

# ESG & Economie

## Met de beschikbare koolstofarme technologieën liggen de 2030 klimaatdoelen binnen handbereik

Casper Burgering – Senior Econoom Sustainability Research | [casper.burgering@nl.abnamro.com](mailto:casper.burgering@nl.abnamro.com)

- ▶ De invloed van koolstofarme technologieën op de broeikasemissies van het bedrijfsleven op de klimaatdoelen richting 2030 en 2050 staat in deze publicatie centraal
- ▶ We richten ons met name op koolstofarme technologieën in 21 sectoren en schetsen emissiereductiescenario's per sector; [klik hier](#) voor deze sectorverhalen
- ▶ Voor elk van de 21 sectoren - die meer dan 75% van alle emissies vertegenwoordigen - hebben we drie emissiescenario's: een basisscenario en een passief en proactief traject
- ▶ Voor een schatting van het emissiereductiepotentieel voor elke sector maken we gebruik van de technologische gereedheid van de koolstofarme technologieën
- ▶ Belangrijke koolstofarme technologieën zijn energie-efficiëntie maatregelen, elektrificatie, productie van hernieuwbare energie, grondstoffensubstitutie en isolatie van gebouwen
- ▶ Met de beschikbare technologieën voor het koolstofarm maken van de economie zou de doelstelling voor 2030 haalbaar kunnen zijn als bedrijven in sectoren met de beschikbare koolstofarme technologieën aan de slag gaan
- ▶ In ons basisscenario, dat uitgaat van een minder proactieve aanpak en het bestaan van verschillende knelpunten, zou een groot aantal sectoren echter tekortschieten
- ▶ Knelpunten zijn onder andere de beschikbaarheid van gekwalificeerd personeel en kritieke materialen, maar ook de kosten en beschikbaarheid van financiering voor de overgang
- ▶ In de zeer energie-intensieve Nederlandse industrieën, zoals voedingsmiddelen, aardolie en basismetalen, is de uitdaging nog relatief groot
- ▶ In transportsectoren en in water- en afvalbeheer is het aantal radicale koolstofarme technologieën minder of zijn de voorwaarden en eisen voor de technologie om door te breken minder beschikbaar of is het overheidsbeleid minder streng of transparant
- ▶ Het succes van klimaatmaatregelen die op de korte termijn - tot 2030 – worden genomen, gaat het pad naar 2050 grotendeels bepalen

In deze publicatie beantwoorden wij de vraag hoe de weg van de Nederlandse economie en haar sectoren naar het ultieme 2050-klimaatneutrale doel eruit zou kunnen zien. Met name kijken we hier naar de impact die alle koolstofarme technologieën kunnen hebben op de vermindering van de broeikasgassen voor 21 sectoren in onze zogenoemde *Sector Technology Pathways* richting 2050. Welke sectoren zijn de zwaargewichten in de transitie, waar is het verminderen van broeikasgassen een grotere uitdaging en welke knelpunten komen we op de weg naar 2050 tegen?

Uit onze analyse blijkt dat bedrijven in veel sectoren vaak ruimschoots voldoende mogelijkheden hebben om hun BKG-emissies te verminderen. Soms is dit het 'laaghangende fruit' en relatief eenvoudig om te implementeren. Maar vaak zijn het

ook complexe aanpassingen in processen. Decarboniseren is daarmee altijd maatwerk. We beginnen deze publicatie met een inleiding op ons raamwerk en onze scenario's, waarna we dieper ingaan op de belangrijkste conclusie. Tot slot presenteren we de sectorverdieping voor 21 sectoren en de impact van koolstofarme technologieën op de BKG-emissies.

### Raamwerk voor de Sector Technology Pathways

Met deze publicatie geven wij inzicht in de trend in de emissies van broeikasgassen (BKG) per sector en welke opties of technologieën bedrijven in die sectoren hebben om de uitstoot van BKG vanuit hun economische activiteiten te reduceren. Het betreft hier scope 1 emissies. Dit zijn de directe emissies van bronnen die het bedrijf in eigendom of onder beheer heeft. We proberen aan de hand hiervan het emissiereductiepotentieel van de huidige en de toekomstige decarbonisatietechnologieën richting 2050 in kaart te brengen. Op deze manier ontstaat er per afzonderlijke sector een BKG-emissiereductiepad naar 2030 en verder naar 2050.

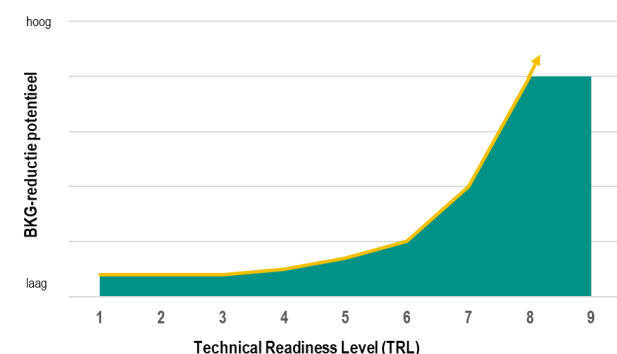
Met onze sectorbenadering in deze publicatie – welke verderop in deze publicatie staan – wordt uiteindelijk 75%-80% van de totale Nederlandse emissies van broeikasgassen in kaart gebracht. Het inzicht in de BKG-emissiereductie per sector is echter niet voldoende. Hoewel onze exercitie specifiek gericht is op Nederland en de scope 1 BKG-emissies, merken we op dat het maken van een klimaatneutraal pad voor een individuele sector (en een individueel land) uitdagingen met zich meebrengt. Het is effectiever om een holistische blik op het decarbonisatietraject te hebben, want sectoren zijn met elkaar verbonden en soms sterk afhankelijk van elkaar. Daarnaast is de wereld in sterke mate geglobaliseerd en sectoren hebben vaak internationale waardeketens, zeker in een open economie als Nederland.

BKG-emissies kunnen namelijk 'stroomopwaarts' plaatsvinden in de waardeketen door bijvoorbeeld de productie van goederen en/of halffabricaten en het transport. Maar de BKG-emissies worden ook 'stroomafwaarts' gerealiseerd door het gebruik van de producten en het afval daarvan. Om uiteindelijk klimaatneutraliteit te bereiken, is samenwerking met partners in de hele waardeketen vaak een meer zinvolle aanpak. Dit maakt bovendien dat sommige sectoren een veel grotere invloed kunnen uitoefenen op de BKG-emissiereducties van een veel groter deel van de economie, zonder dat zij zelf een groot aandeel hebben in de BKG-emissies vanuit de bronnen die in eigendom of onder beheer zijn.

In de verschillende fasen van ontwikkeling van een decarbonisatietechnologie (Technical Readiness Level, TRL; zie ook Annex 1) heeft een technologie een ander niveau van impact op de BKG-emissies. De TRL-schaal (van 1 tot en met 9) geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of BKG-emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. In deze fase heeft het relatief weinig BKG-emissiereductiepotentieel. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid van de techniek en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet. In deze fase kan de BKG-emissiereductiepotentieel veel hoger zijn, maar kan de impact bovendien per technologie sterk variëren.

#### Fase TRL en BKG-reductie potentieel

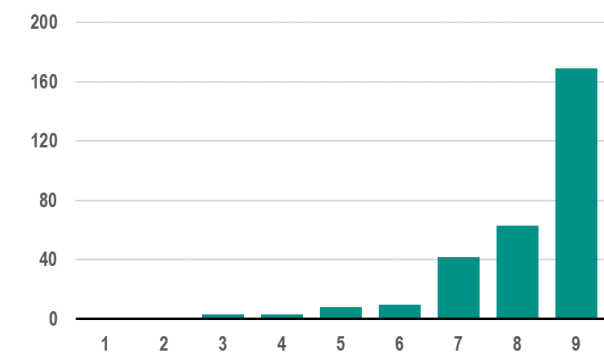
van laag naar hoog



Bron: Climate-insiders, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Koolstofarme technologieën in sectoren naar TRL

totaal aantal koolstofarme technologieën



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

Uit ons onderzoek blijkt dat sectoren vooral veel decarbonisatietechnologieën ter beschikking hebben in de TRL-9 fase. Dit is positief, want daarmee kan op korte termijn werk worden gemaakt van BKG-emissiereductie. Daar staat tegenover dat in de blauwdruk- en ontdekkingsfase (1 tot en met 3) weinig technologieën staan. Voor de lange termijn kan het niet hebben van doorbraaktechnologieën (die nu in TRL fase 1 tot en met 6 zitten) een rem betekenen voor de BKG-emissiereductie.

De analyses per sector geven op hoofdlijnen de mogelijkheden weer voor bedrijven om te decarboniseren. Per decarbonisatie-optie zijn soms nog diverse variaties mogelijk om de uitstoot te verlagen. Alles bij elkaar komt het er op neer

dat het maken van een goede business case rondom decarbonisatie voor bedrijven altijd maatwerk is. Per bedrijf (en technologie) moet worden bekeken wat de (financiële en technische) haalbaarheid is, maar ook wat de effectiviteit is van een technologie. Niet elke technologie is toepasbaar in elk bedrijf – soms ook door tekortschietende netwerkcapaciteit – en sommige technieken sluiten elkaar bovendien uit. Soms is het nog erg complex om een goede business case te maken met decarbonisatietechnologieën. Het is noodzakelijk om zowel goed inzicht te krijgen in de financiële haalbaarheid en de uiteindelijke bijdrage aan totale BKG-emissiereductie. Accurate data over doorlooptijden, de nodige investeringen, de onderhouds- en operationele kosten, terugverdientijden en mogelijke subsidieregelingen blijven onmisbaar in het maken van een sluitende business case.

**Gebruikte scenario's in deze publicatie**

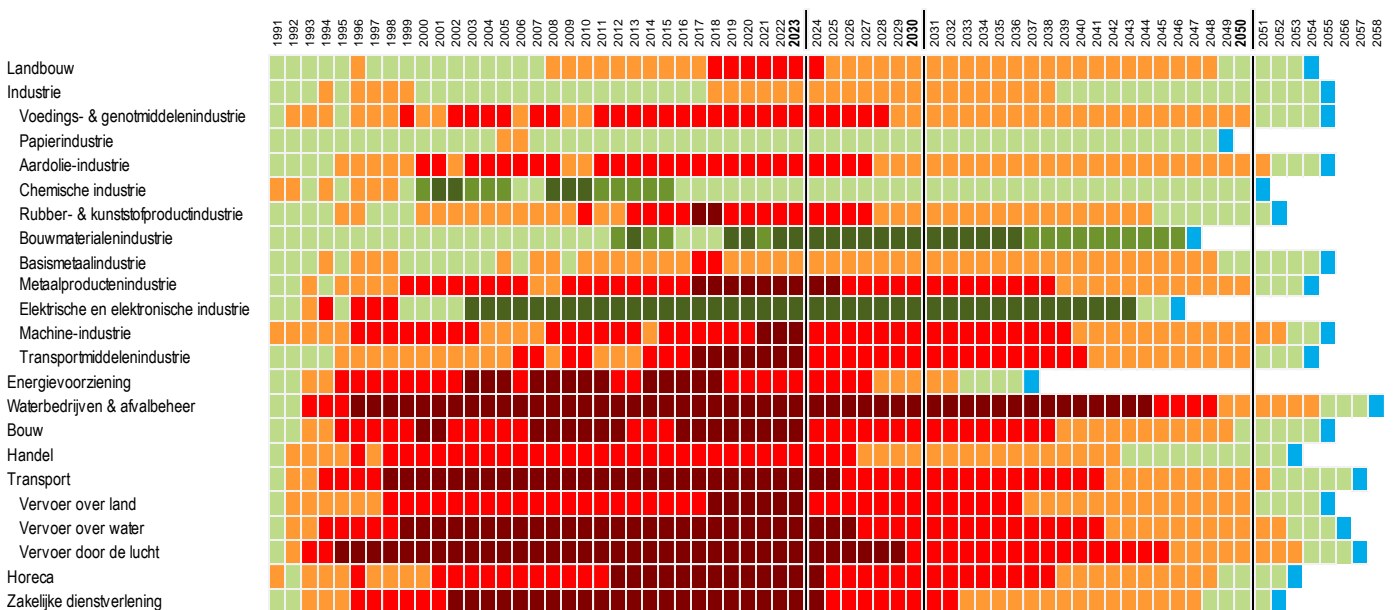
De keuze van de sectoren is gebaseerd op het aandeel van de betreffende sector in de totale BKG-emissies van Nederland en/of op de BKG-emissiereductiefase waarin de sector zit en/of de beschikbaarheid van de decarbonisatietechnologieën in de sectoren. In drie pagina's per sector beschrijven wij het huidige niveau van BKG-emissies, waar die BKG-emissies voornamelijk door worden veroorzaakt en welke mogelijkheden de sector heeft om die BKG-emissies te reduceren. Vervolgens hebben we aan de hand van de huidige decarbonisatietechnologieën gekeken wat een mogelijk BKG-emissiereductiepad is tussen nu en 2030, maar ook in het pad tussen 2030 en 2050. Dit hebben we in drie scenario's uitgewerkt: een basispad, een passief pad en een proactief pad.

In het **proactieve pad** wordt de opwarming van de aarde beperkt tot 1,5°C door middel van streng klimaatbeleid, een flinke versnelling in innovatie en een hoog BKG-emissiereductie-ambitie bij bedrijven, waardoor netto nul BKG-emissies rond 2050 wordt bereikt. Er wordt in dit pad veel waarde gehecht aan het koolstofvrij maken van de elektriciteitsvoorziening, meer elektrificatie, het verhogen van de energie-efficiency en het ontwikkelen van nieuwe technologieën om de moeilijke te bestrijden emissies aan te pakken. Het **passieve pad** gaat ervan uit dat de jaarlijkse emissies in een veel trager tempo afnemen tot 2030. In dit scenario gaan veel aspecten in slow motion. Zo wordt er te weinig geïnvesteerd in nieuwe, schonere energietechnologieën en is de BKG-emissiereductie-ambitie bij bedrijven laag. In ons **basispad** verloopt de technologische vooruitgang sneller dan in het passieve scenario en een stuk langzamer dan in het proactieve scenario. In dit scenario wordt het klimaatbeleid geleidelijk aan strenger en is de BKG-emissiereductie-ambitie bij bedrijven gemiddeld.

**Afstand tot klimaatdoelen in sectoren**

Veel sectoren beschikken over genoeg koolstofarme technologieën om tussen nu en 2030 flinke BKG-emissiereducties te realiseren. Maar ondanks de huidige ruime beschikbaarheid van de technologieën, blijft het vaak nog zoeken naar de doorbraaktechnologieën. Deze doorbraaktechnologieën moeten het pad tussen 2030 en 2050 helpen te vereffenen.

**Klimaatneutraal pad per sector richting 2050 (basisscenario)**



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

Noot: Hoe roder de kleur, hoe groter de afstand van de ideale trendlijn in BKG-emissies in negatieve zin; hoe groener de kleur, hoe positiever de BKG-emissietrend is. Het blauwe blokje geeft een indicatie weer van het jaartal waarin klimaatneutraliteit theoretisch mogelijk zou kunnen zijn.

Uit onze analyse blijkt – op basis van het basisscenario – dat een merendeel van de sectoren in de Nederlandse economie het klimaatneutrale doel mogelijk niet gaat halen. Daarvoor zijn de eerder genoemde uitdagingen en obstakels te groot. Sommige sectoren komen echter in de buurt van het 2050-doel en een viertal sector zijn in staat om klimaatneutraliteit voor 2050 te realiseren. De voorhoede is de papierindustrie, de bouwmaterialenindustrie, de elektro-industrie en de elektriciteitssector.

In het doel om klimaatneutraliteit te bereiken in 2050 voor de hele Nederlandse economie heeft de elektriciteitssector een voortrekkersrol. Het is immers relatief eenvoudig om de elektriciteitssector te decarboniseren dan om alle fossiele brandstoffen in andere sectoren uit te faseren. Het Klimaatfonds houdt hiermee rekening. Door deze sector te subsidiëren met de bouw van nieuwe kerncentrales en koolstofarme gasgestookte centrales (dus inclusief afvang en opslag van kooldioxide (CCS)) kan de BKG-emissiereductie in andere sectoren eerder worden bereikt.

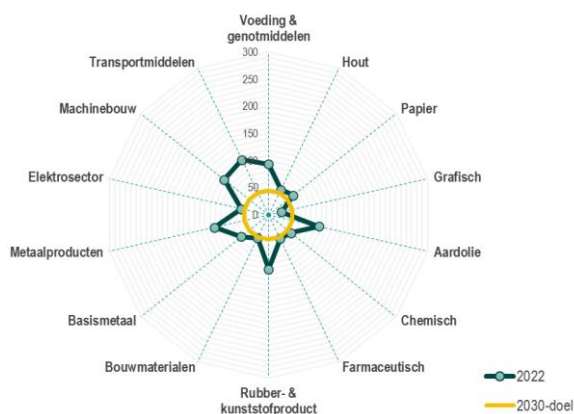
### Afstand tot 2030-klimaatdoel

Met de huidige BKG-emissie- reductietechnologieën liggen de klimaatdoelen voor 2030 binnen handbereik voor de Nederlandse industrie. Dit is een ander verhaal in andere sectoren, zoals in het vervoer of bij waterbedrijven & afvalbeheer. Dit is duidelijk te zien in de bovenstaande figuur, waar deze sectoren een donkerrode indicatie hebben, wat aangeeft dat de afstand en afwijking van de trendlijn nog steeds erg ver is. Daar ligt het aantal radicale technologieën om de BKG te verminderen lager of zijn de middelen niet beschikbaar om de technologie te laten doorbreken. Zo is elektrificatie in de vervoerssector de heilige graal voor een klimaatneutrale toekomst, maar is de penetratie ervan ontoereikend tot dusver om het gestelde 2030-doel te kunnen halen.

De hiernavolgende twee figuren hebben elk hetzelfde uitgangspunt. Ze geven de afstand van de verschillende sectoren weer tot aan het 2030-doel. Voor de eenvoud en vergelijkbaarheid hebben we die hier gesteld op 55% van het BKG-emissieniveau van 1990 (het EU-doel) voor alle sectoren. Er zijn natuurlijk sectoren met andere klimaatambities naar 2030. De beide figuren hebben ook identieke assen om de vergelijkbaarheid verder te vergroten. In de linker figuur staat de industrie met haar subsectoren weergegeven, terwijl in de rechter figuur de andere Nederlandse sectoren zijn opgenomen. Direct valt op dat het 2030-doel voor de industrie en haar subsectoren geen onoverbrugbare kloof is. Sommige industriële subsectoren staan relatief gezien nog op achterstand, maar de sterkere afname in BKG-emissies is realiseerbaar met de beschikbare decarbonisatietechnologieën. In de niet-industriële sectoren (rechter figuur) is de afstand naar het 2030-doel nog een hele uitdaging, vooral voor de vervoerssector en de waterbedrijven en afvalbeheer.

#### Afstand subsectoren industrie tot 2030-klimaatdoel

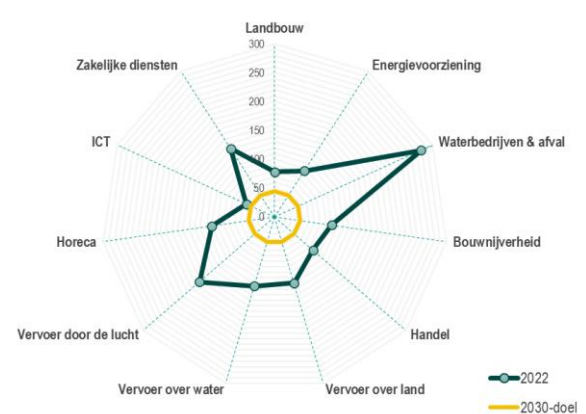
index (1990=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Afstand overige sectoren tot 2030-klimaatdoel

index (1990=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Een toename van de bedrijfsinvesteringen in koolstofarme industriële technologieën blijft voorlopig een voorwaarde om de BKG-emissie reductiedoelen te bereiken. Overheidsbeleid gaat de komende jaren helpen om die investeringen aan te jagen. Om de BKG-emissies van de grote bedrijven binnen sectoren kosteneffectief te verminderen heeft de EU de emissiehandel (EU ETS) als beleidsmaatregel tot haar beschikking. Dit is een krachtig instrument en aanjager van verduurzaming. Binnen dit handelsinstrument – waarbij emissierechten worden verhandeld die recht geven om een bepaalde hoeveelheid broeikasgassen uit te stoten – is een steeds lager wordend plafond van emissierechten beschikbaar. Dit is de totale toelaatbare CO<sub>2</sub>-uitstoot. De hoogte van het emissieplafond wordt aangepast als de EU haar doelstellingen bijstelt. Dit

plafond gaat in de toekomst geleidelijk omlaag, waardoor het aantal beschikbare rechten in de tijd afneemt. Indien de sectoren niet tijdig verduurzamen zal het aantal rechten steeds schaarser worden waardoor de prijs van CO2 stijgt. Hierdoor worden bedrijven gestimuleerd om meer te investeren in BKG-emissiereductie, waardoor uiteindelijk de totale uitstoot daalt. Richting 2030 worden veel sectoren die onder het EU-ETS systeem vallen geconfronteerd met een snellere afname van het aantal emissievrije rechten. Sommige sectoren hebben voor 2030 al te maken met een sterke vermindering hierin, maar ook na 2030 gaat de afbouw verder.

