



IJMUIDEN, 2 SEPTEMBER 2021

**Haalbaarheidsstudie
klimaatneutrale paden
TSN IJmuiden –
Tussentijdse parlementaire memo**

In opdracht van Tata Steel Nederland & FNV

1. Haalbaarheidsstudie achtergrond en opdracht

Tata Steel Nederland IJmuiden is één van de meest CO₂-efficiënte staalfabrieken in de wereld, maar is tegelijkertijd de grootste industriële CO₂-uitstoter van Nederland

Tata Steel Nederland (TSN) IJmuiden maakt met haar hoogovens al meer dan 100 jaar staal voor bijvoorbeeld verpakkingen, bouw en auto's. Het produceren van staal door middel van hoogovens is energie- en CO₂-intensief. TSN IJmuiden is dan ook één van de grootste industriële CO₂-uitstoters van Nederland – ca. 12,6 miljoen ton per jaar – hoewel het per ton geproduceerd staal één van de meest CO₂-efficiënte staalfabrieken ter wereld is¹. Voor een duurzame toekomst van TSN, de ca. 11.000 directe werknemers (waarvan 320 in research & development), ca. 47.000² indirecte werknemers (bijvoorbeeld bij toeleveranciers) en de ca. 28.000 afgeleide werknemers (o.a. door de consumptie van de directe werknemers), is het essentieel dat emissies verder worden beperkt. Met een bijdrage van ca. € 7,1 miljard (ca. 1%) aan bruto toegevoegde waarde voor Nederland is dit ook belangrijk voor de Nederlandse economie².

TSN en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) zijn in een *Expression of Principles (EoP)* overeengekomen te streven naar een CO₂-reductie van 5 Mton op jaarbasis in 2030

TSN staat voor de grote uitdaging de staalproductie te verduurzamen om niet alleen de uitstoot van CO₂ te beperken, maar ook de impact op het milieu en de overlast voor de omgeving. TSN en het Ministerie van EZK hebben hun gezamenlijke belang van een duurzame, CO₂-arme staalproductie in IJmuiden uitgedrukt in een *Expression of Principles*. Daarin heeft TSN de ambitie uitgesproken om 5 Mton CO₂-reductie op jaarbasis te realiseren in 2030. Dit komt neer op 40% CO₂-reductie ten opzichte van 2019 en overstijgt daarmee TSN's 30% reductiedoel op basis van het klimaatakkoord. Het Ministerie van EZK heeft in de EoP ook uitgesproken TSN te willen ondersteunen door de realisatie te faciliteren van CO₂- en waterstofinfrastructuur en het tijdig verkrijgen van de nodige vergunningen mogelijk te maken.

Parallel aan het CO₂-reductiedoel zal TSN € 300 miljoen investeren in de uitvoering van haar "Roadmap Plus", een reeks maatregelen om voor het einde van 2025 de belangrijkste emissiebronnen aan te pakken en hinder voor de omgeving (in de vorm van geur, stof, geluid, NOx en zware metalen) te verminderen.

TSN overweegt diverse routes om de CO₂-reductiedoelstellingen te halen. Deze studie richt zich op twee routes, één met BF-CCUS-technologie als tussenstap en een alternatief dat direct overgaat op staalproductie op basis van DRI-technologie – De "Direct-to-DRI route" wordt ook door FNV voorgesteld

TSN heeft nog niet definitief gekozen via welke route het de CO₂-reductiedoelstellingen wil halen. Eén van de routes gaat, als eerste stap, uit van het afvangen en opslaan van CO₂ en de productie van (blauwe) waterstof uit de restgassen van de hoogovens (*Blast-Furnace Carbon Capture, Utilization and/or Storage*, BF-CCUS). Op lange termijn wordt overgestapt naar staalproductie op basis van direct gereduceerd ijzer (*Direct Reduced Iron*, DRI) met gebruik van (groene) waterstof. Deze route wordt in het vervolg van deze memo de "BF-CCUS route" genoemd.

In de EoP gaat TSN er van uit dat de BF-CCUS de meest kosteneffectieve route is om 5 Mton CO₂-reductie op jaarbasis te realiseren voor 2030, omdat TSN – mede door de ligging aan zee – CO₂ tegen relatief beperkte kosten kan laten transporteren en opslaan in lege gasvelden en omdat daarvoor subsidiemechanismen beschikbaar zijn (zie Hoofdstuk 2).

Het bestuur van FNV Tata Steel heeft ook een visie gepresenteerd (Groen Staal, mei 2021) om de CO₂-reductiedoelstellingen te halen en een duurzame toekomst te garanderen voor TSN IJmuiden. FNV werkt deze route uit in samenwerking met "Werkgroep Zeester", bestaande uit oud-managers uit de staalindustrie, bedrijfskundigen, wetenschappers en vakbondsleden.

1 Bron: EoP; TSN behoorde volgens worldsteel in 2018 tot de top 10% laagste CO₂ uitstoters in de staalindustrie

2 Bron: EoP en Oxford Economics in July 2019

In de door FNV voorgestelde route zou TSN nog vóór 2030 starten met de overschakeling naar DRI-technologie – in eerste instantie op basis van een productieproces met aardgas maar zo snel mogelijk overschakelend naar (groene) waterstof. FNV en Werkgroep Zeester stellen voor om tussentijds geen BF-CCUS toe te passen op het huidige staalproductieproces, zodat bijbehorende investeringen kunnen worden vermeden. TSN bestudeert deze "Direct-to-DRI route" als alternatief voor de BF-CCUS route.

FNV en TSN hebben Roland Berger gevraagd om als onafhankelijke partij de haalbaarheid van beide routes te onderzoeken

FNV en TSN hebben hetzelfde einddoel: klimaatneutrale staalproductie in 2050, naar verwachting op basis van DRI-technologie en groene waterstof. Zij hebben Roland Berger gevraagd om (de haalbaarheid van) de twee routes naar dat gezamenlijke einddoel zo feitelijk mogelijk in kaart te brengen. TSN bestudeert daarnaast nog andere routes naar klimaatneutraal staal.

Het haalbaarheidsonderzoek beschrijft per route:

- > De stappen in de route, inclusief de bijbehorende CO₂-reducties over tijd
- > De aannames en argumenten waarop de route is gebaseerd (incl. tijdslijnen)
- > De technische, economische, werkgelegenheids-, markt-, en regelgevingsimplicaties
- > De impact op overige emissies en de lokale omgeving;
- > De randvoorwaarden en steun van de overheid die de route vereist om te kunnen slagen
- > De eventuele onrendabele top;
- > De maatschappelijke acceptatie, zoals verwoord door verschillende stakeholders.

Tussentijdse inzichten van het onderzoek staan beschreven in deze memo en dienen als input voor het Kamerdebat over de toekomst van TSN IJmuiden op 9 september 2021. De volledige studie zal worden afgerond in het najaar van 2021.

Dit memo is als volgt opgebouwd: Hoofdstuk 2 schetst de context van Europees en nationaal beleid en ontwikkelingen waarbinnen de CO₂-reductie moet plaatsvinden. Hoofdstuk 3 beschrijft de huidige situatie en de reductiedoelstellingen. Hoofdstuk 4 zet beide routes in meer detail uiteen, waarna in hoofdstuk 5 de evaluatiestructuur en tussentijdse inzichten worden gegeven. Hoofdstuk 6 bevat tussentijdse conclusies en een vooruitblik op de volgende fase van de haalbaarheidsstudie.

Deze studie focust in eerste instantie op CO₂-reductie maar zal bij de evaluatie van de routes ook de impact op de lokale omgeving als een belangrijk criteria meenemen. In de volgende fase zal dit nadrukkelijker belicht worden. Het beoordelen van eventuele gezondheidsimpact van de emissies valt buiten de scope van deze studie.

