

DEKLARACJA ŚRODOWISKOWA PRODUKTU

Typ III · ISO 14025 · PCR: IEC 63366:2025 · PSR: IEC TS 62271-320:2025



Jednobiegunowy napowietrzny odłącznik wysokiego napięcia MARK40-1/420 / MRI-420 ze zintegrowanym uziemnikiem

420 kV · 2 500 A / 3 150 A / 4 000 A · Rozdzielnia napowietrzna (AIS)

1. Informacje ogólne

Nazwa produktu	Jednobiegunowy napowietrzny odłącznik ze zintegrowanym uziemnikiem. Nazwy handlowe: MARK40-1/420 i MRI-420. Napęd silnikowy NSO80.
Producent / Posiadacz EPD	Zakład Wytwórczy Aparatów Elektrycznych Sp. z o.o. (ZWAE)
Miejsce produkcji	ul. Gdańska 60, 84-300 Lębork, Polska
Adres korespondencyjny	Lębork, ul. Łąkowa 2, 84-300 Polska
Kontakt (dane LCA)	Dariusz Ligenza, Kierownik Działu SUR, tel. +48 59 86 33 615
Program EPD	EPD Polska (Operator programu: Multicert Sp. z o.o.) Ul. Mydlarska 47, 04-690 Warszawa, Polska www.epd.org.pl , epd@epd.org.pl .
Rodzaj EPD	Biznes-do-biznesu (B2B)
Numer EPD	EPD-P 02.05.2026-PL
Ważność EPD	5 lat od daty publikacji
Rok badania	2025
Jednostka deklarowana	Jeden jednobiegunowy napowietrzny odłącznik (jeden biegun)
Referencyjna trwałość użytkowania	40 lat
Weryfikacja	Niezależna, zgodnie z ISO 14025
Kody zamówieniowe produktu	V1: MARK40-1/420/4000/50/1/F50/08P25 V2: .../UN/... lub .../UR/... V3: .../U2/...
Deklaracja Zgodności — MARK40	DZ.01.04.0001.v.02.2017 (PN-EN 62271-102, PN-EN 62271-1)
Deklaracja Zgodności — uziemnik G60	DZ.01.04.0002.v.02.2017 (PN-EN 62271-102, PN-EN 62271-1)
Odpowiedzialność	Posiadacz EPD ponosi wyłączną odpowiedzialność za informacje zawarte w niniejszej deklaracji oraz za dowody je popierające. Multicert Sp. z o.o. nie ponosi odpowiedzialności za informacje dostarczone przez producenta, dane oceny cyklu życia ani dowody wspierające.
Porównywalność	Deklaracje środowiskowe produktów elektrycznych mogą nie być porównywalne, jeżeli nie są zgodne z IEC TS 62271-320:2025 i IEC 63366:2025 lub nie opierają się na tych samych zasadach kategorii produktu. Więcej informacji na temat porównywalności zawiera norma ISO 14025.

2. Informacje o produkcji

Profil firmy

Zakład Wytwórczy Aparatów Elektrycznych Sp. z o.o. (ZWAE) jest prywatną firmą z 100% polskim kapitałem, z siedzibą w Lęborku. Przedsiębiorstwo jest jednym z czołowych polskich producentów aparatury łączeniowej średniego i wysokiego napięcia, kontynuując długą tradycję produkcji urządzeń elektrycznych w Lęborku.

Produkty ZWAE obsługują zarówno profesjonalny sektor elektroenergetyczny, jak i zakłady przemysłowe eksploatujące urządzenia elektroenergetyczne. Klientami są operatorzy sieci dystrybucyjnych w całej Polsce oraz liczne podmioty przemysłowe i handlowe w kraju i za granicą.

Zakres działalności produkcyjnej firmy obejmuje projektowanie i wytwarzanie aparatury elektrycznej oraz modernizację istniejącej infrastruktury energetycznej średniego i wysokiego napięcia.

Polityka środowiskowa

ZWAE prowadzi zintegrowany system zarządzania certyfikowany zgodnie z ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 i ISO 45001:2018 (Certyfikat nr NC-0647, wydany przez Polski Rejestr Statków S.A., akredytowany przez PCA — AC 014, ważny do 12 lutego 2029 r.). Certyfikacja obejmuje obie lokalizacje produkcyjne: ul. Gdańska 60, Lębork oraz Kębłowo Nowowiejskie, ul. Łąkowa 2, Nowa Wieś Lęborska.

Polityka środowiskowa, jakościowa i bezpieczeństwa pracy firmy są publicznie dostępne pod adresem: <https://zwae.com.pl/pl/firma/polityka-firmy>

ZWAE przyjął strategię Społecznej Odpowiedzialności Biznesu (CSR) i publikuje cele CSR oraz kodeks etyki w ramach zobowiązań zrównoważonego rozwoju, dostępnych pod adresem: <https://zwae.com.pl/pl/zrownowazono-rozwoj>

Certyfikaty systemów zarządzania

Norma	Nr certyfikatu	Jednostka certyfikująca	Ważna do
ISO 9001:2015	NC-0647	PRS S.A. (PCA AC 014)	12 lutego 2029
ISO 14001:2015	NC-0647	PRS S.A. (PCA AC 014)	12 lutego 2029
ISO 45001:2018	NC-0647	PRS S.A. (PCA AC 014)	12 lutego 2029

3. Opis produktu

Deklarowanym produktem jest jeden jednobiegunowy napowietrzny odłącznik ze zintegrowanym uziemnikiem, sprzedawany pod nazwami handlowymi MARK40-1/420 i MRI-420, przeznaczony do pracy w sieciach przesyłowych wysokiego napięcia o napięciu znamionowym 420 kV. Urządzenie wykonuje operacje odłączania i uziemiania w stanie beznapięciowym i stanowi część rozdzielnic napowietrznych (AIS).

Odłącznik wyposażony jest w napęd silnikowy (NSO80) oraz mechaniczny układ sterowania umożliwiający niezawodne łączenie nawet w trudnych warunkach atmosferycznych, w tym podczas oblodzenia, bez stosowania aktywnego systemu grzewczego lub odladzającego. Funkcjonalność ta jest osiągnięta wyłącznie dzięki rozwiązaniom mechanicznym i sile napędu.

Konstrukcja produktu opiera się na izolatorach porcelanowych w połączeniu z metalowymi elementami nośnymi i prądowymi, zapewniając długotrwałą stabilność mechaniczną, właściwości elektryczne oraz odporność na warunki atmosferyczne.

Produkt nie zawiera gazów izolacyjnych (SF6 ani zamienników), olejów ani innych cieczy eksploatacyjnych. Nie zastosowano aktywnego systemu odladzającego.

4. Skład produktu

Produkt składa się przede wszystkim z następujących grup materiałowych:

- elementy metalowe, w tym stal ocynkowana ogniowo, aluminium i miedziane elementy prądowe
- izolatory porcelanowe
- sprzężyny i elementy mechaniczne
- elementy styków elektrycznych
- napęd silnikowy NSO80 i pomocnicze elementy elektryczne.

Masy poszczególnych materiałów zawartych w różnych wersjach produktu przedstawiono poniżej:

Materiał	V1		V2		V3	
	[kg]	[%]	[kg]	[%]	[kg]	[%]
Stal ocynkowana	245,6	22,2%	368,4	29,2%	491,4	34,7%
Żeliwo ocynkowane	121,7	11,0%	121,7	9,6%	121,7	8,6%
Aluminium kute	49,7	4,5%	73,4	5,8%	97,1	6,8%
Aluminium odlewane	48,2	4,4%	51,0	4,0%	53,7	3,8%
Porcelana	615,0	55,6%	615,0	48,7%	615,0	43,4%
Miedź	11,3	1,0%	15,1	1,2%	18,8	1,3%
Stal nierdzewna	8,7	0,8%	9,6	0,8%	10,5	0,7%
Mosiądz	3,5	0,3%	3,5	0,3%	3,5	0,2%
Srebro	0,2	0,0%	0,2	0,0%	0,2	0,0%
Tworzywa sztuczne / polimery	2,1	0,2%	4,1	0,3%	6,1	0,4%
Razem	1 106,0	100,0%	1 262,0	100,0%	1 418,0	100,0%

Produkt nie zawiera gazów izolacyjnych, olejów ani innych cieczy eksploatacyjnych. Nie zastosowano aktywnego systemu odładowania; wszelka sprawność w warunkach obciążenia jest zapewniana przez rozwiązania mechaniczne urządzenia.

Produkt nie zawiera substancji wzbudzających szczególnie duże obawy (SVHC) w rozumieniu rozporządzenia REACH (WE) nr 1907/2006, ani substancji ograniczonych dyrektywą RoHS 2011/65/UE. Produkt spełnia wymagania deklaracji materiałowej IEC 62474.

5. Przeznaczenie

Produkt jest przeznaczony do stałego montażu napowietrznego jako element łączeniowy i uziemiający w stacjach elektroenergetycznych wysokiego napięcia. Umożliwia bezpieczne odłączenie i uziemienie odcinków sieci elektrycznej podczas normalnej eksploatacji, konserwacji i prac serwisowych. Produkt jest zaprojektowany do długotrwałego użytkowania w warunkach zewnętrznych i nie jest przeznaczony do częstego łączenia pod obciążeniem.

6. Rynek referencyjny i zakres geograficzny

Niniejsza EPD obejmuje wersję odłącznika MARK40-1/420 / MRI-420 przeznaczoną dla norweskiego i skandynawskiego rynku przesyłu i dystrybucji energii. Poniższe moduły modeluje się przy użyciu zestawów danych i warunków reprezentatywnych dla Norwegii i Skandynawii. Użytkownicy eksploatujący ten produkt na innych rynkach powinni zwrócić się do producenta o EPD właściwą dla danego rynku.