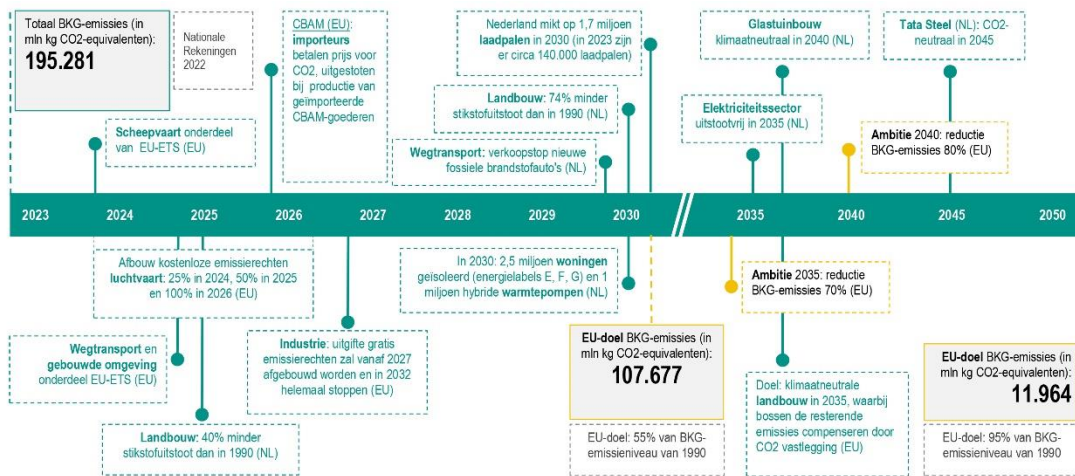
### Reductiepad in BKG-emissies niet zonder uitdagingen

Nederland heeft ambitieuzere klimaatdoelen dan de 'Fit-For-55' doelstellingen van de Europese Commissie (EC) uit juli 2021. Dit 'Fit-For-55' pakket gaat uit van een 2030-klimaatdoel, waarbij rekening wordt gehouden met een BKG-emissiereductie van 55% onder het BKG-emissieniveau van 1990. Voor 2050 streeft de EC een reductie van 95% onder het niveau van 1990. Het 2030-doel is in Nederland iets ambitieuzer en streeft een BKG-emissiereductie na van 60% onder het niveau van 1990. Voor 2035 en 2040 is dit respectievelijk 70% en 80% (hoewel de Europese Commissie onlangs heeft aanbevolen om de doelstelling voor 2040 te verhogen naar 90%). Voor deze BKG-emissiereductiedoelen heeft Nederland een aanzienlijke hoeveelheid financiële middelen beschikbaar gesteld. Zo zit in het Klimaatfonds inmiddels bijna EUR 38 miljard voor additionele maatregelen die bijdragen aan het behalen van de reductiedoelstellingen in de Klimaatwet. Van de middelen in het fonds is 85-90% inmiddels toegewezen aan diverse klimaatmaatregelen. Samen met het normeren en beprijsen van CO2 in diverse sectoren in de komende jaren moet het leiden tot meer gerichte klimaatinvesteringen.

De investeringen van de overheid via het Klimaatfonds moeten bijvoorbeeld leiden tot een uitstootvrije elektriciteitsvoorziening in 2035, meer investeringen in de waterstofsector, het tegengaan van energiearmoede, meer zonnepanelen in de huursector, het aantrekkelijker maken van elektrisch rijden, meer laadpalen en de bouw van kleine kernreactoren. Veel belangrijke mijlpalen en klimaatdoelen staan opgenomen in onderstaande tijdlijn.

### Tijdlijn en mijlpalen klimaatdoelen tot aan 2050

periode 2023-2050



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** de geel gekaderde blokken geven de doelen en ambities op hoofdlijnen weer op EU-niveau ('Fit-for-55'); de groene blokken geven de sectordoelen op EU en/of NL-niveau weer.

In haar mondiale scenario's schetst het *Internationaal Energieagentschap* (IEA) ambitieuze doelstellingen voor klimaatsectoren. Daarbij geeft het IEA het dringende advies om voor elk van de sectoren mijlpalen vast te stellen, om ervoor te zorgen dat ze op schema liggen om de doelen te halen en ook op langere termijn op schema blijven om de doelen te halen. Het bepalen van de doelen zou idealiter vanuit de sector zelf moeten komen, maar ze moeten wel ambitieus genoeg zijn. Overheden spelen hier een belangrijke rol. Met sectorspecifiek en ondersteunend beleid kunnen ze helpen om de verschillende net nul mijlpalen te bereiken. Voor grotere uitstoters van BKG probeert de overheid ook aan de hand van maatwerkafspraken bepaalde doelen te bereiken. Idealiter helpt het om de klimaatdoelstellingen voor de lange termijn concreet te maken in het korte- en middellangetermijnbeleid in de verschillende sectoren. Dit beleid moet een co-creatie zijn tussen de overheid en de sectoren. Dit geeft vertrouwen bij de bedrijven in de sectoren zelf, maar ook bij investeerders, burgers en andere landen. Het bereiken van deze mijlpalen zal echter niet zonder slag of stoot gaan, want er zijn nog genoeg obstakels onderweg naar 2050.

### Obstakels

Ambitieuze klimaatdoelen stellen is positief, maar ze bereiken is iets anders. Het pad naar klimaatneutraliteit in 2050 zal niet lineair en/of vlekkeloos verlopen. Bij het verminderen van de BKG-emissies zijn er nog namelijk diverse uitdagingen en knelpunten. Zo is de **beschikbare tijd** tot aan 2030 relatief kort. Het kost simpelweg veel tijd om decarbonisatietechnologieën te implementeren of onze energievoorziening te transformeren. Daarnaast schiet de beschikbaarheid van **gekwalificeerd personeel tekort** om de koolstofarme technologieën te installeren en de nodige infrastructuur landelijk aan te leggen. Op dit moment is er al een aanzienlijk tekort aan gekwalificeerde mensen in Nederland en dit zal voorlopig een vertragende factor blijven in de koolstofarme transitie.

Ook zijn voor de bouw van veel koolstofarme technologieën **kritische materialen en metalen** nodig die meer-en-meer als strategisch worden beschouwd. Aan de vraagkant van deze grondstoffen zien we een toename van de vraag in de komende jaren. Zo worden aanhoudend veel metalen zoals zeldzame aardmetalen en edelmetalen zoals platina en palladium verbruikt voor batterijen in elektrische voertuigen. Maar ook de vraag naar basismetalen en staal blijft relatief hoog voor de productie van zonnepanelen en de bouw windmolenparken. Tegelijkertijd stijgt ook de vraag naar grondstoffen zoals maïs en suikerriet/bieten voor de productie van ethanol (biobrandstof). Aan sommige van deze grondstoffen is nu geen tekort, maar over een paar jaar waarschijnlijk wel als de technologieën niet veranderen of zich doorontwikkelen. Bovendien worden de toeleveringsketens van veel grondstoffen vaak gecontroleerd door een klein aantal landen (waaronder China) en dat maakt kwetsbaar. Een grotere vraag naar deze grondstoffen heeft al geleid tot aanzienlijke prijsstijgingen en als dit lang aanhoudt, dan blijven de prijzen van de decarbonisatietechnologieën voorlopig relatief hoog.

Ook de **kosten** en de **financierbaarheid** spelen een rol in de transitie. Op technologisch gebied is al veel mogelijk, maar in de praktijk komen technieken soms nog onvoldoende van de grond omdat de kosten simpelweg niet op te brengen zijn en niet in verhouding staan tot de opbrengsten. Elektrische voertuigen of batterijen voor opslag zijn bijvoorbeeld nog steeds relatief duur. Hoge prijzen hiervoor zijn een belemmering voor een versnelling in de transitie. Het goede nieuws is echter dat de technologische ontwikkeling en innovatie zich doorzetten. Dit leidt tot mogelijke kostenbesparingen en de opkomst van nieuwe en betere technologieën. Het prijsniveau hangt ook af van de mate waarin de technologieën van de toekomst afhankelijk blijven van kritische materialen en metalen, en in hoeverre voor de productie van koolstofarme technologieën andere – minder kritische – materialen gebruikt kunnen worden.

### Decarbonisatie bij bedrijven in sectoren

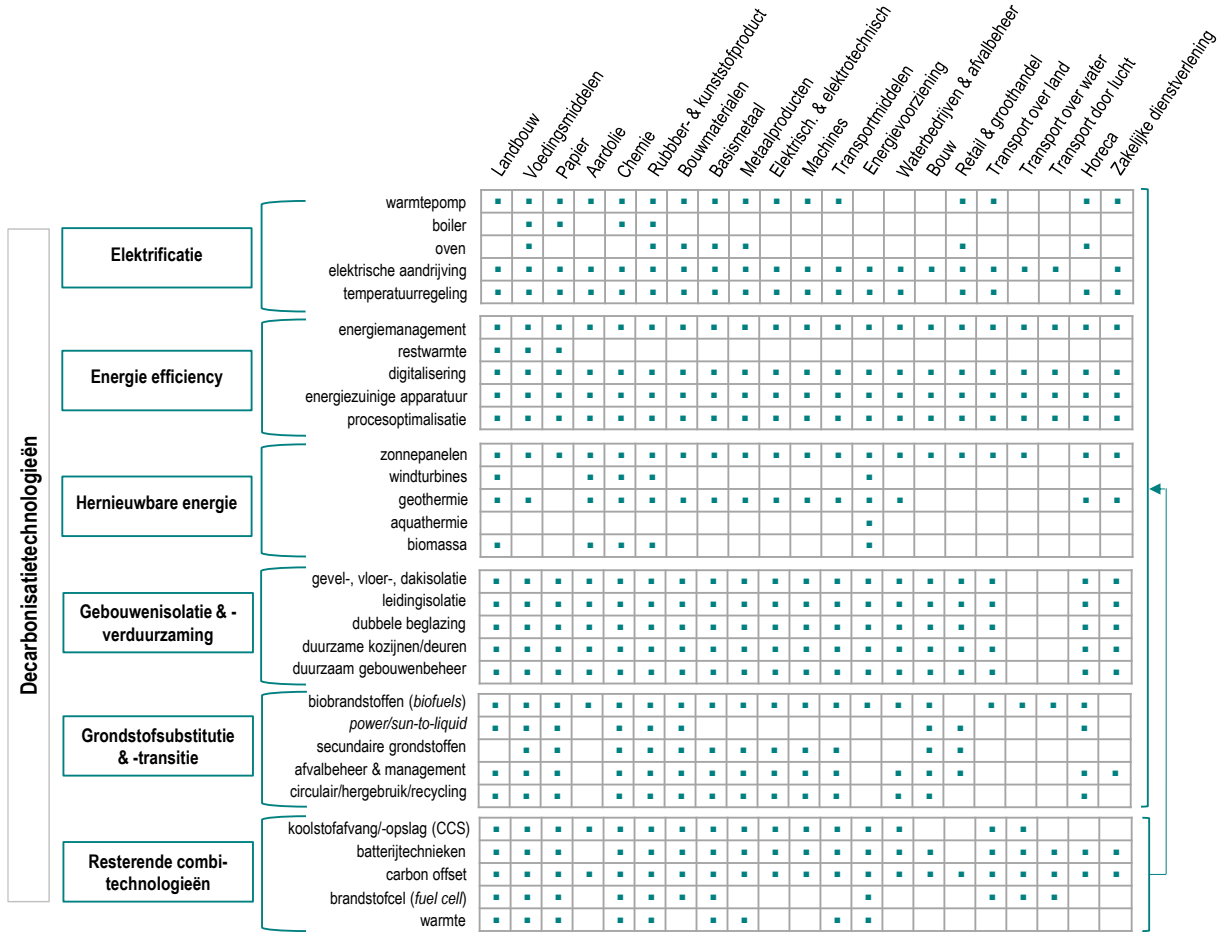
Idealiter moeten alle mitigerende en adaptieve maatregelen tegen klimaatverandering en het terugdringen van BKG sectoroverschrijdend in de hele waardeketen worden ingezet. Hier is de inzet van koolstofarme technologieën essentieel. De inzet van koolstofarme technologieën is waarschijnlijk de meest effectieve manier waarop schaalgrootte bereikt kan worden in de BKG-emissiereductie en waarmee de doelstellingen voor 2030 en 2050 binnen handbereik blijven. Hoe marginaal het aandeel van sommige sectoren ook is, het helpt als alle bedrijven in elke sector hun verantwoordelijkheid nemen in deze complexe materie.

In ieder geval kan **elektrificatie** van processen veel betekenen in het pad naar koolstofarm, mits de belangrijkste obstakels weg worden gewerkt (zoals beperkte netcapaciteit en infrastructuur). Elektrificatie bij bedrijven heeft verschillende voordelen. Niet alleen is elektrisch aangedreven apparatuur iets energiezuiniger, maar ook zijn de onderhoudskosten vaak lager. Daarbij komt dat regelmatig onderhoud van de elektrische apparatuur (zoals pompen, motoren, ventilatoren, droogsystemen) de energie-efficiëntie verbeteren en de uitstoot verminderen, op het moment dat de gebruikte elektriciteit koolstofarm is. Veel bedrijven in de industrie hebben inmiddels stappen gezet in de elektrificatie. Zo zijn bijvoorbeeld elektrische boilers op grotere schaal geïmplementeerd, vooral bij de MKB-bedrijven. Dit komt met name door de relatief lage investeringskosten en operationele kosten.

Voor resultaten op de korte termijn kunnen bedrijven hun uitstoot verminderen door **energie-efficiency** maatregelen in te voeren. Hier kunnen vrijwel alle bedrijven in sectoren op de korte termijn mee aan de slag gaan. Het is laagdrempelig en mits goed uitgevoerd ook effectief in de reductie van BKG. Denk bijvoorbeeld aan het vermijden van open koel- en vriesvitruines, hergebruik van verpakkingen, gesloten voordeuren bij warm weer (airco optimalisatie), energiebeheersplannen en koud weer (warmtehagen), voedselverspilling tegengaan, meer seizoensgebonden biologische streekproducten, minder vleesproducten, LED-verlichting en sensing. Maar ook automatisering (monitoren en meten), procesoptimalisatie, duurzaam ontwerp en oplossingen voor inkomende en uitgaande logistiek past hieronder. In de machine-industrie

bijvoorbeeld verbeteren bedrijven hun efficiency door een hogere mate van automatisering, met precisietoepassingen en connectiviteit tussen machine. Dankzij het gebruik van geavanceerde technologieën zoals GPS en slimme sensoren, zijn machinebouwers in staat om een steeds hogere nauwkeurigheid in het werkproces te bereiken, met een positieve uitwerking op het rendement en ook de BKG-emissies.

### Decarbonisatietechnologieën naar sector



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

De opschaling van **hernieuwbare energie** gaat helpen om bijvoorbeeld de energiesector op termijn koolstofvrij te maken. Het gaat hier om de inzet van zonne-, wind-, waterkracht-, biomassa-, nucleaire en geothermische technologieën op grotere schaal. De groei van vooral zonne- en windkracht is inmiddels al sterk toegenomen. Maar naast de sterke uitbouw van wind- en zonne-energiecapaciteit is ook een verbetering van de netwerk-infrastructuur en -efficiëntie nodig. Aan de basis van een snelle transitie naar de inzet van meer hernieuwbare energie staat een sterke politieke betrokkenheid, ondersteunende wet- en regelgeving en gunstige financiële voorwaarden voor hernieuwbare energie. Steeds meer bedrijven in sectoren met fysieke winkels en/of bedrijfsruimtes in eigen beheer schakelen over op zonnepanelen op het dak om aan hun directe energiebehoeften te voldoen.

Met **gebouwenisolatie & -verduurzaming** moeten bedrijven met eigen bedrijfspanden in alle sectoren (van retailwinkel tot fabriekshal) op den duur aan de slag. Veel van de isolatiemaatregelen – zoals vloerisolatie, gevelisolatie, dakisolatie of geïsoleerd dubbelglas – vergen veel investeringen en zijn vaak ingrijpende maatregelen. Het komt overigens ook voor dat de onderneming niet direct invloed heeft op het verduurzamen van panden omdat het bedrijfspand in veel gevallen niet in eigen beheer is en het eigendom bij een derde partij ligt.

In geval van **grondstofsubstitutie & -transitie** gaat het vooral brandstofvervanging. Dit levert per saldo de meeste reductie op in de broeikasgasemissies. Het vervangen van fossiele brandstoffen door brandstoffen die minder of geen uitstoot veroorzaken lijkt eenvoudig. Maar in werkelijkheid kan dit een ingewikkelde ingreep zijn. Om te beginnen zijn er veel

verschillende soorten duurzame brandstoffen. Elke brandstof heeft zijn eigen kenmerken en daarom zijn verschillende brandstoffen geschikt voor verschillende toepassingen. Maar ook de vervanging van de ruwe materialen in het productieproces voor meer duurzame varianten is effectief.

Om de koolstofuitstoot en het energieverbruik bij bedrijven verder te verminderen en koolstofneutrale sectoren te bereiken, blijft koolstofarme innovatie in producten, diensten en processen cruciaal. Op de langere termijn is een versnelling van de transitie noodzakelijk, vooral voor de periode tussen 2030 en 2050. Dan is doorontwikkeling van bestaande technologieën nodig met bekende werkingsprincipes, bijvoorbeeld de inzet van (groene) waterstof, groene brandstoffen, geothermieprojecten en/of koolstofopslag en -gebruik (*Carbon Capture & Storage/Usage*, CCS/U). Maar ook blijven vernieuwende doorbraaktechnieken relevant voor de lange termijn.

### Sectorverdieping

In dit deel van de publicatie richten we ons op koolstofarme technologieën, trends en indicatoren in 21 sectoren in de Nederlandse economie. In de verschillende scenario's berekenen en schatten we de potentiële impact van koolstofarme technologieën op de broeikasgasemissies in de toekomst.

#### De volgende sectoren komen achtereenvolgens aan de orde:

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. Landbouw   | 12. Transportmiddelenindustrie   |
| 2. Voedings- & genotsmiddelenindustrie                  | 13. Energievoorziening           |
| 3. Papierindustrie                                      | 14. Waterbedrijven & afvalbeheer |
| 4. Aardolie-industrie                                   | 15. Bouw                         |
| 5. Chemische industrie                                  | 16. Retail & groothandel         |
| 6. Rubber- & kunststofproductenindustrie                | 17. Transport over land          |
| 7. Bouwmaterialenindustrie                              | 18. Transport over water         |
| 8. Basismetalenindustrie                                | 19. Transport door lucht         |
| 9. Metaalproductenindustrie                             | 20. Horeca                       |
| 10. Elektrische apparaten & elektrotechnische industrie | 21. Zakelijke dienstverlening    |
| 11. Machine-industrie                                   |                                  |

#### **Belangrijke achtergrondinformatie bij deze publicatie:**

*In deze publicatie gaan wij ervan uit dat het 2030-klimaatdoel voor elke sector gelijk is aan het EU-doel, namelijk 55% onder het BKG-emissieniveau van 1990. Voor een aantal sectoren geldt hier een uitzondering. Het betreft hier de sector landbouw (2030-doel ligt hier op 45% onder het BKG-emissieniveau uit 1990), energievoorziening (2030-doel is 70%) en transportsector (2030-doel is afgerond 40%). Voor de klimaatsector industrie geldt een 2030-doel van 66% in 2030. Dit doel voor de klimaatsector industrie is echter inclusief bouwnijverheid en delfstoffenwinning. Vanwege dit verschil en voor de eenvoud en vergelijkbaarheid met andere sectoren, hebben we voor de maakindustrie het 55%-doel voor 2030 aangehouden. Voor meer achtergrond over de klimaatdoelen per klimaatsector, [klik hier](#).*

*Deze publicatie maakt het potentiële effect van decarbonisatietechnologieën op de uitstoot van broeikasgassen per sector inzichtelijk. Daarmee zijn het emissiereductiepaden voor sectoren aan de hand van koolstofarme technologie en hun potentiële impact ('Sector Technology Pathways'). Er kunnen afwijking bestaan in relatie tot andere bestaande klimaatdoelen en -strategieën in sectoren. De emissiereductiepaden die wij hier presenteren zijn het resultaat van analyses en projecties uit externe bronnen over decarbonisatietrajecten in sectoren (zowel Nederlandse als internationale publicaties) en eigen inschattingen, mede ook aan de hand van de beschikbare expertise binnen diverse afdelingen van ABN AMRO. Emissiereductiepaden van belangenorganisaties (nationaal en internationaal) in sectoren zijn regelmatig als benchmark meegenomen, indien beschikbaar.*

*In appendix 1 van deze publicatie staan de **koolstofarme technologieën** in meer detail uitgelegd, inclusief links naar relevante publicaties. Na onze lijst met geraadpleegde bronnen (appendix 2) aan het einde staat een korte toelichting over onze **methodologie**.*





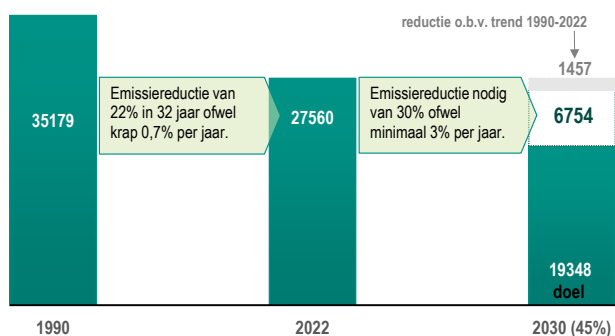
# 1. Landbouw

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De landbouwsector moet minimaal 3% van het huidige niveau van broeikasgassen per jaar reduceren om het 2030-doel van 55% van het niveau van 1990 te kunnen halen. Het reductietempo komt 1%-punt hoger te liggen zodra wordt uitgegaan van de 60%-route. Het werkt in het voordeel dat de sector momenteel koploper wat betreft duurzame energieproductie zoals zonnepanelen, geothermie, biomassacentrales, windmolens, restwarmtebenutting en mestvergisters op grotere schaal.