2. Beleid en ontwikkelingen

De staalindustrie moet de komende jaren verduurzamen om aan de klimaatdoelstellingen te voldoen en concurrerend te blijven bij een toenemende CO₂-beprijzing

De EU heeft – in de Green Deal – ambitieuze doelen gesteld om klimaatverandering tegen te gaan: 55% minder CO₂-uitstoot in 2030 (ten opzichte van 1990) en klimaatneutraliteit in 2050. Ook de staalindustrie moet daaraan bijdragen. Met een uitstoot van ca. 220 Mton aan broeikasgassen was zij in 2019 goed voor ca. 6%³ van het Europese totaal, en met een productie van ca. 150 Mton staal (ook in 2019) is de EU na China de grootste staalproducent van de wereld. Staal speelt bovendien een essentiële rol in vele industriële waardeketens en ook in het bewerkstelligen van de energietransitie. Een grote verduurzamingsslag moet op zeer korte termijn plaatsvinden, aangezien de staalindustrie slechts één investeringscyclus verwijderd is van 2050.

Om die verduurzamingsslag te bevorderen, wordt CO₂-uitstoot in de EU sinds 2008 belast via het *EU Emission Trade System* (EU ETS, momenteel ca. € 60 per ton CO₂). Na 2025 introduceert de EU bovendien – om een gelijk speelveld te creëren voor Europese producenten – het *Carbon Border*

³ Bron: European Commission, Towards competitive steel (2020)

Adjustment Mechanism (CBAM), een aan de ETS-CO₂-prijs gekoppelde CO₂-importheffing op producten die buiten de EU zijn geproduceerd.

Op dit moment wordt het speelveld deels gelijk gehouden doordat industrieën in de EU gratis CO₂-emissierechten ontvangen, maar deze zullen over tijd worden afgebouwd parallel aan de geleidelijke invoering van CBAM. De Nederlandse overheid past bovendien, bovenop de EU ETS, een jaarlijks toenemende CO₂-heffing toe. In een "do-nothing" scenario stoot TSN IJmuiden jaarlijks ca. 12,6 Mton CO₂ uit en verwacht het daarvoor per jaar aan Nederlandse CO₂-heffing en EU ETS ca. € 600 miljoen te moeten betalen in 2030, oplopend naar meer dan € 1 miljard in 2035⁴. Verduurzaming is voor TSN IJmuiden dan ook zowel een maatschappelijke als economische prioriteit.

Het verduurzamen van de staalindustrie vergt grote investeringen en publieke financiële ondersteuning is op Europees en nationaal niveau (nog) slechts beperkt beschikbaar

De investeringskosten voor het ontwikkelen en implementeren van CO₂-arme technologieën in de staalindustrie in de EU worden geschat op ca. € 100 miljard⁵. Daarbovenop komen additionele jaarlijkse operationele kosten, onder andere als gevolg van de inzet van nieuwe technologieën en hogere inkooprijzen voor groene elektriciteit en waterstof. Als staalproducenten concurrerend willen blijven met "conventioneel" geproduceerd staal van buiten de EU, is het voor hen lastig om deze kosten geheel door te belasten aan hun klanten. Daarom wordt gekeken naar een stelsel van transitie subsidies op Europees, nationaal en regionaal niveau.

Voor research, development en innovatie heeft de EU verschillende subsidiemechanismen waarvan ook de staalindustrie gebruik kan maken (bijv. ETS Innovation Fund en Horizon Europe), maar deze faciliteren de implementatie van duurzame technologieën niet op grote schaal – daarvoor is meer geld nodig. Onder Horizon 2020 (de voorloper van Horizon Europe) werden al verschillende staalprojecten gefinancierd, maar dit ging om relatief lage bedragen voor onderzoek naar technologieën in een vroeg ontwikkelingsstadium (bijv. voor SIDERWIN⁶ van ArcelorMittal, voor SALCOS⁷ van Salzgitter en voor Hlsarna⁸ van TSN IJmuiden).

De EU heeft ruim € 672,5 miljard beschikbaar gesteld middels de *Recovery and Resilience Facility* (RRF) – waarvan € 360 miljard aan leningen en € 312,5 miljard aan subsidies – om de impact van de COVID-19-pandemie te beperken. Lidstaten stellen nationale plannen op, waarvoor als voorwaarde geldt dat minstens 37% van de uitgaven bestemd is voor klimaathervormingen en -investeringen. De staalindustrie kan hieronder vallen. Nederland heeft € 6 miljard aan subsidies toebedeeld gekregen. Met het indienen van het Nederlandse plan wordt gewacht tot een nieuw kabinet is aangetreden. In Duitsland, dat € 25,6 miljard krijgt, wordt ca. 40% gealloceerd aan klimaatbeleid en de energie transitie⁹.

4 Bron: Tata Steel Nederland, getallen houden nog geen rekening met recente EU 'Fit for 55' beleidsaankondigingen

5 Bron: Roland Berger, *The Future of Steelmaking*, mei 2020

6 SIDERWIN: IJzererts reductie via elektrolyse

7 SALCOS: Waterstof productie en DRI op basis van H₂






8 Hlsarna: Grondstoffen in poedervorm rechtstreeks omgezet tot vloeibaar ruwijzer

9 Bron: Bundesfinanzministerium, *German Recovery and Resilience Plan (DARP)*, april 2021

Lidstaten hebben mogelijkheden om (binnen de grenzen van staatssteun) de klimaattransitie te stimuleren, maar Nederland heeft beperkte instrumenten voor de verduurzaming van staalproductie

In het algemeen verbiedt EU-wetgeving het verlenen van staatssteun, maar via een aantal mechanismen (bijv. Energy and Environmental State Aid Guidelines¹⁰, IPCEI-status¹¹ en *Carbon Contracts for Differences*¹² (CCfD's)) kunnen landen toch steun bieden om de klimaattransitie te bevorderen. Verschillende landen doen dat ook en bieden verduurzamingssubsidies voor de staalindustrie. Zo heeft Duitsland voor zijn staalindustrie een strategie ontwikkeld (Handlungskonzept Stahl) en ca. € 7 miljard beschikbaar gesteld via verschillende mechanismen, waaronder CCfD's. Ook de Spaanse overheid heeft aangegeven een staalactieplan te zullen opstellen en met ArcelorMittal in een intentieverklaring opgenomen dat € 1 miljard zal worden geïnvesteerd in CO₂-reductie van de fabriek in Gijón middels een DRI-installatie. Figuur 1 geeft een overzicht van internationale voorbeelden van deels gesubsidieerde CO₂-reductieprojecten in de staalindustrie.

Figuur 1. Internationale subsidievoorbeelden van CO₂-reductieprojecten in uitvoering bij staalfabrikanten (niet uitputtend)

	 ArcelorMittal ¹⁾	 thyssenkrupp	 SALZGITTER FLACHSTAHL <small>Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe</small>	 voestalpine	 SSAB
BF-CCUS	DMX, Carbon2Value Industriële CCS pilot EUR 14,7 m uit H2020	Carbon2Chem CCU pilot EUR 140 m van Duitse overheid			STEPWISE – Pilot voor nieuwe HO CC technologie EUR 13 m uit H2020
	Steelanol in Gent EUR 10,2 m uit H2020				
Staalproductie met waterstof en overige	DRI in Gijón (2,3 Mtj) MoU met Spaanse overheid over een EUR 1 mld investering in decarbonisatie	H2-DRI in Duisburg (1,2 Mtj) IPCEI status voor tKH2steel (Duisburg)	SALCOS – Pilot DRI in Salzgitter & DRI haalbaarheidsstudie in Wilhelmshaven EUR 4,5 m uit H2020 IPCEI status voor Get H2, (Salzgitter)	Pilot elektrolyse faciliteit in Linz EUR 12 m uit H2020	HYBRIT – DRI pilot in Luleå ca. EUR 60 m van Zweeds Energie Agentschap
	SIDERWIN – Pilot ijzerertsreductie via elektrolyse EUR 6,8 m uit H2020	Hoger aandeel schroot in HO en BOF EUR 6,4 m van Duitse overheid			
	Installatie van DRI fabrieken in Hamburg & Bremen IPCEI status voor H2H (Hamburg), Clean Hydrogen Coastline en DRIBE2 (Bremen)				

1) Verschillende andere projecten hebben subsidie aanvragen gedaan zoals o.a. Carbalyt project in Fos-sur-Mer (CCUS project) en twee DRI projecten in Duinkerke met een hybride BF-DRI proces en met een grootschalige DRI installatie

Bron: Websites bedrijven, Europese commissie, Roland Berger

Daarnaast stellen veel lidstaten geld beschikbaar voor het ontwikkelen van noodzakelijke ondersteunende infrastructuur zoals waterstofketens, waarbij de staalindustrie als afnemer kan fungeren (bijv. Duitsland ca. 9 miljard euro tot 2030, Frankrijk ca. € 7 miljard tot 2030 en Spanje ca. € 1,5 miljard tot 2023). Nederland heeft via het Nationaal Groeifonds € 338 miljoen uitgetrokken voor groene waterstof en investeert daarnaast € 35 miljoen per jaar in de Rijksbegroting.