7. Informacje dotyczące oceny cyklu życia (LCA)

7.1 Jednostka deklарowana i warianty

Jednostką deklarowaną jest jeden jednobiegunowy napowietrzny odłącznik ze zintegrowanym uziemnikiem (nazwy handlowe: MARK40-1/420 i MRI-420), w pełni zmontowany, gotowy do instalacji i dostarczony na miejsce montażu. Niniejsza EPD obejmuje trzy warianty produktu, różniące się liczbą zintegrowanych uziemników i napędów silnikowych:

Wariant	Opis	Uziemniki	Napędy silnikowe (NSO80)
V1	Odłącznik bez uziemnika	0	1 × NSO80
V2	Odłącznik z jednym uziemnikiem (konfiguracja UN lub UR)	1	2 × NSO80
V3	Odłącznik z dwoma uziemnikami	2	3 × NSO80

7.2 Kody zamówieniowe produktu

Produkty objęte niniejszą EPD są identyfikowane przez następujące kody zamówieniowe zgodnie z systemem zamówień ZWAE (klucz zamówień MARK40, dokument ref. MARK40-ODŁĄCZNIK-SIECZNY):

Wariant	Kod zamówieniowy	Opis
V1	MARK40-1/420/2500/50/1/F50/08P25 MRI - 420/2500/50/1/F50/08P25	Jednobiegunowy, 420 kV, 2 500 A, bez uziemnika, 50 kA/1 s, zacisk płaski F50, izolator 8 kN, 25 mm/kV
V1	MARK40-1/420/3150/50/1/F50/08P25 MRI-420/3150/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 3 150 A
V1	MARK40-1/420/4000/50/1/F50/08P25 MRI-420/4000/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 4 000 A
V2	MARK40-1/420/2500/UN/50/1/F50/08P25 MRI-420/2500/UN/50/1/F50/08P25	Jednobiegunowy, 420 kV, 2 500 A, z uziemnikiem UN (strona styku stałego)
V2	MARK40-1/420/3150/UN/50/1/F50/08P25 MRI-420/3150/UN/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 3 150 A
V2	MARK40-1/420/4000/UN/50/1/F50/08P25 MRI-420/4000/UN/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 4 000 A
V2	MARK40-1/420/2500/UR/50/1/F50/08P25 MRI-420/2500/UR/50/1/F50/08P25	Jednobiegunowy, 420 kV, 2 500 A, z uziemnikiem UR (strona styku ruchomego)
V2	MARK40-1/420/3150/UR/50/1/F50/08P25 MRI-420/3150/UR/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 3 150 A
V2	MARK40-1/420/4000/UR/50/1/F50/08P25 MRI-420/4000/UR/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 4 000 A
V3	MARK40-1/420/2500/U2/50/1/F50/08P25 MRI-420/2500/U2/50/1/F50/08P25	Jednobiegunowy, 420 kV, 2 500 A, z dwoma uziemnikami (UN + UR)
V3	MARK40-1/420/3150/U2/50/1/F50/08P25 MRI-420/3150/U2/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 3 150 A
V3	MARK40-1/420/4000/U2/50/1/F50/08P25 MRI-420/4000/U2/50/1/F50/08P25	Analogicznie, 4 000 A

Uwaga: Liczba biegunów w kodzie zamówienia ('1') oznacza zamówienie jednobiegunowe. Jednostka deklarowana EPD odpowiada jednemu biegunowi. Obie konfiguracje uziemnika UN i UR są objęte wariantem V2, gdyż mają identyczną masę i skład materiałowy; różni się jedynie pozycja montażowa.

Wszystkie warianty mają ten sam główny obwód prądowy o identycznej rezystancji. W ramach każdego wariantu uwzględniono trzy scenariusze prądów znamionowych (2 500 A, 3 150 A i 4 000 A), odpowiadające różnym scenariuszom zużycia energii w module B6. Różnice w oddziaływaniach środowiskowych między wariantami V1, V2 i V3 wynikają wyłącznie z liczby uzemińników i napędów silnikowych, które wpływają na skład materiałowy, masę transportową i strumienie odpadów poużytkowych.

Masy referencyjne na biegun, zgodnie z tabliczkami znamionowymi produktu: V1 (odłącznik + 1 napęd, bez uzemińnika): 1 106 kg; V2 (odłącznik + 1 uzemińnik + 2 napędy): 1 262 kg; V3 (odłącznik + 2 uzemińniki + 3 napędy): 1 418 kg. Wartości te wynikają z danych tabliczki znamionowej odłącznika MRI-420/4000/UR (odłącznik 1 050 kg + uzemińnik 100 kg na biegun) oraz jednostki napędowej NSO80 (56 kg na sztukę).

7.3 Normy i ramy metodologiczne

Niniejsza EPD została opracowana w ramach programu EPD Polska (operator: Multicert Sp. z o.o.), którego zasady kategorii produktu (PCR) dla elektrycznych i elektronicznych produktów i systemów oparte są na IEC 63366:2025, uzupełnionym zasadami specyficznymi dla produktu (PSR) IEC TS 62271-320:2025. EPD spełnia wymagania następujących norm:

- ISO 14025:2006 — Deklaracje środowiskowe Typu III
- ISO 14040:2006 i ISO 14044:2006 — Zasady i wymagania oceny cyklu życia
- IEC TS 62271-320:2025 — Zasady specyficzne dla produktu (PSR) dla rozdzielnic i sterownic wysokiego napięcia
- IEC 63366:2025 — Poziome zasady kategorii produktu (PCR) dla elektrycznych i elektronicznych produktów i systemów (EEPS)
- EN 15804+A2 — Stosowana jako ramy charakteryzacji LCIA i struktura raportowania; nie jest podstawową PCR

Wyniki oceny oddziaływania cyklu życia (LCIA) są obliczane przy użyciu czynników charakteryzacji EN 15804+A2 zgodnych z EF 3.1. EN 15804+A2 przyjęto wyłącznie jako metoda LCIA i ramy raportowania i nie stanowi podstawowej PCR dla tego produktu.

7.4 Jednostka funkcjonalna i referencyjna trwałość użytkowania

Jednostka funkcjonalna jest definiowana jako zapewnienie funkcji odłączania oraz, w odpowiednich przypadkach, uziemiania przez jeden jednobiegunowy napowietrzny odłącznik prądu przemiennego (MARK40-1/420 / MRI-420), o napięciu znamionowym 420 kV, przewodzący znamionowy prąd ciągły bez przerwy przez referencyjny okres użytkowania wynoszący 40 lat, zgodnie z IEC 62271-102 oraz IEC TS 62271-320:2025. Warunki pracy: instalacja napowietrzna, temperatura otoczenia od -40 °C do +40 °C, wilgotność względna do 100%, zgodnie z IEC 62271-1 (IEC TS 62271-320:2025, punkt 6.8.5).

Niniejsza EPD obejmuje następujące konfiguracje produktu:

Parametr	Wartość
Napięcie znamionowe	420 kV
Znamionowy prąd ciągły (Ir)	2 500 A / 3 150 A / 4 000 A
Konfiguracja uziemnika	Brak (V1) / jeden uziemnik (V2) / dwa uziemniki (V3)
Liczba napędów silnikowych (NSO80)	1 (V1) / 2 (V2) / 3 (V3)
Referencyjna trwałość użytkowania (RSL)	40 lat (IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10)
Wytrzymałość mechaniczna	2 000 cykli operacyjnych (Klasa M1)
Warunki pracy	Napowietrzne, atmosferyczne, łączenie bez obciążenia

Wyniki oddziaływania środowiskowego są przedstawiane oddzielnie dla każdej kombinacji wariantu (V1/V2/V3) i scenariusza prądu znamionowego (2 500 A / 3 150 A / 4 000 A). Moduły A1–A5, B2, C i D różnią się między wariantami ze względu na różnice w składzie materiałowym, masie transportowej i strumieniach odpadów poużytkowych. Moduł B6 różni się między scenariuszami prądów znamionowych i jest identyczny dla wszystkich wariantów V1, V2 i V3 przy tym samym prądzie znamionowym, ponieważ napęd NSO80 jest pasywnym urządzeniem mechanicznym bez zużycia energii w trybie czuwania ($E_3 = 0$).

Referencyjna trwałość użytkowania (RSL) wynosi 40 lat, zgodnie z IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10 (odłącznik WN/WN).

Produkt spełnia następujące normy, zgodnie z Deklaracjami Zgodności producenta wydanymi zgodnie z ISO/IEC 17050-1:2010: IEC 62271-102 (odłączniki i uziemniki prądu przemiennego, Deklaracja nr DZ.01.04.0001.v.02.2017 dla MARK40 i DZ.01.04.0002.v.02.2017 dla uziemnika) oraz IEC 62271-1 (wspólne wymagania dla rozdzielnic i sterownic WN). Deklaracje te potwierdzają parametry znamionowe i charakterystyki eksploatacyjne stosowane do definicji jednostki funkcjonalnej.

Przepływ referencyjny odpowiada jednej jednostce deklarowanej (jeden biegun) realizującej powyższą funkcję przez referencyjną trwałość użytkowania. Jednostka deklarowana jest tożsama z jednostką funkcjonalną: 1 FU = 1 DU = 1 biegun odłącznika.

7.5 Granice systemu i etapy cyklu życia

LCA obejmuje granicę systemu od kołyski do grobu. Etapy cyklu życia są modelowane zgodnie z IEC 63366:2025 i IEC TS 62271-320:2025 i przyporządkowane do modułów EN 15804+A2 w następujący sposób:

Moduł EN 15804	Etap IEC	Zakres
A1	RPP	Wydobycie i przetwarzanie surowców; produkcja półproduktów (stal, aluminium, miedź, porcelana)
A2–A3	MFG	Transport komponentów do zakładu produkcyjnego; montaż mechaniczny; integracja elektryczna; testy fabryczne; pakowanie
A4	DST	Transport wyrobu gotowego na miejsce instalacji
A5	DST	Montaż na konstrukcjach wsporczych; uruchomienie; odpady z materiałów montażowych
B2	USE	Okresowa konserwacja (przegląd co 5 lat przez RSL, tj. 8 przeglądów na RSL); materiały smarne; transport personelu; nie są wymagane wymiany komponentów
B6	USE	Zużycie energii eksploatacyjnej: straty przewodzenia elektrycznego obwodu głównego (E_1) oraz energia grzałek antykondensacyjnych napędów NSO80 (E_2). Energia operacji łączeniowych (E_4) uznana za pomijalną (§7.7.5); pobór napędu w trybie czuwania (E_3) = 0 (§7.7.4).
C1–C4	EOL	Demontaż; transport do instalacji przetwarzania; odzysk materiałów; recykling; unieszkodliwianie pozostałości
D	BENE	Korzyści netto z recyklingu metali poza granicami systemu

Moduły B1, B3, B4, B5 i B7 nie mają zastosowania dla tego produktu. Moduł B2 obejmuje przeglądy okresowe zgodnie z instrukcją producenta DTR.01.04.08.PL: co 5 lat lub po 2000 cyklach operacyjnych, w zależności od tego, co nastąpi wcześniej. Przez 40-letni RSL odpowiada to 8 zdarzeniom przeglądowym. Odłącznik MARK40 nie wymaga wymiany komponentów w trakcie normalnej trwałości użytkowania.

7.6 Kryteria odcięcia

Kryteria odcięcia są stosowane zgodnie z ISO 14044:2006, punkt 4.2.3.3 i IEC 63366:2025, punkt 4.3.3. Następujące zasady regulują wyłączenie elementarnych strumieni i procesów z granic systemu:

(a) Kryterium masy: indywidualne wkłady materiałowe lub procesowe stanowiące mniej niż 1% całkowitej masy jednostki deklarowanej są wyłączone, pod warunkiem że ich łączny wkład nie przekracza 5% całkowitej masy.

(b) Kryterium energii: indywidualne nakłady energetyczne stanowiące mniej niż 1% całkowitej energii pierwotnej są wyłączone, pod warunkiem że łączne wyłączenia nie przekraczają 5% całkowitej energii pierwotnej.

(c) Kryterium istotności środowiskowej: procesy potencjalnie istotne środowiskowo są zatrzymane niezależnie od progów masowych lub energetycznych. Dotyczy to w szczególności substancji o wysokich czynnikach charakterystyki dla GWP, ODP, HTP lub ADPE.

Materiały opakowaniowe są uwzględnione w granicach systemu (Moduły A5, C4). SF₆ i inne gazy izolacyjne nie są obecne. Zasady odcięcia zostały zastosowane konsekwentnie dla wariantów V1, V2 i V3.

7.7 Założenia etapu użytkowania (Moduł B6)

7.7.1 Scenariusz etapu użytkowania

Scenariusz energetyczny etapu użytkowania jest zdefiniowany zgodnie z IEC TS 62271-320:2025, punkt 6.9.5.2, Tabela 10. Następujące parametry mają zastosowanie do odłączników WN/WN. W niniejszej EPD deklarowane są trzy scenariusze prądów znamionowych (2 500 A, 3 150 A i 4 000 A), z których każdy skutkuje innym równoważnym prądem roboczym i zużyciem energii w module B6. Wszystkie pozostałe parametry scenariusza są identyczne dla trzech scenariuszy prądów i wszystkich wariantów V1, V2 i V3.