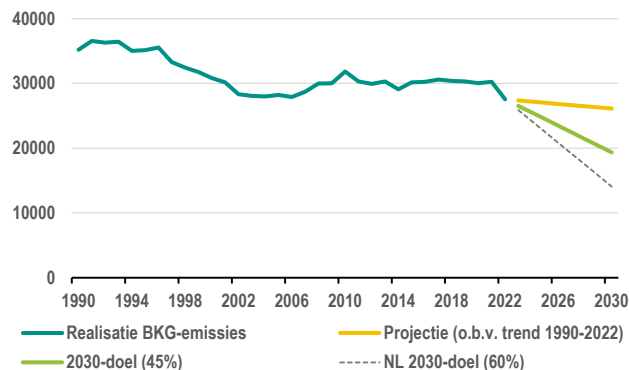
#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

mln kg CO2-equivalenten



#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** De landbouwsector heeft een aandeel van gemiddeld 92% in de totale uitstoot van de agrarische sector (d.i. landbouw, bosbouw & visserij). Deze...

Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

...totale uitstoot van de agrarische sector is in bovenstaande figuren weergegeven. In de analyse laten wij bosbouw en visserij echter buiten beschouwing.

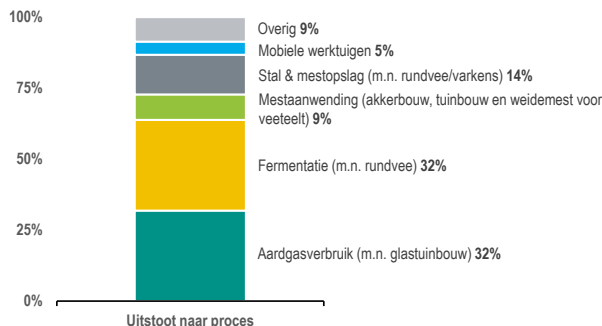
Om het tempo in de reductie van broeikasgassen erin te houden gaat het om verlaging van de directe uitstoot van CO2, lachgas en methaan en vermindering van gebruik van fossiele energie. Elke subsector heeft daarin een eigen dynamiek. Ondanks de verbeterde energie-efficiency over de afgelopen jaren, blijft het belangrijk dat het energieverbruik wordt teruggedrongen. Verder zal in de transitie naar netto-nul-uitstoot de elektrificatie toenemen en het belang van fossiele brandstoffen verder worden afgebouwd.

### Bron van emissies

Rundvee is verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de broeikasgassen uit de sector. Dit gebeurt via fermentatie, waarbij veel methaan vrij komt. Daarnaast is de (glas)tuinbouw door het aardgasverbruik een andere belangrijke veroorzaker van broeikasgasuitstoot. Gezamenlijk zijn deze twee categorieën goed voor 64% (2021) van de totale uitstoot uit de sector. Een focus op deze twee categorieën met koolstofarme technologieën gaat de meeste reductiepotentie oplevert. In de glastuinbouw zal het gasverbruik afnemen, in de veehouderij zijn energieverbruik en emissies vanuit mestopslagen belangrijke doelen.

#### Uitstoot BKG landbouw naar proces (2021)

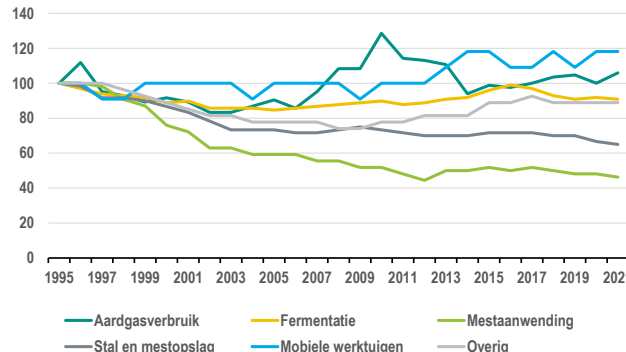
% aandeel



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Trend in uitstoot BKG landbouw naar proces

index (1995=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

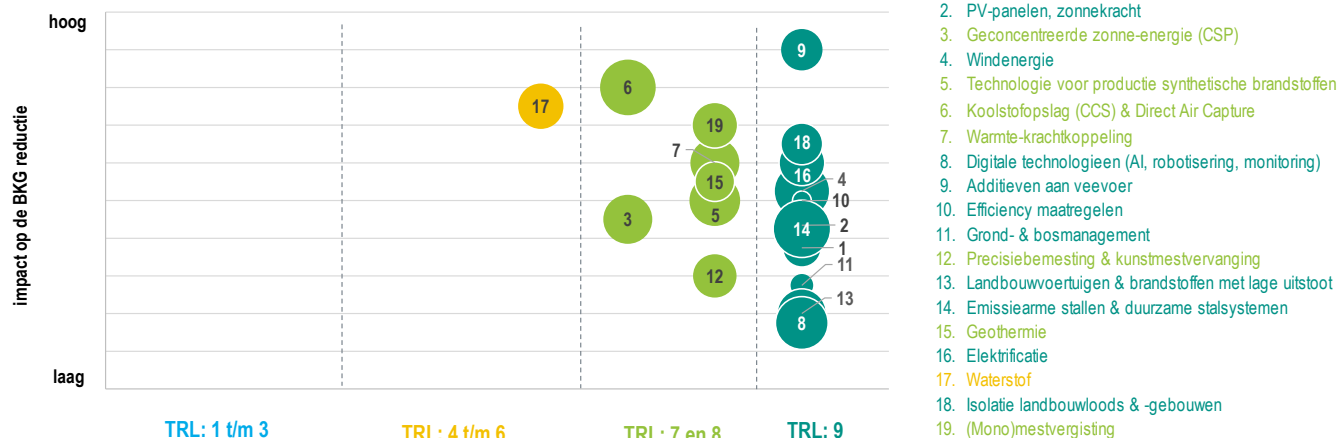
Na de piek in 2010 nam het gasverbruik tot 2014 in de sector jaarlijks af. Sinds 2014 ligt het verbruik op een vergelijkbaar niveau als 1995. Aardgas wordt veel gebruikt in verwarmingsketels en verbrandingsmotoren van warmtekrachtinstallaties of warmtekrachtkoppeling (WKK) in de glastuinbouw. Met de WKK wordt vervolgens elektriciteit en warmte opgewekt en CO2 vanuit de rookgassen naar de planten gebracht. De trend in de uitstoot van BKG door fermentatie loopt parallel aan de ontwikkeling in de veestapel. De inzet van veevoederadditieven kan helpen om de trend te keren. De uitstoot van stal, mestopslag en mestaanwending liggen ten opzichte van 1995 een stuk lager, terwijl de uitstoot van mobiele landbouwwerktuigen juist hoger ligt dan het niveau van 1995.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Veranderingen in de gemiddelde temperatuur en neerslagpatronen, evenals intensere en extremere weersomstandigheden, vormen jaarlijks een grote uitdaging voor de sector. De sector is dus gebaat bij maatregelen om de uitstoot van BKG te verminderen. Binnen de sector zelf zijn er talrijke mogelijkheden voor bedrijven om emissies te reduceren. De matrix geeft inzicht in de diverse opties. Het tempo in de totale BKG vermindering zal de komende jaren afwijken van andere sectoren. Dit komt met name doordat de fragmentatie van de sector hoog is, wat vervolgens een meer gecoördineerde aanpak een stuk complexer maakt.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Nota:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

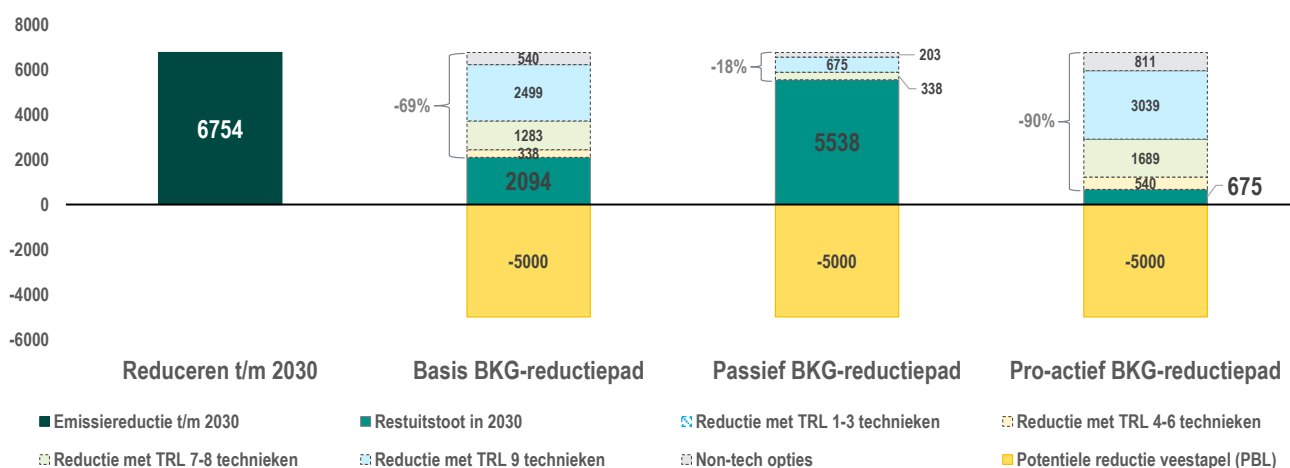
De landbouwsector spant zich al jaren in om uitstoot te verminderen en met succes. De *best practices* zijn inmiddels goed geland in de sector. Agrarische bedrijven zijn bovendien bij uitstek geschikt voor installaties die koolstofarme en hernieuwbare energie opwekken. In ieder geval komt vanuit de matrix duidelijk naar voren dat veel koolstofarme technologieën zich in de commercieel inzetbare fase bevinden (TRL 9) en een flink aantal volgt binnenkort (TRL 7 en 8). In de pilot en conceptfase (TRL 1 t/m 6) zitten nog relatief weinig nieuwe technieken, voor zover bij ons bekend. Elektrificatie van machines is een mogelijke route voor de akkerbouw. Uit onderzoek van ABN AMRO ([zie hier](#)) blijkt dat er jaarlijks (vooral vanaf 2030) genoeg potentie zit in de technologie van groen gas uit (mono)mestvergisting.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Het basisscenario laat zien dat de verduurzamingsmaatregelen van de bedrijven gezamenlijk in de sector niet voldoende is. Ongeveer 69% van de 6.754 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. emissies wordt in dit scenario gereduceerd met de beschikbare koolstofarme technologieën. In alle scenario's wordt er rekening gehouden met verdere reductie van de emissies door de generatie van energie (zonne- en windenergie en groen gas), maar ook met regeneratieve landbouw (koolstofopslag in de grond). In het passieve scenario nemen de emissies in een relatief laag tempo af. Per saldo zal slechts 18% worden verminderd. In het proactieve scenario wordt uiteindelijk veel meer aan BKG gereduceerd dan aanvankelijk nodig is om het 2030-doel te behalen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat er ook een veel grotere vraag van consumenten en supermarkten is naar duurzame alternatieven. Er is een toenemende belangstelling voor koolstofarme landbouw waarbij koolstof wordt vastgehouden in de bodem

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



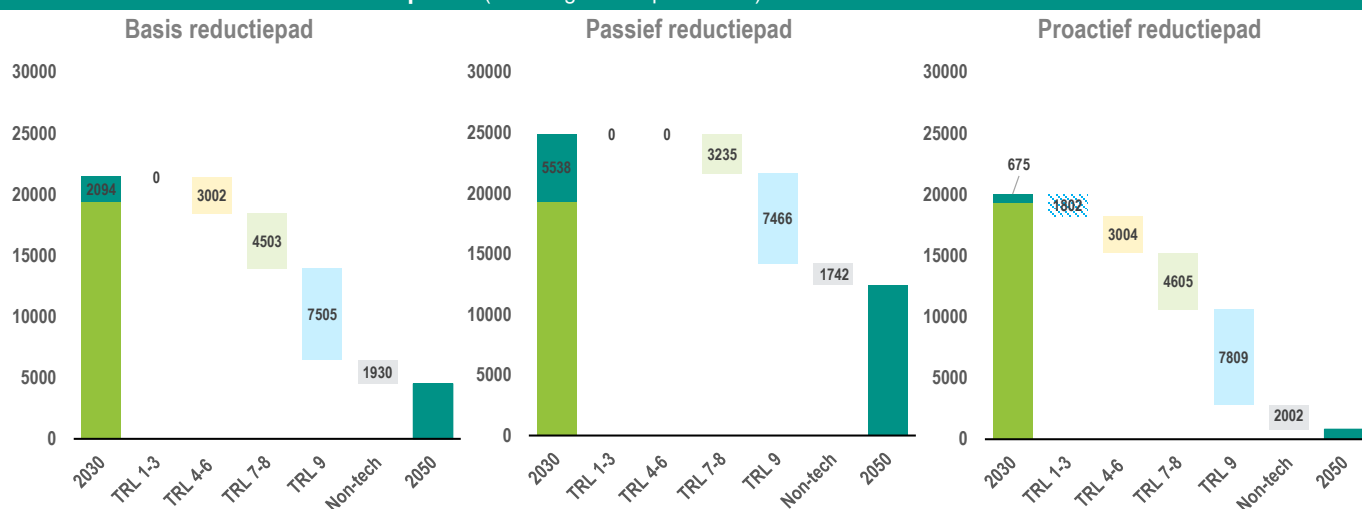
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

en/of in producten. Bodems met veel organische stof zijn beter bestand tegen droogte en wateroverlast en bevorderen biodiversiteit. En bij vezelgewassen wordt de koolstofproductie langjarig vastgelegd, zoals in isolatiemateriaal. Bij emissiereductie in de landbouwsector gaat het vaak over de inzet van de beschikbare koolstofarme technologieën. Maar ook duurzame methodes waar geen technologie bij betrokken is, heeft in deze sector impact. Denk bijvoorbeeld aan verandering van consumentengedrag, ketensamenwerking, reduceren van oogstverliezen, voedselverspilling en afvalmanagement. De krimp van de veestapel kan de komende jaren veel impact hebben op de emissiereductie. Uit berekeningen van het PBL naar aanleiding van door ministeries voorgestelde maatregelen kunnen de BKG-emissies in 2030 5,0 megaton CO<sub>2</sub>-eq. lager liggen. Concreet beleid gaat uiteindelijk in deze sector het grote verschil maken. Alleen in ons passieve scenario zal het 2030 klimaatdoel dan niet bereikt worden.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Koolstofarme landbouw is mogelijk. Het wordt met name gedreven door het verhogen van de productiviteit van grondstoffen, door een toenemende energie-efficiëntie en door meer efficiëntie in het gebruik van kunstmest. Dit vraagt om investeringen in minder energie-intensieve machines, modernisering van de gebouwen, verwijdering van verouderde machines en het gebruik van hernieuwbare energiebronnen (biogas, zon- en windkracht). Deze laatste zijn voor de sector van groot belang omdat ze milieuvriendelijk zijn en economisch efficiënt kunnen zijn. Dit zijn manieren om het 2050-klimaatdoel in het vizier te houden. Feit blijft echter dat ook deze sector geholpen is bij doorbraaktechnologieën die op grotere schaal de uitstoot van BKG reduceren.

### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

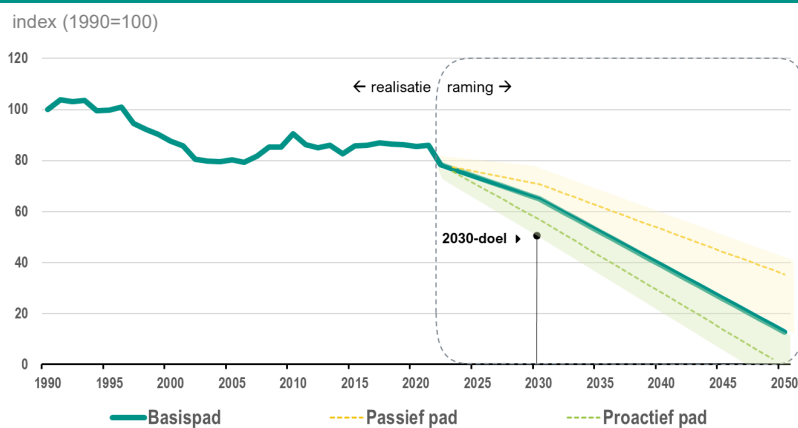


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het basispad van BKG emissiereductie tussen 2030 en 2050 wordt het beoogde 2050-doel niet bereikt. Daarvoor schieten de beschikbare duurzaamheidsmaatregelen tekort. In het proactieve pad zijn doorbraaktechnologieën wel beschikbaar en wordt het doel op een fractie na gehaald. In het meest passieve pad zijn de bestaande koolstofarme technologieën bij lange na niet toereikend om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken.

Als we uitgaan van het basis scenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de landbouwsector dan komt uit onze berekeningen dat de sector de gestelde doelen voor 2030 en 2050 niet gaat halen. Dit pad staat nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

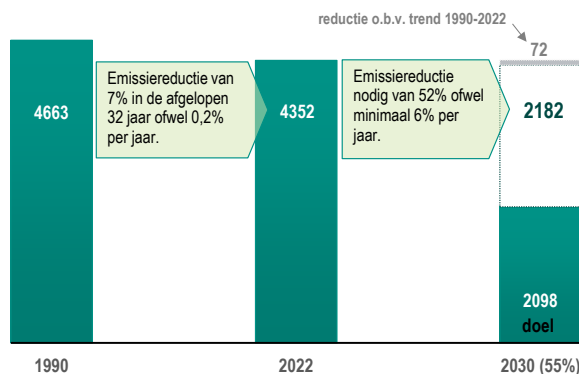
Met de netto-nul kennis van nu bereikt de landbouwsector na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2054 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

## 2. Voedings- & genotmiddelenindustrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

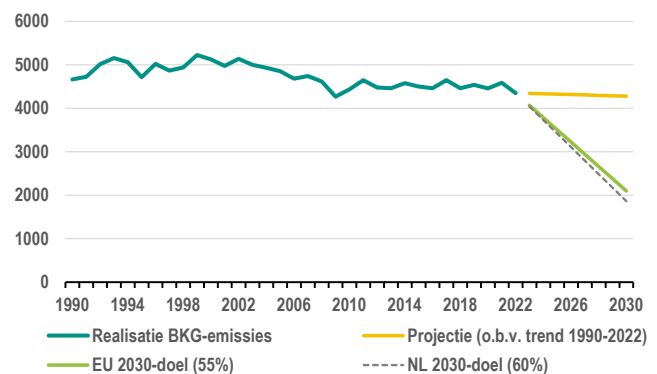
Het niveau van BKG-emissies in 1990 en 2022 is nagenoeg even hoog. Historisch gezien zijn de BKG-emissies in de sector jaarlijks met gemiddeld 0,2% afgenomen. De CO<sub>2</sub> uitstoot van de levensmiddelenindustrie nam wel af. In 2021 lag deze 12% lager dan in 1995 en lag op 3,7 miljard kilogram. Dit is echter nog wel onvoldoende: jaarlijks eigenlijk een vermindering van deze uitstoot van minimaal 6% nodig is. De sector moet dus nog zo'n 52% van de emissies die het uitstoot overbruggen tot aan 2030. Ondanks dat de haalbaarheid van het 2030-doel uitdagend lijkt, is de sector actief met verduurzaming. Vanuit consumenten, supermarktketens, overheid en NGO's groeit de druk op de sector om de uitstoot van BKG verder te verkleinen.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

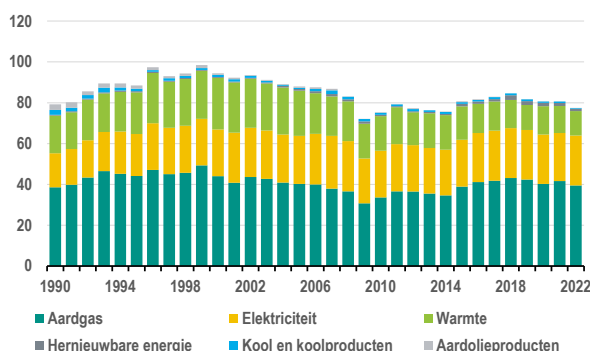
De sector staat nog voor een grote opgave om het 2030-emissiereductiedoel te kunnen halen. Daarvoor moet de sector de komende jaren nog veel investeren. De economische levensvatbaarheid van decarbonisatietechnologieën blijft ook hier een belangrijke drijfveer voor de investeringsbeslissing. Bewezen technieken (zoals zonne-energie) hebben een betrouwbare prognose om de haalbaarheid ervan te beoordelen. Maar voor nieuwe en specifieke technieken is het veel complexer om de bedrijfseconomische invloed ervan te beoordelen. Vaak zijn er grotere onzekerheden zijn bij dergelijke investeringen, zoals: netcongestie voor stroomaansluiting, beperkte bouwruimte en lange terugverdientijden.

### Bron van emissies

De voedings- en genotmiddelenindustrie heeft doorgaans een grote vraag naar verwarming en koeling. Hiervoor wordt in de sector voornamelijk gebruik gemaakt van aardgas, elektriciteit en warmte. Het energieverbruik voor warmte is in de afgelopen decennia afgenomen, terwijl de productie is toegenomen. Dit is met name gelukt door de energie-efficiëntie te verbeteren. Het verbruik van aardgas en elektriciteit is echter nagenoeg constant gebleven.