10 Onder de EEAG mag staatssteun worden verleend voor het introduceren van klimaatvriendelijke technologieën

11 Important Project of Common European Interest (IPCEI) is status die aan projecten kan worden toegewezen, die landen staat stelt steun te verlenen – het is geen subsidie op zichzelf

12 Carbon Contracts for Differences betalen het verschil tussen de prijs van emissierechten en een afgesproken contractprijs, waardoor effectief een vaste CO₂ prijs wordt gegarandeerd. Hiermee kunnen investeringen in duurzame technologieën worden gestimuleerd.

Nederland subsidieert verduurzaming ook via de SDE++. Het merendeel van de in 2020 toegekende SDE++ subsidie (2,1 van de € 4,7 miljard) ging naar CO₂-leveranciers¹³ van het CCUS-project Porthos van de Haven van Rotterdam, Gasunie en EBN. Het Klimaatakkoord ziet CCUS als een overgangsmaatregel die de ontwikkeling van echt duurzame technieken niet in de weg mag staan – maar in een recent onderzoek¹⁴ i.o.v. het Ministerie van EZK is efficiëntere staalproductie (bijv. via DRI) niet aangemerkt als kosteneffectief alternatief voor CCUS. Waterstofproductie door elektrolyse komt bijvoorbeeld wel in aanmerking SDE++ (tot een jaarlijks maximum), maar staal maken op basis van DRI-technologie (nog) niet. CCUS toepassen op staalproductie komt wel in aanmerking, maar niet voor de volledige volumes waar TSN naar kijkt. Zodoende bestaat er vanuit de Nederlandse overheid (nog) geen (pasklaar) subsidiemechanisme voor verduurzaming van de staalindustrie. Voor TSN IJmuiden zal dan ook maatwerk nodig zijn – welke route ook wordt gekozen.

3. Huidige situatie

TSN IJmuiden produceert primair staal in twee hoogovens en een oxy-staalfabriek (*Basic Oxygen Furnace*, BOF), waarbij gassen vrijkomen die CO en CO₂ bevatten

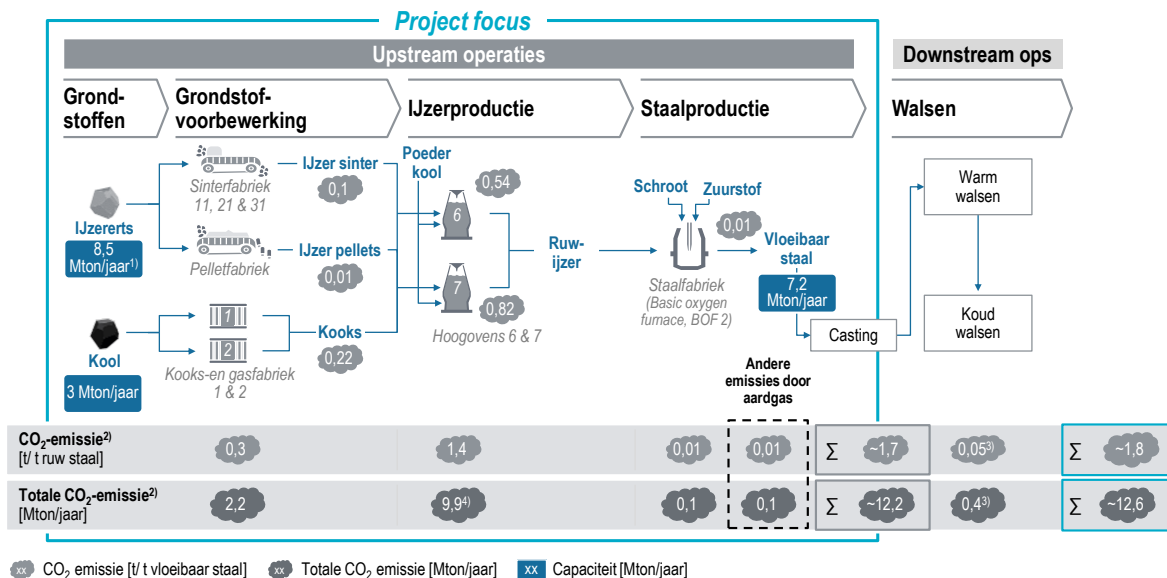
TSN IJmuiden maakt in het huidige staalproductieproces gebruik van twee hoogovens (6 en 7, zie Figuur 2). In de hoogovens worden ijzererts en kolen tot hoge temperaturen verhit om ijzererts om te zetten in ruwijzer. Bij dat proces komen onder meer CO en CO₂ vrij. Het ruwijzer wordt vervolgens in een *Basic Oxygen Furnace* (BOF) met 3 converters verder ontdaan van het merendeel van de koolstofatomen om staal te verkrijgen. Ook in dit proces komt CO₂ vrij. De gassen die als bijproduct in de hoogovens en BOF ontstaan – zogeheten *Works Arising Gasses* (WAGs) – worden opgevangen en gebruikt als brandstof voor interne processen en voor de lokale elektriciteitscentrales van Vattenfall. De aldaar opgewekte elektriciteit wordt weer verbruikt op de site van TSN IJmuiden. De CO₂ die daarna nog overblijft wordt uitgestoten. De "upstream" activiteiten (het staalmaken zelf) zijn verantwoordelijk voor 12,2 van de 12,6 Mton per jaar CO₂-uitstoot – de rest komt vrij bij verdere "downstream" bewerking, zoals walsen.

TSN IJmuiden stoot jaarlijks ca. 12,6 Mton CO₂ uit om 7,2 Mton vloeibaar staal te produceren en wil deze uitstoot beperken tot ca. 7,6 Mton in 2030 en nul in 2050

Jaarlijks stoot TSN IJmuiden ca. 12,6 Mton CO₂ uit bij een productievolume van 7,2 Mton vloeibaar staal. Dit komt neer op 1,8 ton CO₂ per ton staal. TSN heeft in de EoP de ambitie uitgesproken deze uitstoot per 2030 te reduceren met 40% (ofwel ca. 5 Mton). In 2050 wil TSN IJmuiden klimaatneutraal zijn en dus niets meer uitstoten. Ten opzichte van referentiejaar 2019 komt dat neer op een totale CO₂-reductie van 12,6 Mton. Parallel hieraan wil TSN – zoals uitgewerkt in de "Roadmap Plus" – vóór 2025 reeds de belangrijkste emissiebronnen hebben aangepakt die omgevingshinder veroorzaken (o.a. geur, stof, geluid, NOx en zware metalen).

13 Air Liquide, Air Products, ExxonMobil en Shell. Bron: Ministerie van EZK, juni 2021

14 Bron: Guidehouse, Vervolgonderzoek technische alternatieven voor CCS in Nederland, december 2020

Figuur 2. Huidig staalproductieproces TSN IJmuiden en bijbehorende CO₂-emissies (versimpelde weergave)

1) Ca. 1 Mton ijzerertspellets en stukerts worden extern ingekocht; 2) Op basis van emissiebron; 3) Emissies in de downstream operaties als gevolg van aardgasgebruik; 4) Totale CO₂ emissie van Hoogovens 6 & 7 is respectievelijk ca. 3,9 Mton/jaar en ca. 6 Mton/jaar

Bron: TSN IJmuiden, Roland Berger

De meest veelbelovende technologieën voor het verduurzamen van de Europese staalindustrie zijn BF-CCUS en DRI

Het merendeel van het (hoogwaardige) Europese staal wordt – net als bij TSN IJmuiden – geproduceerd met conventionele hoogovens, een efficiënte maar zeer CO₂-intensieve productiemethode. De staalindustrie staat onder toenemende publieke, economische en regelgevende druk om te verduurzamen. De ontwikkeling en implementatie van nieuwe duurzame technologieën om dit te bewerkstelligen is reeds gestart en nieuwe ontwikkelingen volgen elkaar snel op.

