KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

2026 Critical Review Report

검토 의견서

■ 1차 ■ 2차 □ 3차

Final Critical Review Report

LCI DB 검토의견서

2026. 11. 11.

Korea Testing and Research Institute

작성기관 및 작성자		
작성기관:	㈜엔스타알앤씨	

Note 1: 이 문서는 2026년 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행한 연구 결과물로서, 국토교통분야 수소 기술의 LCI DB에 대한 정보를 포함하고 있습니다.

Note 2: 해당 문서에 기재된 사항은 외부에 공개할 수 없으며, 정밀검토 후 해당 자료는 폐기하여야 합니다.

1. LCI DB 보고서

Dataset Documentation 'electrolyzer balance of plant production, AEM'

** 참고: 이 문서는 데이터세트 정보의 일부만 발췌하여 제공합니다. 교환 속성, 수학적 관계, 매개변수, 저자 및 검토자의 연락처 정보에 대한 추가 데이터는 별도 파일 형식으로 제공되어야 합니다.*

1 데이터 세트 식별 정보

	구분	내용
1	데이터 이름	electrolyzer balance of plant production, AEM
2	지역	Korea (KR)
3	기간	2026-01-01 to 2028-12-31 - Valid for the entire period
4	참조 제품	balance of plant, anion exchange membrane electrolysis (1 unit)
5	데이터 세트 유형	Transforming activity
6	기술 수준	TRL(Technology Readiness Level 6)

지리적 위치를 나타낼 수 있는 사진 기입 (선택)

데이터의 지역적 범위: 대한민국(기술 대표 데이터, 한국 공급 배경 데이터 연결)

2 데이터 세트 작성자 정보

	구분	내용
1	Data entry	인하대학교
2	Data generator	이광원, ㈜엔스타알앤씨
3	Review (1st)	이름, 소속
4	Review (2nd)	이름, 소속
5	Review (3rd)	이름, 소속

3 물질 흐름(요약)

	Reference product	By-product classification	Amount
1	balance of plant, anion exchange membrane electrolysis		1 unit

	Inputs from technosphere	Amount
1	BOS 스테인리스	1.23E-03 kg
2	BOS 금속가공	1.23E-03 kg
3	물탱크 PE	5.83E-06 kg
4	물탱크 성형	5.83E-06 kg
5	KOH 필터 · 탱크 강재	5.16E-04 kg
6	KOH 필터 · 탱크 가공	5.16E-04 kg
7	인버터 500 kW	1.29E-06 Item(s)
8	HV-MV 변압기 63 MVA	1.02E-08 Item(s)
9	MV-LV 변압기 20 MVA	3.22E-08 Item(s)

※ 위 목록은 BOP 집계 공정이 1 unit씩 받는 부품 단위공정 4개의 투입을 재료별로 펼친 것이며, openLCA 집계 공정 export(목록분석결과 엑셀 Inputs 시트)의 직접 투입은 부품 공정이다.

4 일반사항

(1) 데이터 개요

본 LCI DB의 대상은 음이온 교환막 수전해(AEM) 시스템에서 스택(STACK)을 제외한 주변설비(Balance of Plant, BOP)의 제조이다. BOP는 전력변환 · 펌프 · 기액분리 · 열교환 · 제어 · 구조물 등 스택의 운전을 뒷받침하는 설비군으로, 2차년도에 구축한 스택 부품 LCI DB와 결합하여 수전해 수소 생산 시스템을 구성한다.

BOP 설비는 수명 동안 생산하는 수소량으로 배분하여 수소 1 kg당 제조 부담으로 표현하였다. 즉 기준흐름 'AEM BOP 1 unit'은 수소 1 kg 생산에 배분된 장비 서비스이며, 실제 장비 1대를 의미하지 않는다.

음이온 교환막 수전해(AEM)는 알칼라인 환경에서 음이온 교환막을 쓰는 기술로, PEM의 컴팩트한 셀 구조와 AWE의 비귀금속 촉매 사용 가능성을 함께 갖는다. 상용 제품은 kW~MW급 모듈 단계이며, 시스템 수준 설비 목록(BOM) 공개 자료가 매우 적다.