Parametr	Wartość	Źródło
Referencyjna trwałość użytkowania (RSL)	40 lat	IEC TS 62271-320, Tabela 10
Współczynnik obciążenia (L)	35% prądu znamionowego	IEC TS 62271-320, Tabela 10
Współczynnik czasu użytkowania (H)	100% RSL	IEC TS 62271-320, Tabela 10
Prąd znamionowy (I _r)	2500 A / 3 150 A / 4 000 A	Specyfikacja produktu
Równoważny prąd roboczy (I _{eq} = L × I _r)	875 A / 1 102,5 A / 1 400 A	Obliczone

7.7.2 Straty obwodu głównego (E_1)

Straty elektryczne w obwodzie głównym obliczono zgodnie z IEC TS 62271-320:2025, punkt 6.9.5.4, Wzór (16):

$$E_1 = R \times (L/100 \times I_r)^2 \times (H/100) \times 8\,760 \times RSL \times 10^{-3} \text{ [kWh]}$$

Rezystancja głównego toru prądowego (R) została wyznaczona z pomiarów produkcyjnych przeprowadzonych na wszystkich jednostkach wyprodukowanych w 2025 roku. Wartość rezystancji stanowi średnią arytmetyczną pomiarów wykonanych dla tej pełnej serii produkcyjnej. Wartość ta została użyta jako podstawowe dane wejściowe zgodnie z hierarchią danych IEC TS 62271-320:2025, punkt 6.9.5.1 (Priorytet 1 — dane pierwotne z badań zużycia energii na konkretnym urządzeniu).

Objaśnienia symboli oraz wartości parametrów zastosowanych w obliczeniu przedstawiono w tabeli poniżej.

Parametr	$I_r = 2\,500\text{ A}$	$I_r = 3\,150\text{ A}$	$I_r = 4\,000\text{ A}$	Źródło danych
R — rezystancja obwodu głównego (1 biegun)	57,78 $\mu\Omega$			Dane pierwotne — pomiary produkcyjne 2025
L — współczynnik obciążenia	35%			IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10
H — współczynnik czasu użytkowania	100%			IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10
RSL	40 lat			IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10
I_r — znamionowy prąd ciągły	2 500 A	3 150 A	4 000 A	Specyfikacja produktu
$I_{eq} = L \times I_r$	875 A	1 102,5 A	1 400 A	Obliczone
$P = R \times I_{eq}^2$	44,25 W	70,27 W	113,25 W	Obliczone
E_1 przez RSL	15 501 kWh	24 609 kWh	39 682 kWh	Obliczone wg. wzoru (16)

E_1 jest identyczna dla wszystkich trzech wariantów produktu, ponieważ główny obwód prądowy jest niezmienny niezależnie od liczby zintegrowanych uziemników.

Wysoka wartość wpływu środowiskowego w module B6 wynika z uwzględnienia ciągłych strat przewodzenia (E_1) przez cały referencyjny okres użytkowania wynoszący 40 lat. Straty te są proporcjonalne do kwadratu prądu i mają charakter ciągły, co prowadzi do ich dominującego udziału w całkowitym wyniku cyklu życia.

7.7.3 Grzałka przeciwskropleniowa (E_2)

Każdy napęd silnikowy NSO80 wyposażony jest w dwie grzałki antykondensacyjne o mocy 25 W każda (230 VAC, 2 200 Ω):

- Grzałka 1 (podłączona na stałe): pracuje nieprzerwanie przez cały rok — 8 760 h/rok.
- Grzałka 2 (sterowana termostatem, nastawa $+7^{\circ}\text{C}$): pracuje wyłącznie gdy temperatura otoczenia spada poniżej 7°C .

Liczbę godzin pracy grzałki termostatycznej wyznaczono na podstawie godzinowych danych temperaturowych z pięciu norweskich stacji meteorologicznych (Oslo-Blindern, Bergen-Florida, Trondheim-Voll, Tromsø, Gardermoen), udostępnionych przez Meteorologisk institutt za pośrednictwem API Frost (frost.met.no), za okres 2001–2025. Za wartość reprezentatywną przyjęto medianę rocznej liczby godzin z temperaturą poniżej 7°C wynoszącą 4 618 h/rok.

Energia grzałek na jeden napęd NSO80 przez referencyjny okres użytkowania (RSL = 40 lat):

- $E_{2_ciągła} = 0,025 \text{ kW} \times 8\,760 \text{ h/rok} \times 40 \text{ lat} = 8\,760 \text{ kWh}$
- $E_{2_termostat} = 0,025 \text{ kW} \times 4\,618 \text{ h/rok} \times 40 \text{ lat} = 4\,618 \text{ kWh}$
- $E_2 (1 \times \text{NSO80}) = 13\,378 \text{ kWh}$

Całkowita energia grzałek zależy od liczby napędów w wariancie:

Wariant	Liczba NSO80	E_2 [kWh / RSL]
V1	1 $\times$ NSO80	13 378
V2	2 $\times$ NSO80	26 756
V3	3 $\times$ NSO80	40 134

7.7.4 Pobór energii napędu w trybie czuwania (E_3)

Napęd silnikowy NSO80 nie pobiera energii elektrycznej w trybie czuwania. Napęd jest pasywną jednostką mechaniczną, która nie pobiera mocy, gdy nie wykonuje operacji łączeniowej. W związku z tym $E_3 = 0$ dla wszystkich wariantów produktu (V1, V2 i V3).

7.7.5 Energia operacji łączeniowej (E_4)

Energia zużywana podczas operacji łączeniowych (otwieranie i zamykanie odłącznika) nie została uwzględniona ilościowo w module B6.

Operacje łączeniowe są wykonywane rzadko — zazwyczaj nie więcej niż kilka razy w roku w całym referencyjnym okresie użytkowania wynoszącym 40 lat — a każda operacja ma bardzo krótki czas trwania. W rezultacie całkowite zużycie energii przez napęd w całym okresie użytkowania jest pomijalne w porównaniu z ciągłymi stratami przewodzenia (E_1).

Podejście to jest zgodne z IEC TS 62271-320:2025 (Tabela 9), która klasyfikuje energię napędu i operacji jako mającą pomijalny współczynnik czasu użytkowania dla odłączników wysokiego napięcia.

7.7.6 Całkowita energia etapu użytkowania i GWP B6

Całkowite zużycie energii elektrycznej podczas etapu użytkowania dla Modułu B6 obejmuje straty obwodu głównego (E_1) oraz energię grzałek antykondensacyjnych (E_2). E_3 (tryb czuwania napędu) i E_4 (operacje łączeniowe) są zerowe lub pomijalne dla tego produktu, zgodnie z dokumentacją w punktach 7.7.4–7.7.5. Wyniki Modułu B6 różnią się między wariantami V1, V2 i V3 ze względu na różną liczbę napędów NSO80, a tym samym różną łączną moc grzałek antykondensacyjnych.

Norweski miks energetyczny przyjęto jako scenariusz referencyjny, z czynnikiem charakterystyki wynoszącym 0,027 kg CO₂e/kWh (rynek energii elektrycznej, średnie napięcie, Cutoff, U — NO; ecoinvent 3.9.1, czynniki charakterystyki EN 15804+A2, EF 3.1). Wartość ta odzwierciedla niską emisyjność węglową norweskiej sieci energetycznej, zasilanej głównie przez elektrownie wodne.

Tabela 1. Składniki energii E_2 Modułu B6 na wariant [kWh / RSL]

Składnik	V1 (1 × NSO80)	V2 (2 × NSO80)	V3 (3 × NSO80)
Grzałka ciągła (8 760 h/rok)	8760	17 520	26280
Grzałka termostatyczna (4 618 h/rok)	4 618	9 236	13 854
E_2 łącznie	13 378	26 756	40 134

Tabela 2. Całkowita energia Modułu B6 per wariant i scenariusz prądowy [kWh / RSL]

Parametr	V1 (1 × NSO80)	V2 (2 × NSO80)	V3 (3 × NSO80)
E_1 — 2 500 A	15 501	15 501	15501
E_2	13 378	26 756	40134
E_{total} — 2 500 A	28 879	42 257	55 635
E_1 — 3 150 A	24 609	24 609	24609
E_2	13 378	26 756	40134
E_{total} — 3 150 A	37 987	51 365	64 743
E_1 — 4 000 A	39 682	39 682	39682
E_2	13 378	26 756	40134
E_{total} — 4 000 A	53 060	66 438	79 816

Miks energii elektrycznej: sieć norweska, 0,027 kg CO₂e/kWh (GWP-fossil, EF 3.1). $E_3 = E_4 = 0$ dla wszystkich wariantów.

7.7.7 Założenia konserwacji (Moduł B2)

Konserwacja okresowa jest modelowana zgodnie z instrukcją producenta DTR.01.04.08.PL. Wymagany interwał przeglądów wynosi co 5 lat lub po 2000 cyklach operacyjnych, w zależności od tego, co nastąpi wcześniej. Przez 40-letni RSL daje to 8 zdarzeń przeglądowych.

Odłącznik MARK40 nie wymaga żadnych wymian komponentów podczas normalnej trwałości użytkowania. Producent wyraźnie potwierdza, że w normalnych warunkach eksploatacyjnych w ramach referencyjnej trwałości użytkowania nie jest konieczna wymiana żadnych części.

Czynności konserwacyjne obejmują: wzrokową kontrolę styków prądowych i styków uziemnika, kontrolę mechaniczną napędów i łożysk, weryfikację połączeń śrubowych, zewnętrzne czyszczenie izolatorów, smarowanie części ruchomych i styków. Materiały smarne stosowane na zdarzenie przeglądowe: MOBILGREASE 28 (styki elektryczne) i smar łożyskowy LT4 lub równoważny (przeguby kulowe i czopy).

Moduł B2 obejmuje również transport ekipy serwisowej na miejsce instalacji, modelowany jako 700 km samochodem osobowym (podróż powrotna) na zdarzenie przeglądowe z zastosowaniem norweskiego zestawu danych dla samochodów osobowych (transport, samochód osobowy, Cutoff, U — NO; ecoinvent 3.9.1), odzwierciedlając norweski kontekst rynkowy tej EPD. Przez 40-letni RSL odpowiada to łącznie 5 600 km i stanowi dominujący wkład do oddziaływań środowiskowych Modułu B2.

7.8 Założenia dotyczące końca życia

Pod koniec trwałości użytkowania produkt jest demontowany przez własną ekipę serwisową operatora sieci. Scenariusze końca życia opierają się na europejskich warunkach średnich. Produkt nie zawiera substancji niebezpiecznych ani gazów lub cieczy izolacyjnych wymagających specjalnego traktowania.

Moduł C1 (demontaż) obejmuje zużycie energii elektrycznej podczas demontażu oraz zastosowane środki ochrony osobistej. W C1 nie modeluje się dodatkowego transportu personelu serwisowego, ponieważ demontaż jest wykonywany przez własną ekipę konserwacyjną operatora sieci już obecną na miejscu instalacji.