Bij het verduurzamen van staalproductie gaat het niet simpelweg om de elektrificatie van energieopwekking, maar om het reduceren van emissies die vrijkomen bij de reductie van ijzererts. Dit gebeurt in het huidige hoogovenproces op basis van kolen. Een wijziging van dit proces is dus een ingreep in het hart van de staalproductie.

Aangezien de investeringscycli tot 2050 beperkt zijn, moet de Europese staalindustrie beslissen in welke nieuwe technologie zij de komende 5-10 jaar wil investeren. De meest veelbelovende technologieën zijn in te delen in twee hoofdcategoryën: BF-CCUS en alternatieve methoden voor de reductie van ijzererts.

BF-CCUS kan eenvoudiger in bestaande staalfabrieken worden geïntegreerd maar leidt niet tot het voorkomen van CO₂-vorming tijdens de staalproductie zelf. Alternatieve reductietechnologieën zijn onder meer directe reductieprocessen op basis van aardgas of waterstof en elektrolytische reductiemethoden. In potentie zijn het de meest veelbelovende technologieën voor CO₂-neutrale staalproductie. Enkele hiervan zijn ver genoeg ontwikkeld om op korte termijn toe te passen, maar verder onderzoek zal vereist zijn, bijv. om capaciteit te verhogen of om op basis van waterstof te produceren.

Figuur 3. Generiek overzicht primaire staalproductietechnologieën (indicatief – niet uitputtend)

	Technologische route	Gereedheidsniveau technologie ¹⁾	CO ₂ emissies (scope 1) [t/ t ruw staal]	Energieverbruik ²⁾ [GJ/ t ruw staal]	Moeilijkheidsgraad implementatie in primaire route ³⁾
Huidig	Hoogovens & BOF	11	1.8	17-19	-
BF-CCUS	Hoogovens & BOF met BF-CCUS	5	0.4	22-24	
Alternatieve reductie-technologieën	DRI technologie o.b.v. aardgas met CCUS	9	0,3 ⁴⁾ 0,6	13-15	
	DRI technologie o.b.v. waterstof ⁵⁾	5	0,04 ⁶⁾	11-13	
	Fluidized bed DRI o.b.v. waterstof	4	0,04 ⁶⁾	11-13	
	Suspension ironmaking technologie	3	0,04 ⁶⁾	n.b.	
	Plasma directe staalproductie	4	0,04 ⁶⁾	n.b.	
	Elektrolytische processen	4	0,04 ⁶⁾	12-14	

● Hoog ○ Laag In scope van de haalbaarheidsstudie

1) Gebaseerd op TRL-definities in IEA – Iron and Steel Technology Roadmap (oktober 2020), Bereik van 1 (initiële concept) tot 11 (bewijs van stabiliteit bereikt);
 2) Gebaseerd op interviews met experts en EPRS – Carbon-free steel production (april 2021); 3) Inclusief impact integratie in staalproductie proces;
 4) Ervan uitgaande dat CO₂ in topgas wordt afgevangen; 5) DRI technologie draait op 100% waterstof; 6) Aangenomen dat het hele proces wordt aangedreven met groene energie

Bron: IEA (oktober 2020), European Parliamentary Research Service (april 2021), Expert Interviews, Roland Berger

TSN en FNV zijn het eens over het technologische einddoel voor volledig CO₂-neutrale staalproductie: DRI op groene waterstof

TSN en FNV zijn het eens over de beste technologie waarmee TSN IJmuiden in de toekomst (2050) volledig klimaatneutraal staal kan produceren: *direct gereduceerd ijzer* (DRI) op basis van groene waterstof in combinatie met elektrische ovens. Er zijn echter verschillende tussenstappen mogelijk.

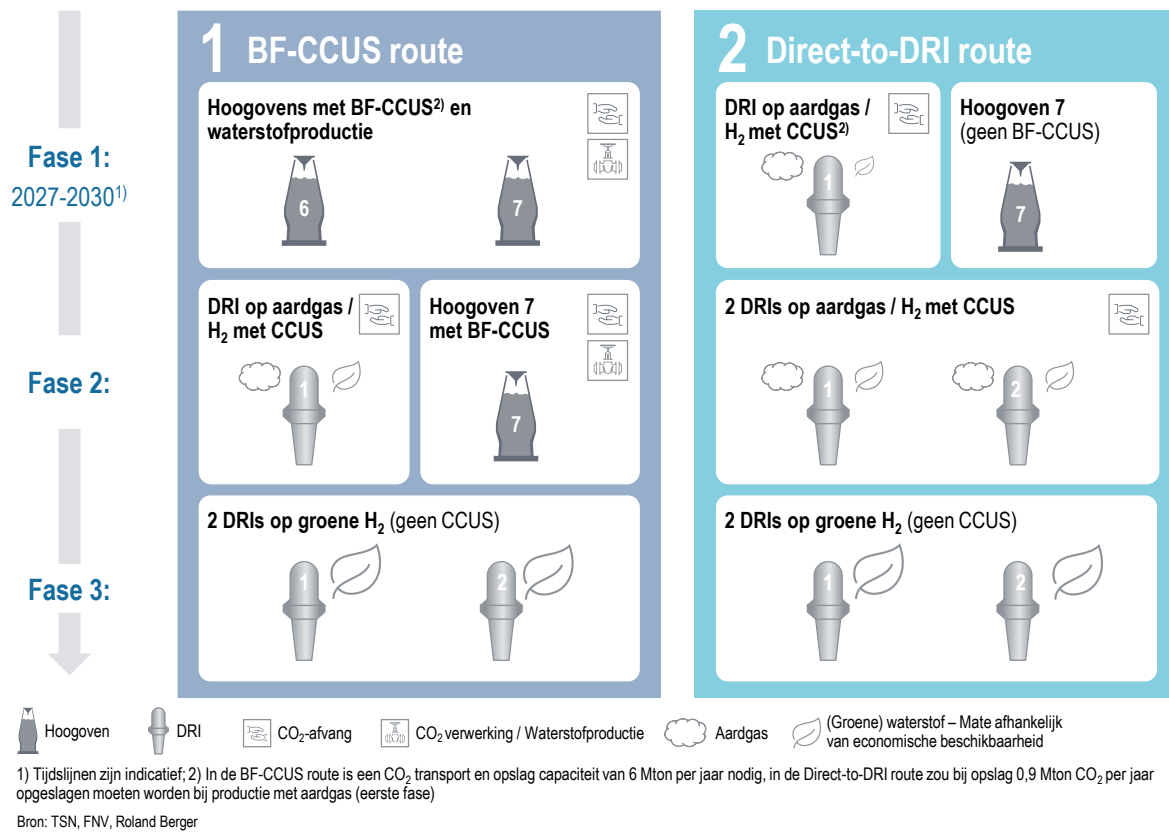
TSN wil op korte termijn een beslissing nemen over de eerste stap naar volledig duurzame productie. Bij de selectie van geschikte technologieën voor TSN IJmuiden is het daarom belangrijk om te kijken naar technologieën die beschikbaar zijn in de nabije toekomst. Ook moeten technologieën inpasbaar zijn in de site van TSN IJmuiden. Denk hierbij aan beperkte mogelijkheden qua locatie en logistiek, aansluiting bij het huidige productieproces, mogelijkheid tot productie van de huidige productmix en idealiter ook aansluiting bij de levensduur van huidige installaties, zodat voorgaande investeringen niet teniet worden gedaan.

Uit een eerste generieke evaluatie van staalproductietechnologieën (Figuur 3) blijken hoogovens & BOF met CCUS-technologie en DRI-technologie op basis van aardgas met CCUS, afhankelijk van de marktontwikkeling met bijmenging van (groene) waterstof, (de meest) geschikte technologieën om te overwegen. Beide technologieën zijn beschikbaar en naar verwachting in te passen in de site in IJmuiden. Andere technologieën zijn op dit moment minder geschikt omdat ze nog in een te vroeg stadium van ontwikkeling zijn of lastig in te passen in een bestaande staalfabriek. Het is mogelijk dat dit in de toekomst verandert.