(2) 시장조사 및 대상업체 선정

현재 수전해 기술 시장은 상업화 초기 단계이며, 설비 제조사의 BOP 설비 목록(BOM)과 운전 데이터는 대부분 공개되지 않는다. 따라서 특정 제조업체의 시장 점유율이나 생산량을 기준으로 대표 기업을 선정하는 것은 현재 단계에서 불가능하다.
본 LCI 모듈은 특정 상용 제품이 아닌, 공개 학술 문헌 · 공공 보고서를 기반으로 한 '기술 대표' 목록을 구축하는 것을 목표로 하며, 향후 국내 설비 데이터가 확보되면 보완 · 개정될 기초 데이터베이스이다.
BOP 설비는 기술별로 재료 수준까지 분해된 인벤토리를 보고한 문헌 1건을 대표 문헌으로 선정하였다(여러 문헌의 설비를 섞으면 경계가 달라 이중계상 · 누락이 생기므로 혼합하지 않음).
선정 문헌: NEWELY Deliverable D6.3 (2023)
Clean Hydrogen Partnership 과제 NEWELY의 AEM 시스템 LCA 보고서로, Table 5(p.53)에 수소 1 kg당 BOS(balance of stacks) 재료 · 가공 · 인버터 · 변압기 수량을 보고한다. AEM BOP를 설비별로 분해한 공개 문헌이 없어 이 부분 인벤토리를 채택하였고, 변압기 2종은 NEWELY가 인용한 ABB EPD 재료표로 proxy 공정을 구성하였다.

(3) 기능단위 설정

	내용	
기능	국가 에너지 공급을 위한 수소 생산	
기능단위	수소 1kg 생산을 위한 AEM 기술의 BOP 생산	
기준흐름	수소 1kg 생산을 위한 AEM 기술의 BOP 1 unit	BOP 1 unit = 수소 1 kg에 배분된 장비 서비스(실제 장비 1대 아님).

(4) 시스템 경계

	원료채취	물질/제품 제조		사용		폐기		재활용
	Raw material extraction	Transportation	Product manufacturing	Use	Maintenance	Transportation	Final disposal	Transportation
공정	●	×	●	×	×	×	×	×

원료채취 · 제품 제조를 포함한다. 원료 운송은 사용한 시장 데이터셋에 평균 운송이 포함되어 있어 전경에 별도로 추가하지 않았고(×), 제품 운송 · 설치는 설치 장소가 특정되지 않은 기술 대표 데이터이므로 제외하였다. 근로자 편의시설 · 사무공간 등 생산과 직접 관련 없는 활동은 제외하였다. 스택은 2차년도 LCI DB에서 별도로 구축하였으므로 본 모듈에서 제외하였다.

(5) 제외 기준

대표 문헌이 보고한 모든 투입물과 산출물을 질량 · 에너지 기여도와 관계없이 포함하는 것을 원칙으로 하였다. 대표 문헌이 보고하지 않은 항목은 임의로 채우지 않았다(가정 및 제한사항 참조). 스택은 2차년도 LCI DB에서 별도로 구축하였으므로 본 모듈에서 제외하였다.

근로자 편의시설 · 사무공간 등 생산과 직접 관련 없는 활동은 제외하였다.

(6) 데이터 범주

	구분		물질명
투입	원료물질		BOS 스테인리스, 물탱크 PE, KOH 필터 · 탱크 강재 설비(완제품): 인버터 500 kW, HV-MV 변압기 63 MVA, MV-LV 변압기 20 MVA
	보조물질		BOS 금속가공, 물탱크 성형, KOH 필터 · 탱크 가공
	용수		
	에너지		변압기 proxy 공정의 제조 전력 · 열(배경)
산출	제품		balance of plant, anion exchange membrane electrolysis
	부산물(할당)		
	잔여물	매립	
		소각	
		재활용	
	배출물	대기	
		수계	
		토양	