Material	Sposób postępowania na końcu życia	Poziom recyklingu	Zestaw danych (ecoinvent 3.9.1, Cutoff)
Stal (ocynkowana ogniowo)	Recykling materiałowy	90%	Recykling złomu stalowego
Aluminium	Recykling materiałowy	95%	Recykling złomu aluminium
Miedź / mosiądz	Recykling materiałowy	95%	Recykling złomu miedzianego
Izolatory porcelanowe	Składowanie na wysypisku odpadów obojętnych	0%	Unieszkodliwianie odpadów obojętnych
Tworzywa sztuczne / elastomery	Składowanie odpadów innych niż niebezpieczne	0%	Unieszkodliwianie odpadów z tworzyw sztucznych
Opakowanie — przekładki drewniane	Składowanie odpadów innych niż niebezpieczne	0%	Unieszkodliwianie odpadów drewnianych

Transport do instalacji przetwarzania odpadów (Moduł C2) modeluje się jako transport drogowy ciężarówką (>16 t, EURO 6). Przyjmuje się jednostronną odległość transportu wynoszącą 50 km, zgodnie z domyślnym scenariuszem EN 15804+A2 dla warunków europejskich.

Przetwarzanie odpadów (Moduł C3) obejmuje mechaniczne sortowanie i separację frakcji materiałowych przed recyklingiem. Unieszkodliwianie (Moduł C4) obejmuje składowanie na wysypisku frakcji niepodlegających recyklingowi.

7.9 Korzyści poza granicami systemu (Moduł D)

Potencjalne korzyści środowiskowe związane z recyklingiem metali (stali, aluminium, miedzi i mosiądzu) na końcu życia są raportowane poza granicami systemu w module D zgodnie z EN 15804+A2 i IEC 63366:2025. Stosuje się podejście złomu netto zgodnie z EN 15804+A2, §6.4.3.3: korzyści są przyznawane tylko za netto ilość wtórnych produktów materialnych przekraczającą wkład zawartości z recyklingu na etapie produktu. Kredyty obliczane są przy użyciu substytucji pierwotnej produkcji metalu średnimi europejskimi zestawami danych produkcji wtórnej.

7.10 Jakość danych i hierarchia danych pierwotnych

Dane pierwotne dostarczone przez producenta były stosowane wszędzie tam, gdzie były dostępne, zgodnie z hierarchią danych ustanowioną w IEC TS 62271-320:2025, punkt 6.9.5.1:

- Priorytet 1 (dane pierwotne): Rezystancja głównego toru prądowego — średnia z pomiarów produkcyjnych przeprowadzonych na wszystkich jednostkach wyprodukowanych w 2025 roku ($R = 57,78 \mu\Omega$ na biegun).
- Priorytet 2 (scenariusze normatywne): Współczynnik obciążenia, współczynnik czasu użytkowania i RSL — wartości domyślne z IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10.
- Priorytet 3 (dane wtórne): Procesy tła (produkcja materiałów, transport, energia) — pobrane z ecoinvent 3.9.1 (model systemu Cutoff).

Reprezentatywność czasowa: Zestawy danych tła z ecoinvent 3.9.1 mają lata referencyjne od 2019 do 2022, co jest uznawane za odpowiednie wobec braku znaczących zmian technologicznych w pierwotnej produkcji metali w tym okresie. Dane pierwotne producenta zostały zebrane w 2025 roku i są w pełni reprezentatywne dla bieżącej produkcji.

Reprezentatywność geograficzna: Zestawy danych dotyczące produkcji materiałów odzwierciedlają europejskie warunki średnie (RER) lub globalne wartości średnie (GLO), gdy dane specyficzne dla Europy są niedostępne. Miks energetyczny dla Modułu A3 wykorzystuje zestaw danych polskiej sieci krajowej (ecoinvent 3.9.1, Cutoff, PL). Moduły A4, A5, B2, C1 i B6 korzystają z norweskich zestawów danych, zgodnie z deklarowanym rynkiem referencyjnym (Sekcja 6).

Reprezentatywność technologiczna: Zestawy danych dotyczące pierwotnej produkcji stali, aluminium i miedzi odzwierciedlają aktualną europejską technologię produkcji. Produkcja izolatorów porcelanowych została zamodelowana przy użyciu ogólnego zestawu danych dla ceramiki, co stanowi podejście konserwatywne względem rzeczywistego procesu produkcji izolatorów elektroenergetycznych; w bazie ecoinvent 3.9.1 brak jest zestawu danych specyficznego dla tego produktu.

Ogólna jakość danych jest uznawana za odpowiednią do celów niniejszej EPD i niezależnej weryfikacji.

Materiały do recyklingu (MFR) raportowane w module A2+A3 reprezentują odpadki metalowe i wióry ze skrawania (stal, aluminium, miedź) powstające podczas operacji produkcyjnych w zakładzie ZWAE w Kęłowie. Te strumienie odpadów produkcyjnych są kierowane do zewnętrznych instalacji recyklingu metali. Wartości MFR na wariant: V1 — 6,86 kg; V2 — 8,62 kg; V3 — 10,4 kg. Nie zgłasza się korzyści Modułu D z recyklingu odpadów na etapie produkcji. Dla odpadów produkcyjnych zastosowano alokację masową zgodnie z IEC 63366:2025, §4.2.5.1.

7.11 Dodatkowe informacje środowiskowe

Następujące dodatkowe informacje są podawane zgodnie z IEC TS 62271-320:2025, punkt 7.5.6 i IEC 63366:2025, punkt 4.6.5.

Substancje niebezpieczne: Odłącznik MARK40 nie zawiera substancji niebezpiecznych powyżej progów regulacyjnych. W szczególności w produkcie nie występują substancje wzbudzające szczególnie duże obawy (SVHC) w rozumieniu rozporządzenia REACH (WE) nr 1907/2006, ani substancje ograniczone dyrektywą RoHS 2011/65/UE. Produkt składa się wyłącznie ze stali ocynkowanej ogniowo, aluminium, miedzi i porcelany. Nie stosuje się gazów izolacyjnych (w tym SF6) ani olejów. Producent potwierdza zgodność z wymaganiami deklaracji materiałowej IEC 62474.

Podatność na recykling: Odłącznik jest zbudowany przede wszystkim z metali nadających się do recyklingu (stal ocynkowana ogniowo, aluminium, miedź). Producent stwierdza, że wszystkie główne materiały konstrukcyjne podlegają recyklingowi materiałowemu. Zgodnie z obowiązującymi przepisami dotyczącymi odpadów producent przyjmuje zwroty wycofanych z eksploatacji jednostek w celu właściwego unieszkodliwienia, zgodnie z instrukcją producenta DTR.01.04.08.PL, Sekcja 6 (Utylizacja).

Zdolność do demontażu: Produkt jest zaprojektowany z myślą o demontażu. Wszystkie połączenia są śrubowe (brak zespawanych lub trwale sklejonnych złączy), co umożliwia separację na poziomie komponentów na końcu życia. Kolejność demontażu i wartości momentów dokręcania są udokumentowane w instrukcji DTR.01.04.08.PL.

Informacje dotyczące końca życia: Instrukcje postępowania na końcu życia, identyfikacja materiałów i wskazówki dotyczące recyklingu są udostępniane przez producenta w instrukcji DTR.01.04.08.PL, Sekcja 6 (Utylizacja).

7.12 Kluczowe założenia LCA — podsumowanie parametrów modelowania

Poniższa tabela podsumowuje kluczowe parametry stosowane do modelowania oceny cyklu życia deklarowanego produktu zgodnie z IEC TS 62271-320:2025 i IEC 63366:2025. Niniejsze podsumowanie ma na celu wspieranie niezależnej weryfikacji EPD.

Parametr	Wartość	Źródło / uzasadnienie
Jednostka deklarowana	Jeden jednobiegunowy napowietrzny odłącznik (z uziemnikiem lub bez)	Specyfikacja produktu
Nazwy handlowe	MARK40-1/420 / MRI-420	Producent
Napięcie znamionowe	420 kV	Specyfikacja producenta
Prąd znamionowy (I _r)	2 500 A / 3 150 A / 4 000 A	Specyfikacja producenta
Referencyjna trwałość użytkowania (RSL)	40 lat	IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10
Współczynnik obciążenia (L)	35% prądu znamionowego	IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10
Współczynnik czasu użytkowania (H)	100 %	IEC TS 62271-320:2025, Tabela 10
Równoważny prąd roboczy (I _{eq})	875 A / 1 102,5 A / 1 400 A	Obliczone ($I_{eq} = 0,35 \times I_r$)
Rezystancja obwodu głównego (R)	57,78 $\mu\Omega$ na biegun	Dane pierwotne — średnia arytmetyczna pomiarów produkcyjnych 2025
Średnie straty mocy ($P = R \times I_{eq}^2$)	44,25 W / 70,27 W / 113,25 W	Obliczone (prawo Joule'a)
Łączne straty obwodu głównego przez RSL (E ₁)	15 501 / 24 609 / 39 682 kWh na biegun (dla 2 500 / 3 150 / 4 000 A)	IEC TS 62271-320:2025, Wzór (16), §6.9.5.4
Energia grzałek antykondensacyjnych przez RSL (E ₂)	V1: 13 378 kWh / V2: 26 756 kWh / V3: 40 134 kWh (niezależnie od scenariusza prądowego)	Dane producenta; liczba godzin T < 7°C: 4 618 h/rok (mediana, 5 stacji norweskich, 2001–2025, Frost API MET Norway)
Łączne zużycie energii w etapie użytkowania (B6)	V1: 28 879 / 37 987 / 53 060 kWh; V2: 42 257 / 51 365 / 66 438 kWh; V3: 55 635 / 64 743 / 79 816 kWh (dla 2 500 / 3 150 / 4 000 A)	Obliczone (E ₁ + E ₂)

Parametr	Wartość	Źródło / uzasadnienie
Moc napędu w trybie czuwania	0 W (napęd pasywny, brak poboru w trybie czuwania)	Producent
Łączne zużycie w trybie czuwania przez RSL (E_3)	0 kWh ($E_3 = 0$ dla wszystkich wariantów)	Obliczone
Miks energetyczny — Moduł A3 (produkcja, Polska)	Polska sieć krajowa, ecoinvent 3.9.1	Polska sieć krajowa (ecoinvent 3.9.1, Cutoff, PL). Domyślny czynnik GWP zastąpiony w modelu LCA wartością 0,599 kg CO ₂ e/kWh (poLCA-EN-PL-2024, KOBIZE 2024), zastosowaną na etapie charakteryzacji; udokumentowane w bazowym raporcie LCA.
Współczynnik emisji — energia elektryczna	0,599 kg CO ₂ e/kWh	Dane operacyjne KOBIZE 2024, rozszerzone o wkłady z łańcucha dostaw (łańcuch dostaw paliwa, emisje metanu z kopalń węgla, infrastruktura). Podejście to odzwierciedla specyfikę polskiej sieci energetycznej, zdominowanej przez wytwarzanie energii z węgla.
Miks energetyczny (A5, B2, C1, B6)	Sieć norweska, ecoinvent 3.9.1	Rynek energii elektrycznej, średnie napięcie, Cutoff, U — NO
Współczynnik emisji — energia elektryczna	0,027 kg CO ₂ e/kWh	Sieć norweska, ecoinvent 3.9.1, EN 15804+A2 EF 3.1
Interwał konserwacji	Co 5 lat lub 2000 cykli operacyjnych	Instrukcja producenta DTR.01.04.08.PL
Liczba przeglądów przez RSL	8 przeglądów	Obliczone (40 lat / 5 lat)
Wymiany komponentów	Niewymagane w trakcie RSL	Instrukcja producenta (DTR.01.04.08.PL §5.3)
Gazy izolacyjne	Brak (bez SF ₆ ani zamienników)	Projekt produktu — rozdzielnia napowietrzna (AIS)

Parametr	Wartość	Źródło / uzasadnienie
Ciecze izolacyjne	Brak	Projekt produktu
Granica systemu	Od kołyski do grobu (A1–A5, B2, B6, C1–C4, D)	IEC 63366:2025 / IEC TS 62271-320:2025
Metoda charakteryzacji LCA	EN 15804+A2, EF 3.1	Stosowana jako ramy LCIA

8. Wyniki oceny oddziaływania cyklu życia

Wyniki oceny oddziaływania cyklu życia obliczane są przy użyciu czynników charakteryzacji EN 15804+A2 zgodnych z EF 3.1. Wyniki są przedstawiane na jednostkę deklarowaną (jeden biegun) dla każdego wariantu (V1, V2, V3) i trzech scenariuszy prądu znamionowego (2 500 A / 3 150 A / 4 000 A) w module B6. Moduły niemające zastosowania lub nieistotne dla tego produktu są pominięte.