#### Energiemix voedings- & genotmiddelenindustrie

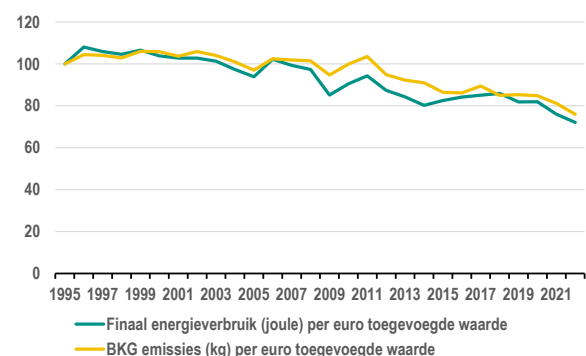
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend intensiteiten BKG-uitstoot en energieverbruik

index (1995=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

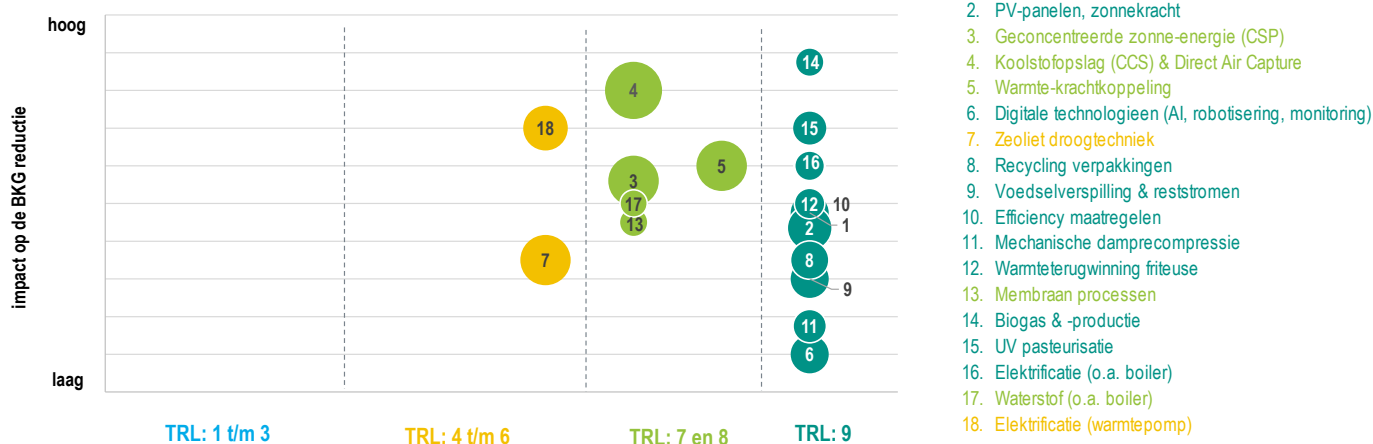
Energieverbruik is de belangrijkste bron van broeikasgasemissies in de voedings- en genotmiddelenindustrie. In bovenstaande rechter figuur komt dit verband duidelijk naar voren. De energie in de sector wordt verbruikt als elektriciteit of als warmte en energie die wordt opgewekt in verbrandingseenheden op locatie. Het energieverbruik in de verschillende subsectoren is vaak afhankelijk van het type product. Ook spelen hier factoren mee zoals de leeftijd en de grootte van installaties. Zodra geïnvesteerd wordt in nieuwe apparatuur zoals turbines, boilers of drogers levert dit een hogere energie-efficiëntie op en dus BKG-emissiereductie.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

De voedings- & genotmiddelenindustrie heeft veel koolstofarme technologieën en opties tot haar beschikking. Met name in de TRL-9 fase zijn er veel opties binnen handbereik. Die hebben echter veel minder reductiepotentie dan de zeven technieken die in de TRL 4-8 fase staan. De ontwikkeling van een technologie kan echter traag verlopen. Vaak duurt het een decennium om op te schalen van een proeffabriek (bijv. TRL 7) naar commerciële schaal. In veel subsectoren is vooral warmte (voor o.a. stoom) en brandstof (voor verwarming) nodig. Daarnaast is veel elektriciteit nodig voor het koelen, vriezen en voor de benodigde machines en apparatuur. Er bestaan grofweg drie manieren om het decarboniseren te versnellen in de eigen productie-omgeving van de sector: energie-efficiency, materiaal efficiency of vervanging van brandstoffen. Voor het bereiken van energie-efficiency zijn tal van laagdrempelige mogelijkheden beschikbaar. Bij materiaal efficiency gaat het vooral om het reduceren van afvalstromen.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Nota:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

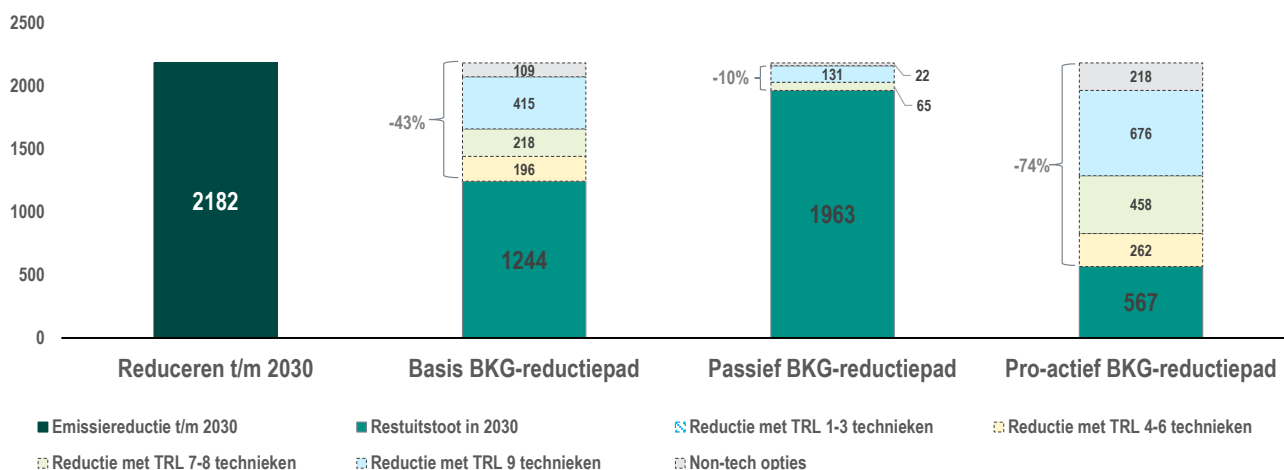
Brandstofvervanging en proces(her)ontwerp zijn vaak goede startpunten en kunnen in potentie snelle emissiereductieresultaten geven. Het vervangen van brandstoffen levert in termen van CO2 reductie het meeste op. Verder kan biogas, groen gas, waterstof of koolstofvrije elektriciteit zijn om warmte en stoom aan het verwerkingsproces te leveren. Biogas uit restafval (zoals aardappelen) kan via eenvoudige en commercieel beschikbare technologieën.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Ongeveer 43% van de 2.182 miljoen kg CO2-eq. wordt in ons basisscenario gereduceerd met de beschikbare koolstofarme technologieën, zoals die gepresenteerd staan in bovenstaande matrix. Het laat zien dat al deze verduurzamingsmaatregelen niet voldoende is. Emissiereductie blijft in deze sector daarmee van groot belang. De sector heeft sinds 1990 amper terrein gewonnen op dit gebied. In het passieve scenario nemen de emissies in een relatief laag tempo af. Per saldo zal in dit scenario slechts 10% worden verminderd. Dit komt met name doordat de reeds beschikbare technologieën om de emissies te verminderen in TRL-9 relatief weinig impact hebben. In het proactieve scenario wordt uiteindelijk veel meer aan BKG gereduceerd dan aanvankelijk nodig is om het 2030-doel te behalen. In dit scenario wordt ervan uitgegaan bedrijven blijvend investeren in verduurzaming en ook actief op zoek gaan naar nieuwe duurzame alternatieven.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO2-equivalenten



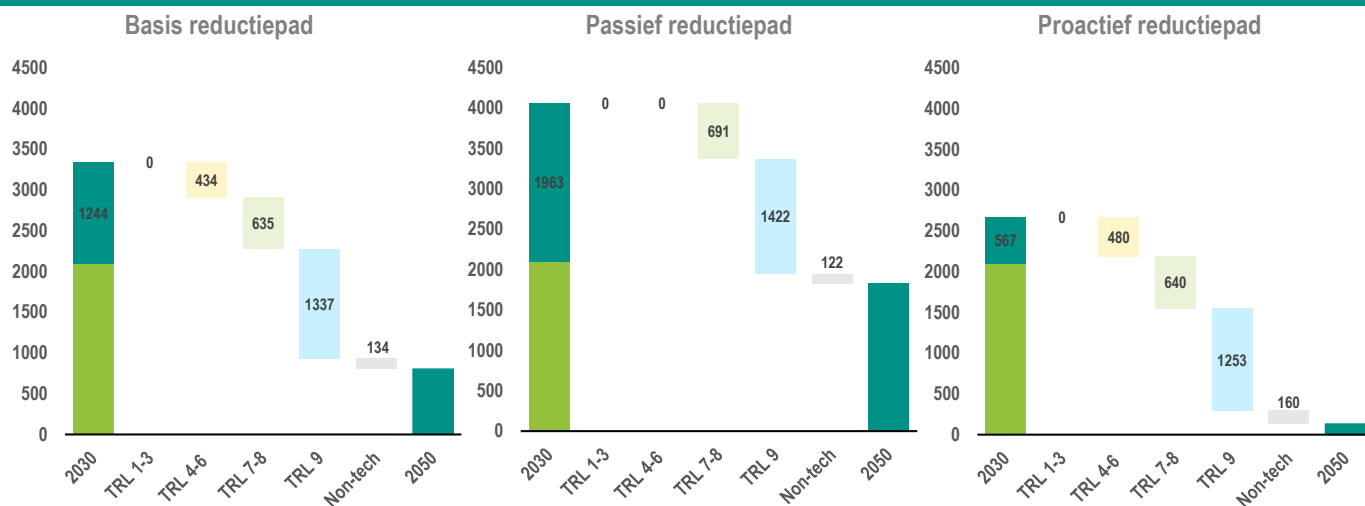
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Er is een enorme variatie in emissies binnen de sector. Sommige subsectoren van de foodsector hebben een veel grotere decarbonisatie-uitdaging dan andere. Dat kan zijn omdat ze energie-intensiever van aard zijn of door de hoeveelheid warmte die ze nodig hebben. Hierbij geldt dat hoe hoger de temperaturen zijn die bereikt moeten worden, hoe complexer het wordt om te decarboniseren. Deze sector is echter ook gebaat bij emissiereductiemethodes waar geen technologie bij betrokken is, zoals verandering van consumentengedrag, ketensamenwerking, tegengaan van voedselverspilling en afvalmanagement.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

De foodsector heeft in haar processen veel behoefte aan warmte. In het basispad gaan we ervan uit dat de gegenereerde warmte voorkomt uit het gebruik van schone brandstoffen, hernieuwbare energie en elektrificatie. Deze spelen in het meest proactieve scenario ook een belangrijke rol. Ondanks dat de sector een breed scala aan decarbonisatie-opties tot haar beschikking heeft, blijft echter ook deze sector behoefte hebben aan doorbraaktechnologieën die op grotere schaal de uitstoot van BKG reduceren in de periode 2030-2050. Doorbraaktechnologieën in de TRL 1-3 fase zijn echter nog niet geïdentificeerd.

#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

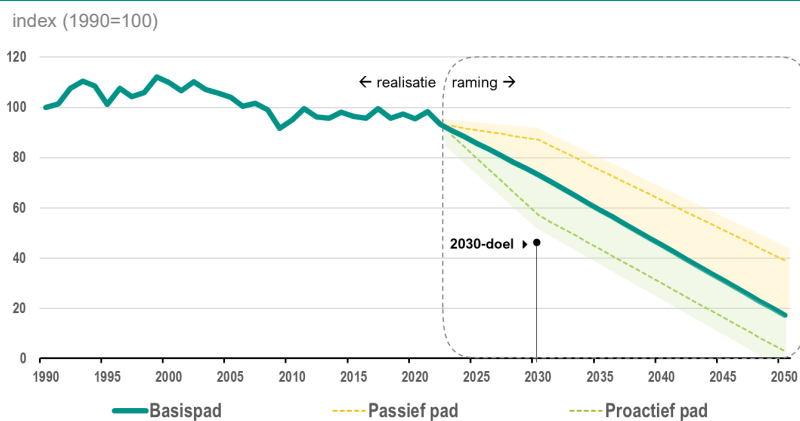


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het basispad van BKG emissiereductie tussen 2030 en 2050 wordt het beoogde 2050-doel niet bereikt. Daarvoor schieten de beschikbare duurzaamheidsmaatregelen tekort. In het proactieve pad wordt het doel op een fractie na gehaald. In het meest passieve pad zijn de bestaande koolstofarme technologieën bij lange na niet toereikend om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken. Ook de technologieën in de TRL 4-6 fase worden niet in volledig benut of ingezet.

Als we uitgaan van het basis scenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de foodsector dan komt uit onze berekeningen dat de sector de gestelde doelen voor 2030 en 2050 niet gaat halen.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De foodsector bereikt pas na 2050 koolstofneutraliteit in ons basisscenario. Volgens onze inschatting kan dit omstreeks 2055 het geval zijn. Het is echter goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd. Deze kunnen onze emissiereductieprojectie sterk verbeteren, waardoor koolstofneutraliteit voor de sector veel eerder wordt bereikt. Veel zal hierbij afhangen van de ontwikkeling in de warmtetechnologie.



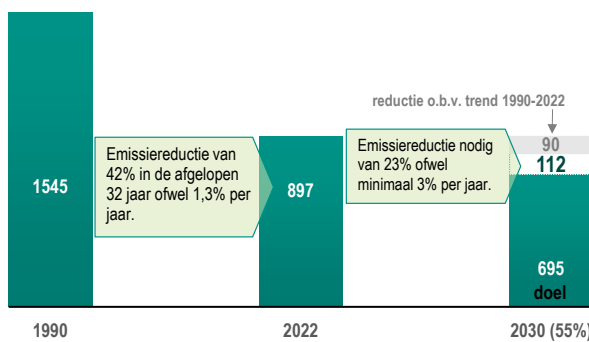
### 3. Papierindustrie

#### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De papierindustrie is in Nederland een relatief kleine industrie in meerdere opzichten. De sector heeft een aandeel <0,5% in zowel de economie als in de totale emissies van broeikasgassen (BKG) en circa 1% aandeel in het totale finale energieverbruik. Het is echter de op vijf sectoren na grootste gasverbruiker. De papierindustrie moet minimaal 3% per jaar van het huidige niveau van BKG reduceren om het 2030-doel van 55% van het niveau van 1990 te kunnen halen. Sinds 1990 is het de papierindustrie gelukt om de emissies met gemiddeld 1,3% per jaar te reduceren. Hierin zit echter ook de disruptie van de opkomst van digitaal werken.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

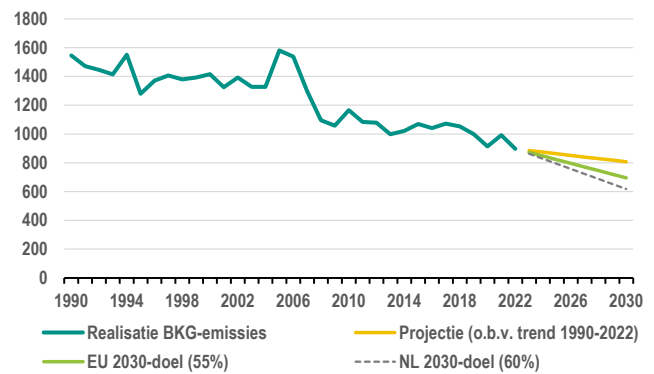
mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

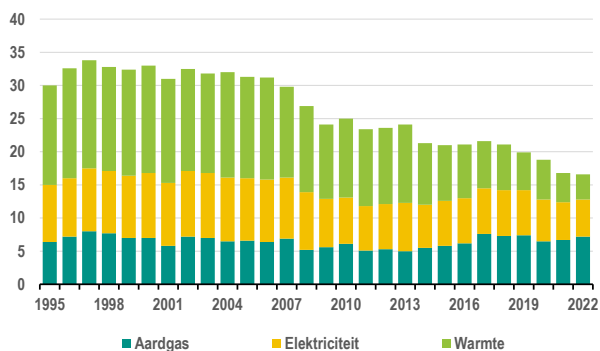
Op basis van de gemiddelde BKG-emissiereductie van 1,3% over de periode 1990-2022 is de papierindustrie in staat om in ieder geval 90 miljoen kg CO2 (eq.) te reduceren tot en met 2030. Het is echter niet toereikend genoeg om het 2030-klimaatdoel te bereiken. Hiervoor moet de sector additioneel nog 112 miljoen kg aan BKG verminderen, ofwel nog 23% van het niveau van 2022. Het 2030-reductiedoel lijkt nog een hele opgave, maar ten opzichte van andere sectoren ligt het einddoel minder ver weg.

#### Bron van emissies

De processen in de papierindustrie kunnen zeer complex zijn. Om van hout tot het eindproduct te komen, moeten er diverse processtappen doorlopen worden, waaronder houtvoorbereiding, pulpproductie (mechanisch, chemisch of pulp van gerecyclede vezels) en het bleken van pulp. De papierindustrie is een warmte-intensieve industrie. Het droogproces van het papier verbruikt verreweg de meeste energie. De energie die voor deze processen gebruikt worden, komen voornamelijk uit aardgas, elektriciteit en warmte. Directe emissies zijn voornamelijk afkomstig van gasturbines en boilers. De boilers produceren stoom die in het proces wordt gebruikt. De indirecte emissies zijn afkomstig van elektriciteit van het net.

#### Finaal energieverbruik

PJ

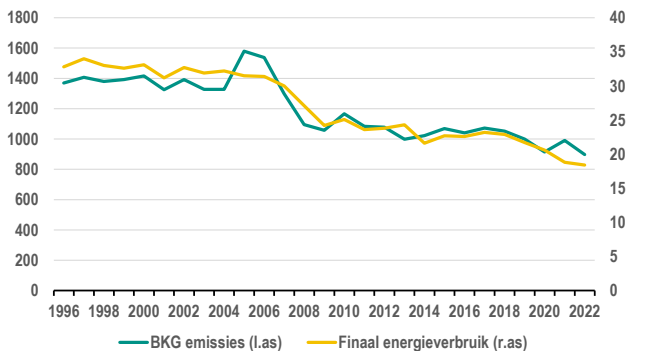


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in uitstoot BKG en finaal energieverbruik

mln kg CO2-eq

PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

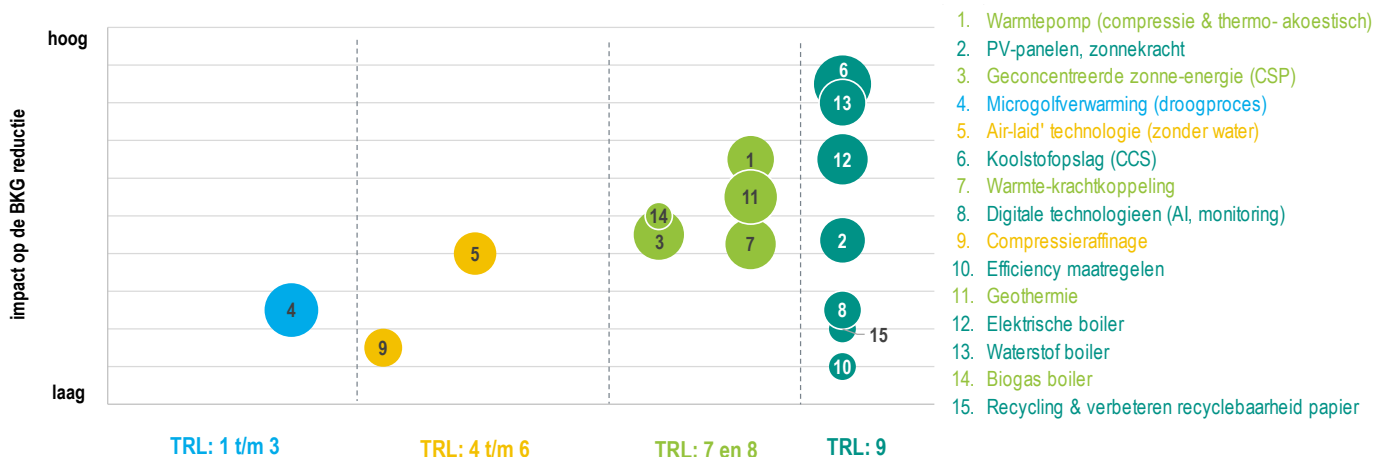
Energieverbruik is de belangrijkste bron van broeikasgasemissies in de papierindustrie. In bovenstaande rechter figuur komt dit verband duidelijk naar voren. Door de jaren heen heeft de papierindustrie echter talrijke emissiereductieopties geïmplementeerd – zoals energie efficiency, hergebruik van restwarmte en brandstofvervanging – en die hebben mede bijgedragen aan de geleidelijke daling van het energieverbruik en de emissies sinds de jaren '90.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

De papierindustrie wordt gekenmerkt als kapitaalintensief en volwassen, met lange investeringscycli en een markt die steeds meer globaliseert met een hoge prijsgevoeligheid. Papierproducten hebben een korte levenscyclus en de meeste koolstof van papierproductie komt binnen een jaar in de atmosfeer terecht. Boilers zijn een belangrijke bron van emissies. De papierindustrie produceert voor een groot deel zelf opgewekte energie, waarmee het voor een groot deel van de energiebehoefte kan voorzien. Verder kan de papierindustrie ook een rol spelen in het stimuleren van bosregeneratie, het bevorderen van bosgroei en het intensiveren van het gebruik van niet-houtpulp zoals bagassepulp, stropulp, bamboepulp en rietpulp.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