(7) 데이터 품질 평가 출처

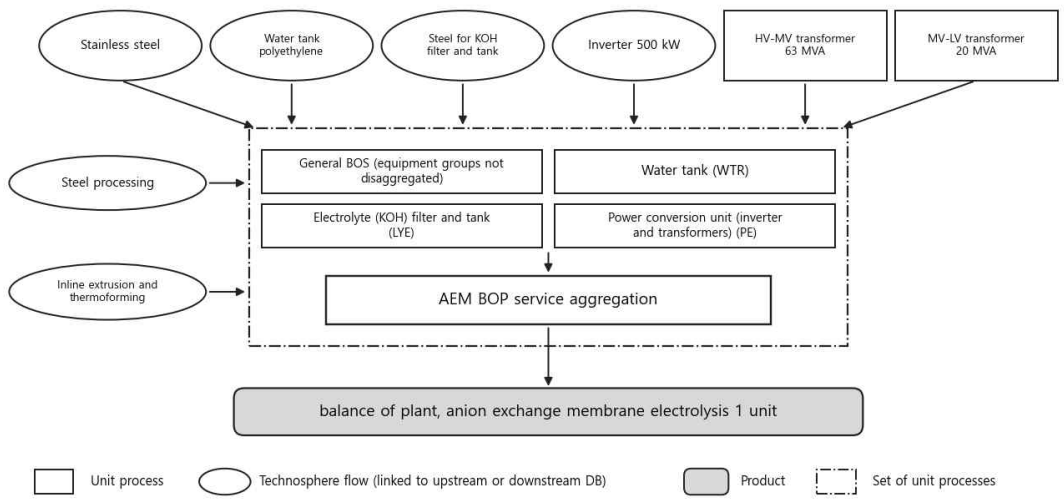
	특정데이터	일반데이터
정밀도(P)		
시간적 대표성(TiR)		4.27
지역적 대표성(GeR)		2.00
기술적 대표성(TeR)		3.70
Total DQR		3.32 (보통)

(8) 가정 및 제한사항

	내용
공통사항	• 대상제품 생산 활동데이터는 현장데이터 수집이 불가하여 공개 문헌데이터를 사용하였다. • 기술별로 단일 대표 문헌의 보고 범위를 따르며, 대표 문헌이 보고하지 않은 설비 · 투입물을 다른 문헌이나 다른 기술의 값으로 채우지 않았다. • 배경(상위흐름) 데이터는 ecoinvent 3.12 Cutoff System을 사용하고, 한국 공급 우선순위(KR → Asia → RoW → GLO)로 연결하였다. 한국 데이터셋이 없는 재료 · 가공은 GLO/RoW 시장 데이터셋을 사용하였다. • 원료 운송은 전경 공정에 별도로 추가하지 않았다. 사용한 ecoinvent 시장(market) 데이터셋에 평균 운송이 포함되어 있으며, 대표 문헌이 공급처 · 운송거리를 보고하지 않아 전경 운송을 추가하면 이중계상 또는 근거 없는 가정이 된다. KTR 「LCI DB 구축 가이드라인」 표 4는 자원/원료 수송을 필수 수집 범주로 두되, 데이터 수집이 어렵거나 영향이 미미한 경우 제외 물질과 사유를 보고서에 명시하도록 하므로(p.10~11) 이에 따라 제외 사유를 기재한다. • 제품 운송 · 설치는 설치 장소가 정해지지 않은 기술 대표 데이터셋이므로 제외하였다.
AEM BOP	• AEM BOP의 설비별 BOM을 보고한 공개 문헌이 없어, NEWELY D6.3이 보고한 BOS 재료 · 가공 · 인버터 · 변압기만 반영한 부분 인벤토리이다(기타 BOP 설비는 대표 문헌이 보고하지 않아 포함하지 않음). • 인버터는 PV용 500 kW 인버터 데이터셋(ecoinvent 'market for inverter, 500kW', GLO)을 기능 proxy로 사용하였다(전해조용 AC→DC 정류와 기능이 다름). 이 데이터셋에는 사용 후 폐기가 포함되어 있어, cradle-to-gate 경계에 맞춰 단위공정의 폐기물 처리 교환(폐유 · 폐플라스틱 · 폐기판 · 포장 폐기물)을 제외한 proxy 공정으로 연결하였다(인버터 1대 1.67E+04 → 1.34E+04 kg CO_2 -eq, 본 데이터셋 4.84E-02 → 4.42E-02 kg CO_2 -eq). • 변압기 2종(HV-MV 63 MVA, MV-LV 20 MVA)은 대형 전력변압기 완제품 데이터셋이 없어 ABB EPD 재료표를 ecoinvent 재료에 대응한 1대 기준 proxy 공정으로 구성하였다. 20 MVA EPD의 제조 전력(207,550 kWh)이 63 MVA(94,500 kWh)의 2.2배로 의문이 있으나 출처 추적성을 위해 원값을 유지하였다(63 MVA 대비 용량 비례값을 쓰면 본 데이터셋 GWP가 약 9 % 낮아짐). • 변압기 proxy는 EPD 재료표 중 조성이 명시되지 않은 '기타' 재료(63 MVA 3,060 kg 등)를 제외하였고, 운송 · 포장 · 사용 단계 손실을 포함하지 않는다. EPD는 2000 · 2003년 자료이다. • 변압기 proxy 내부의 제조 전력 · 열은 ecoinvent 3.12(electricity, medium voltage KR; heat, district or industrial, natural gas RoW)로 연결하였으며 본 데이터셋 GWP의 약 12 %를 차지한다. 국가 LCI DB 계통 전력(LCI-2022-023, 0.530 kg CO_2 -eq/kWh)으로 바꾸면 본 데이터셋 GWP는 약 2 % 낮아지며(운영 포함 수소 1 kg 기준 0.02 %), EPD 원값 연결을 유지하고 KTR 가이드라인 p.5 원칙의 예외로 명시한다. • 강재 · 금속가공 · 성형은 한국 데이터셋이 없어 GLO 시장