De BF-CCUS en Direct-to-DRI-routes worden in de haalbaarheidsstudie onderzocht en zijn in het volgende hoofdstuk nader uiteengezet. Een schematische weergave van de twee routes is gegeven in Figuur 4.

4. Twee routes naar duurzame staalproductie

Figuur 4. High-level overzicht van de routes naar klimaatneutrale staalproductie (versimpelde weergave)



De eindbestemming in 2050 van beide te onderzoeken routes is volledig klimaatneutrale staalproductie met DRI, op groene waterstof in combinatie met elektrische ovens

In de laatste fase gaan beide routes uit van volledig klimaatneutraal staal produceren op basis van DRI technologie en groene waterstof, in combinatie met elektrische ovens. DRI-technologie vervangt het huidige hoogovenproces en reduceert ijzererts middels een reducerend gas. Er is bij deze technologie dus geen steenkool nodig. Als reducerend gas kan aardgas worden gebruikt, maar ook (groene) waterstof of een combinatie. DRI-technologie kan vrijwel klimaatneutraal opereren wanneer deze voor 100% door groene waterstof wordt aangedreven in combinatie met bio-brandstof koolstofbronnen. Wanneer aardgas wordt gebruikt, stoot DRI-technologie wel CO₂ uit. Deze CO₂-emissies kunnen, zonder hiervoor een complexe aparte installatie te bouwen voor ca. 70% worden afgevangen. De overige CO₂-emissies worden uitgestoten.

In het DRI-proces wordt ijzererts gereduceerd tot *sponsijzer*, een tussenproduct. Dit sponsijzer kan vervolgens op verschillende manieren worden omgezet in vloeibaar staal met elektrische ovens.

De BF-CCUS route begint in 2027 met CO₂-afvang uit de restgassen van het bestaande proces en met blauwe waterstofproductie en vervangt de hoogovens vanaf 2035 door DRI

In de BF-CCUS route (zie Figuur 4, route 1) wordt eerst project Everest uitgevoerd. Project Everest omvat het afvangen en opslaan van CO₂ uit de restgassen van de hoogovens en de BOF, alsmede de productie van ca. 114 kt/jaar (blauwe) waterstof uit die restgassen, nadat daar de CO₂ is uitgehaald. De afgevangen CO₂ zal via een pijpleiding/injectie-infrastructuur worden getransporteerd naar lege gasvelden in de Noordzee op ca. 50 km van IJmuiden en daar opgeslagen. Het transport- en opslaggedeelte van het initiatief wordt uitgevoerd en beheerd in samenwerking met de Haven van Amsterdam, Gasunie en EBN (Project Athos). Project Everest zal volgens de planning van TSN vanaf 2027 worden opgeschaald tot een CO₂-reductie van meer dan 5 Mton per jaar vanaf 2030.

Omdat project Everest de restgassen van de hoogovens en de BOF verwerkt, zullen deze niet langer beschikbaar zijn als brandstof voor de energiecentrales van Vattenfall, die op dit moment elektriciteit leveren aan TSN IJmuiden.

Rond 2035 wordt hoogoven 6 vervangen door de eerste DRI-fabriek, die zal draaien op aardgas. Kooks- en gasfabriek 2 wordt dan overbodig en gesloten. Deze is dan ook aan het einde van zijn levensduur. Deze tweede fase in de BF-CCUS-route zal zorgen voor additionele CO₂-reductie en de totale CO₂-reductie zal met deze maatregelen uitkomen op ca. 9 Mton per jaar. De uitstoot kan nog verder worden gereduceerd door al deels over te gaan op (blauwe en/of groene) waterstof. Daarnaast worden versnellingsmogelijkheden geëvalueerd.

Rond 2045 wordt ook hoogoven 7 vervangen door een nieuwe DRI-fabriek. Beide DRI-fabrieken zullen tegen die tijd voor een deel draaien op waterstof. In welke mate is afhankelijk van de commerciële beschikbaarheid en prijs van (groene) waterstof. Project Everest zal met het sluiten van hoogoven 7 worden beëindigd. In 2050 zal geen CO₂ meer worden uitgestoten en volledig naar waterstof zijn overgegaan.

De Direct-to-DRI-route slaat BF-CCUS als tussenstap over en vervangt de eerste hoogovens vanaf 2027 door DRI

In de Direct-to-DRI-route (zie Figuur 4, route 2) voert TSN IJmuiden project Everest niet uit, maar installeert het al vanaf 2027 een DRI-fabriek ter vervanging van hoogoven 6. Net als in de BF-CCUS-route zal deze fabriek eerst voornamelijk op aardgas draaien en later, afhankelijk van de commerciële beschikbaarheid, waterstof worden toegevoegd. Met hoogoven 6 zal ook kooks- en gasfabriek 2 worden gesloten. Deze maatregelen zullen zorgen voor een CO₂-reductie van ca. 3,9 Mton. Dit is op basis van het gebruik van aardgas, het merendeel (ca. 70%) van de CO₂ die vrijkomt in het DRI-proces op aardgas kan worden afgevangen zonder tussenkomst van de Everest-installatie. Het gaat hierbij om substantieel kleinere hoeveelheden CO₂-afvang (ca. 0,9 Mton per jaar) in vergelijking met de BF-CCUS-route (ca. 6 Mton per jaar). Mogelijk kan deze CO₂ worden verwerkt door een afnemer van CO₂ of opgeslagen via een CO₂-transport- en opslagproject. Van 2027 tot 2040 zal waterstof geleidelijk een steeds groter aandeel hebben in het reducerende gas voor de DRI, hetgeen leidt tot verdere CO₂-reductie.

Hoogoven 7 wordt tussen 2030 en 2040 vervangen door een tweede DRI-fabriek afhankelijk van maatschappelijke, technische en commerciële overwegingen. De inzet van waterstof in beide DRI-fabrieken zal worden uitgebreid. Restgassen van de hoogovens zullen niet langer beschikbaar zijn als brandstof voor de energiecentrales van Vattenfall, die op dit moment elektriciteit leveren aan TSN IJmuiden. Deze maatregelen zullen zorgen voor een verdere CO₂-reductie van ca. 5,5 Mton per jaar.

Afhankelijk van de commerciële beschikbaarheid en prijs van waterstof zullen beiden DRI-fabrieken uiteindelijk geheel draaien op waterstof (en wellicht een beperkte bio-brandstof koolstofbron), er zal dan geen CO₂ meer worden uitgestoten.

In de Direct-to-DRI-route zijn aanvullende maatregelen nodig om in 2030 het CO₂-reductiedoel te halen – deze kunnen ook in de BF-CCUS route worden ingezet

Om de ambities voor 2030 te halen zullen in de Direct-to-DRI-route aanvullende maatregelen nodig zijn. Het sluiten van kooks- en gasfabriek 2 en hoogoven 6 en de DRI-CCUS leveren in de eerste fase van deze namelijk nog geen CO₂-reductie van 5 Mton per jaar (maar 3,9 Mton per jaar).

Mogelijke voorbeelden van aanvullende maatregelen zijn:

- > Het gebruik van (groene) waterstof als energiebron voor verschillende installaties, zoals de de pelletfabriek en de walsenrijen
- > Het gebruik van aardgas als hulpreductiemiddel in de hoogovens
- > Het toevoegen van pellets in de hoogovens, als gedeeltelijke vervanging van ijzererts.

In de evaluatie van de Direct-to-DRI-route zal worden onderzocht of door het toevoegen van pellets en aardgas aan hoogoven 7 een aanvullende CO₂-reductie van 1,6 Mton per jaar gerealiseerd kan worden. Hiermee wordt het CO₂-reductiedoel voor 2030 ruimschoots gehaald.

Enkele van de genoemde aanvullende maatregelen kunnen ook in de BF-CCUS-route worden ingezet om de CO₂-uitstoot van TSN IJmuiden verder terug te dringen.

Het volgende hoofdstuk geeft – voor zover al mogelijk – een eerste (tussentijdse) evaluatie van beide routes.