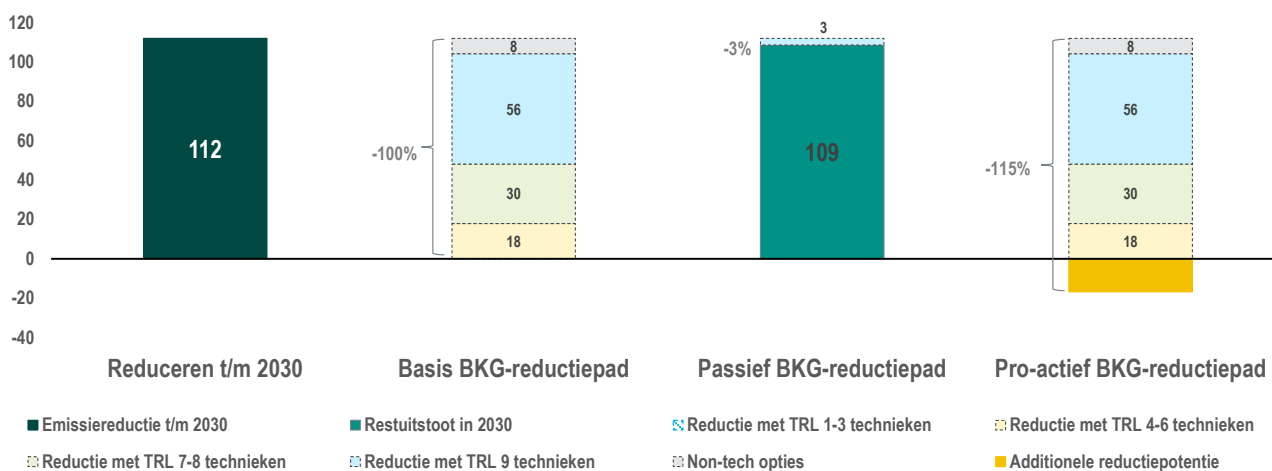
Uit de grafiek komt naar voren dat veel koolstofarme technologieën zich in de commercieel inzetbare fase bevinden (TRL 9) en een flink aantal volgt binnenkort (TRL 7 en 8). In de pilot en conceptfase (TRL 1 t/m 6) zitten nog relatief weinig nieuwe technieken, voor zover bij ons bekend. Ondanks dat efficiency maatregelen een relatief lage impact hebben op de CO<sub>2</sub>-reductie, is dit wel een manier van emissiereductie wat economisch altijd haalbaar is. Een energiemanagementsysteem, zoals bewaking van stoom-, elektriciteits- en gasverbruikslijnen, kan de regeling van de energiestroom door het hele systeem en de meting van energie efficiëntie verbeteren. Ook kan regelmatig onderhoud, vooral aan elektrische apparatuur (zoals pompen, motoren, ventilatoren, droogsystemen) de energie-efficiëntie verbeteren en de uitstoot verminderen.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Omdat de papierindustrie een groot aantal decarbonisatietechnieken tot haar beschikking heeft die niet alleen in de TRL-9 fase staan, maar ook een relatief hoog CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel hebben, laat ons basisscenario een stevige reductie zien tot aan 2030. In dit scenario is het mogelijk om met de beschikbare koolstofarme technologieën de 112 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. te verminderen om het 2030 doel te bereiken. In het passieve scenario wordt er van uitgegaan dat de sector niet veel meer aan emissiereductie doet, dan dat zij in het verleden hebben gedaan. In dit scenario blijft er in 2030 nog een aanzienlijke hoeveelheid CO<sub>2</sub>-eq. over. In het proactieve scenario tot slot nemen de emissies in de papierindustrie veel sneller af en wordt het 2030-doel zo goed als zeker gehaald, met een slechts kleine onzekerheidsfactor. Hier is een additionele reductie in BKG-emissies zeker ook plausibel

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalente



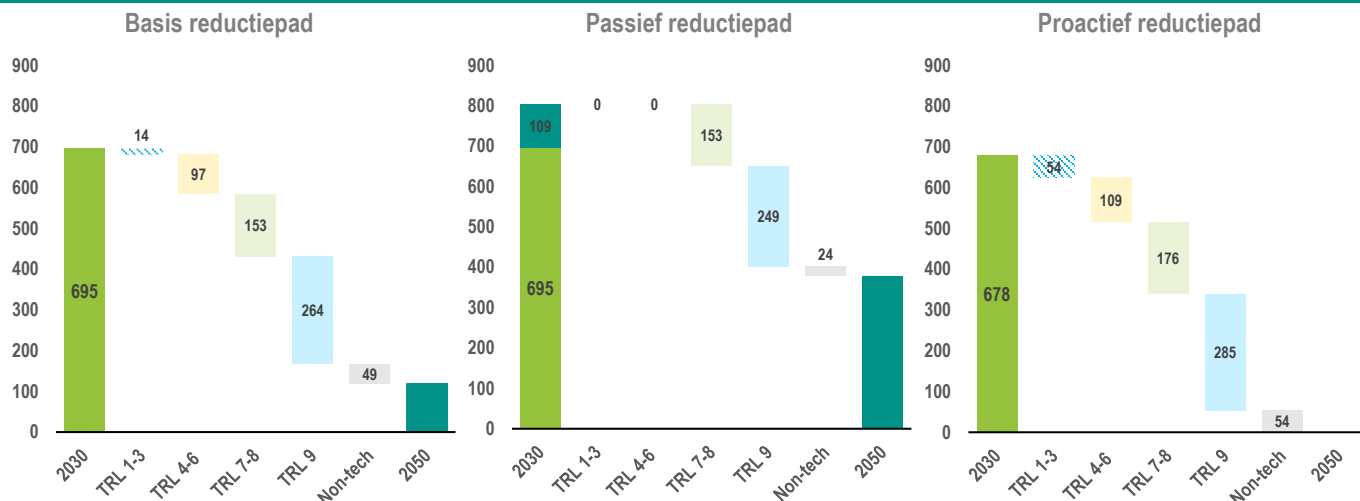
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau



## Potentie emissiereductie 2030-2050

Met de investering in en doorontwikkeling van de bestaande technologieën lijkt het 2050-doel bereikbaar. Het vraagt wel van alle ondernemers in de sector om te investeren in minder energie-intensieve machines, verwijdering van verouderde machines, verbeteren van het energielabel van de gebouwen en het gebruik van hernieuwbare energiebronnen. Efficiënter gebruik van hulpbronnen blijft een belangrijk aspect voor de papierindustrie. Dit is goed voor de vermindering van afval en een efficiënter energieverbruik. Het zijn allemaal manieren om het 2050-klimaatdoel in het vizier te houden. Voor het pad tussen 2030 en 2050 zijn additionele koolstofarme doorbraaktechnologieën zeer wenselijk.

### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

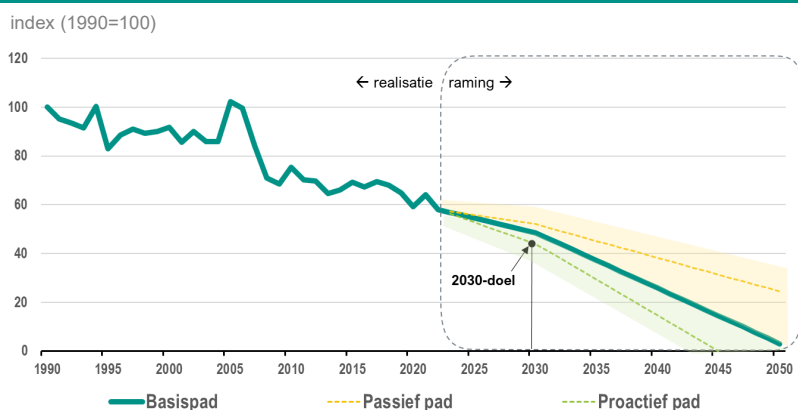


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het basispad van BKG emissiereductie tussen 2030 en 2050 wordt het beoogde 2050-doel niet helemaal bereikt. Een vertraging in de verdere ontwikkeling van de koolstofarme technologieën in TRL fase 1 tot en met 6 is hier een reden van. Zodra die ontwikkeling langzamer verloopt dan gedacht, schieten de huidige beschikbare duurzaamheidsmaatregelen tekort. In het proactieve pad komen de doorbraaktechnologieën wel breed beschikbaar en wordt het doel gehaald. In het passieve pad worden de bestaande koolstofarme technologieën niet voldoende benut en blijft koolstofneutraliteit in 2050 nog ver weg.

Als we uitgaan van het basis scenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de papierindustrie dan komt uit onze berekeningen dat de sector het gestelde doel voor 2030 op een fractie na niet gehaald gaat worden en het doel voor 2050 (95% van het niveau van 1990) een tweetal jaar eerder dan 2050 wordt bereikt. Dit pad staat bovendien nog los van eventueel andere doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd en die wij voor onze analyse (nog) niet hebben geïdentificeerd.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

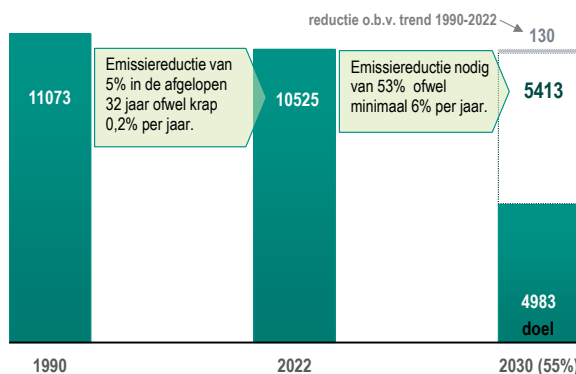
Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd of bestaande technologieën effectief beter worden doorontwikkeld. Deze trends kan onze BKG-emissieprojectie sterk verbeteren.

## 4. Aardolie-industrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

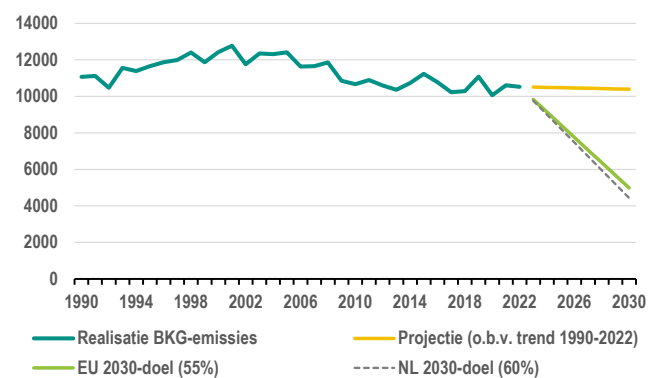
Ondanks de hoge emissie- en energie-intensiteit heeft de sector de BKG-emissies in de afgelopen 30 jaar te reduceren maar beperkt weten te reduceren, in een heel grillig pad van 1990-2022. Het geeft aan dat de sector nog niet structureel veel werk maakt van het verminderen van BKG en dat er voor de sector nog een grote uitdaging te wachten staat tussen nu en 2030. Zo moet de sector tot aan 2030 nog zo'n 53% van de emissies uit 2022 verminderen, ofwel minimaal 6% per jaar. Met de emissiereductie-ervaringen van de sector uit het verleden, is dat een erg grote opgave.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

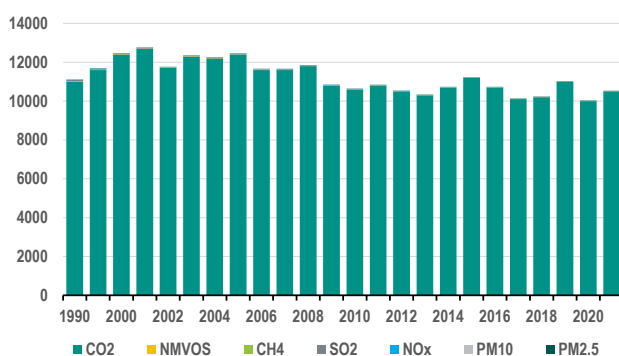
De sector additioneel nog 5.413 miljoen kg aan BKG verminderen in de komende zeven jaar. De haalbaarheid van het 2030-reductiedoel is daarmee nog een hele opgave. Veel bedrijven in deze sector vallen echter onder het ETS-handelssysteem en worden daardoor min of meer gedwongen om de komende jaren meer werk te maken van BKG-emissiereductie.

### Bron van emissies

De sector verbruikt jaarlijks veel energie. Voor de winning van olie en gas uit de ondergrond zijn grote hoeveelheden energie nodig om boorplatforms, pompen en andere procesapparatuur aan te drijven en te voorzien van warmte. De meeste olie wordt geraffineerd voor verder gebruik en dit vereist grote hoeveelheden energie, vooral om de waterstof te produceren die wordt gebruikt om de ruwe olie op te waarden en te behandelen (bron: IEA). Naast de petroleumproducten ontstaan tijdens het raffinageproces ook bijproducten zoals fuel gas, petroleum coke en stookolie. Deze worden op de raffinaderij ingezet als energiebron (bron: VNPI). Het grootste deel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in een raffinaderij is gerelateerd aan gasgestookte procesverwarmers, de on-site voorzieningen voor stroom- en stoomopwekking, gasgestookte ovens en waterstofproductie (bron: PBL). De uitstoot van CO<sub>2</sub> is de bulk van alle uitstoot van broeikasgassen (zie onderstaande linker figuur).

#### Uitstoot BKG aardolie-industrie

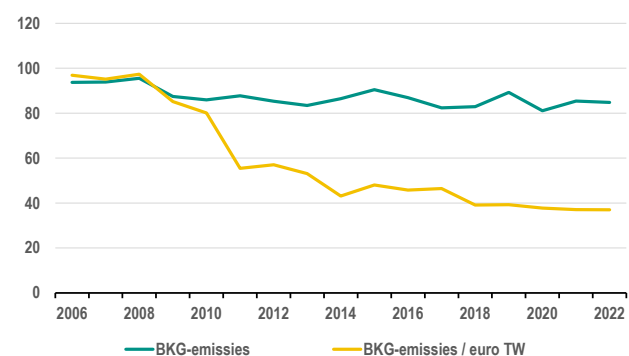
mln kg



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend uitstoot BKG en productie aardolie-industrie

index (2005 = 100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

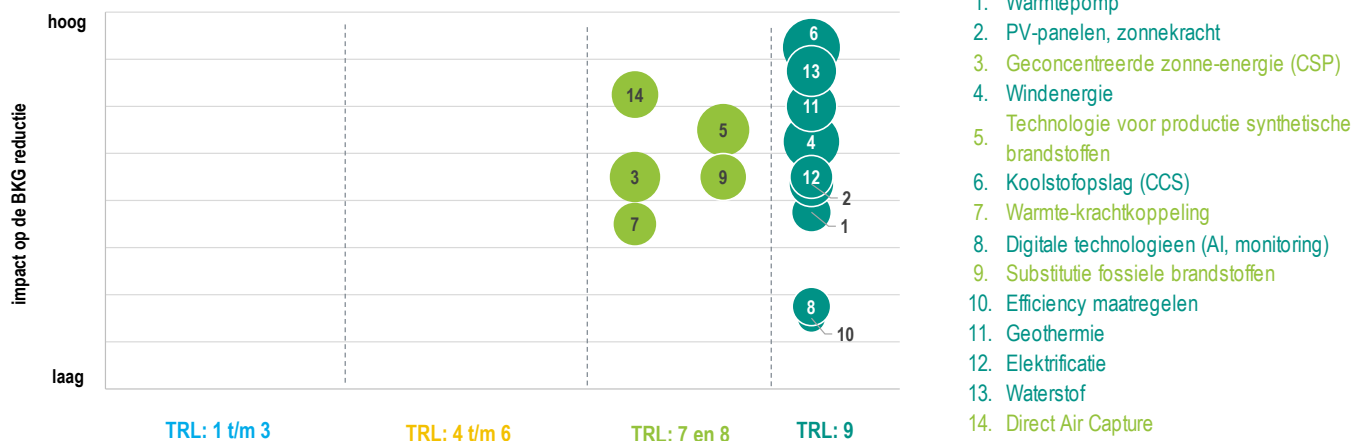
De raffinaderijen in Nederland verschillen in leeftijd, structuur en locatie. Dit verschil zorgt ervoor dat decarbonisatievraagstukken vrijwel altijd maatwerk zijn. Uit de figuur rechtsboven is af te lezen dat de BKG-emissies van de raffinagebedrijven in Nederland in grote lijnen de trend in de productie van de sector volgt. Daarmee hebben de raffinagebedrijven de mogelijkheid om het probleem van de uitstoot van BKG via hun procesactiviteiten aan te pakken. Daarvoor heeft de sector diverse decarbonisatietechnologieën tot haar beschikking.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Volgens het International Energy Agency (IEA) zijn er vijf manieren om vermindering in de emissie-intensiteit te bereiken binnen de aardolie-industrie. Het gaat hierbij om 1) het aanpakken van methaanemissies, 2) het uitbannen van alle niet-noodzakelijke affakkeling, 3) het elektrificeren van upstream activiteiten met lage emissie-intensiteit, 4) productieprocessen uitrusten met CCU&S (*Carbon Capture Utilisation & Storage*) en 5) het uitbreiden van het gebruik van waterstofelektrolyse met lage emissies in raffinaderijen. In volgende matrix staan een aantal technieken (op hoofdlijnen) die hiervoor beschikbaar zijn geplott.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Nota:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

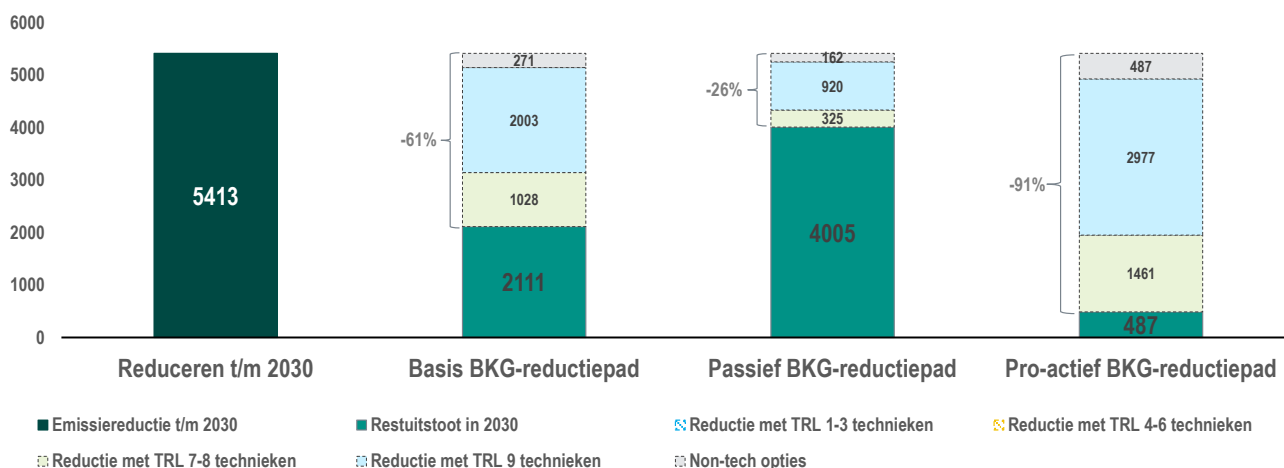
De olie-industrie levert ook grondstoffen voor de productie van basischemicaliën. Alternatieve producten voor deze toepassingen, zoals biobased en synthetische koolwaterstoffen, zijn momenteel op kleine schaal, maar dit kan de komende decennia veranderen (bron: PBL/TNO). Met name het succes in externe factoren zoals de infrastructuur voor transport en opslag van koolstof, de levering van groene stroom en waterstof en de beschikbaarheid van biomassa spelen een grote rol in de koolstofvrijtransitie van de aardolie-industrie. De *best practices* voor koolstofvrij werken zijn bekend in de sector. Verbetering van de energie-efficiëntie wordt door velen beschouwd als een kosteneffectieve en laagdrempelige optie, hoewel hiermee mogelijk slechts een bescheiden BKG-emissiereductie kan worden bereikt. Uit de matrix komt verder naar voren dat veel koolstofarme technologieën zich in de commercieel inzetbare fase bevinden (TRL 9) en een flink aantal volgt binnenkort (TRL 7 en 8). In de pilot en conceptfase (TRL 1 t/m 6) zitten nog relatief weinig nieuwe technieken, voor zover bij ons bekend.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Het basisscenario laat zien dat de verduurzamingsmaatregelen van de bedrijven gezamenlijk in de sector niet voldoende is. Ongeveer 61% van de 5.413 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. wordt in dit scenario gereduceerd met de beschikbare koolstofarme technologieën. In het passieve scenario nemen de emissies in een relatief laag tempo af. Per saldo zal slechts 26% worden verminderd. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat bedrijven veel minder investeren in het implementeren van koolstofarme technologieën. De juiste prikkels hiervoor ontbreken. In het proactieve scenario wordt uiteindelijk meer BKG gereduceerd dan in de overige scenario's, maar er is meer nodig om het 2030-doel uiteindelijk te behalen.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten

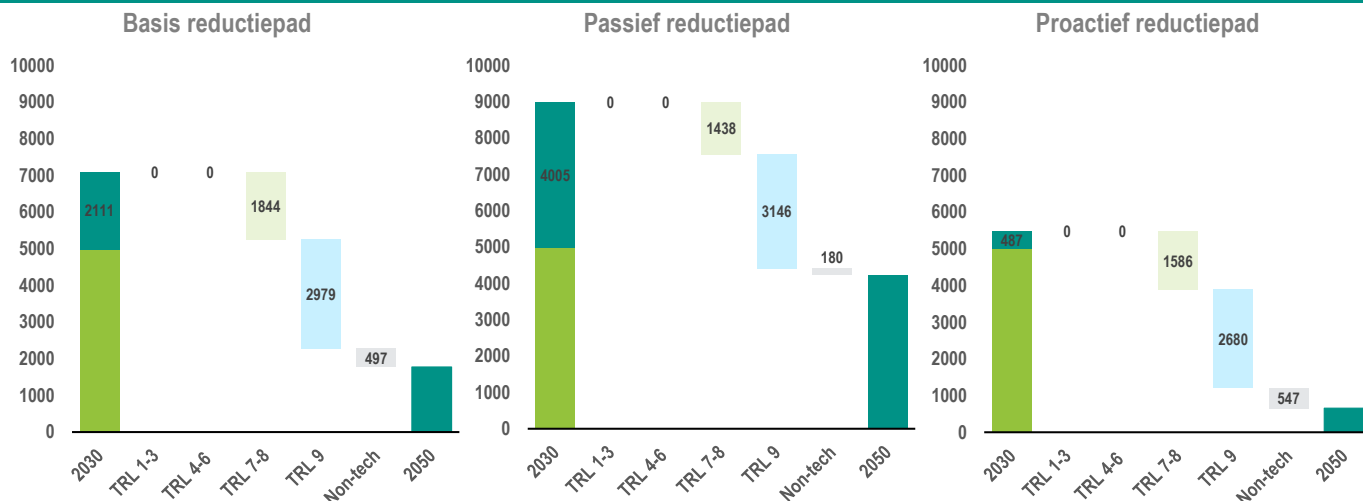


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

## Potentie emissiereductie 2030-2050

Ondanks dat de sector voldoende technologieën tot haar beschikking heeft om de BKG-emissies daadwerkelijk te verminderen, spelen er ook externe factoren een rol. Hierop heeft de sector zelf weinig invloed en het heeft invloed in het tempo van de toekomstige emissiereductie. Zo zijn de infrastructurele investeringen voor koolstofvervoer en -opslag van groot belang en, is de sector afhankelijk van de levering van groene elektriciteit en waterstof. Ook kan de beschikbaarheid van biomassa een rol spelen voor de sector. Feit blijft echter ook dat deze sector geholpen is bij doorbraaktechnologieën die op grotere schaal de uitstoot van BKG reduceren.

### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

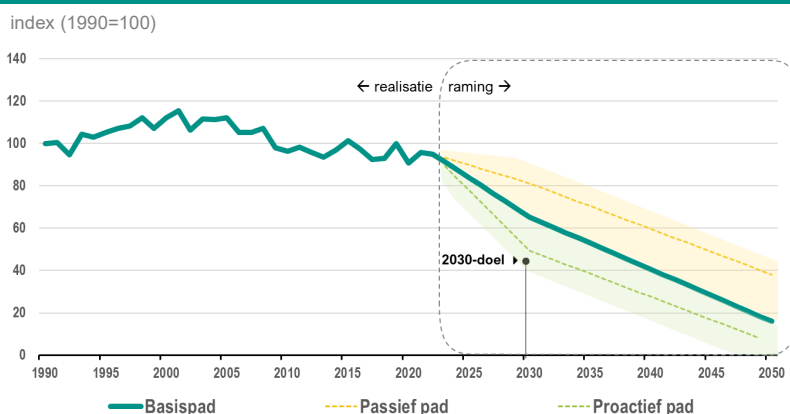


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De aardolie-industrie opereert in een zeer competitieve markt. De sector heeft te maken met hoge kosten voor onderhoud en aanzienlijke investeringen, wat zich vertaalt in relatief lage winstmarges (bron: VNPI). Dit vraagt om een zoektocht naar een kosteneffectieve emissiereductiestrategie. Hierbij speelt CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (CCS) een belangrijke rol. Ook brandstofvervanging en de inzet van hernieuwbare energiebronnen kunnen de basis kan vormen voor zo'n strategie.

Als we uitgaan van het basis scenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de sector aardolie-industrie, dan komt uit onze berekeningen dat de sector de gestelde doelen voor 2030 en 2050 niet gaat halen. Daarvoor schieten de beschikbare duurzaamheidsmaatregelen tekort, hoewel deze hoopgevend zijn. In het proactieve pad worden de decarbonisatietechnologieën in hogere mate benut, maar wordt het beoogde 2050-doel niet gehaald. In het meest passieve pad zijn de bestaande koolstofarme technologieën bij lange na niet toereikend om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

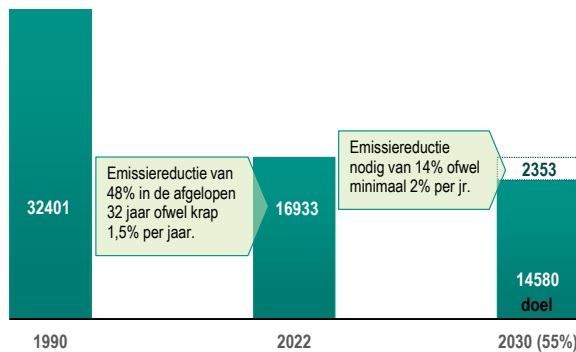
Met de netto-nul kennis van nu bereikt de aardolie-industrie na 2050 pas koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2055 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. De hier geschetste scenario's staan echter nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

## 5. Chemische industrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

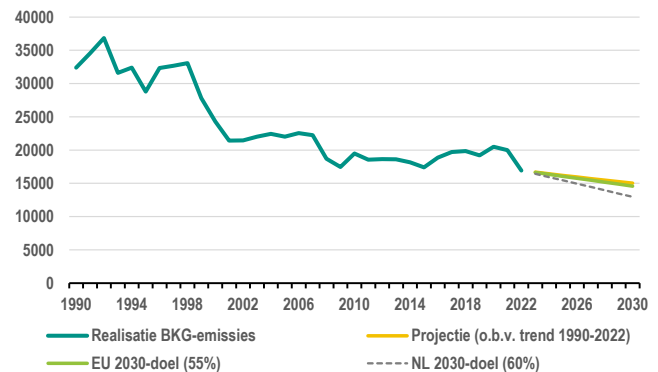
Door het *Convenant Chemische Industrie* uit de jaren '90 is het de sector gelukt om de BKG-emissies naar onder andere lucht en water sterk te verminderen. Daarmee zijn de emissies van broeikasgassen in 32 jaar tijd met bijna 48% afgenomen, ofwel gemiddeld met zo'n 1,5% per jaar. Om het 2030-doel te bereiken – 55% van het niveau van de BKG-emissies van 1990 – moet de sector nog 14% aan BKG-emissies verminderen vanaf het niveau van 2022, ofwel minimaal 2% per jaar.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

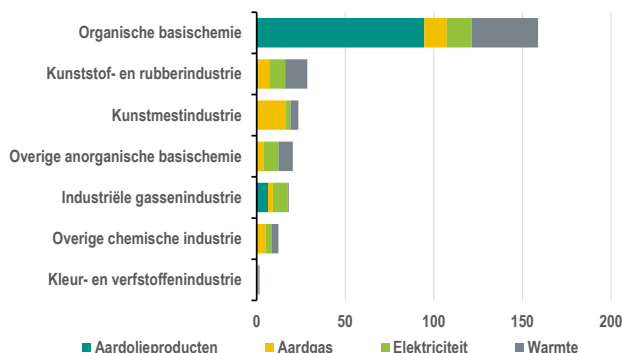
Ondanks dat er een verschil zit in de BKG-emissiereductietempo uit het verleden en datgene wat nodig is, ligt naar onze mening het 2030-doel voor de chemische sector binnen handbereik. Niet alleen vanwege de ruime mogelijkheden die voorhanden zijn in de sector om de BKG te verminderen, maar ook doordat deze sector rijk is aan ETS-bedrijven (handelssysteem in Europa voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot), die de komende jaren meer-en-meer gedwongen zullen worden om van emissiereductie werk te maken.

### Bron van emissies

De chemische industrie kent een veelheid aan subsectoren, die over het algemeen ingedeeld kunnen worden in de organische chemische industrie (zoals de raffinage en de productie van biobrandstoffen) en de anorganische industrie (zoals de productie van industriële gassen en de chlooralkali industrie). Bij de vervaardiging van basischemicaliën – dit zijn de chemische basisgrondstoffen die in andere chemische subsectoren verder worden verwerkt – en het maken van kunstmeststoffen, kunststof en synthetische rubber wordt de meeste energie verbruikt. Met name de verwerking van nafta en ethaan in kraakinstallaties zijn belangrijke processen bij de productie van onder meer kunststofharsen en andere chemicaliën. Deze installaties nemen een groot deel van de BKG-emissies voor hun rekening, waarbij veel aardgas wordt verbruikt. Met name de organische basischemie verbruikt veel energie voor haar processen.

#### Finaal energieverbruik naar subsectoren chemie

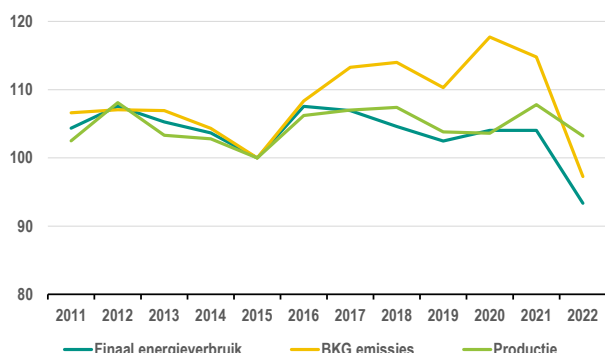
in PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend uitstoot BKG, energieverbruik en productie

index (2015=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

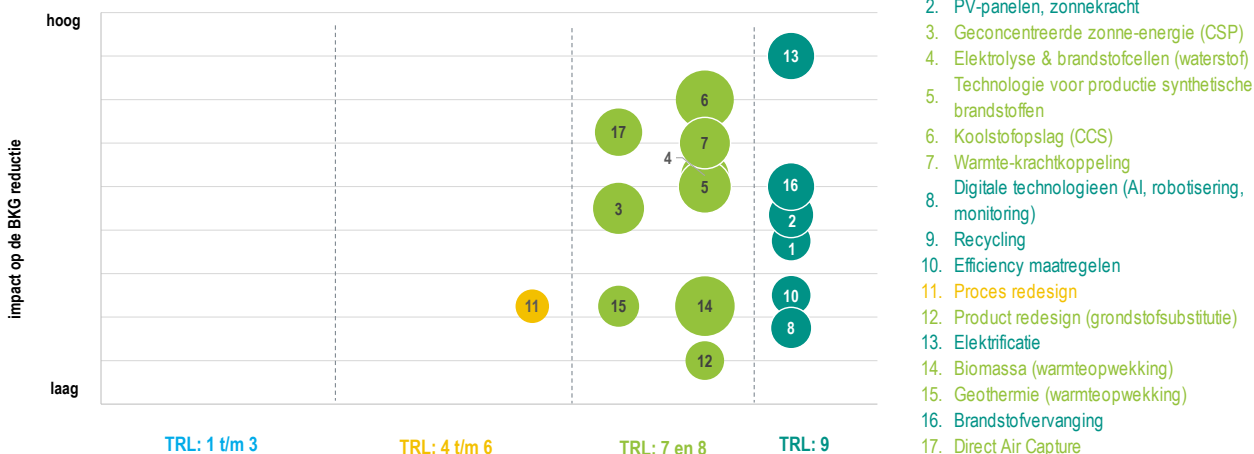
In de organische basischemie zijn aardolieproducten veruit de belangrijkste energiedrager, gevolgd door warmte. In de overige chemische subsectoren zijn de voornaamste energiedragers vooral aardgas en elektriciteit. De trend in de uitstoot van broeikasgassen, finaal energieverbruik en de productie volgen elkaar op de voet (zie bovenstaande rechter figuur). Ondanks de toegenomen investeringen en het innovatievermogen van de chemische industrie in relatie tot verduurzaming liggen de BKG-emissie en finaal energieverbruik in de afgelopen 10 jaar op een stabiel niveau.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Het chemische productieproces is één van de meest vervuilende en energie- en grondstof-intensieve processen. Veel van de eindproducten of halffabricaten van de chemische industrie vinden hun weg naar andere sectoren en processen. In de afgelopen jaren is door de chemische industrie veel geïnvesteerd in schonere productie-installaties, maar de transitie naar koolstofneutraal vergt nog veel meer investeringen en inspanningen van bedrijven. In de matrix staan de decarbonisatietechnieken op hoofdlijnen geplot naar *Technical Readiness Level* (TRL) en CO2-reductiepotentieel.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Nota:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

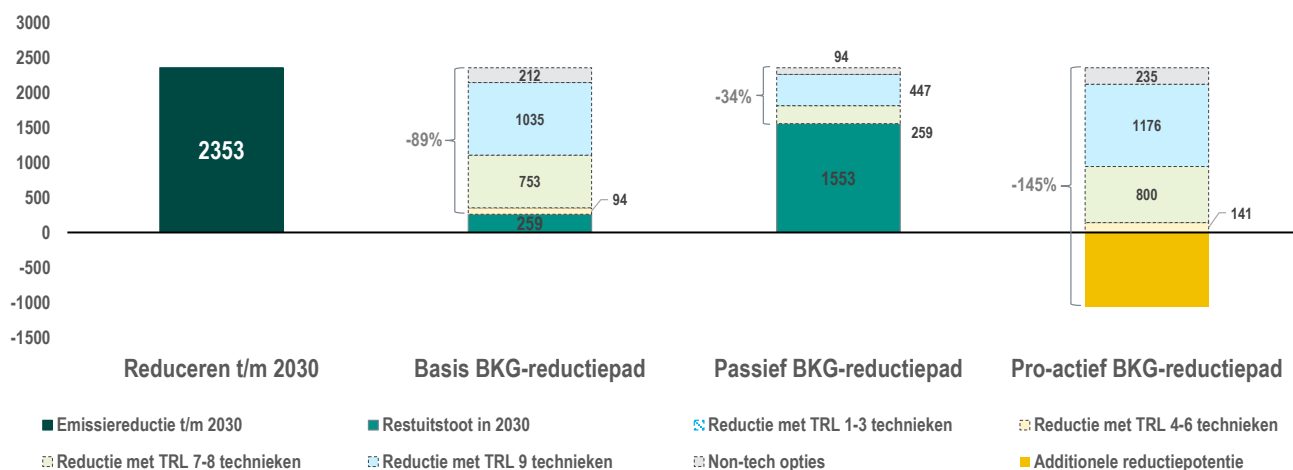
De meest relevante decarbonisatie-opties voor de chemische industrie betreft koolstofopslag, elektrificatie en substitutie van brandstoffen. Dit levert per saldo het meeste op in termen van emissiereductie. De CCS-route omvat relatief weinig aanpassingen in veel chemische productieprocessen. CCS vereist echter investeringen in nieuwe infrastructuur voor CO2-transport en -opslag. Investeren in nieuwe en schonere industriële processen en technologieën vermindert niet alleen de uitstoot van vervuilende stoffen, maar heeft ook de potentie om kostenefficiënter te werken. Elektrische kraakinstallaties op basis van hernieuwbare energie kan, in combinatie met andere elektrificatie-maatregelen, de BKG-emissies grotendeels wegnemen. Dit proces is in ontwikkeling en kan in 2026 commercieel beschikbaar zijn. Ook hier geldt dat voldoende hernieuwbare elektriciteit tegen die tijd beschikbaar moet zijn. Vanwege de hoge energie-intensiteit van de chemische industrie is de sector nauw verbonden met de energiesector. Het gaat hier om zowel de levering van energie als van grondstoffen. Het verbeteren van de efficiency in de energie- en de materiaalstromen blijft daarom relevant. Ook de inzet van biogebaseerde materialen, productinnovaties en circulair werken zullen de komende jaren meer aandacht krijgen.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Ons basisscenario laat zien dat de verduurzamingsmaatregelen van de bedrijven gezamenlijk in de sector veel impact kunnen hebben. Ongeveer 89% van de 2.353 miljoen kg CO2-eq. kan in dit scenario worden gereduceerd met de beschikbare koolstofarme technologieën. In het passieve scenario nemen de emissies in een relatief laag tempo af.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO2-equivalenten



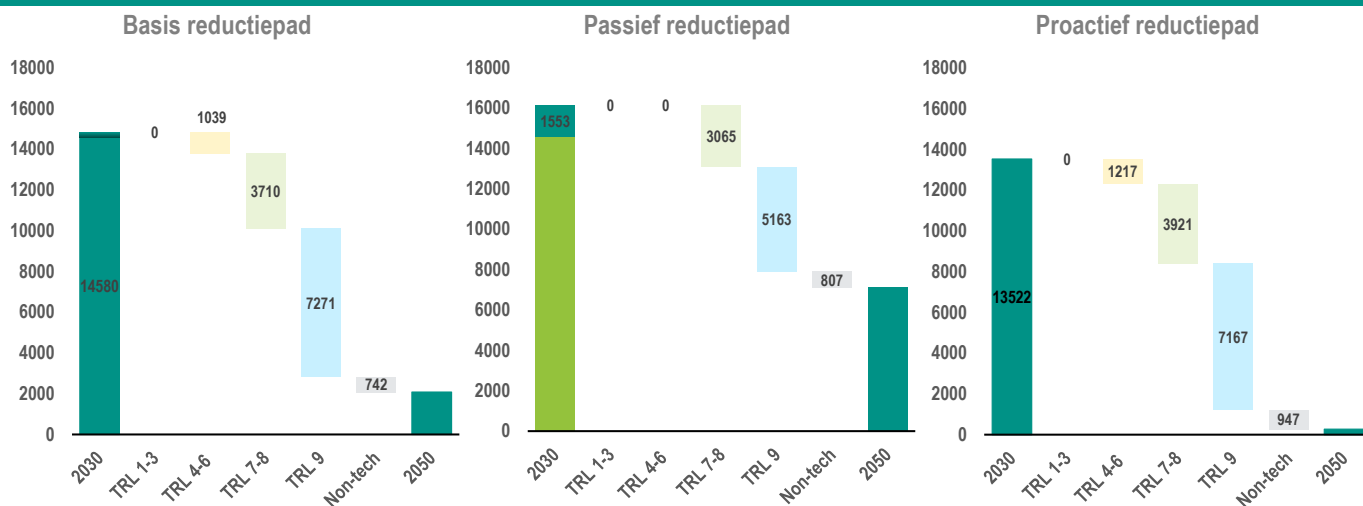
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Per saldo zal in het passieve scenario slechts 34% worden verminderd. Hierbij gaan we ervan uit dat bedrijven veel minder bereid zijn om te investeren in de koolstofarme technologieën en de prikkels daarvoor vanuit beleid ook minder zijn. In het proactieve scenario tot slot wordt uiteindelijk het 2030-doel uiteindelijk gehaald. De kans in dit scenario is groot dat meer dan de benodigde emissiereductie wordt bereikt dan initieel volgens de klimaatdoelen afgesproken.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Een koolstofarme chemische industrie in Nederland is zeker mogelijk. Belangrijk hierbij is dat een merendeel van de chemische bedrijven ook daadwerkelijk actief aanhaakt in de transitie. Het pad tussen 2030 en 2050 wordt met name gedreven door koolstofopslag, door een toenemende energie-efficiëntie, brandstofvervanging, elektrificatie en efficiëntere inzet van grond- en hulpstoffen. Dit vraagt om investeringen in minder energie-intensieve machines en verwijdering van verouderde machines, maar ook modernisering van de gebouwen en het gebruik van hernieuwbare energiebronnen (biogasvorming, zonne- en windkracht). Dit zijn allemaal manieren om het 2050-klimaatdoel in het vizier te houden.

#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

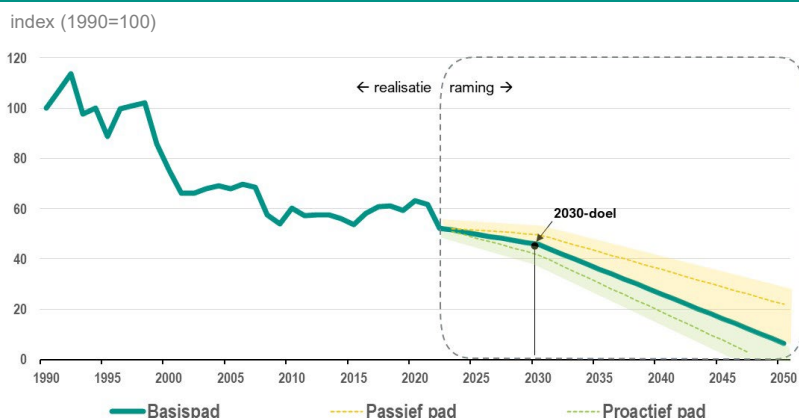


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het proactieve pad zijn doorbraaktechnologieën wel beschikbaar en wordt het doel ruimschoots gehaald. In het passieve pad gaan we ervan uit dat chemische bedrijven weinig prikkels hebben om met de bestaande koolstofarme technologieën aan de slag te gaan. In dit geval wordt het koolstofneutrale 2050-doel bij lange na niet bereikt.

Als we tot slot uitgaan van ons basis scenario richting 2050 wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de chemische industrie, dan komt uit onze berekeningen dat de sector de gestelde doelen voor 2030 en 2050 op een haar na mist. De duurzaamheidsmaatregelen zijn ruimschoots beschikbaar en daarmee kan in ieder geval veel emissiereductie worden bereikt. Dit pad staat echter nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de chemische industrie na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan echter al omstreeks 2051 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren. Wat eveneens kan gaan helpen in het pad naar 2050 is een sterke verlaging van de kosten van alle decarbonisatietechnologieën.