5 물질 흐름(상세 정보)

(1) 공정흐름도 작성



(2) 데이터 수집 및 계산

본 데이터셋은 BOP 집계 공정이 부품 단위공정 4개를 1 unit씩 받는 단위공정 집합이며, 5절의 투입물은 부품 단위공정의 투입을 합한 단위공정 집합 전체의 투입이다.

[1] 데이터 수집

구분			물질명	데이터 구분				LCI DB		
				실측	계산	추정	일반	명칭	출처	연도
투입	원료물질		BOS 스테인리스				●	market for steel, chromium steel 18/8, hot rolled (GLO)	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011-2025
	원료물질		물탱크 PE				●	market for polyethylene, high density, granulate (KR)	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011-2025
	원료물질		KOH 필터 · 탱크 강재				●	market for steel, chromium steel 18/8, hot rolled (GLO)	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011-2025
	가공 서비스		BOS 금속가공				●	market for metal working, average for chromium steel product manufacturing (GLO)	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011-2025
	가공 서비스		물탱크 성형				●	market for extrusion of plastic sheets and thermoforming, inline (GLO)	ecoinvent 3.12 Cutoff	2012-2025
	가공 서비스		KOH 필터 · 탱크 가공				●	market for metal working, average for chromium steel product manufacturing (GLO)	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011-2025
	설비(완제품)		인버터 500 kW				●	inverter production, 500kW, excluding end-of-life disposal, proxy (GLO)	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011-2025
	설비(완제품)		HV-MV 변압기 63 MVA				●	power transformer production, 63 MVA, oil-immersed, material proxy (KR)	자체 proxy(ABB EPD 재료표) + ecoinvent 3.12	2000
	설비(완제품)		MV-LV 변압기 20 MVA				●	power transformer production, 20 MVA, oil-immersed, material proxy (KR)	자체 proxy(ABB EPD 재료표) + ecoinvent 3.12	2003
	에너지									
	용수									
	수송									
산출	제품		balance of plant, anion exchange membrane electrolysis							
	부산물									
	폐기물	매립								
		대기								
		수계								

[2] 데이터 할당

공정 중 다중 산출이 발생하지 않아 할당을 수행하지 않았다. 설비 수명에 따른 수소 1 kg당 배분(기능단위 환산)은 할당이 아니다.

