

Erratum bij TNO 2025 R12622: Analyse van kritieke materialen-gerelateerde risico's van een klimaatneutraal Nederlands energiesysteem

Erratum TNO 2025 M13239

Februari 2026

Auteur: Benjamin Schoemaker

Projectcoördinator: Roald Suurs



Toelichting erratum

In dit erratum is een 6^{de} voetnoot toegevoegd bij de tabel met geïnstalleerde capaciteiten van energiesysteemassets in OPERA.

Geïnstalleerde capaciteit assets energiesysteem OPERA

				ADAPT			TRANSFORM		
		Unit	2022	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Elektriciteits-productie	Kolen	GW	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Aardgas ⁶⁾	GW	18.9	12.7	15.5	0.0	9.5	11.2	4.5
	Wind op land	GW	6.2	7.8	7.8	7.8	7.8	10.0	12.0
	Wind op zee	GW	2.6	16.0	36.0	40.0	16.0	45.0	70.0
	Zon PV	GW	19.6	36.6	68.6	109.0	42.9	83.6	132.1
	Kernenergie	GW	0.5	0.5	4.0	4.8	0.5	4.0	5.2
	Biomassa	GW	0.3	0.7	12.5	18.8	1.0	8.7	15.5
	Waterstofcentrales ¹⁾	GW	0	0	0.6	6.5	0	6.0	6.6
CO ₂ -afvang	CCS	MtCO ₂ /jaar	4)	12.7	31.1	40.0	12.0	12.7	15.0
	CCU ²⁾	MtCO ₂ /jaar	2)	2.4	2.8	10.3	3.3	16.0	20.5
Batterijen	Pb-batterij	GWh	4)	0.3	0.4	0.0	0.3	0.4	0.0
	NiCd-batterij	GWh	4)	0.4	0.7	0.0	0.4	0.7	0.0
	NaS-batterij	GWh	4)	0.4	0.5	0.0	0.4	0.5	0.0
	Li-ion batterij	GWh	4)	0.9	31.0	97.6	0.7	34.0	99.2
	VRB-batterij	GWh	4)	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	Li-ion-batterij elektrische voertuigen	GWh	5)	126.4	796.4	869.9	118.9	708.4	747.3
	Elektrolyse ³⁾	GW	4)	2.2	9.0	14.4	2.0	17.9	20.4
	Warmtepompen	GW	4)	14.3	36.4	49.9	13.7	16.7	52.1
	Warmtekrachtkoppeling (WKK) gas	GW	4)	6.3	0.4	0.0	7.4	2.9	0.4
	Geothermie	GW	4)	0.8	4.0	7.0	0.7	4.2	7.9

Voor voetnoten: zie annex.

Voetnoten geïnstalleerde capaciteiten OPERA

- 1) Waterstofcentrales zijn in de materiaalstromenanalyse niet meegenomen want deze zitten niet in de TNO-materiaalintensiteit-database.
- 2) CCU is ook niet meegenomen in de materiaalstromenanalyse omdat dit een zeer brede categorie is met veel verschillende technologieën, die bovendien veelal niet in de TNO-materiaalintensiteitdatabase.
- 3) Bij de elektrolysecapaciteit in OPERA gaat het om de elektrolysecapaciteit voor verhandelbare waterstof. In OPERA worden “elektrolyzers ook gebruikt in kunstmestfabrieken voor de productie van ammoniak en in raffinaderijen voor de productie van synthetische brandstoffen en grondstoffen. Deze elektrolysecapaciteit (in 2050 6.6 GW in ADAPT en 8.7 GW in TRANSFORM) is geïntegreerd in de productieprocessen en de waterstof die het produceert wordt niet beschouwd als verhandelbare waterstof.” (Scheepers et al., 2024)
- 4) Scheepers et al. (2024) geven voor een aantal energiesysteem-assets de capaciteit in 2022 op basis van CBS-data. Echter, van andere energiesysteem-assets is de capaciteit niet bekend of lastig te achterhalen uit beschikbare data. Voor deze assets (behalve elektrische voertuigen) is aangenomen dat ze vanaf 2020 ingroeien van 0 naar de capaciteit in 2030 die uit de modelresultaten volgt.
- 5) Voor de momenteel in Nederland aanwezige elektrische voertuigen is het lastig om exact te bepalen hoeveel GWh aan batterijen zij bevatten. Het aantal voertuigen is wel bekend, maar om dit om te rekenen naar GWh is een aanname nodig over de gemiddelde batterijcapaciteit per voertuig. Omdat deze aanname mogelijk niet overeenkomt met die in OPERA, hebben we ervoor gekozen de totale batterijcapaciteit voor elektrische voertuigen te laten groeien van 0 in 2010 naar de capaciteit in 2030 zoals die uit de modelresultaten volgt.
- 6) De geïnstalleerde capaciteit van gascentrales neemt in de OPERA-simulatie af tussen 2022 en 2030 en vervolgens weer toe tussen 2030 en 2040. Dit is een resultaat van de optimalisatie, die waarschijnlijk niet geheel strookt met de praktijk. Als wordt voorzien dat een bepaalde gascentralecapaciteit op de langere termijn nodig is, is het waarschijnlijker dat de elektriciteitsproductie tijdelijk wordt afgeschaald in plaats van het opgestelde vermogen. Omwille van de consistentie met de andere energiesysteem-assets, hebben we echter wel de OPERA-cijfers aangehouden. Uit de materiaalstromen-analyse blijkt dat dit af- en opbouwen van het opgesteld vermogen een zeer gering effect heeft op de materiaalstromen van de voor gascentrales relevante materialen.