Tabela 1. Podstawowe wskaźniki oddziaływania środowiskowego — Wariant V1 — Odłącznik bez uziemnika (1 × Napęd NSO80)

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V1 — Odłącznik bez uziemnika (1 × Napęd NSO80)														
GWP-total	kg CO2 eq.	3,28E+03	1,86E+02	1,85E+02	1,94E+00	3,00E+02	8,15E+02	1,07E+03	1,50E+03	1,45E+00	1,88E+01	1,06E+01	2,22E+00	-1,52E+03
GWP-fossil	kg CO2 eq.	3,26E+03	1,86E+02	1,84E+02	2,59E+00	3,05E+02	7,79E+02	1,03E+03	1,43E+03	2,11E+00	1,87E+01	1,07E+01	2,21E+00	-1,52E+03
GWP-bio	kg CO2 eq.	1,36E+01	8,60E-03	1,44E-01	-8,22E-01	-6,62E+00	2,95E+01	3,88E+01	5,42E+01	-8,28E-01	1,45E-02	-1,63E-01	2,78E-03	2,60E+00
GWP-luluc	kg CO2 eq.	5,27E+00	1,34E-01	9,09E-02	1,71E-01	1,49E+00	5,98E+00	7,86E+00	1,10E+01	1,71E-01	8,61E-03	1,51E-02	6,00E-04	-2,98E+00
GWP-IOBC	kg CO2 eq.	3,29E+03	1,86E+02	1,85E+02	2,82E+00	3,07E+02	8,00E+02	1,05E+03	1,47E+03	2,34E+00	1,87E+01	1,08E+01	2,21E+00	-1,53E+03
ODP	kg CFC-11 eq.	6,01E-05	3,06E-06	4,16E-06	2,30E-05	1,90E-04	2,24E-05	2,95E-05	4,12E-05	2,61E-08	4,09E-07	1,76E-07	3,57E-08	-2,09E-05
AP	mol H+ eq.	2,40E+01	4,67E+00	5,47E-01	3,42E-02	1,27E+00	3,11E+00	4,09E+00	5,72E+00	3,14E-02	3,87E-02	1,12E-01	1,90E-02	-1,18E+01
EP-fw	kg P eq.	2,01E+00	1,11E-02	1,35E-02	1,82E-03	5,19E-02	3,30E-01	4,34E-01	6,07E-01	1,72E-03	1,30E-03	5,92E-03	1,80E-04	-2,04E+00
EP-mar	kg N eq.	3,66E+00	1,17E+00	1,47E-01	4,62E-02	6,23E-01	6,38E-01	8,39E-01	1,17E+00	4,55E-02	9,62E-03	2,66E-02	8,17E-03	-2,28E+00
EP-ter	mol N eq.	4,05E+01	1,29E+01	1,53E+00	1,30E-01	3,71E+00	6,88E+00	9,05E+00	1,26E+01	1,24E-01	9,74E-02	2,97E-01	8,86E-02	-2,67E+01
POCP	kg NMVOC eq.	1,37E+01	3,53E+00	8,05E-01	1,34E-02	1,30E+00	2,06E+00	2,71E+00	3,79E+00	9,45E-03	6,05E-02	8,94E-02	2,71E-02	-8,02E+00
ADPE	kg Sb eq.	2,68E-01	1,68E-04	3,50E-04	8,09E-06	2,33E-03	5,63E-03	7,40E-03	1,03E-02	6,09E-06	4,41E-05	2,10E-04	7,45E-07	-2,15E-01
ADPF	MJ	4,00E+04	2,34E+03	2,81E+03	3,33E+01	4,02E+03	1,65E+04	2,17E+04	3,02E+04	2,35E+01	2,66E+02	1,49E+02	3,16E+01	-1,55E+04
WDP	m3 world eq.	9,61E+02	8,26E+00	1,43E+01	6,11E+01	4,74E+02	3,32E+04	4,37E+04	6,11E+04	6,09E+01	1,28E+00	2,42E+00	1,16E-01	-3,94E+02

GWP-total — Potencjał globalnego ocieplenia, łączny; GWP-fossil — GWP, paliwa kopalne; GWP-bio — GWP, węgiel biogeniczny; GWP-luluc — GWP, użytkowanie gruntów i zmiana użytkowania gruntów; GWP-IOBC — GWP bez C biogenicznego (dobrowolny); ODP — Potencjał niszczenia ozonu; AP — Potencjał zakwaszenia; EP-fw — Potencjał eutrofizacji, wody słodkie; EP-mar — Potencjał eutrofizacji, morski; EP-ter — Potencjał eutrofizacji, lądowy; POCP — Potencjał tworzenia troposferycznego ozonu; ADPE — Potencjał wyczerpywania zasobów abiotycznych, niekopalnych (zastrz.2); ADPF — Potencjał wyczerpywania zasobów abiotycznych, kopalnych (zastrz.2); WDP — Potencjał zubożenia zasobów wodnych (zastrz.2).

Zastrzeżenie 2 (ADPE, ADPF, WDP, ETP-fw, HTP-c, HTP-nc, SQP): Wyniki tego wskaźnika oddziaływania środowiskowego należy stosować ostrożnie, gdyż niepewności tych wyników są wysokie lub doświadczenie z tym wskaźnikiem jest ograniczone.

Tabela 1. Podstawowe wskaźniki oddziaływania środowiskowego — **Wariant V2 — Odłącznik z jednym uziemnikiem (2 × napęd NSO80)**

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V2 — Odłącznik z jednym uziemnikiem (2 × Napęd NSO80)														
GWP-total	kg CO2 eq.	4,06E+03	1,90E+02	2,07E+02	1,94E+00	3,00E+02	1,19E+03	1,45E+03	1,87E+03	1,45E+00	2,25E+01	1,38E+01	2,38E+00	-2,04E+03
GWP-fossil	kg CO2 eq.	4,04E+03	1,90E+02	2,07E+02	2,59E+00	3,05E+02	1,14E+03	1,39E+03	1,79E+03	2,11E+00	2,24E+01	1,40E+01	2,37E+00	-2,03E+03
GWP-bio	kg CO2 eq.	1,10E+01	1,53E-02	1,62E-01	-8,22E-01	-6,62E+00	4,31E+01	5,24E+01	6,78E+01	-8,28E-01	1,74E-02	-2,14E-01	3,57E-03	3,47E+00
GWP-luluc	kg CO2 eq.	6,82E+00	1,35E-01	1,02E-01	1,71E-01	1,49E+00	8,75E+00	1,06E+01	1,38E+01	1,71E-01	1,03E-02	1,98E-02	7,50E-04	-4,00E+00
GWP-IOBC	kg CO2 eq.	4,07E+03	1,90E+02	2,07E+02	2,82E+00	3,07E+02	1,17E+03	1,42E+03	1,84E+03	2,34E+00	2,25E+01	1,41E+01	2,38E+00	-2,04E+03
ODP	kg CFC-11 eq.	7,61E-05	3,15E-06	4,67E-06	2,30E-05	1,90E-04	3,28E-05	3,98E-05	5,15E-05	2,61E-08	4,90E-07	2,30E-07	3,88E-08	-2,76E-05
AP	mol H+ eq.	3,07E+01	4,68E+00	6,14E-01	3,42E-02	1,27E+00	4,56E+00	5,54E+00	7,16E+00	3,14E-02	4,64E-02	1,47E-01	2,01E-02	-1,53E+01
EP-fw	kg P eq.	2,60E+00	1,23E-02	1,51E-02	1,82E-03	5,19E-02	4,83E-01	5,87E-01	7,60E-01	1,72E-03	1,55E-03	7,78E-03	2,10E-04	-2,68E+00
EP-mar	kg N eq.	4,62E+00	1,17E+00	1,65E-01	4,62E-02	6,23E-01	9,34E-01	1,13E+00	1,47E+00	4,55E-02	1,15E-02	3,49E-02	8,53E-03	-2,97E+00
EP-ter	mol N eq.	5,10E+01	1,29E+01	1,71E+00	1,30E-01	3,71E+00	1,01E+01	1,22E+01	1,58E+01	1,24E-01	1,17E-01	3,90E-01	9,24E-02	-3,47E+01
POCP	kg NMVOC eq.	1,72E+01	3,54E+00	9,05E-01	1,34E-02	1,30E+00	3,02E+00	3,67E+00	4,74E+00	9,45E-03	7,25E-02	1,17E-01	2,84E-02	-1,05E+01
ADPE	kg Sb eq.	3,30E-01	1,80E-04	4,00E-04	8,09E-06	2,33E-03	8,23E-03	1,00E-02	1,30E-02	6,09E-06	5,29E-05	2,70E-04	8,82E-07	-2,24E-01
ADPF	MJ	4,85E+04	2,39E+03	3,16E+03	3,33E+01	4,02E+03	2,41E+04	2,93E+04	3,79E+04	2,35E+01	3,19E+02	1,95E+02	3,48E+01	-2,06E+04
WDP	m3 world eq.	1,24E+03	8,68E+00	1,61E+01	6,11E+01	4,74E+02	4,86E+04	5,91E+04	7,65E+04	6,09E+01	1,54E+00	3,17E+00	1,38E-01	-5,33E+02

GWP-total — Potencjał globalnego ocieplenia, łączny; GWP-fossil — GWP, paliwa kopalne; GWP-bio — GWP, węgiel biogeniczny; GWP-luluc — GWP, użytkowanie gruntów i zmiana użytkowania gruntów; GWP-IOBC — GWP bez C biogenicznego (dobrowolny); ODP — Potencjał niszczenia ozonu; AP — Potencjał zakwaszenia; EP-fw — Potencjał eutrofizacji, wody słodkie; EP-mar — Potencjał eutrofizacji, morski; EP-ter — Potencjał eutrofizacji, lądowy; POCP — Potencjał tworzenia troposferycznego ozonu; ADPE — Potencjał wyczerpywania zasobów abiotycznych, niekopalnych (zastrz.2); ADPF — Potencjał wyczerpywania zasobów abiotycznych, kopalnych (zastrz.2); WDP — Potencjał zubożenia zasobów wodnych (zastrz.2).

Zastrzeżenie 2 (ADPE, ADPF, WDP, ETP-fw, HTP-c, HTP-nc, SQP): Wyniki tego wskaźnika oddziaływania środowiskowego należy stosować ostrożnie, gdyż niepewności tych wyników są wysokie lub doświadczenie z tym wskaźnikiem jest ograniczone.