구분		물질명	할당인자
1	대상 모듈공정	balance of plant, anion exchange membrane electrolysis	100%
2	부산물		–

[3] 데이터 계산

구분		내용
1	상·하위 흐름 연결을 위한 계산	openLCA 2.7.0에서 기준흐름으로 연결(부품 공정 → BOP 집계 → 검토범위). 배경 provider는 UUID로 직접 지정. 물질별 기여(투입량 × 공급 공정 1단위당 상류 포함 영향)의 합이 openLCA 계산 총량과 일치함을 확인하였다.
2	물질수지/물수지 검증 및 조정	기준흐름 1 unit이 수소 1 kg 배분분으로 정의되어 활동데이터와 단위가 일치한다. 원문 투입량은 이미 수소 1 kg당 값으로 보고되어 추가 환산 없이 사용하였다.
3	연료 연소에 따른 배출량 계산	[미해당] 본 공정은 전경에서 연료를 연소하지 않는다.

(3) 물질 투입·산출표

	구분	물질명	데이터 출처				양	단위
			실측	계산	추정	일반		
투입	원료물질	BOS 스테인리스				●	1.23E-03	kg
	원료물질	물탱크 PE				●	5.83E-06	kg
	원료물질	KOH 필터 · 탱크 강재				●	5.16E-04	kg
	가공 서비스	BOS 금속가공				●	1.23E-03	kg
	가공 서비스	물탱크 성형				●	5.83E-06	kg
	가공 서비스	KOH 필터 · 탱크 가공				●	5.16E-04	kg
	설비(완제품)	인버터 500 kW				●	1.29E-06	Item(s)
	설비(완제품)	HV-MV 변압기 63 MVA				●	1.02E-08	Item(s)
	설비(완제품)	MV-LV 변압기 20 MVA				●	3.22E-08	Item(s)
	에너지							
	용수							
산출	제품	balance of plant, anion exchange membrane electrolysis					1	unit
	폐기물							
	배출물							

(4) 목록분석 결과

* 별도 엑셀파일 참조

6 환경영향평가 결과

(1) 영향평가 정보

	지표	내용
1	평가 소프트웨어	openLCA 2.7.0
2	평가 방법론	Environmental footprint 3.1 (EF v3.1, ecoinvent 3.12 Methods)
3	배경 데이터베이스	ecoinvent 3.12 Cutoff System (2026-04-14) + 국가 LCI DB
4	계산 대상	openLCA 공정 electrolyzer balance of plant production, AEM (BOP 1 unit)

(2) 영향평가 결과

[1] 영향범주별 평가 결과

	영향범주	지표	단위	평가결과	기여도(%)
1	*Acidification*	Accumulated Exceedance (AE)	mol H+-Eq	7.17E-04	인버터 500 kW(47.5%), MV-LV 변압기 20 MVA(26.1%), HV-MV 변압기 63 MVA(16.3%), BOS 스테인리스(5.0%), BOS 금속가공(2.1%), 기타(3.0%)
2	*Climate change*	Radiative forcing as Global Warming Potential (GWP100)	kg CO2-Eq	4.42E-02	인버터 500 kW(39.2%), MV-LV 변압기 20 MVA(21.4%), BOS 스테인리스(14.5%), HV-MV 변압기 63 MVA(8.3%), BOS 금속가공(7.4%), 기타(9.2%)
3	*Climate change: biogenic*	GWP100	kg CO2-Eq	2.14E-04	BOS 금속가공(48.4%), KOH 필터 · 탱크 가공(20.3%), 인버터 500 kW(16.3%), MV-LV 변압기 20 MVA(5.8%), BOS 스테인리스(4.1%), 기타(5.2%)
4	*Climate change: fossil*	GWP100	kg CO2-Eq	4.39E-02	인버터 500 kW(39.3%), MV-LV 변압기 20 MVA(21.4%), BOS