5. Evaluatiestructuur en tussentijdse inzichten

De routes worden geëvalueerd aan de hand van verschillende criteria – dit hoofdstuk geeft een voorzichtige eerste evaluatie die in het onderzoek moet worden verfijnd en bevestigd

Beide routes worden beoordeeld op een aantal criteria in vier categorieën.

- > De **kwalificerende criteria** worden gebruikt om te toetsen of een route überhaupt in aanmerking komt voor implementatie. Het betreft zaken als het op tijd kunnen realiseren van de route (rekening houdend met o.a. technische haalbaarheid, levertijden en vergunningen), het al dan niet behalen van de vereiste CO₂-reducties, de staalkwaliteit en -volumes en het naleven van wet- en regelgeving.
- > Aan de hand van **evaluerende criteria** kan worden vastgesteld welke route op welk vlak de voorkeur kan hebben. Denk daarbij aan de uitstoot van andere emissies, werkgelegenheid en toekomstbestendigheid.
- > De derde set criteria toetst de **economische haalbaarheid** van de routes.
- > De vierde categorie, tenslotte, omvat **randvoorwaarden** die noodzakelijk zijn voor het slagen van de routes, zoals benodigde externe infrastructuur (bijv. waterstof- en/of CO₂-netwerk) en juiste marktomstandigheden (bijv. voldoende groene stroom en/of groene waterstof).

Deze memo bevat tussentijdse inzichten en evaluaties op een deel van bovenstaande criteria. Nader onderzoek in het vervolg van deze studie kan deze vroege evaluaties bevestigen, nuanceren of herzien. In de volgende fase zullen ook berekeningen omtrent de economische haalbaarheid aan bod komen.

Beide routes lijken technisch haalbaar en de huidige productmix in stand te kunnen houden – Desondanks kleven aan beide routes technologische risico's

Naar verwachting kunnen de technologieën voor de eerste fase van de routes tijdig geleverd worden. Voor beide routes bestaan verschillende leveranciers en met een aantal daarvan zijn de eerste gesprekken al gevoerd. Gezien de mondiale beweging naar groene staalproductie, mag in de toekomst een toenemende vraag naar CCUS- en DRI-technologieën worden verwacht, met langere levertijden en hogere prijzen als gevolg. Op korte termijn zal dit naar verwachting nog geen vertragend effect hebben, maar het is wel zaak voor TSN IJmuiden om spoedig een technologische keuze te maken.

TSN, FNV en externe experts achten tijdig ontwerp en constructie op de site van IJmuiden mogelijk. Een potentieel vertragend proces is het verlenen van de benodigde vergunningen door lokale en nationale overheden. Overheden kunnen TSN ondersteunen de realisatietijdslijnen te verkorten door versnelde vergunningsprocedures te hanteren. Voor de BF-CCUS route hebben overheden deze ondersteuning al toegezegd. Voor een tijdige uitvoering van de Direct-to-DRI route zal het essentieel zijn dat deze ondersteuning ook wordt verleend en vergunningsprocedures versneld worden uitgevoerd, mede ook gezien de invoering van de nieuwe omgevingswet.

Ondanks de door experts ingeschatte haalbaarheid, kennen beide routes technologische risico's. In de BF-CCUS-route is het vervoer en opslag van CO₂ (Athos project) volwassen technologie die vaker wordt toegepast in bijvoorbeeld de olie- en gasindustrie. Wel zal dit voor de BF-CCUS-route op nog niet eerder vertoonde schaal moeten gebeuren en brengen grote offshore projecten risico's met zich mee ten aanzien van veiligheid, budget en tijdslijnen. Het afvangen van CO₂ uit restgassen van de hoogovens en BOF (Project Everest) wordt alleen nog maar op pilot schaal toegepast (bijvoorbeeld het Carbon2Chem-project). In andere industrieën worden vergelijkbare CO₂-absorptietechnologieën wel al toegepast, maar op kleinere schaal dan Project Everest. Zowel opschaling als toepassing in staalproductie met hoogovens brengen ontwikkeltijd en onzekerheden met zich mee.

Ook bij de "Direct-to-DRI"-route zijn er technologische onzekerheden en risico's. Een volledige DRI-installatie met de vereiste capaciteit, inclusief elektrische ovens, is pas onlangs geïnstalleerd (bijv.

MIDREX-installatie in Algerije) en een andere is nog in aanbouw (Tenova-installatie in Rusland). Met de afzonderlijke onderdelen van DRI is wel al jaren op grote schaal ervaring opgedaan (2-2,5 Mton/jaar capaciteit). Echter de integratie van met name de elektrische oven, in de bestaande staalfabriek van TSN IJmuiden is een uitdaging en verschilt per gekozen elektrische oven technologie. Het lijkt technisch mogelijk om dezelfde staalkwaliteit en productmix te verkrijgen als in het huidige proces, maar dit gaat gepaard met ontwikkeltijd, onzekerheden en risico's waarvan de omvang ook afhangt van de gekozen exacte configuratie.

Beide routes lijken te kunnen voldoen aan de gestelde CO₂-reductiedoelstellingen, maar bij de Direct-to-DRI route zijn aanvullende maatregelen nodig om de 2030 ambitie te halen

De BF-CCUS-route bereikt volgens eerste evaluaties de beoogde 5 Mton CO₂-reductie in 2030. De Direct-to-DRI-route bereikt ca. 3,9 Mton CO₂-reductie en aanvullende maatregelen zijn noodzakelijk het reductiedoel van 5 Mton per jaar in 2030 te halen. Enkele van deze maatregelen maken integraal onderdeel uit van de FNV/Zeester-visie, en zullen op basis van de business case worden geëvalueerd als onderdeel van de Direct-to-DRI-route. Zij kunnen ook zelfstandig worden geëvalueerd en eventueel toegevoegd aan de BF-CCUS-route als extra CO₂-reductie. Op dit moment is dit niet voorzien. De CO₂-reductiepaden van beide routes zijn weergegeven in Figuur 5.

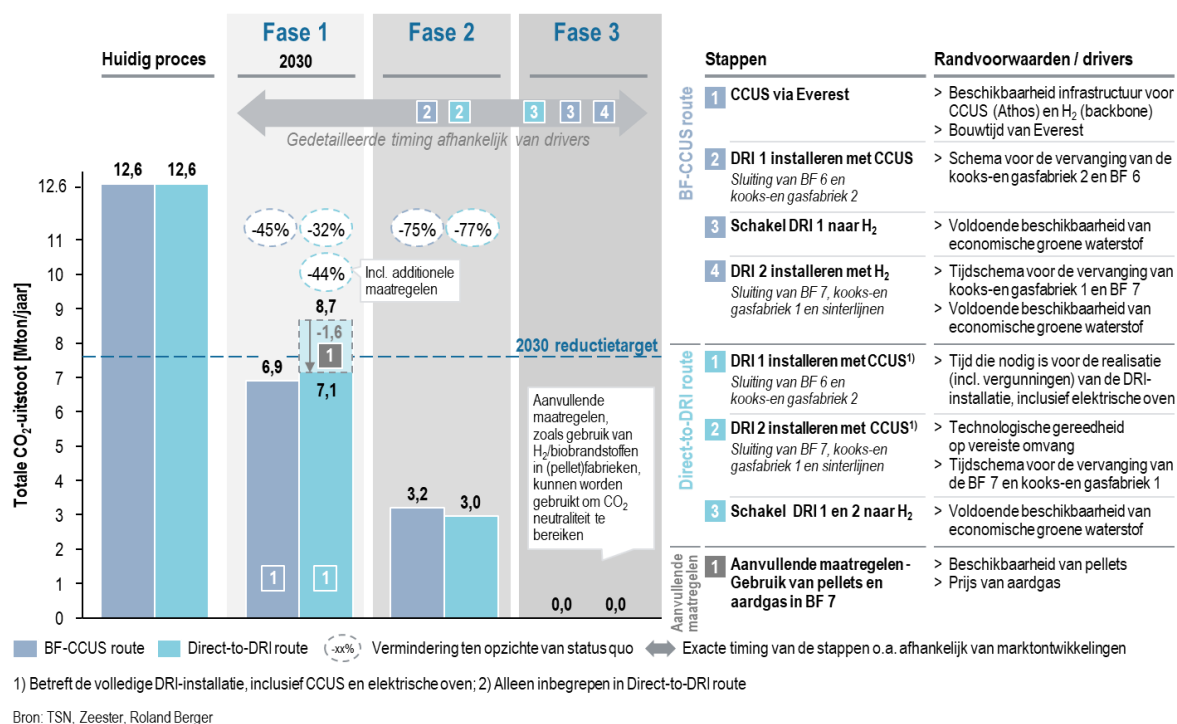
Randvoorwaarden voor de technische uitvoering van beide routes zijn enerzijds de aanwezigheid van externe infrastructuur voor waterstof en/of CO₂, en anderzijds voldoende beschikbaarheid van (duurzaam geproduceerde) elektriciteit en waterstof

De beide routes kunnen enkel in de praktijk worden gebracht als aan een aantal randvoorwaarden wordt voldaan. Eén voorwaarde is de tijdige aanwezigheid van externe infrastructuur.