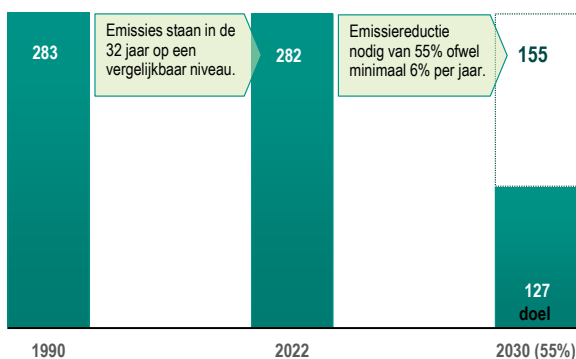
## 6. Rubber- & kunststofproductenindustrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De productie van kunststofproducten is mondiaal één van de grootste veroorzakers van BKG-emissies vanwege de energie-intensieve processen en de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. De totale emissies van broeikasgassen in de rubber- & kunststofproductindustrie in Nederland schommelen van 1990 tot en met 2014 jaarlijks rond de 250 miljoen kg CO2 equivalenten. Daarna nemen de emissies sterker toe. Dit komt deels door een toename van de productie en het aantal bedrijven dat actief is in de sector. De emissies bereiken een piek in 2018 en liggen op een lager niveau in de twee jaar daaropvolgend, maar nog steeds boven het gemiddelde emissieniveau uit de periode 1990-2014. Het laat zien dat de sector relatief weinig werk heeft gemaakt van emissiereductie en er nog een flinke emissiereductie voor zich heeft.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

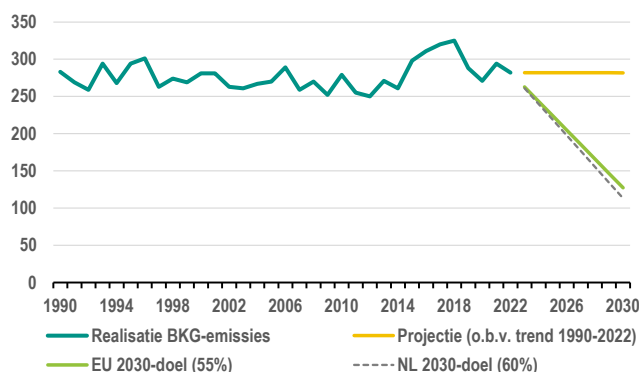
mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

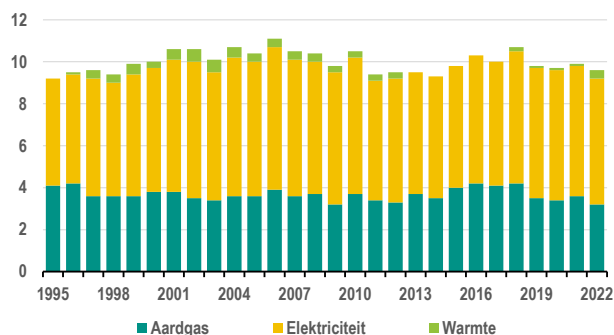
Op basis van de vergelijkbare BKG-emissies van 1990 versus 2022 lijkt het een complexe opgave voor de sector om in de komende zeven jaar 155 miljoen kg CO2 (eq.) nog te reduceren. Daarmee schatten wij de haalbaarheid van het 2030-reductiedoel laag in. Om dit 2030-doel wel te halen moet de sector per jaar minimaal 6% van haar 2022 emissieniveau per jaar verminderen.

### Bron van emissies

Vandaag de dag produceren petrochemische bedrijven wereldwijd meer dan 350 miljoen ton kunststoffen per jaar. In Azië wordt de meeste kunststoffen geproduceerd (ongeveer de helft van de totale wereldwijde primaire productie), terwijl Europa en de VS elk goed zijn voor 15%. De toeleveringsketen van kunststoffen voor de kunststofproductenindustrie is daarmee complex van aard en omvat een breed scala aan producten waarbij veel producenten uit verschillende sectoren betrokken zijn.

#### Finaal energieverbruik in sector

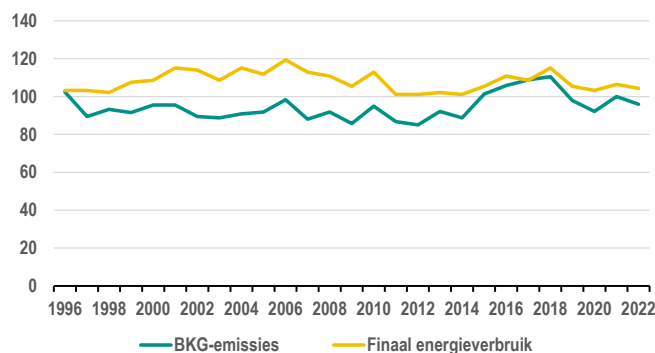
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in uitstoot BKG en energieverbruik

index (1995=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De sector is op zoek naar mogelijkheden om de uitstoot van broeikasgassen in alle industriële subsectoren in een hoger tempo terug te dringen. Het energieverbruik is een belangrijke bron van BKG-emissies. Daarom kan een goede eerste stap het vervangen van de fossiele brandstoffen zijn, die de productieprocessen van energie voorzien. Het finaal energieverbruik bestaat voor het grootste deel uit elektriciteit. De sector gebruikt vrijwel alle energiedragers als input voor de opwekking van warmte. Voor die warmte wordt echter het meeste gebruik gemaakt van aardgas. Het elektrische energieverbruik van met name de spuitgietmachines heeft een groot aandeel in het finale energieverbruik van het productieproces van kunststofproducten.

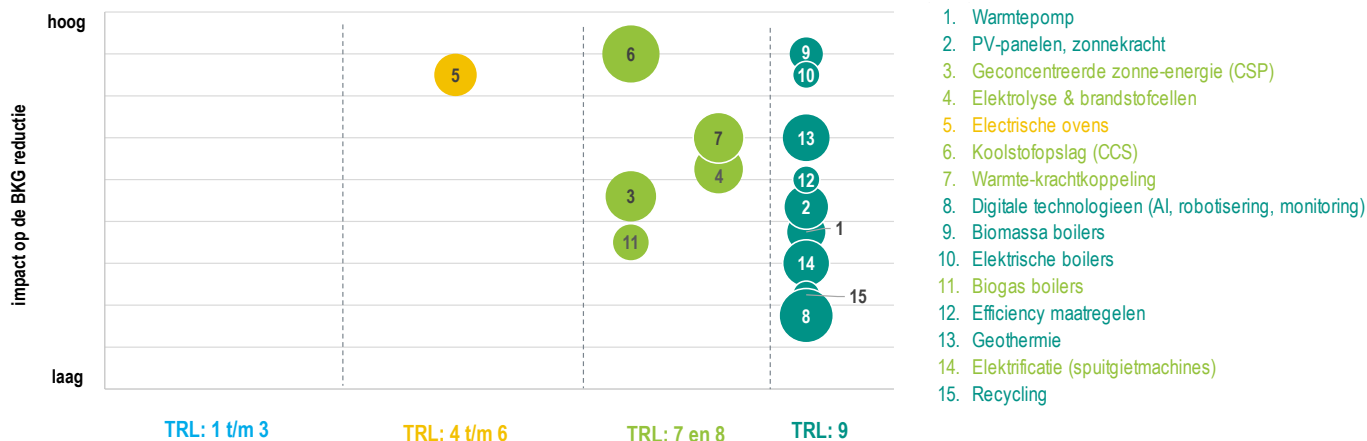


## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Om de koolstofvoetafdruk van plastic helemaal tot nul te krijgen, moet de BKG-uitstoot in de hele levenscyclus van plastic worden aangepakt. Dit is een complexe zaak. Het overschakelen van fossiele brandstoffen naar bijvoorbeeld waterstof en hernieuwbare energiebronnen (biomassa, geothermie, zonnekracht) helpen in ieder geval aanzienlijk om de CO<sub>2</sub>-uitstoot verder te verminderen. De sector kan haar BKG-emissies ook verminderen door gebruik te maken van energie-efficiënte technologieën, zoals machines met een hoog rendement en LED-verlichting, maar ook door bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen te isoleren.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

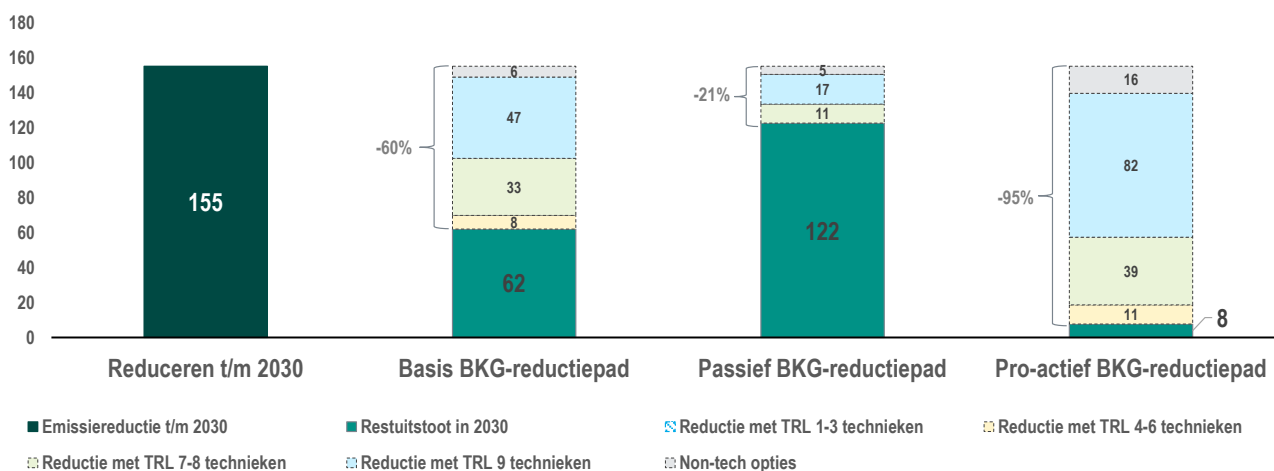
Verder kan de efficiency van bijvoorbeeld spuitgietmachines worden verbeterd door de inzet van snelheidsregelingen met variabele frequentie en/of elektromagnetische verwarming. De elektrische boilers zijn inmiddels op grotere schaal geïmplementeerd, vooral bij de MKB-bedrijven. Dit komt met name door de relatief lage investeringskosten en operationele kosten. Het reductiepotentieel is bovendien hoog, mits hier gebruik wordt gemaakt van hernieuwbare energiebronnen. CCS is een bewezen methode om grote hoeveelheden CO<sub>2</sub> af te vangen bij de verbranding van aardgas. De sector kan overigens ook kiezen voor een meer circulaire aanpak, waarbij afval wordt gerecycled en hergebruikt als grondstof. Het vermindert de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Verduurzaming in het overheidsbeleid zal de komende jaren alleen maar toenemen. Daarmee zal de sector aan hogere duurzaamheidseisen moeten voldoen. Zo wordt vanaf 2027 een bijmengnorm ingevoerd, waarbij het gebruik van een minimumaandeel recycleat of biogebaseerde kunststoffen verplicht wordt gesteld. De norm begint met een laag percentage, die tot aan 2030 geleidelijk wordt verhoogd. Het gaat dan om het bereiken van de beoogde doelen voor 2030 en verder naar 2050. In dit traject zal ook gekeken worden naar de huidige consumptiepatronen van plastic, met name het eenmalige gebruik. Dit segment zal de komende steeds meer aan scherpere duurzaamheidseisen moeten voldoen, wat vervolgens veel zal gaan verlangen van het innovatief vermogen van de sector. Ons basisscenario laat zien dat de verduurzamingsmaatregelen van de bedrijven gezamenlijk in de sector tot aan 2030 ruimschoots onvoldoende zijn. Slechts 58% van de 155 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. wordt in dit scenario gereduceerd met de beschikbare koolstofarme technologieën. In het passieve scenario is dit 21%. In het proactieve scenario wordt

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



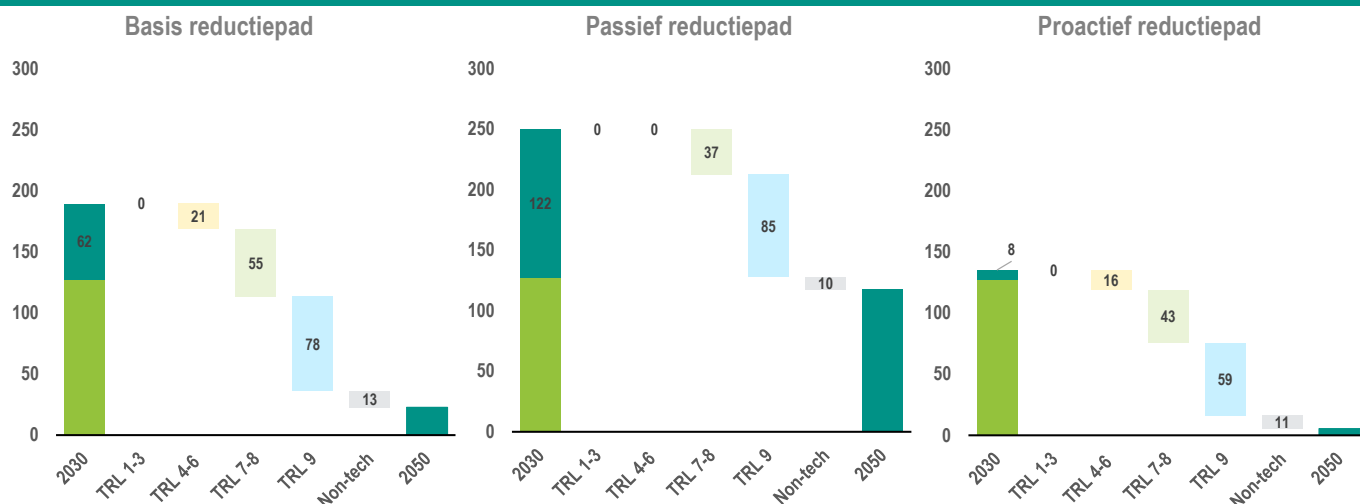
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

uiteindelijk meer aan BKG gereduceerd dan het basisscenario, maar de koolstofarme initiatieven schieten nog steeds tekort om het 2030-doel te halen. Hierbij wordt uitgegaan van een grotere vraag van eindgebruikers naar duurzame alternatieven.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Ook op de lange termijn blijft het van belang voor de sector om een efficiënter productieproces hoog op de agenda te hebben. Maar ook niet onbelangrijk blijven de inzet van milieuvriendelijkere materialen, technologieën voor energiebesparing en groene energie (windenergie, toepassing van zonne-energie). Bovenal geldt echter dat voor het pad naar 2050 nieuwe doorbraaktechnologieën noodzakelijk blijven. Zonder deze doorbraaktechnologieën ligt de bereikbaarheid van koolstofneutraliteit in 2050 (te) ver weg. Bovendien blijft het van groot belang dat bedrijven in de sector aanhaken bij verdere verduurzaming van productieprocessen in de komende jaren. Zodra die commitment er niet is, dan zal netto-nul in 2050 niet bereikt gaan worden, zoals ook blijkt uit ons passief scenario. Bij genoeg betrokkenheid van bedrijven ligt het 2050 doel meer binnen handbereik.

#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

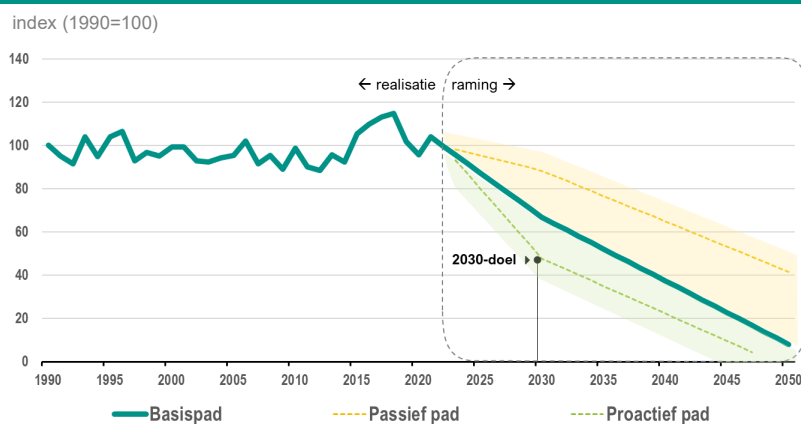


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het basispad van BKG emissiereductie tussen 2030 en 2050 gaan wij ervan uit dat het beoogde 2050-doel niet zal worden bereikt. Wij gaan er hierbij van uit dat de beschikbare duurzaamheidsmaatregelen schieten en dat een onvoldoende aantal bedrijven in de sector een hoog ambitieniveau hebben om de CO<sub>2</sub>-uitstoot actiever te verminderen.

Het emissiereductiepad tussen 1990 en 2050 is in onderstaande figuur weergegeven, met daarin de mogelijke drie scenario's. Het lichtgroen gearceerde gedeelte geeft de onzekerheidsmarge weer rondom de scenario's. Zoals ook blijkt uit bovenstaande figuren hebben we in deze sector geen rekening gehouden met doorbraaktechnologieën, die in de TRL fase 1 tot en met 3 staan. Deze hebben wij op het moment van schrijven niet kunnen identificeren. Dit betekent dat alle hier geschetste scenario's geen rekening houden met de introductie van mogelijke doorbraaktechnologieën die in de komende jaren het licht zien. Daarmee kunnen komende innovatieve netto-nul-technologieën onze emissiereductieprojectie sterk verbeteren.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In ieder geval is de kans aanzienlijk dat met de netto-nul kennis van nu de rubber- & kunststofproductenindustrie pas na 2050 haar beoogde koolstofneutraliteit gaat bereiken. Dit kan omstreeks 2052 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren. Wat eveneens kan gaan helpen in de strategie naar 2050 is de sterke verlaging van de kosten van alle decarbonisatietechnologieën.



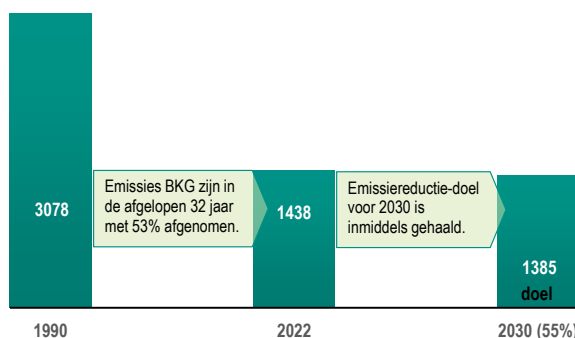
## 7. Bouwmaterialenindustrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

Bouwmaterialen kunnen van nature voorkomen in de natuur, zoals klei, zand en hout. Dit soort materialen heeft relatief weinig extra bewerking nodig. Het zijn de synthetische bouwmaterialen (kunstmatig gemaakt door de mens) die gepaard gaan met veel uitstoot van broeikasgassen. Denk hierbij aan glas, gips, cement, bakstenen, isolatiemateriaal, kunststof en keramische producten. De vraag naar deze bouwmaterialen is hoog en zal in Nederland de komende jaren hoog blijven, althans dat is de verwachting. Het ontbreekt momenteel nog aan schaal bij biobased alternatieven. De aanhoudende hoge vraag naar bouwmaterialen komt doordat Nederland inmiddels een grote achterstand heeft opgelopen in de woningbouw, terwijl de vraag naar nieuwe woningen hoog blijft. Ook renovatieprojecten leggen een grote druk op de vraag. De sterk stijgende vraag heeft als bijwerking dat er een aanhoudende stroom van BKG in de atmosfeer terecht komen. Om die stroom te verminderen moeten bedrijven in de sector hun processen decarboniseren.

### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

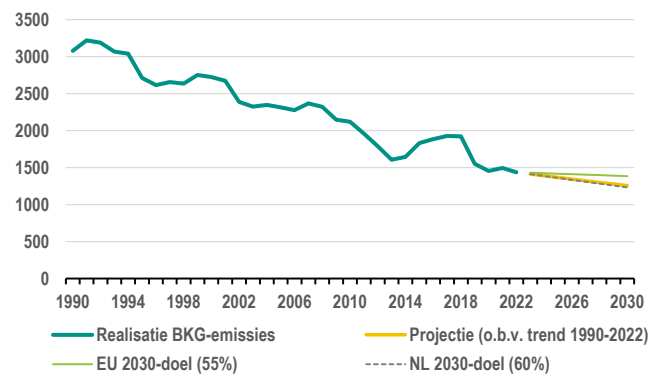
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

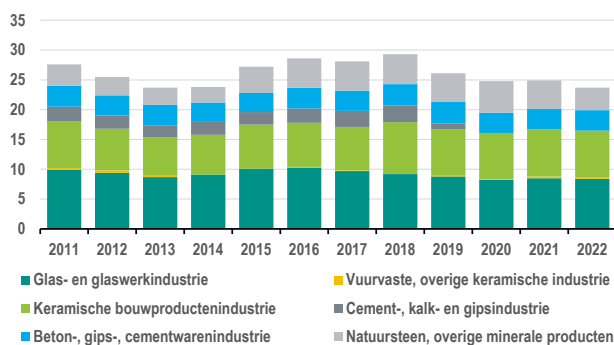
De BKG-emissies zijn de periode van 1990 tot en met 2022 met 53% afgenomen, ofwel gemiddeld bijna 2% emissiereductie per jaar. Niet veel sectoren in de Nederlandse economie is dit gelukt. Daarmee is het 2030-doel – dit is 55% van het niveau van de CO<sub>2</sub> emissies van 1990 – inmiddels al bereikt. Het pad naar koolstofneutraal in 2050 lijkt daarmee binnen handbereik te liggen.

### Bron van emissies

In de Nederlandse bouwmaterialenindustrie wordt de meeste energie verbruikt in de glasindustrie, de keramische industrie, de beton-, gips- en cementwarenindustrie en in de natuursteenindustrie. In veel van de subsectoren is aardgas de belangrijkste energiedrager voor het productieprocessen. Gemiddeld genomen vertegenwoordigt aardgas ruim driekwart van het totale energieverbruik. Met name in de glas- en keramische industrie ligt dit verbruik hoog (80-90%), terwijl in de andere subsectoren aardgas voor gemiddeld zo'n 63% uitmaakt van de energiemix, wat overigens ook relatief hoog is. Daarnaast wordt er binnen de sector veel elektriciteit verbruikt.