					스테인리스(14.6%), HV-MV 변압기 63 MVA(8.3%), BOS 금속가공(7.2%), 기타(9.2%)
5	*Climate change: land use and land use change*	GWP100	kg CO2-Eq	1.02E-04	인버터 500 kW(58.9%), MV-LV 변압기 20 MVA(18.1%), HV-MV 변압기 63 MVA(8.1%), BOS 스테인리스(6.9%), BOS 금속가공(3.6%), 기타(4.4%)
6	*Ecotoxicity: freshwater*	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	CTUe	8.66E-01	인버터 500 kW(43.6%), MV-LV 변압기 20 MVA(23.0%), HV-MV 변압기 63 MVA(14.8%), BOS 스테인리스(9.7%), KOH 필터 · 탱크 강재(4.1%), 기타(4.8%)
7	*Ecotoxicity: freshwater, inorganics*	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	CTUe	8.58E-01	인버터 500 kW(43.5%), MV-LV 변압기 20 MVA(23.1%), HV-MV 변압기 63 MVA(14.8%), BOS 스테인리스(9.7%), KOH 필터 · 탱크 강재(4.1%), 기타(4.8%)
8	*Ecotoxicity: freshwater, organics*	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	CTUe	8.08E-03	인버터 500 kW(54.4%), MV-LV 변압기 20 MVA(17.0%), BOS 스테인리스(9.8%), HV-MV 변압기 63 MVA(8.5%), BOS 금속가공(4.3%), 기타(6.0%)
9	*Energy resources: non-renewable*	Abiotic resource depletion - fossil fuels (ADP-fossil)	MJ, net calorific value	6.46E-01	인버터 500 kW(41.5%), MV-LV 변압기 20 MVA(24.4%), BOS 스테인리스(11.4%), HV-MV 변압기 63 MVA(9.1%), BOS 금속가공(6.2%), 기타(7.5%)
10	*Eutrophication: freshwater*	Fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (P)	kg P-Eq	6.65E-05	인버터 500 kW(42.2%), MV-LV 변압기 20 MVA(25.3%), HV-MV 변압기 63

					MVA(14.7%), BOS 스테인리스(9.4%), KOH 필터 · 탱크 강재(4.0%), 기타(4.4%)
11	*Eutrophication: marine*	Fraction of nutrients reaching marine end compartment (N)	kg N-Eq	6.51E-05	인버터 500 kW(42.7%), MV-LV 변압기 20 MVA(23.9%), HV-MV 변압기 63 MVA(11.6%), BOS 스테인리스(10.4%), BOS 금속가공(5.0%), 기타(6.5%)
12	*Eutrophication: terrestrial*	Accumulated Exceedance (AE)	mol N-Eq	7.59E-04	인버터 500 kW(43.6%), MV-LV 변압기 20 MVA(24.7%), HV-MV 변압기 63 MVA(12.8%), BOS 스테인리스(9.3%), BOS 금속가공(4.1%), 기타(5.6%)
13	*Human toxicity: carcinogenic*	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	7.96E-11	인버터 500 kW(44.9%), MV-LV 변압기 20 MVA(24.7%), HV-MV 변압기 63 MVA(15.8%), BOS 스테인리스(7.5%), KOH 필터 · 탱크 강재(3.2%), 기타(3.9%)
14	*Human toxicity: carcinogenic, inorganics*	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	6.51E-11	인버터 500 kW(45.8%), MV-LV 변압기 20 MVA(25.9%), HV-MV 변압기 63 MVA(17.1%), BOS 스테인리스(6.2%), KOH 필터 · 탱크 강재(2.6%), 기타(2.5%)
15	*Human toxicity: carcinogenic, organics*	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	1.45E-11	인버터 500 kW(41.2%), MV-LV 변압기 20 MVA(19.1%), BOS 스테인리스(13.6%), HV-MV 변압기 63 MVA(10.0%), BOS 금속가공(7.3%), 기타(8.8%)
16	*Human toxicity: non-carcinogenic*	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	6.18E-09	인버터 500 kW(49.2%), MV-LV 변압기 20 MVA(28.1%), HV-MV 변압기 63

