



Elektriciteit voor de industrie

Welke prijs voor wind op zee versnelt de industriële elektrificatie?



CE Delft

- Onafhankelijk onderzoek en advies sinds 1978
- Energie, transport en grondstoffen
- Economische, technische en beleidsmatige expertise
- 70 medewerkers
- Not-for-profit



Klanten



Bedrijven
(MKB, industrie,
transport, energie en
brancheorganisaties)



Overheden
(Europese Commissie,
Europees Parlement, ministeries,
provincies, gemeenten,
waterschappen)



NGO's

Vraagstelling

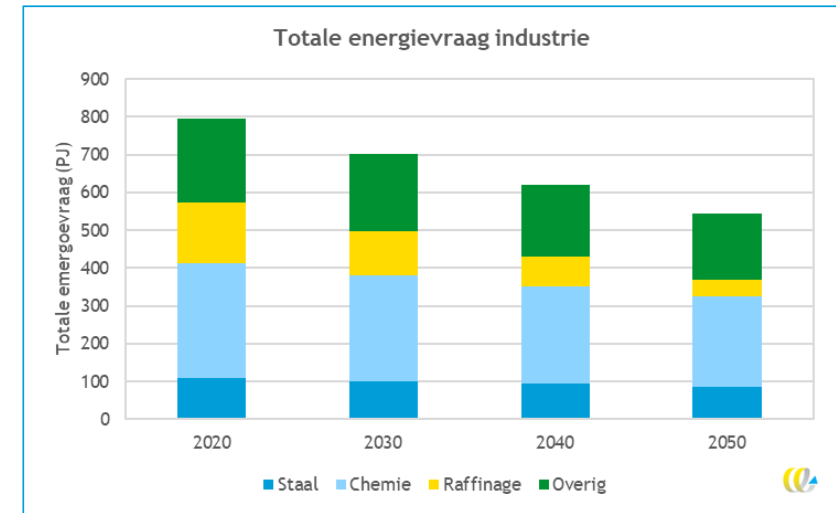
- Bij welke kostprijs van Wind op Zee versnelt de elektrificatie van de industrie?
- Oftewel: elektrificatie potentieel industrie als functie van kostprijs elektriciteit Wind op Zee

- Stap 1: analyse van de energievraag van de industrie
- Stap 2: prijsscenario's voor aardgas en CO2
- Stap 3: alternatieven doorrekenen
- Stap 4: welk alternatief is goedkoopste?
- Stap 5: conclusies



1. analyse van de energievraag van de industrie

- Analyse per sector en per proces
- Staal, chemie, raffinage, overig
- Vraag neemt af door efficiencyverbetering en vraaguitval (raffinage)
- Per proces gekeken naar kostenopbouw van
 - Traditioneel proces
 - Proces gebaseerd op elektriciteit
 - Proces gebaseerd op waterstof



1. Energievraag industrie, per proces

- Totale potentieel elektrificatie ~100TWh

Proces	Potentieel elektrificatie (TWh-e/jaar)			Potentieel groene H ₂ (TWh-e/jaar)		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Staalproductie	0,0	11,1	10,3	9,4	9,2	8,9
Drogen	9,0	8,3	7,7	20,4	18,4	16,6
Scheiden <200°C	1,4	1,2	1,1	10,6	9,6	8,8
Heet water	1,3	1,2	1,1	7,7	7,3	7,0
Warmte voor aandrijving (back-pressure)	1,4	1,1	1,0			
Warmte voor aandrijving (condenserend)	1,4	1,1	1,0			
Productie warmte resterend (stoom)	14,5	13,5	12,4	22,9	20,7	18,7
Productie warmte resterend (verbranding)	56,9	49,1	42,3	89,7	75,6	63,5
Kunstmestproductie				20,1	13,6	8,2
Hydrokraken en hydro-treaten kraakproducten				8,8	6,0	3,2
Methanolproductie				9,4	8,7	8,1

