna struktura modelowania.

24. Raport z LCA falownika Gen 24 Plus: https://www.fronius.com/~/-/downloads/Solar%20Energy/Whitepa-per/SE_WP_LCA_GEN24_Plus_EN.pdf

25. Przykład oceny LCA dla telefonów komórkowych: https://www.fairphone.com/wp-content/uploads/2020/07/Fair-phone_3_LCA.pdf

Raport z przeglądu

Co więcej, firma Fronius aktywnie uczestniczy w dyskusjach z europejskimi organami i stowarzyszeniami służącymi promowaniu spójnych i jednolitych ram ocen LCA w Europie. Jednocześnie przy zachowaniu ostrożności podejmowane są działania umożliwiające wyciąganie wniosków i opracowywanie punktów referencyjnych na podstawie indywidualnych przypadków.

4.2 Kolejne kroki w kierunku zrównoważonego rozwoju

Dzięki szerszej wiedzy i świadomości na temat wyników środowiskowych falownika Tauro ECO 100, ocena LCA wskazała kilka możliwości dalszego działania w kierunku zrównoważonego rozwoju w kolejnych urządzeniach firmy Fronius.

Na podstawie uzyskanych informacji zdefiniowane zostaną wymagania, które staną się częścią procesów opracowywania produktów, potwierdzając jednocześnie zaangażowanie firmy Fronius w idee zrównoważonego rozwoju. Duży nacisk zostanie położony na długi okres eksploatacji, wydajność oraz możliwość naprawy i recyklingu zespołów elektronicznych. Poprzez zastosowanie zrównoważonych i wtórnych produktów firma podejmie inwestycje na rzecz dalszej optymalizacji efektywności materiałowej i energetycznej w całym łańcuchu dostaw oraz w fazie produkcji i eksploatacji. W ten sposób generowane będą korzyści nie tylko dla klienta, ale również dla środowiska. Fronius dąży do możliwie najskuteczniejszej poprawy wyników w zakresie zrównoważonego rozwoju w procesie produkcji swoich urządzeń.

Podsumowując, projekt Tauro ECO 100 LCA umożliwił firmie Fronius uzyskanie dogłębnej i różnorodnej wiedzy na temat efektywności środowiskowej produktów (np. w zakresie komponentów, procesów itp.). Wykonaną analizę może skutecznie wykorzystać do opracowywania bardziej zrównoważonych produktów oraz do spełniania różnych wymagań dla falowników i systemów fotowoltaicznych w zakresie zrównoważonego rozwoju.

Ocena LCA wzmocni wiodącą pozycję firmy Fronius w zakresie zrównoważonego rozwoju systemów fotowoltaicznych. Ponadto korzystanie z dowodów naukowych i potwierdzonych danych może ułatwić wdrażanie przyjaznych dla środowiska systemów fotowoltaicznych.

We wcześniejszych ocenach LCA nie ujęto zapoczątkowanego przy GEN24 Plus, a w pełni zastosowanego przy Tauro ECO 100 LCA poziomu szczegółowości, zakresu, elastyczności scenariuszy oraz jakości i przejrzystości całego procesu. Dlatego też aktualna ocena LCA jest unikalna dla falowników fotowoltaicznych w skali światowej.

Publikacja wydrukowana
na papierze ekologicznym



MADE IN  AUSTRIA
od 1945 roku



Zapraszamy na:
**Forum
Instalatorów
Falowników
Fronius**
www.forum-fronius.pl

Fronius Polska Sp. z o.o.
ul. Gustawa Eiffel'a 8
44-109 Gliwice
tel. +48 32 621 07 00
pv-sales-poland@fronius.com
www.fronius.pl/solar

Tekst i ilustracje odpowiadają stanowi technicznemu w momencie złożenia do druku.
Zastrzega się możliwość zmian. Pomimo starannego przygotowania nie gwarantuje się
poprawności wszystkich informacji – odpowiedzialność wykluczona.
Prawa autorskie © 2022 Fronius™. Wszelkie prawa zastrzeżone.

PL wersja 01.05/2022