Tabela 1. Podstawowe wskaźniki oddziaływania środowiskowego – Wariant V3 — Odłącznik z dwoma uziemnikami (3 × napęd NSO80)

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V3 — Odłącznik z dwoma uziemnikami (3 × Napęd NSO80)														
GWP-total	kg CO2 eq.	4,83E+03	1,94E+02	2,30E+02	1,94E+00	3,00E+02	1,57E+03	1,83E+03	2,25E+03	1,45E+00	2,62E+01	1,71E+01	2,54E+00	-2,55E+03
GWP-fossil	kg CO2 eq.	4,82E+03	1,94E+02	2,30E+02	2,59E+00	3,05E+02	1,50E+03	1,75E+03	2,15E+03	2,11E+00	2,62E+01	1,74E+01	2,53E+00	-2,55E+03
GWP-bio	kg CO2 eq.	8,38E+00	2,20E-02	1,79E-01	-8,22E-01	-6,62E+00	5,68E+01	6,61E+01	8,15E+01	-8,28E-01	2,03E-02	-2,66E-01	4,35E-03	4,34E+00
GWP-luluc	kg CO2 eq.	8,37E+00	1,37E-01	1,13E-01	1,71E-01	1,49E+00	1,15E+01	1,34E+01	1,65E+01	1,71E-01	1,20E-02	2,45E-02	9,10E-04	-5,03E+00
GWP-IOBC	kg CO2 eq.	4,85E+03	1,94E+02	2,30E+02	2,82E+00	3,07E+02	1,54E+03	1,79E+03	2,21E+03	2,34E+00	2,62E+01	1,74E+01	2,54E+00	-2,56E+03
ODP	kg CFC-11 eq.	9,21E-05	3,24E-06	5,19E-06	2,30E-05	1,90E-04	4,32E-05	5,02E-05	6,19E-05	2,61E-08	5,71E-07	2,85E-07	4,20E-08	-3,43E-05
AP	mol H+ eq.	3,75E+01	4,70E+00	6,82E-01	3,42E-02	1,27E+00	6,00E+00	6,98E+00	8,60E+00	3,14E-02	5,40E-02	1,82E-01	2,12E-02	-1,87E+01
EP-fw	kg P eq.	3,19E+00	1,35E-02	1,68E-02	1,82E-03	5,19E-02	6,36E-01	7,40E-01	9,13E-01	1,72E-03	1,81E-03	9,63E-03	2,40E-04	-3,31E+00
EP-mar	kg N eq.	5,59E+00	1,17E+00	1,83E-01	4,62E-02	6,23E-01	1,23E+00	1,43E+00	1,76E+00	4,55E-02	1,34E-02	4,32E-02	8,90E-03	-3,66E+00
EP-ter	mol N eq.	6,15E+01	1,29E+01	1,90E+00	1,30E-01	3,71E+00	1,33E+01	1,54E+01	1,90E+01	1,24E-01	1,36E-01	4,83E-01	9,63E-02	-4,27E+01
POCP	kg NMVOC eq.	2,07E+01	3,56E+00	1,00E+00	1,34E-02	1,30E+00	3,97E+00	4,62E+00	5,70E+00	9,45E-03	8,45E-02	1,45E-01	2,97E-02	-1,29E+01
ADPE	kg Sb eq.	3,93E-01	1,82E-04	4,40E-04	8,09E-06	2,33E-03	1,08E-02	1,26E-02	1,56E-02	6,09E-06	6,16E-05	3,30E-04	1,02E-06	-2,32E-01
ADPF	MJ	5,70E+04	2,44E+03	3,50E+03	3,33E+01	4,02E+03	3,17E+04	3,69E+04	4,55E+04	2,35E+01	3,72E+02	2,42E+02	3,79E+01	-2,56E+04
WDP	m3 world eq.	1,52E+03	9,10E+00	1,79E+01	6,11E+01	4,74E+02	6,40E+04	7,45E+04	9,19E+04	6,09E+01	1,79E+00	3,92E+00	1,59E-01	-6,72E+02

GWP-total — Potencjał globalnego ocieplenia, łączny; GWP-fossil — GWP, paliwa kopalne; GWP-bio — GWP, węgiel biogeniczny; GWP-luluc — GWP, użytkowanie gruntów i zmiana użytkowania gruntów; GWP-IOBC — GWP bez C biogenicznego (dobrowolny); ODP — Potencjał niszczenia ozonu; AP — Potencjał zakwaszenia; EP-fw — Potencjał eutrofizacji, wody słodkie; EP-mar — Potencjał eutrofizacji, morski; EP-ter — Potencjał eutrofizacji, lądowy; POCP — Potencjał tworzenia troposferycznego ozonu; ADPE — Potencjał wyczerpywania zasobów abiotycznych, niekopalnych (zastrz.2); ADPF — Potencjał wyczerpywania zasobów abiotycznych, kopalnych (zastrz.2); WDP — Potencjał zubożenia zasobów wodnych (zastrz.2).

Zastrzeżenie 2 (ADPE, ADPF, WDP, ETP-fw, HTP-c, HTP-nc, SQP): Wyniki tego wskaźnika oddziaływania środowiskowego należy stosować ostrożnie, gdyż niepewności tych wyników są wysokie lub doświadczenie z tym wskaźnikiem jest ograniczone.

GWP-total jest sumą GWP-fossil, GWP-biogenic i GWP-luluc, zgodnie z EN 15804+A2 / EF 3.1. Nieznaczne różnice liczbowe ($\pm 0,5\%$) mogą wynikać z zaokrąglania. Addytywność została zweryfikowana w bazowym modelu LCA.

Tabela 2. Dodatkowe wskaźniki oddziaływania środowiskowego

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V1 — Odłącznik bez uziemnika (1 × Napęd NSO80)														
PM	disease inc.	1,49E-03	6,32E-06	1,37E-05	2,54E-07	1,63E-05	3,36E-05	4,42E-05	6,17E-05	2,14E-07	9,42E-07	1,50E-06	4,89E-07	-1,30E-04
IRP	kBq U235 eq.	1,87E+02	1,57E+00	3,49E+00	2,67E-01	7,14E+00	7,53E+02	9,91E+02	1,38E+03	2,37E-01	4,27E-01	1,21E+00	2,99E-02	-4,57E+01
ETP-fw	CTUe	3,70E+04	1,16E+03	1,34E+03	1,11E+02	3,22E+03	6,13E+03	8,07E+03	1,13E+04	8,98E+01	1,33E+02	1,08E+02	5,56E+01	-2,69E+04
HTP-c	CTUh	1,02E-05	8,00E-08	8,04E-08	1,15E-09	2,41E-07	9,52E-07	1,25E-06	1,75E-06	8,33E-10	7,63E-09	1,44E-08	8,31E-10	-4,37E-06
HTP-nc	CTUh	1,70E-04	7,74E-07	1,70E-06	4,17E-08	3,21E-06	1,54E-05	2,03E-05	2,84E-05	3,61E-08	1,53E-07	5,46E-07	7,32E-09	-3,69E-05
SQP	dimensionless	1,54E+04	4,51E+02	2,79E+03	9,21E+01	2,08E+03	5,86E+03	7,71E+03	1,08E+04	8,98E+01	1,36E+02	3,01E+02	4,20E+01	-5,70E+03
Wariant V2 — Odłącznik z jednym uziemnikiem (2 × Napęd NSO80)														
PM	disease inc.	1,55E-03	6,50E-06	1,54E-05	2,54E-07	1,63E-05	4,92E-05	5,98E-05	7,73E-05	2,14E-07	1,13E-06	1,97E-06	5,10E-07	-1,70E-04
IRP	kBq U235 eq.	2,29E+02	1,65E+00	3,92E+00	2,67E-01	7,14E+00	1,10E+03	1,34E+03	1,73E+03	2,37E-01	5,12E-01	1,58E+00	3,73E-02	-5,93E+01
ETP-fw	CTUe	4,82E+04	1,18E+03	1,50E+03	1,11E+02	3,22E+03	8,97E+03	1,09E+04	1,41E+04	8,98E+01	1,60E+02	1,41E+02	6,93E+01	-3,39E+04
HTP-c	CTUh	1,30E-05	8,17E-08	9,04E-08	1,15E-09	2,41E-07	1,39E-06	1,69E-06	2,19E-06	8,33E-10	9,15E-09	1,88E-08	9,23E-10	-5,94E-06
HTP-nc	CTUh	2,10E-04	8,09E-07	1,91E-06	4,17E-08	3,21E-06	2,26E-05	2,75E-05	3,55E-05	3,61E-08	1,83E-07	7,18E-07	8,48E-09	-4,51E-05
SQP	dimensionless	1,88E+04	4,77E+02	3,14E+03	9,21E+01	2,08E+03	8,57E+03	1,04E+04	1,35E+04	8,98E+01	1,63E+02	3,93E+02	4,70E+01	-7,26E+03
Wariant V3 — Odłącznik z dwoma uziemnikami (3 × Napęd NSO80)														
PM	disease inc.	1,61E-03	6,68E-06	1,71E-05	2,54E-07	1,63E-05	6,47E-05	7,53E-05	9,29E-05	2,14E-07	1,32E-06	2,44E-06	5,30E-07	-2,20E-04
IRP	kBq U235 eq.	2,71E+02	1,74E+00	4,35E+00	2,67E-01	7,14E+00	1,45E+03	1,69E+03	2,08E+03	2,37E-01	5,97E-01	1,96E+00	4,47E-02	-7,28E+01
ETP-fw	CTUe	5,93E+04	1,21E+03	1,67E+03	1,11E+02	3,22E+03	1,18E+04	1,37E+04	1,69E+04	8,98E+01	1,86E+02	1,75E+02	8,31E+01	-4,09E+04
HTP-c	CTUh	1,59E-05	8,34E-08	1,00E-07	1,15E-09	2,41E-07	1,83E-06	2,13E-06	2,63E-06	8,33E-10	1,07E-08	2,33E-08	1,02E-09	-7,50E-06
HTP-nc	CTUh	2,60E-04	8,45E-07	2,12E-06	4,17E-08	3,21E-06	2,98E-05	3,46E-05	4,27E-05	3,61E-08	2,14E-07	8,90E-07	9,64E-09	-5,33E-05
SQP	dimensionless	2,23E+04	5,02E+02	3,48E+03	9,21E+01	2,08E+03	1,13E+04	1,31E+04	1,62E+04	8,98E+01	1,90E+02	4,85E+02	5,20E+01	-8,82E+03

PM — Częstki stałe, potencjalna zachorowalność; IRP — Promieniowanie jonizujące, potencjalna ekspozycja ludzi (zastrz.1); ETP-fw — Ekotoksyczność, wody słodkie (zastrz.2); HTP-c — Toksyczność dla ludzi, efekty rakotwórcze (zastrz.2); HTP-nc — Toksyczność dla ludzi, efekty nierakotwórcze (zastrz.2); SQP — Potencjał jakości gleby (zastrz.2).

Zastrzeżenie 1 (IRP): Wskaźnik ten dotyczy głównie ewentualnego wpływu niskodawkowego promieniowania jonizującego na zdrowie ludzkie w cyklu paliwa jądrowego. Nie uwzględnia skutków możliwych wypadków jądrowych, narażenia zawodowego ani składowania odpadów radioaktywnych w podziemnych instalacjach.

Zastrzeżenie 2 (ADPE, ADPF, WDP, ETP-fw, HTP-c, HTP-nc, SQP): Wyniki tego wskaźnika oddziaływania środowiskowego należy stosować ostrożnie, gdyż niepewności tych wyników są wysokie lub doświadczenie z tym wskaźnikiem jest ograniczone.