Voor de BF-CCUS-route moet tijdig een CO₂-netwerk zijn aangelegd dat 6 Mton CO₂ kan transporteren en opslaan onder de Noordzee (Project Athos). Ook in de Direct-to-DRI-route zal CO₂ mogelijk moeten worden opgeslagen, maar in kleinere hoeveelheden (ca. 0,9 Mton). Daarnaast is het voor beide routes van belang dat er tijdig een waterstofbackbone is aangelegd. Voor de BF-CCUS-route is deze nodig voor de afvoer van (blauwe) waterstof die wordt geproduceerd bij het afvangen van de CO₂ uit restgassen. Voor beide routes is de aanvoer van (groene) waterstof essentieel om met de DRI klimaatvriendelijker staal te produceren, aangezien waterstof aardgas kan vervangen als reducerend gas in de DRI.

Bovendien moet genoeg (duurzaam opgewekte) elektriciteit verkrijgbaar zijn. Beide routes vergen grote hoeveelheden elektriciteit voor het opereren van de CO₂-afvangmechanismen dan wel de elektrische ovens. De restgassen van de hoogovens worden niet langer gebruikt om elektriciteit te produceren, dus zal deze elektriciteit elders moeten worden ingekocht.

Tenslotte is ook de grootschalige beschikbaarheid van groene waterstof een randvoorwaarde voor beide routes, die beide immers een DRI op waterstof als eindstadium voorzien. Bovendien geldt dat bij eerdere beschikbaarheid van waterstof tegen een goede prijs, TSN eerder aardgas kan vervangen door waterstof als reducerend gas in de DRI, en CO₂-reductie eerder kan worden bereikt.

Figuur 5. CO₂-reductiepaden van de routes, in Mton per jaar (indicatief)

De volledige evaluatie van beide routes met betrekking tot overige emissies en publieke acceptatie moet nog plaatsvinden – Met name in de BF-CCUS-route bestaat een risico met betrekking tot de acceptatie van het open blijven van kooks- en gasfabriek 2

Bij de BF-CCUS-route blijft het bestaande productieproces intact tot rond 2035. Parallel wordt tot 2025 de "Roadmap Plus" uitgevoerd, waardoor een significant deel van de overige emissies aanzienlijk zal dalen. Desondanks bestaat er een kans dat door afnemende publieke acceptatie het openblijven van kooks- en gasfabriek 2 onder druk zal komen te staan. Zoals in Figuur 6 is te zien, zal ook de hoeveelheid kolen, in de Direct-to-DRI route sneller afnemen dan bij BF-CCUS en de afname kan tevens ook verder versneld worden. Sluiting en/of ingrijpende aanpassingen met betrekking tot het gebruik van kolen en kooks- en gasfabriek 2 zullen mogelijk leiden tot additionele kosten.








Beide routes hebben naar verwachting een 'onrendabele top' en hebben financiële ondersteuning nodig om gerealiseerd te kunnen worden

In beide routes zal – net als bij andere staalbedrijven in de EU – de kostprijs van het door TSN IJmuiden geproduceerde groene staal stijgen. De verwachting is dat de markt niet bereid zal zijn om deze stijging volledig te absorberen.

Mogelijk zal er tot op zekere hoogte een bereidheid zijn bij klanten om een premium te betalen voor groen staal, maar deze premium zal de extra kosten niet dekken. Zodoende ontstaat een 'onrendabele top' voor de verduurzamingsroutes. Exacte berekeningen omtrent de omvang van deze onrendabele top zullen in de volgende fase van de studie worden gemaakt, maar de eerste indicaties zijn dat beide routes voor TSN IJmuiden – net als voor alle andere staalbedrijven in de EU – enkel gerealiseerd kunnen gaan worden met financiële steun.

De verschillende vormen die deze financiële steun kan aannemen zullen ook in de volgende fase worden voorgelegd. Daarbij kan worden gedacht aan subsidie van directe investeringen (*capital expenditures*, CAPEX), of tegemoetkomingen in de operationele kosten (*operational expenditures*, OPEX) bijvoorbeeld via subsidie of voordelen bij de inkoop van groene elektriciteit en/of waterstof of de geheven CO₂-prijs in relatie tot EU ETS en de CO₂-heffing.

Figuur 6. Input en output van de verschillende routes in verschillende fases (indicatief)

		Today	Fase 1 (2030)		Fase 3 ⁵⁾
			BF-CCUS	Direct-to-DRI ³⁾	
Output	 CO ₂ uitstoot [Mton/jaar]	12,6	6,9	7,1 ^{8,7} Zonder aanvullende maatregelen	0,0
	 Opgeslagen CO ₂ [Mton/jaar]	0,0	6,0	0,9	0,0
	 Blauwe waterstof-productie [kton/jaar] (WOZ ²⁾ [GW]	0,0	114,0 (1,1)	0,0	0,0
Input	 Kolen [PJ/jaar]	144	144	58	0
	 Aardgas [PJ/jaar]	9	13	41	0
	 Elektriciteit ¹⁾ [PJ/jaar] (WOZ ²⁾ [GW]	8 (0,5)	22 (1,2)	16 (0,9)	27 ⁷⁾ (1,5)
	 Waterstof [kton/jaar] (WOZ ²⁾ [GW]	0	0	0	440 ^{4,6,7)} (4,4)

1) Betreft elektriciteitsconsumptie en is onafhankelijk van de opwekking van elektriciteit uit restgassen; 2) WOZ = Indicatief equivalent geïnstalleerd Wind op Zee vermogen in GW
3) Inclusief aa maatregelen in hoogoven 7 (gebruik pellets en aardgas). Uitgaande van aardgas in DRI-proces. Bij kosteneffectieve beschikbaarheid kan ook waterstof worden gebruikt
4) Uitgaande van DRI op 100% waterstof; 5) Exacte maatregelen en getallen worden nog onderzocht; 6) 53 PJ/jaar waterstof nodig
7) Extra verbruik zal nodig zijn ter vervanging van overige op koolstof gebaseerde energiebronnen die in de staalfabriek worden gebruikt
Bron: TSN, Zeester, Roland Berger

6. Tussentijdse conclusies en vervolgstappen

Zowel de BF-CCUS- als de Direct-to-DRI-route lijken technisch haalbaar. Beide routes lijken ook tijdig te kunnen voldoen aan de gestelde CO₂-reductiedoelstellingen, maar voor Direct-to-DRI zijn om de doelstelling voor 2030 te halen wel aanvullende maatregelen nodig. De Direct-to-DRI-route is meer toekomstbestendig en heeft naar verwachting een bredere publieke acceptatie. Bij de BF-CCUS route verandert de staalproductiemethode niet, waardoor er geen risico's zijn ten aanzien van de huidige hoogwaardige productmix. Ook is voor deze route wel een subsidiemechanisme (SDE++ voor CCUS) beschikbaar en is ondersteuning bij het vergunningsproces toegezegd, wat helpt bij een tijdige realisatie.

Het is duidelijk dat een beslissing over de toekomstige route van TSN niet los kan worden gezien van de ontwikkeling van externe infrastructuur voor transport en opslag van waterstof en CO₂, noch van de toekomstige beschikbaarheid van groene elektriciteit en waterstof voor TSN IJmuiden.