					MVA(18.7%), BOS 스테인리스(2.1%), KOH 필터 · 탱크 강재(0.9%), 기타(1.0%)
17	*Human toxicity: non-carcinogenic, inorganics*	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	5.81E-09	인버터 500 kW(49.1%), MV-LV 변압기 20 MVA(28.1%), HV-MV 변압기 63 MVA(18.6%), BOS 스테인리스(2.2%), KOH 필터 · 탱크 강재(0.9%), 기타(1.1%)
18	*Human toxicity: non-carcinogenic, organics*	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	CTUh	3.70E-10	인버터 500 kW(50.3%), MV-LV 변압기 20 MVA(29.0%), HV-MV 변압기 63 MVA(19.3%), BOS 스테인리스(0.6%), BOS 금속가공(0.4%), 기타(0.4%)
19	*Ionising radiation: human health*	Human exposure efficiency relative to U	kBq U235-Eq	5.09E-03	MV-LV 변압기 20 MVA(41.2%), 인버터 500 kW(29.9%), HV-MV 변압기 63 MVA(10.0%), BOS 스테인리스(7.9%), BOS 금속가공(5.3%), 기타(5.6%)
20	*Land use*	Soil quality index	dimensionless	3.68E-01	인버터 500 kW(42.3%), MV-LV 변압기 20 MVA(22.3%), HV-MV 변압기 63 MVA(15.3%), BOS 스테인리스(9.3%), BOS 금속가공(4.9%), 기타(6.0%)
21	*Material resources: metals/minerals*	Abiotic resource depletion (ADP ultimate reserves)	kg Sb-Eq	7.46E-06	인버터 500 kW(49.0%), MV-LV 변압기 20 MVA(28.1%), HV-MV 변압기 63 MVA(18.8%), BOS 스테인리스(2.3%), KOH 필터 · 탱크 강재(1.0%), 기타(0.9%)
22	*Ozone depletion*	Ozone Depletion Potential (ODP)	kg CFC-11-Eq	5.68E-10	인버터 500 kW(45.3%), MV-LV 변압기 20 MVA(23.8%), HV-MV 변압기 63 MVA(9.9%), BOS

					스테인리스(8.3%), BOS 금속가공(6.3%), 기타(6.3%)
23	*Particulate matter formation*	Human health effects associated with exposure to PM2.5.	disease incidence	3.95E-09	인버터 500 kW(40.3%), MV-LV 변압기 20 MVA(19.4%), BOS 스테인리스(14.4%), HV-MV 변압기 63 MVA(11.7%), KOH 필터 · 탱크 강재(6.0%), 기타(8.3%)
24	*Photochemical oxidant formation: human health*	Tropospheric ozone concentration increase	kg NMVOC-Eq	2.73E-04	인버터 500 kW(47.7%), MV-LV 변압기 20 MVA(23.1%), HV-MV 변압기 63 MVA(12.4%), BOS 스테인리스(8.1%), BOS 금속가공(3.7%), 기타(5.0%)
25	*Water use*	*User deprivation potential (deprivation-weighted water consumption)*	*m3 world Eq deprived*	*1.99E-02*	*인버터 500 kW(43.4%), MV-LV 변압기 20 MVA(19.0%), BOS 스테인리스(14.1%), HV-MV 변압기 63 MVA(9.5%), KOH 필터 · 탱크 강재(5.9%), 기타(8.1%)*

[2] 물질별 영향평가 결과

	구분	흐름	물질명	목록		평가결과 (kg CO_2 eq.)	기여도(%)
				양	단위		
1	투입	중간	BOS 스테인리스	1.23E-03	kg	6.41E-03	14.49
2	투입	중간	BOS 금속가공	1.23E-03	kg	3.28E-03	7.41
3	투입	중간	물탱크 PE	5.83E-06	kg	1.42E-05	0.03
4	투입	중간	물탱크 성형	5.83E-06	kg	6.02E-06	0.01
5	투입	중간	KOH 필터 · 탱크 강재	5.16E-04	kg	2.69E-03	6.08
6	투입	중간	KOH 필터 · 탱크 가공	5.16E-04	kg	1.38E-03	3.11
7	투입	중간	인버터 500 kW	1.29E-06	Item (s)	1.73E-02	39.20
8	투입	중간	HV-MV 변압기 63 MVA	1.02E-08	Item (s)	3.67E-03	8.30
9	투입	중간	MV-LV 변압기 20 MVA	3.22E-08	Item (s)	9.45E-03	21.36
10	산출	중간	balance of plant, anion exchange membrane electrolysis	1	unit	합계 4.42E-02	100.00