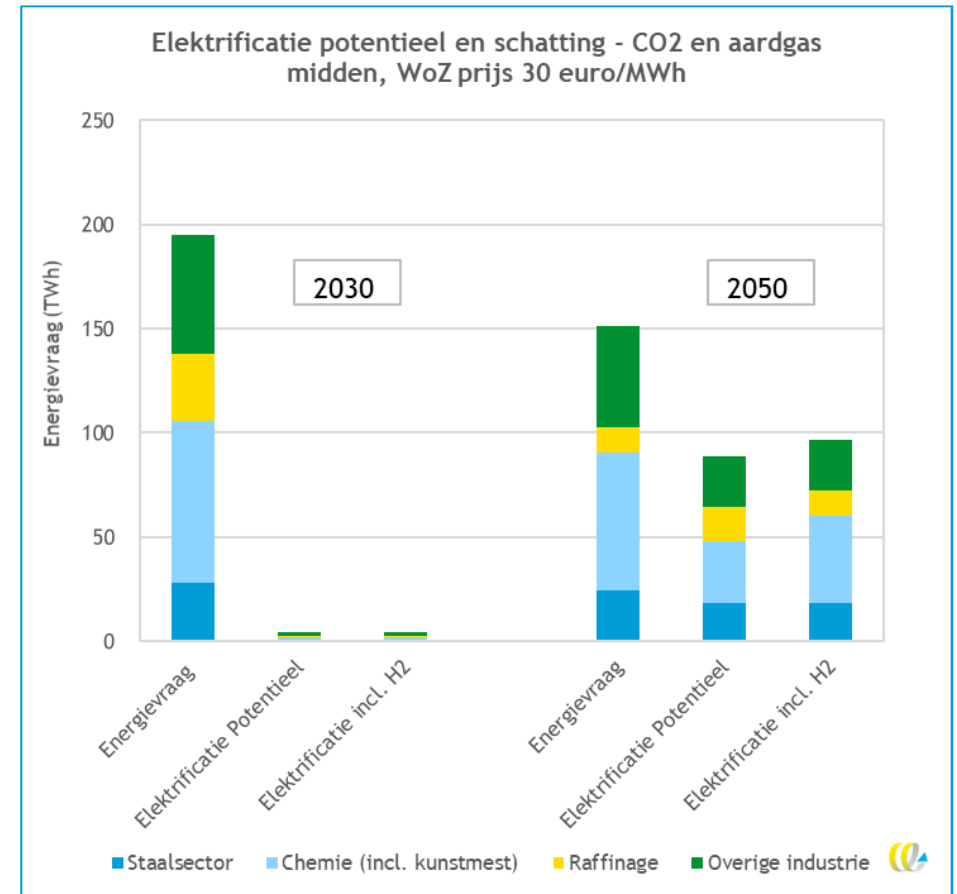
2. Prijsscenario's

- Aardgas is nu referentie
 - Prijs is afhankelijk van marktvraag
 - Gecorreleerd aan CO₂-prijs
- CO₂-prijs is afhankelijk van politieke doelen
 - EU Greendeal zal leiden tot hogere prijs ETS
- 3 prijsscenario's
- Elektriciteitsprijs wordt bepaald door
 - Kostprijs Wind op Zee (60%)
 - Productiekosten regelbaar vermogen (40%)
 - Extra netkosten

Scenario	Prijs	Eenheid	2030	2040	2050	Bron 2030	Bron 2040	Bron 2050
Laag	Aardgas	€/m ³	€ 0,28	€ 0,35	€ 0,42	Huidige prijs	Interpolatie	I13050 min
	CO ₂	€/ton	€ 38	€ 118	€ 200	KEV -20%	Interpolatie	Milieuprijzen (2°C - onder)
Midden	Aardgas	€/m ³	€ 0,23	€ 0,22	€ 0,21	KEV	Interpolatie	I13050 midden
	CO ₂	€/ton	€ 46	€ 153	€ 260	KEV	Interpolatie	Milieuprijzen (2°C - midden)
Hoog	Aardgas	€/m ³	€ 0,16	€ 0,13	€ 0,11	KEV +20%	Interpolatie	I13050 hoog
	CO ₂	€/ton	€ 55	€ 259	€ 462	KEV +20%	Interpolatie	Milieuprijzen (2°C - Analyse Cuijk Bovengrens)

3. Elektrificatiepotentieel per sector

- 2030
 - Nauwelijks potentieel
- 2050
 - Potentieel rond 100 TWh/j



4. Doorrekenen > goedkoopste

- Analyse per sector en per proces
- Welke techniek is het goedkoopst?
 - Traditioneel aardgas
 - Waterstof
 - Elektriciteit