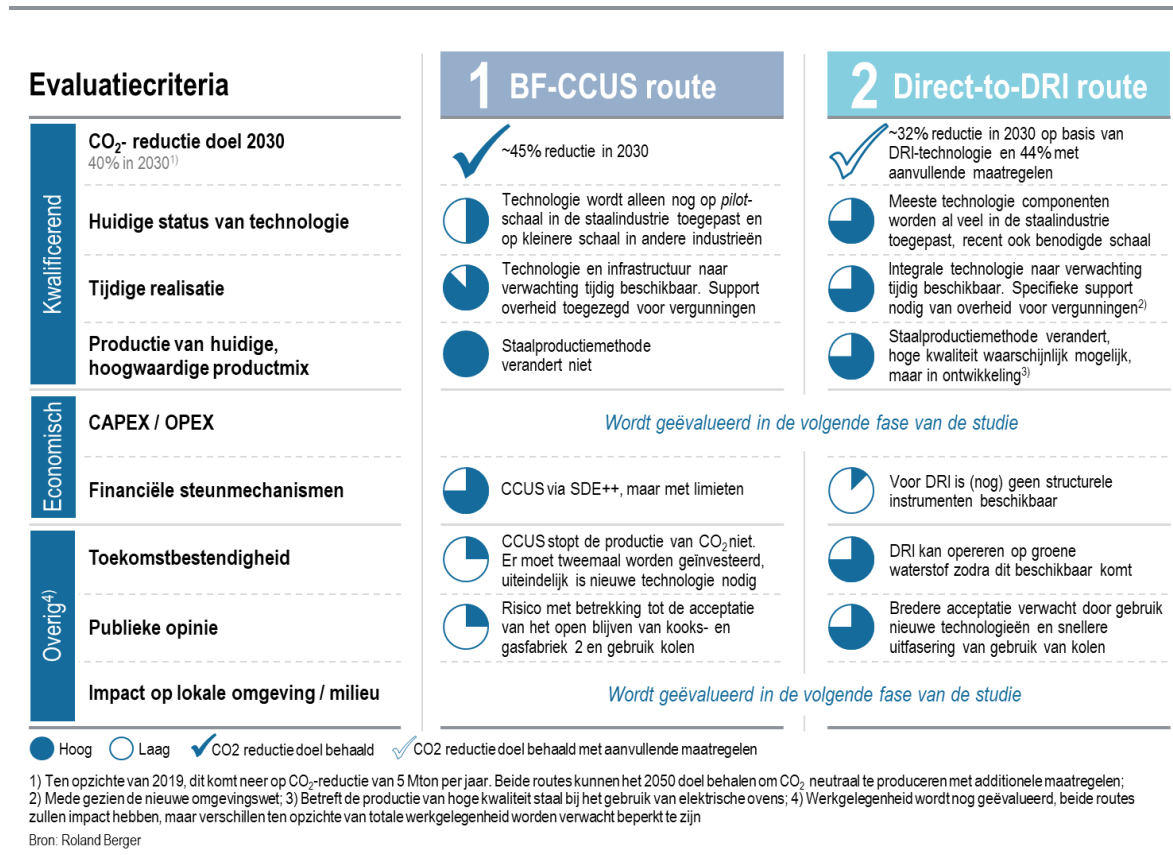
Voor beide routes geldt ook – net als bij andere staalbedrijven in de EU – dat financiële steun nodig is voor de realiseerbaarheid. Er bestaat vanuit de Nederlandse overheid echter (nog) geen volledig (pasklaar) subsidiemechanisme voor verduurzaming van de staalindustrie. Voor TSN IJmuiden zal dan ook maatwerk nodig zijn, welke route ook wordt gekozen en zeker voor de Direct-to-DRI route.

Een samenvatting van de tussentijdse evaluatie is weergegeven in Figuur 7. De vereiste randvoorwaarden voor het slagen van de routes zijn samengevat in Figuur 8.

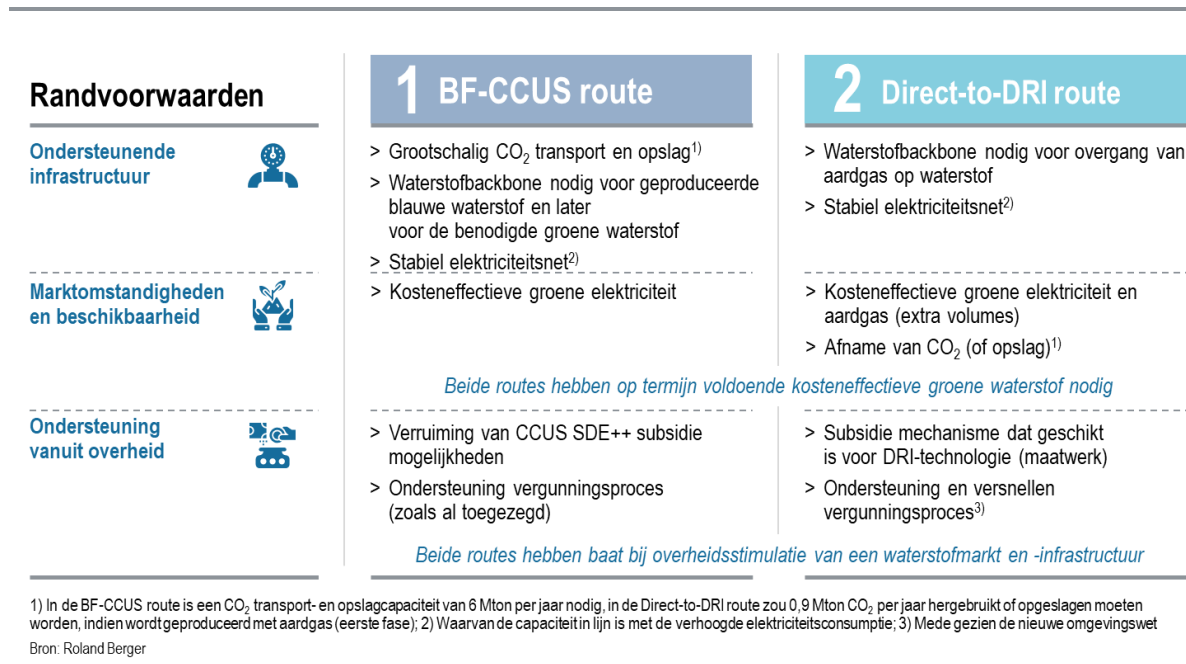
De volgende fase van de haalbaarheidsstudie richt zich met name op de economische evaluatie van de routes, op werkgelegenheid en ook zwaarwegend op de consequenties rondom impact op overige emissies, zoals bijvoorbeeld NO_x, geur, stof en geluid. Ook zal de publieke acceptatie van de routes nog verder worden geëvalueerd aan de hand van interviews met stakeholders.

De volledige studie zal worden afgerond in het najaar van 2021.

Figuur 7. Tussentijdse high-level evaluatie (samenvatting)



Figuur 8. Vereiste randvoorwaarden - samenvatting



Lijst met afkortingen

BF	Blast Furnace
BOF	Basic Oxygen Furnace
CAPEX	Capital Expenditures
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism
CCfD	Carbon Contracts for Differences
CCUS	Carbon Capture Realization and Storage
DARP	German Recovery and Resilience Plan
DRI	Direct Reduced Iron/ Direct Gereduceerd IJzer
EoP	Expression of Principles
ETS	Emission Trade System
EU	European Union
EZK	Economische Zaken en Klimaat
FNV	Federatie Nederlandse Vakbeweging
IPCEI	Important Project of Common European Interest
OPEX	Operational Expenditures
RRF	Recovery and Resilience Facility
TSN	Tata Steel Nederland
WAG	Works Arising Gasses

Disclaimer

Deze memo is opgesteld door Roland Berger in opdracht van TSN en FNV. De memo reflecteert de onafhankelijke mening van Roland Berger. Getallen, tijdslijnen en evaluaties in deze memo zijn tussentijdse inzichten en een zo'n goed mogelijke benadering op basis van de op dit moment beschikbare data en kennis. Deze inzichten kunnen veranderen in de loop van de nog in uitvoering zijnde studie en/of op basis van nieuwe data. Aan de inhoud van dit document kunnen geen rechten worden ontleend.