Tabela 3. Zużycie zasobów naturalnych

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V1 — Odłącznik bez uziemnika (1 × Napęd NSO80)														
PERE	MJ	3,77E+03	2,32E+01	4,05E+01	3,13E+01	1,93E+02	1,10E+05	1,45E+05	2,03E+05	3,07E+01	4,61E+00	2,15E+01	4,53E-01	-1,76E+03
PERM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PERT	MJ	3,77E+03	2,32E+01	4,05E+01	3,13E+01	1,93E+02	1,10E+05	1,45E+05	2,03E+05	3,07E+01	4,61E+00	2,15E+01	4,53E-01	-1,76E+03
PENRE	MJ	4,00E+04	2,34E+03	2,81E+03	3,33E+01	4,02E+03	1,65E+04	2,17E+04	3,02E+04	2,35E+01	2,66E+02	1,49E+02	3,17E+01	-1,55E+04
PENRM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PENRT	MJ	4,00E+04	2,34E+03	2,81E+03	3,33E+01	4,02E+03	1,65E+04	2,17E+04	3,02E+04	2,35E+01	2,66E+02	1,49E+02	3,17E+01	-1,55E+04
SM	kg	1,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FW	m3	3,23E+01	3,40E-01	4,90E-01	1,69E+00	1,35E+01	7,80E+02	1,03E+03	1,43E+03	1,68E+00	4,35E-02	8,80E-02	1,09E-02	-1,12E+01
Wariant V2 — Odłącznik z jednym uziemnikiem (2 × Napęd NSO80)														
PERE	MJ	4,80E+03	2,48E+01	4,55E+01	3,13E+01	1,93E+02	1,61E+05	1,96E+05	2,54E+05	3,07E+01	5,53E+00	2,82E+01	5,54E-01	-2,38E+03
PERM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PERT	MJ	4,80E+03	2,48E+01	4,55E+01	3,13E+01	1,93E+02	1,61E+05	1,96E+05	2,54E+05	3,07E+01	5,53E+00	2,82E+01	5,54E-01	-2,38E+03
PENRE	MJ	4,85E+04	2,39E+03	3,16E+03	3,33E+01	4,02E+03	2,41E+04	2,93E+04	3,79E+04	2,35E+01	3,19E+02	1,96E+02	3,48E+01	-2,06E+04
PENRM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PENRT	MJ	4,85E+04	2,39E+03	3,16E+03	3,33E+01	4,02E+03	2,41E+04	2,93E+04	3,79E+04	2,35E+01	3,19E+02	1,96E+02	3,48E+01	-2,06E+04
SM	kg	1,80E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FW	m3	4,12E+01	3,71E-01	5,51E-01	1,69E+00	1,35E+01	1,14E+03	1,39E+03	1,79E+03	1,68E+00	5,21E-02	1,15E-01	1,39E-02	-1,50E+01

PERE — energia pierwotna odnawialna wykorzystywana jako nośnik energii; PERM — energia pierwotna odnawialna wykorzystywana jako surowiec; PERT — całkowita energia pierwotna odnawialna (PERE+PERM); PENRE — energia pierwotna nieodnawialna wykorzystywana jako nośnik energii; PENRM — energia pierwotna nieodnawialna wykorzystywana jako surowiec; PENRT — całkowita energia pierwotna nieodnawialna; SM — materiały wtórne; RSF — odnawialne paliwa wtórne; NRSF — nieodnawialne paliwa wtórne; FW — zużycie netto wody słodkiej.

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V3 — Odłącznik z dwoma uziemnikami (3 × Napęd NSO80)														
PERE	MJ	5,83E+03	2,63E+01	5,05E+01	3,13E+01	1,93E+02	2,13E+05	2,47E+05	3,05E+05	3,07E+01	6,44E+00	3,49E+01	6,55E-01	-3,00E+03
PERM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PERT	MJ	5,83E+03	2,63E+01	5,05E+01	3,13E+01	1,93E+02	2,13E+05	2,47E+05	3,05E+05	3,07E+01	6,44E+00	3,49E+01	6,55E-01	-3,00E+03
PENRE	MJ	5,70E+04	2,44E+03	3,50E+03	3,33E+01	4,02E+03	3,17E+04	3,69E+04	4,55E+04	2,35E+01	3,72E+02	2,42E+02	3,79E+01	-2,56E+04
PENRM	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PENRT	MJ	5,70E+04	2,44E+03	3,50E+03	3,33E+01	4,02E+03	3,17E+04	3,69E+04	4,55E+04	2,35E+01	3,72E+02	2,42E+02	3,79E+01	-2,56E+04
SM	kg	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
RSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
NRSF	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FW	m3	5,02E+01	4,01E-01	6,11E-01	1,69E+00	1,35E+01	1,50E+03	1,75E+03	2,16E+03	1,68E+00	6,07E-02	1,43E-01	1,69E-02	-1,87E+01

PERE — energia pierwotna odnawialna wykorzystywana jako nośnik energii; PERM — energia pierwotna odnawialna wykorzystywana jako surowiec; PERT — całkowita energia pierwotna odnawialna (PERE+PERM); PENRE — energia pierwotna nieodnawialna wykorzystywana jako nośnik energii; PENRM — energia pierwotna nieodnawialna wykorzystywana jako surowiec; PENRT — całkowita energia pierwotna nieodnawialna; SM — materiały wtórne; RSF — odnawialne paliwa wtórne; NRSF — nieodnawialne paliwa wtórne; FW — zużycie netto wody słodkiej.

Tabela 4. Strumienie wyjściowe i odpady

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V1 — Odłącznik bez uziemnika (1 × Napęd NSO80)														
HWD	kg	9,28E-01	1,66E-02	1,73E-02	1,00E-04	3,02E-02	2,66E-02	3,50E-02	4,88E-02	7,33E-05	1,68E-03	8,10E-04	1,90E-04	-7,44E-02
NHWD	kg	5,73E+00	5,36E-02	6,61E-02	1,17E+01	1,50E-01	7,01E-01	9,22E-01	1,29E+00	1,26E-03	7,65E-03	1,15E-02	6,60E+02	-3,69E-01
RWD	kg	4,67E-02	3,69E-04	8,40E-04	6,22E-05	1,74E-03	1,63E-01	2,15E-01	3,00E-01	5,47E-05	1,00E-04	3,10E-04	7,12E-06	-1,14E-02
CRU	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MFR	kg	0,00E+00	6,86E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,34E+02	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EET	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Wariant V2 — Odłącznik z jednym uziemnikiem (2 × Napęd NSO80)														
HWD	kg	1,15E+00	1,81E-02	1,95E-02	1,00E-04	3,02E-02	3,89E-02	4,73E-02	6,11E-02	7,33E-05	2,02E-03	1,07E-03	2,00E-04	-9,54E-02
NHWD	kg	8,34E+00	5,50E-02	7,42E-02	1,17E+01	1,50E-01	1,03E+00	1,25E+00	1,61E+00	1,26E-03	9,17E-03	1,50E-02	6,77E+02	-4,85E-01
RWD	kg	5,73E-02	3,88E-04	9,50E-04	6,22E-05	1,74E-03	2,39E-01	2,90E-01	3,76E-01	5,47E-05	1,30E-04	4,00E-04	8,91E-06	-1,47E-02
CRU	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MFR	kg	0,00E+00	8,62E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,68E+02	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EET	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

HWD — Odpady niebezpieczne nieszkodliwe; NHWD — Odpady inne niż niebezpieczne nieszkodliwe; RWD — Odpady radioaktywne nieszkodliwe; CRU — Komponenty do ponownego użycia; MFR — Materials for recycling; MER — Materials for energy recovery; EEE — Wyeksportowana energia elektryczna; EET — Wyeksportowana energia cieplna.

Wskaźnik	Jednostka	RPP	MFG	DST		USE	USE			EOL				BENE
		A1	A2+A3	A4	A5	B2	B6 2500A	B6 3150A	B6 4000A	C1	C2	C3	C4	D
Wariant V3 — Odłącznik z dwoma uziemnikami (3 × Napęd NSO80)														
HWD	kg	1,38E+00	1,96E-02	2,16E-02	1,00E-04	3,02E-02	5,12E-02	5,96E-02	7,34E-02	7,33E-05	2,35E-03	1,32E-03	2,20E-04	-1,16E-01
NHWD	kg	1,10E+01	5,65E-02	8,24E-02	1,17E+01	1,50E-01	1,35E+00	1,57E+00	1,94E+00	1,26E-03	1,07E-02	1,85E-02	6,93E+02	-6,01E-01
RWD	kg	6,78E-02	4,08E-04	1,05E-03	6,22E-05	1,74E-03	3,14E-01	3,66E-01	4,51E-01	5,47E-05	1,50E-04	5,00E-04	1,07E-05	-1,81E-02
CRU	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MFR	kg	0,00E+00	1,04E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,02E+02	0,00E+00	0,00E+00
MER	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EEE	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
EET	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

HWD — Odpady niebezpieczne unieszkodliwione; NHWD — Odpady inne niż niebezpieczne unieszkodliwione; RWD — Odpady radioaktywne unieszkodliwione; CRU — Komponenty do ponownego użycia; MFR — Materials for recycling; MER — Materials for energy recovery; EEE — Wyeksportowana energia elektryczna; EET — Wyeksportowana energia cieplna.

Tabela 5 (informacyjna) - Zagregowane wyniki wskaźników GWP dla trzech wariantów wyłącznika w podziale na prąd znamionowy (kg CO₂e na jednostkę deklarowaną (1 szt.).

Wskaźnik	Prąd znamionowy	Wariant V1 — Odłącznik bez uziemnika (1 × Napęd NSO80)			Wariant V2 — Odłącznik z 1 uziemnikiem (2 × Napęd NSO80)			Wariant V3 — Odłącznik z dwoma uziemnikami (3 × Napęd NSO80)		
		Od kołyski do bramy	Od kołyski do grobu	Moduł D	Od kołyski do bramy	Od kołyski do grobu	Moduł D	Od kołyski do bramy	Od kołyski do grobu	Moduł D
		Σ RPP+MFG	Σ RPP+MFG+DST+USE+EOL	BENE	Σ RPP+MFG	Σ RPP+MFG+DST+USE+EOL	BENE	Σ RPP+MFG	Σ RPP+MFG+DST+USE+EOL	BENE
GWP-total	2 500 A	3 469	4 803	-1 522	4 247	5 989	-2 035	5 026	7 175	-2 548
	3 150 A		5 060			6 246			7 432	
	4 000 A		5 485			6 671			7 857	
GWP-fossil	2 500 A	3 450	4 755	-1 522	4 229	5 925	-2 035	5 009	7 096	-2 547
	3 150 A		5 000			6 171			7 342	
	4 000 A		5 407			6 578			7 748	
GWP-bio	2 500 A	14	35	3	11	46	3	8	57	4
	3 150 A		44			55			66	
	4 000 A		60			71			82	
GWP-luluc	2 500 A	5	13	-3	7	18	-4	9	22	-5
	3 150 A		15			20			24	
	4 000 A		18			23			27	

¹ Od kołyski do bramy (Σ RPP+MFG) = surowce i materiały (A1) + transport i produkcja (A2+A3).

² Od kołyski do grobu (Σ RPP+MFG+DST+USE+EOL) = pełny cykl życia A—C; wartość zależy od scenariusza prądu znamionowego i zużycia energii elektrycznej w fazie USE (B6).