8 참고자료

1) *NEWELY Consortium. TEA and LCA of the new AEMWE Technology (Deliverable D6.3), Next Generation Alkaline Membrane Water Electrolysers with Improved Components and Materials, 2023, Clean Hydrogen Partnership. https://doi.org/10.5281/zenodo.8289584*

2) *ABB. Environmental Product Declaration S-P00019 Power transformer TrafoStar 63 MVA (2000); S-P00056 LDT 16/20 MVA (2003).*

3) *Ciroth, A. (GreenDelta) Refining the pedigree matrix approach in ecoinvent, 2013.*

9 사용 LCI DB 목록

	물질명	LCI DB 명	국가명	출처	년도	유효기간
1	BOS 스테인리스	market for steel, chromium steel 18/8, hot rolled	GLO	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011	2025
2	BOS 금속가공	market for metal working, average for chromium steel product manufacturing	GLO	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011	2025
3	물탱크 PE	market for polyethylene, high density, granulate	KR	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011	2025
4	물탱크 성형	market for extrusion of plastic sheets and thermoforming, inline	GLO	ecoinvent 3.12 Cutoff	2012	2025
5	KOH 필터 · 탱크 강재	market for steel, chromium steel 18/8, hot rolled	GLO	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011	2025
6	KOH 필터 · 탱크 가공	market for metal working, average for chromium steel product manufacturing	GLO	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011	2025
7	인버터 500 kW	inverter production, 500kW, excluding end-of-life disposal, proxy	GLO	ecoinvent 3.12 Cutoff	2011	2025
8	HV-MV 변압기 63 MVA	power transformer production, 63 MVA, oil-immersed, material proxy	KR	자체 proxy(ABB EPD 재료표) + ecoinvent 3.12	2000	-
9	MV-LV 변압기 20 MVA	power transformer production, 20 MVA, oil-immersed, material proxy	KR	자체 proxy(ABB EPD 재료표) + ecoinvent 3.12	2003	-

KTR 검토 반영내역

No	구분	검토의견	반영내용
1	공통	사용 LCI DB 목록: 같은 물질을 합친 행 분리	물질마다 1행으로 나눴습니다.
2	공통	5쪽 물질 흐름(요약)과 본문 목록 불일치	요약 목록을 본문과 같은 이름 · 순서 · 양으로 맞췄습니다. BOP는 부품별 투입을 재료로 펼친 목록임을 표 아래 적었습니다.
3	개별	인버터: PV용 데이터 proxy	전해조용 정류기 데이터셋을 ecoinvent 3.12 · 국가 LCI DB에서 찾지 못해, 대표 문헌(NEWELY)이 쓴 PV용 500 kW 인버터 데이터셋을 대리로 썼고 한계로 명시했습니다.
4	개별	변압기: 자체 DB 자료, ecoinvent 사용처	구성표를 첨부합니다(ABB EPD 재료 → ecoinvent 대응, 1대 기준). 검증현황 엑셀 시트 1의 [8] · [9] 행이 이 구성표의 두 공정입니다.
5	검증현황 엑셀	변압기 제조 전력 · 열 문구 해석	제조 전력 · 열을 ecoinvent로 연결했다는 뜻입니다. 본 데이터셋 GWP의 약 11 %이며, 국가 LCI DB 계통 전력으로 바꾸면 약 2 % 낮아집니다(운영 포함 수소 1 kg 기준 0.02 %). EPD 원값 연결을 유지하고 예외로 명시했습니다.
6	공통	검토 DQR은 참고용	참고하겠습니다.