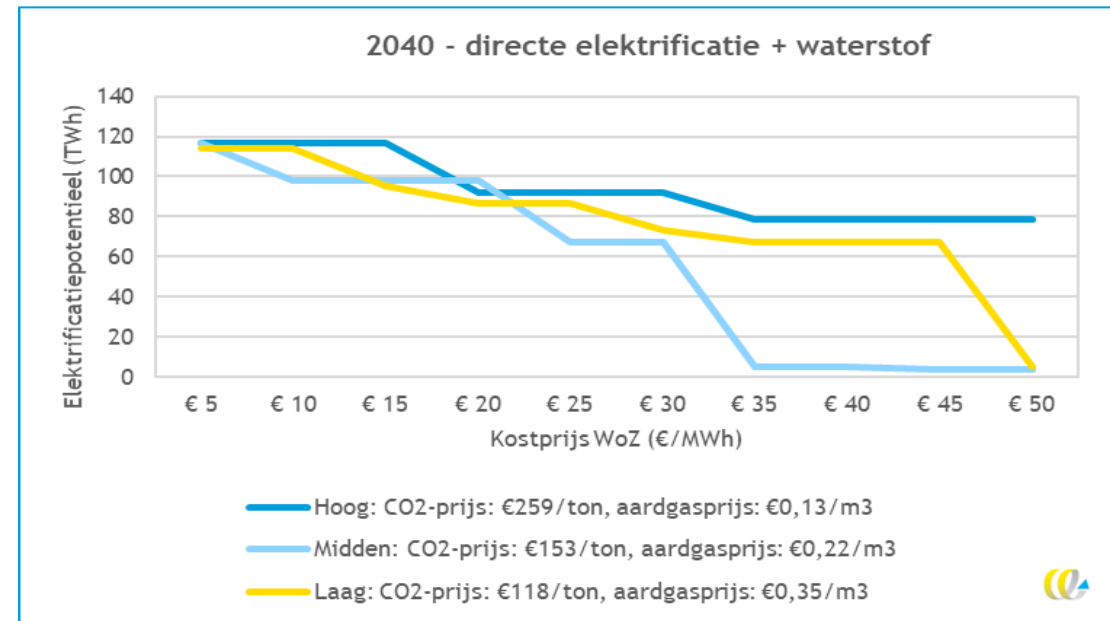
Elektrificatie potentieel 2040 - Scenario Midden CO ₂ €153/ton, aardgas € 0,22/m ³	Techniek	Potentieel (TWh-e/jaar)	Kostprijs WOZ (€/MWh)											
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		
Staalproductie	Elektrowinning	11,1												
Drogen	Elektrisch drogen	8,3												
Scheiden <200 °C	Warmtepomp	1,2												
Heet water	Warmtepomp	1,2												
Warmte voor aandrijving (backpressure)	Elektromotor	1,1												
Warmte voor aandrijving (condenserend)	Elektromotor	1,1												
Productie warmte resterend (stoom)	E-boiler	13,5												
Productie warmte resterend (verbranding)	Elektrisch fornuis	49,1												
Kunstmestproductie	Groene waterstof als grondstof	13,6												
Methanolproductie	Groene waterstof als grondstof	6,0												
Hydrokraken en hydro-treaten kraakproducten	Groene waterstof als grondstof	8,7												
Totalen (TWh-e/jaar)		Traditioneel	0	8	8	14	48	48	48	48	110	110		
		Elektrificatie	67	67	67	67	67	67	5	5	4	4		
		Waterstof	48	39	39	34	0	0	0	0	0	0	0	

4. Elektrificatie - 2030-2040-2050

- 2030
 - Nauwelijks elektrificatie
 - CO2-prijs is te laag
 - Alleen subsidies helpen
- 2040
 - CO2-prijs hoog genoeg voor omslag van aardgas > elektriciteit
 - Snelheid van elektrificatie hangt af van prijs WoZ
 - Potentie extra wind op zee is 0 - 11 GW
- 2050
 - Elektrificatie veelal goedkoopste oplossing
 - Sommige processen zijn niet geschikt voor elektriciteit en gebruiken waterstof
 - Potentie extra wind op zee is 8 - 15 GW

4. Versnelling in 2030-2040

- Interessante periode
- Ambities EU Greendeal
- CO2-prijs zal hoger zijn
- Kostprijs Wind op Zee, meest bepalend voor snelheid



5. Conclusies

- CO₂-prijs + aardgasprijs is meest bepalende factor voor elektrificatie industrie
 - Processen met hoge bedrijfstijd
 - Variabele kosten zijn het grootst, vaste kosten nauwelijks
- Tot 2030 CO₂-prijs te laag voor omslag naar elektrificatie
 - Kostprijs Wind op Zee bepaalt subsidievolume
- In de periode 2030-2040 kan WoZ snelheid vergroten
 - Kostprijs Wind op Zee kan elektrificatie versnellen
- In de periode tot 2050 is elektrificatie dominant
 - Waterstof is per GJ duurder dan elektriciteit, aardgas + CO₂-prijs nog duurder
 - Sommige processen kunnen (nog?) niet elektrisch
 - Kostprijs Wind op Zee bepalend voor kostprijs producten industrie

Projectteam

- Frans Rooijers
projectleider
rooijers@ce.nl



- Joeri Vendrik
energiesysteem
vendrik@ce.nl

- Chris Jongsma
industrie
jongsma@ce.nl



- Lucas van Cappellen
energiesysteem
cappellen@ce.nl

- Publicaties: www.ce.nl/publicaties