³ BENE = moduł D — korzyści z recyklingu metali poza granicami systemu. Nie sumować z wartością od kołyski do grobu.

9. Interpretacja wyników

Ogólne

Cykl życia odłącznika MARK40-1/420 charakteryzuje się dwoma dominującymi wkładami do oddziaływań środowiskowych: produkcją surowców (etapy RPP+MFG) i zużyciem energii eksploatacyjnej (etap USE, Moduł B6). Względne znaczenie tych dwóch etapów zależy silnie od scenariusza prądu znamionowego, ponieważ straty obwodu głównego są proporcjonalne do kwadratu prądu roboczego.

RPP — Przygotowanie i produkcja surowców (Moduł A1)

Etap RPP jest zdominowany przez produkcję stali konstrukcyjnej (ocynkowanej ogniowo), aluminiowych komponentów prądowych i izolatorów porcelanowych. Te trzy grupy materiałowe stanowią większość GWP-fossil, AP, EP i ADPF w module A1. Zastosowanie materiałów wtórnych (SM) — recyklingowanej stali i aluminium — częściowo kompensuje obciążenie wynikające z pierwotnej produkcji materiałów. GWP-biogenic w module A1 odzwierciedla zawartość węgla biogenicznego w opakowaniach drewnianych (paleta EUR i tektura).

Różnice między wariantami V1, V2 i V3 w etapie RPP wynikają wyłącznie z dodatkowej masy komponentów uziemnika i napędów silnikowych: każdy uziemnik dodaje około 100 kg, a każdy dodatkowy napęd NSO80 dodaje 56 kg na biegun.

MFG — Produkcja (Moduł A2+A3)

Moduł A2 jest zdominowany przez dalekomorski transport morski izolatorów porcelanowych i okuć metalowych sprowadzanych z Azji, który stanowi większość oddziaływań związanych z transportem. Oddziaływania Modułu A3 są stosunkowo skromne i odzwierciedlają operacje montażu w zakładzie produkcyjnym ZWAE w Kębłowie. Energia elektryczna zużywana w module A3 modeluje się przy użyciu polskiego krajowego miksu energetycznego z czynnikiem GWP wynoszącym 0,599 kg CO₂e/kWh, odzwierciedlając zdominowany przez węgiel charakter polskiej produkcji energii elektrycznej.

DST — Dystrybucja (Moduły A4 i A5)

Moduł A4 obejmuje transport drogowy z Kębłowa do Szczecina, przeprawę promową Świnoujście–Ystad oraz dalszy transport drogowy na miejsce instalacji w Trondheim, Norwegia (łącznie około 1 560 km drogą + 280 km promem). Moduł A5 obejmuje montaż na konstrukcjach wsporczych i uruchomienie, w tym zużycie energii elektrycznej i odpady z materiałów montażowych (opakowania drewniane unieszkodliwiane jako odpady inne niż niebezpieczne).

USE — Energia eksploatacyjna i konserwacja (Moduły B2 i B6)

Moduł B6 stanowi największy pojedynczy wkład do GWP-fossil i zużycia energii pierwotnej w całym cyklu życia dla scenariuszy prądu znamionowego 3 150 A i 4 000 A. Przy 4 000 A i współczynniku obciążenia 35 %, straty obwodu głównego wynoszą 39 682 kWh na biegun przez 40-letni RSL. Przy 2 500 A straty są zredukowane do 15 501 kWh, a względny wkład B6 do łącznego GWP cyklu życia znacznie maleje.

Wyniki Modułu B6 różnią się między wariantami V1, V2 i V3 ze względu na różną liczbę napędów NSO80, a tym samym różną łączną energię grzałek antykondensacyjnych (E_2). E_3 (tryb czuwania napędu) i E_4 (operacje łączeniowe) wynoszą zero dla wszystkich wariantów — szczegóły w punktach 7.7.4–7.7.5. Norweski miks energetyczny (0,027 kg CO₂e/kWh) skutkuje stosunkowo niskimi oddziaływaniami GWP-fossil z B6, odzwierciedlając zdominowany przez energię wodną norweski system elektroenergetyczny.

Oddziaływania Modułu B2 są zdominowane przez transport ekipy serwisowej na miejsce instalacji, modelowany jako 700 km samochodem osobowym (podróż tam i z powrotem) na zdarzenie przeglądowe, przez 8 zdarzeń przeglądowych w ramach RSL (łącznie 5 600 km). Materiały smarne mają marginalny wkład do oddziaływań B2. W trakcie RSL nie są wymagane żadne wymiany komponentów.

EOL — Koniec życia (Moduły C1–C4)

Moduł C1 obejmuje zużycie energii elektrycznej i środki ochrony osobistej stosowane podczas demontażu. Moduły C2–C3 obejmują transport do instalacji przetwarzania odpadów i separację materiałów. Dominującym strumieniem odpadów w module C4 jest materiał izolatorów porcelanowych, który jest unieszkodliwiany na składowisku odpadów obojętnych ze względu na brak opłacalnych tras recyklingu. Komponenty metalowe (stal, aluminium, miedź, mosiądz) są kierowane do recyklingu materiałowego w ilości 90–95 %. Odpady inne niż niebezpieczne unieszkodliwione (NHWD) w module C4 są zdominowane przez składowanie porcelany i są zatem znacznie wyższe niż w innych modułach. Jest to charakterystyczna cecha napowietrznych odłączników z izolatorami porcelanowymi i nie odzwierciedla wytwarzania odpadów niebezpiecznych.

BENE — Korzyści poza granicami systemu (Moduł D)

Moduł D raportuje korzyści netto dla środowiska z recyklingu metalowych komponentów na końcu życia, obliczone przy użyciu podejścia złomu netto zgodnie z EN 15804+A2 §6.4.3.3. Korzyści są znaczące dla wskaźników GWP-fossil, ADPF, AP i EP, częściowo kompensując oddziaływania etapów RPP+MFG. Wielkość korzyści Modułu D wzrasta od V1 do V3 proporcjonalnie do dodatkowej masy metalicznej uziemników i napędów.

Brak SF₆ lub jakiegokolwiek gazu izolacyjnego eliminuje związane z gazami wkłady GWP z Modułów A1–A3, przecieki w fazie użytkowania i gospodarkę na końcu życia, co stanowi istotną cechę wyróżniającą w porównaniu z alternatywami w postaci rozdzielnic izolowanych gazem.

10. Literatura i normy

Normy i przepisy

ISO 14025:2006 — Etykiety i deklaracje środowiskowe — Deklaracje środowiskowe Typu III — Zasady i procedury

ISO 14040:2006 — Zarządzanie środowiskowe — Ocena cyklu życia — Zasady i struktura

ISO 14044:2006 — Zarządzanie środowiskowe — Ocena cyklu życia — Wymagania i wytyczne

ISO/IEC 17050-1:2010 — Ocena zgodności — Deklaracja zgodności dostawcy — Część 1: Wymagania ogólne

IEC TS 62271-320:2025 — Rozdzielnice i sterownice wysokiego napięcia — Część 320: Aspekty środowiskowe i zasady oceny cyklu życia dla rozdzielnic i sterownic wysokiego napięcia

IEC 63366:2025 — Aspekty środowiskowe elektrycznych i elektronicznych produktów i systemów — Poziome zasady oceny cyklu życia (LCA)

EN 15804:2012+A2:2019 — Zrównoważone budownictwo — Deklaracje środowiskowe produktu — Podstawowe zasady dla kategorii produktów budowlanych

IEC 62271-102:2018 — Rozdzielnice i sterownice wysokiego napięcia — Część 102: Odłączniki i uziemniki prądu przemiennego

IEC 62271-1:2017 — Rozdzielnice i sterownice wysokiego napięcia — Część 1: Wspólne specyfikacje dla rozdzielnic prądu przemiennego

IEC 62474:2018 — Deklaracja materiałowa dla produktów sektora elektrotechnicznego

Oprogramowanie i bazy danych

GreenDelta GmbH (2024). openLCA 2.x — oprogramowanie do oceny cyklu życia. Berlin, Niemcy. www.openlca.org

ecoinvent Association (2023). ecoinvent database v3.9.1, model systemu: Allocation, cut-off by classification. Zurych, Szwajcaria. www.ecoinvent.org

Program EPD

Multicert Sp. z o.o. (2024). Ogólne Instrukcje Programu EPD Polska. Warszawa, Polska. www.epd.org.pl

Dokumentacja producenta

Zakład Wytwórczy Aparatów Elektrycznych Sp. z o.o. (2017). Instrukcja Montażu i Eksploatacji — Napowietrzny odłącznik sieczny MARK40, Nr DTR.01.04.08.PL. Lębork, Polska.

Zakład Wytwórczy Aparatów Elektrycznych Sp. z o.o. (2017). Deklaracja Zgodności Nr DZ.01.04.0001.v.02.2017 — Napowietrzny odłącznik MARK40 (IEC 62271-102, IEC 62271-1), wydana 10 sierpnia 2017. Lębork, Polska.

Zakład Wytwórczy Aparatów Elektrycznych Sp. z o.o. (2017). Deklaracja Zgodności Nr DZ.01.04.0002.v.02.2017 — Napowietrzny uziemnik G60 (IEC 62271-102, IEC 62271-1), wydana 10 sierpnia 2017. Lębork, Polska.

Zakład Wytwórczy Aparatów Elektrycznych Sp. z o.o. Klucz zamówieniowy MARK40 — MARK40-ODLACZNIK-SIECZNY (konfiguracja produktu i kody zamówieniowe). Lębork, Polska.

11. Weryfikacja i certyfikacja

Niniejsza deklaracja środowiskowa produktu została niezależnie zweryfikowana zgodnie z ISO 14025. Weryfikacja obejmuje bazowe badanie LCA, dokument EPD oraz zgodność z obowiązującymi zasadami kategorii produktu.

Weryfikator	Izabela Sztamberek-Sochan, PhD.
Data weryfikacji	15 maja 2025
Program EPD Operator	Multicert Sp. z o.o. — EPD Polska

12. Certyfikat EPD Polska



CERTYFIKAT

DEKLARACJA EPD TYPU III

(DEKLARACJA ŚRODOWISKOWA PRODUKTU)

Nr rej. EPD-P 02.05.2026-PL



Niniejszy dokument potwierdza, że Deklaracja Środowiskowa Produktu opracowana przez **Zakład Wytwórczy Aparatów Elektrycznych Sp. z o.o.** dla

jednobiegunowych napowietrznych odłączników wysokiego napięcia MARK40-1/420 / MRI-420 ze zintegrowanym uziemnikiem

objętych deklaracjami zgodności z normami: **IEC 62271-102** oraz **IEC 62271-1**,

spełnia wymagania norm **IEC 63366:2025**, **IEC TS 62271-320:2025** oraz **ISO 14025**, a dane w niej zawarte zostały przygotowane prawidłowo.

Deklaracja została opublikowana 15 maja 2026 r. i jest ważna do 15 maja 2031 r., lub do czasu jej wyrejestrowania albo zakończenia publikacji na stronie internetowej www.epd.org.pl.

Autentyczność niniejszego certyfikatu można potwierdzić w publicznym rejestrze na stronie www.epd.org.pl



Izabela Sztamberek-Sochan, Ph.D.
EPD Polska Verifier



Warszawa, 15 maja 2026

Grzegorz Suwara
CEO Multicert Sp. z o.o.