### Finaal energieverbruik naar subsectoren

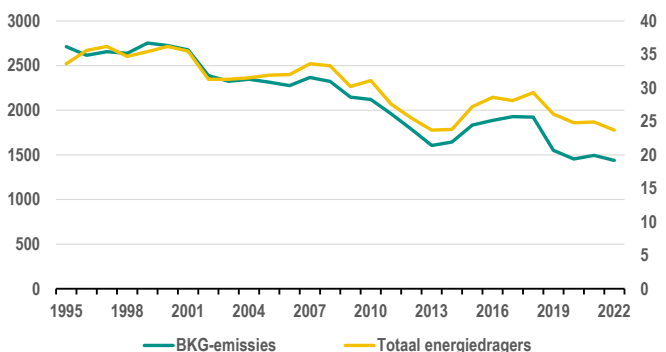
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### Sectortrend in uitstoot BKG en energieverbruik

index (1995=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

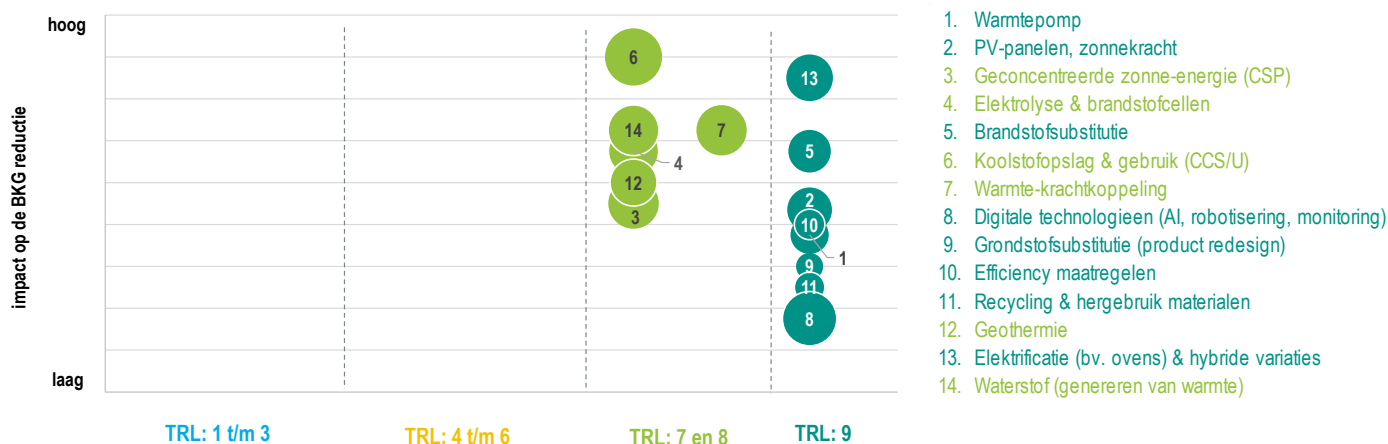
De BKG-emissies worden vooral veroorzaakt door het finale energieverbruik (met name gas dus). Van 1995 tot aan 2014 lopen de twee grootheden nagenoeg parallel aan elkaar. Na 2014 neemt het energieverbruik weer toe en volgen de BKG-emissies, maar in een lager tempo. Dit kan als direct gevolg zijn van de toegenomen efficiency en de invoering van decarbonisatietechnieken.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

De bouwmaterialenindustrie is een energie-intensieve sector, omdat vaak hoge temperaturen moeten worden bereikt (bijvoorbeeld in ovens en bij droogprocessen) om de producten te kunnen maken. Verdere procesverbeteringen kunnen het energieverbruik voor het bereiken van hoge temperaturen nog verder verminderen. Elektrificatie is een veelvoorkomende decarbonisatietechniek die in de hele sector kan worden toegepast. Het heeft veel potentie om de BKG-emissies vanuit processen terug te dringen. En zodra elektriciteit wordt geproduceerd met behulp van hernieuwbare energiebronnen, wordt het industriële proces veel duurzamer.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

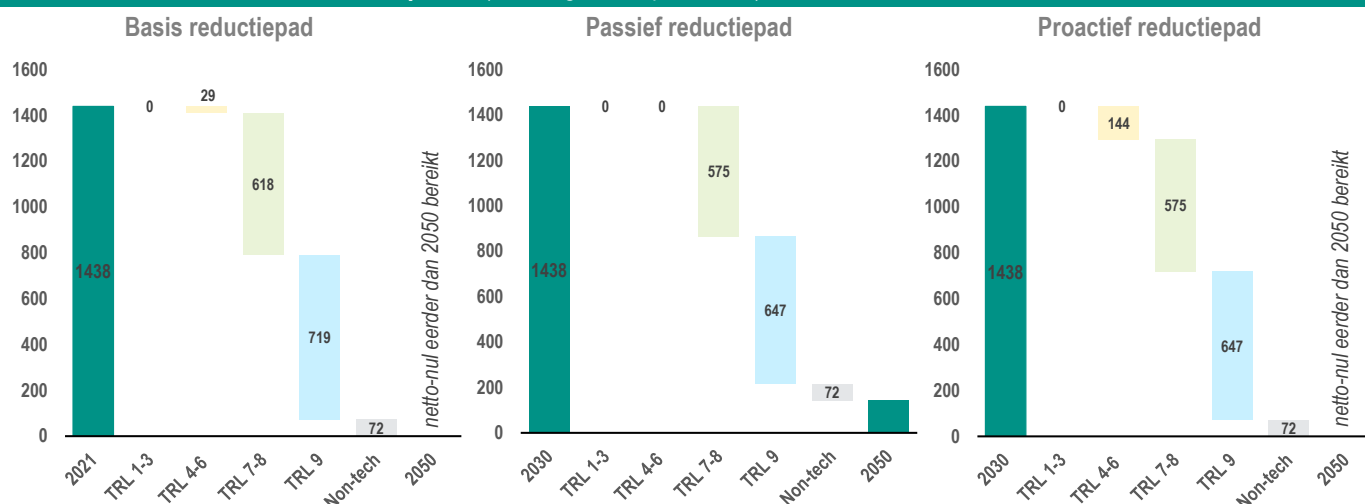
**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

Met de vervanging van gas voor een alternatief met weinig uitstoot – zoals meer gebruik van warmtepompen, waterstof, biogas, restwarmte of zonnecracht als brandstof – kan de sector goede stappen zetten naar minder uitstoot. Koolstofgebruik en –opslag zit voor de verschillende subsectoren in een andere fase van volwassenheid. Waar het in de ene subsector blijft steken op TRL 5, heeft de techniek in een andere subsector TRL 9. In theorie kan de koolstofopslagratio 100% bereiken in alle subsectoren. Vaak is het echter zo dat de schaal te klein is en de economische haalbaarheid van deze optie relatief laag is. Locatie van de productiefaciliteit en de hoge transportkosten zijn vaak een drempel.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Ondanks dat het 2030-doel voor de bouwmaterialenindustrie inmiddels al is bereikt, zal de sector de komende jaren aan hogere duurzaamheidseisen moeten voldoen. Het overheidsbeleid gaat de komende jaren strikter worden. Daarmee wordt deels ook het bereiken van het beoogde doel naar 2050 in het vizier gehouden.

### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

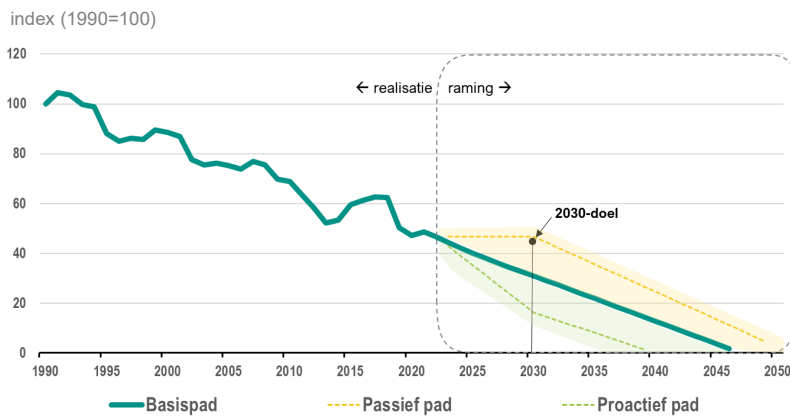


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Zowel in het basispad als in het proactieve pad wordt het beoogde 2050-netto nul doel met gemak bereikt. Ondanks dat klimaatneutraliteit minder ver weg ligt dan voor andere sectoren, zullen de stappen naar netto nul in praktijk complex blijven. Veel bouwmaterialen – met name beton – zullen nog lange tijd nodig zijn, terwijl de productietechnieken voor het maken van deze materialen nog niet uitstootvrij zijn. Wel heeft de sector voldoende duurzaamheidsmaatregelen tot haar beschikking. In de beide scenario's komen de tot nu toe bekende technologieën uit TRL fase 4 tot en met 6 beschikbaar. In het meest passieve pad is dit niet het geval en zijn de bestaande koolstofarme technologieën niet toereikend om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken.

Het emissiereductiepad tussen 1990 en 2050 is in onderstaande figuur weergegeven, met daarin de mogelijke drie scenario's. Het lichtgroen gearceerde gedeelte geeft de onzekerheidsmarge weer rondom de scenario's. In deze sector hebben wij geen rekening gehouden met doorbraaktechnologieën. Deze hebben wij op het moment van schrijven niet kunnen identificeren.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Samengevat kunnen we stellen dat met de netto-nul kennis van nu is de bouwmaterialenindustrie in staat om vóór 2050 koolstofneutraliteit te bereiken. Dit kan omstreeks 2047 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is enerzijds goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd. Dit gaat onze emissieprojectie sterk verbeteren. Maar op het moment dat het duurzame ambitieniveau van bedrijven in de sector afneemt, ligt het netto-nul moment rond de 2050.



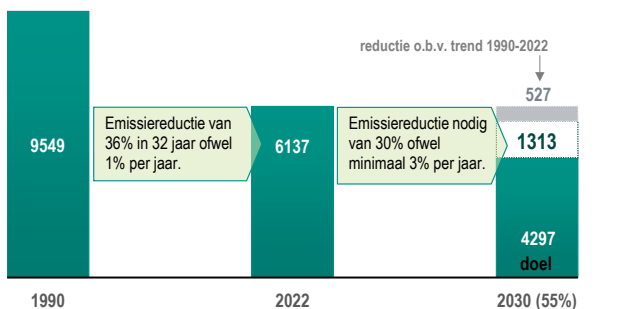
## 8. Basismetaalindustrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De basismetaalindustrie laat sinds 1990 een dalende trend zien in de totale BKG-emissies. De afname hierin gaat echter in een relatief laag tempo. Van 1990 tot en met 2022 zijn deze BKG-emissies met slechts 36% gedaald, ofwel 1% per jaar. Dit tempo is nog ruim onvoldoende om het gestelde doel van 2030 te halen. De sector moet tot aan 2030 nog zo'n 1.313 miljoen kg CO<sub>2</sub>-equivalenten reduceren, wat neerkomt op 5% per jaar. Het maakt de uitdaging groot. Voor deze uitdaging heeft de sector verscheidene emissiereductieopties tot beschikking.

### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

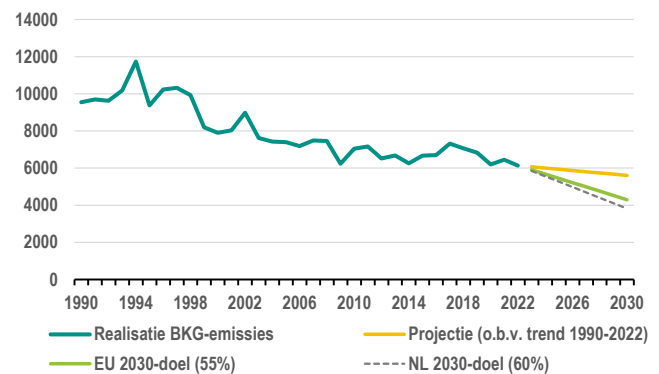
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

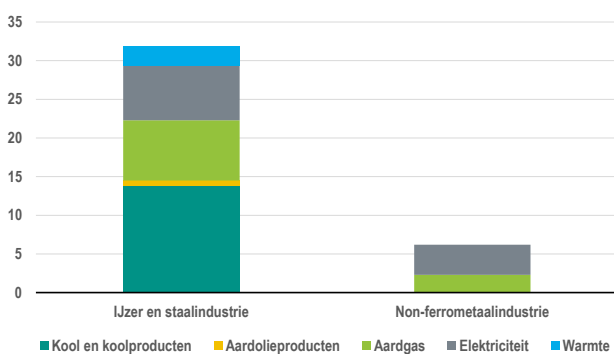
De basismetaalindustrie heeft een uitdagende taak voor zich om haar CO<sub>2</sub>-uitstoot drastisch te verminderen om te voldoen aan de klimaatdoelstellingen van de EU. Dit vraagt om forse investeringen in het productieproces, terwijl de sector een vrij lange investeringscyclus kent. Tegelijkertijd moet de sector concurrerend blijven in een internationaal speelveld.

### Bron van emissies

In de basismetaalindustrie worden metalen in hun primaire vorm afgeleverd, dus van het ruwe materiaal (metaalerst) naar halffabricaten (zoals warm- of koudgewalst staal). Binnen de basismetaalindustrie worden twee subsectoren onderscheiden: de ferrometaalindustrie (ijzer- en staalproducten) en de non-ferrometaalindustrie (metaalproducten die niet van ijzer of staal zijn). Qua energieverbruik zit er een aanzienlijk verschil tussen beide subsectoren. Zo verbruikt de ferrometaalindustrie ruim 5x meer energie dan de non-ferrometaalindustrie, met een groot verschil in de hoeveelheden van de overeenkomstige energiedragers. Maar dit is niet altijd zo geweest. In onderstaande rechter figuur is de trend in het finaal energieverbruik opgenomen sinds 1995. Daaruit komt naar voren dat het verschil in energieverbruik van beide subsectoren niet eens zo heel groot was tussen 1995 en 2011. Na 2011 is er een sterke afname in het energieverbruik zichtbaar in de non-ferroindustrie. Omdat de afname niet in relatie staat tot de trend in de productie of het aantal bedrijven in de sector, is het aannemelijk dat efficiencymaatregelen hiervan de oorzaak kunnen zijn.

### Finaal energieverbruik subsectoren (2022)

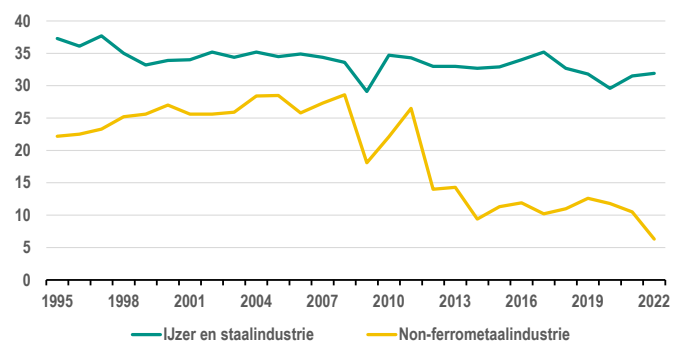
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### Sectortrend in energieverbruik naar subsectoren

PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

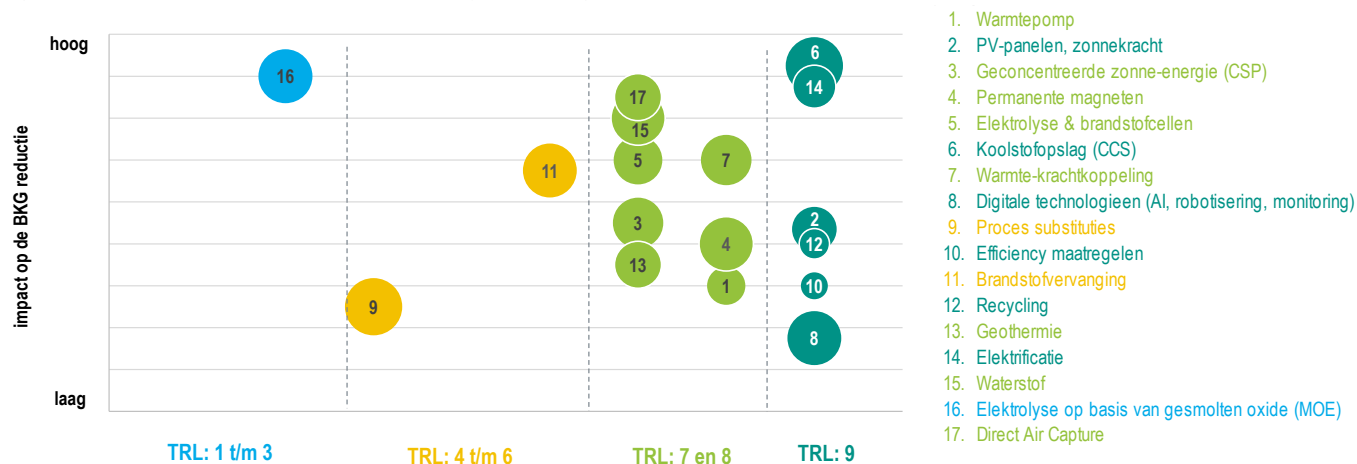
Het finale energieverbruik in de hele basismetaalindustrie volgt in grote lijnen de trend in de uitstoot van broeikasgassen. Naast het verschil in de trend van het energieverbruik zien we bovendien dat in de non-ferrometaalindustrie meer aardgas en elektriciteit (voor het elektrolyse proces) verbruikt, terwijl de ferrometaalindustrie ook een groot deel steenkool verwerkt in het productieproces.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

De belangrijkste opties met een hoog broeikasgas reductiepotentieel zijn elektrificatie, koolstofopslag en fossiele brandstoffen in het productieproces vervangen voor de koolstofvrije varianten (zoals waterstof, hernieuwbare energie). In de aluminium industrie is bijvoorbeeld het gebruik van inerte anodes een interessante techniek. Anodes zijn hoogwaardige blokken van koolstof gebruikt in het elektrolyseproces en de inerte variant daarvan is koolstofvrij. Daarnaast heeft de basismetaalindustrie – zoals veel andere sectoren – de mogelijkheid om de energie efficiency te verbeteren en het productieproces te optimaliseren. Dit zijn doorgaans vrij eenvoudige technieken om te implementeren, maar hebben veelal een laag reductiepotentieel.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

Noot: TRL staat voor Technical Readiness Level; dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

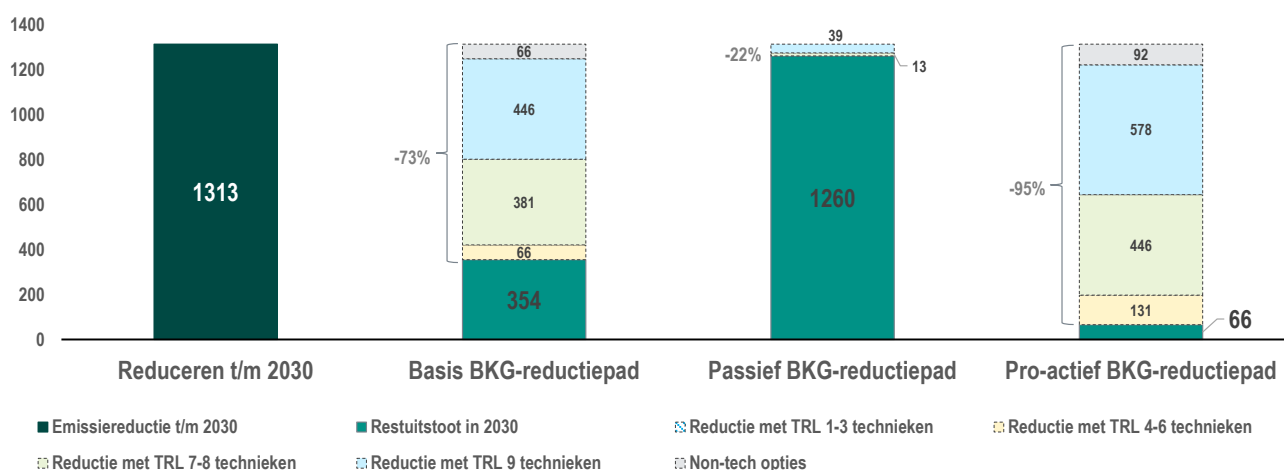
De toepassing van decarbonisatietechnieken is in veel gevallen maatwerk per bedrijf en hangt vaak ook van verschillende bedrijfsomstandigheden af. Daarmee is het complex om in te schatten welke combinatie van koolstofarme technologieën in de toekomst zullen worden gebruikt door de sector. Zo zijn niet alleen de regionale omstandigheden waarin het bedrijf opereert belangrijk, maar ook aspecten zoals de beschikbaarheid van energie en de infrastructuur daarvan, de lokale wetgeving en de beperkingen daarin en het technologische niveau van de bedrijfsprocessen. Dergelijke aspecten bepalen in hoeverre sommige doorbraaktechnologie daadwerkelijk ingezet kunnen worden.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Ons basisscenario laat zien dat de verduurzamingsmaatregelen van de bedrijven gezamenlijk in de sector niet voldoende is. Ongeveer 73% van de 1.313 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. wordt in dit scenario gereduceerd met de beschikbare koolstofarme technologieën. Het blijft dus ook in deze sector van belang om bedrijven bewust te maken van hun verantwoordelijkheden en van de technische mogelijkheden om emissies te verminderen. Hierbij hoort ook de nodige technische en financiële steun voor investeringen. De basismetaalindustrie is immers niet alleen een energie-intensieve, maar ook een kapitaalintensieve sector. Dat maakt de transitie naar klimaatneutraal een stuk complexer. In het proactieve scenario gaan wij ervan uit dat de nodige investeringen worden gedaan en dat de BKG-reductie in grotere vaart op gang komt. In dit geval ligt het 2030-doel meer binnen handbereik. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat er ook een veel grotere vraag van eindgebruikers is naar duurzame alternatieven.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



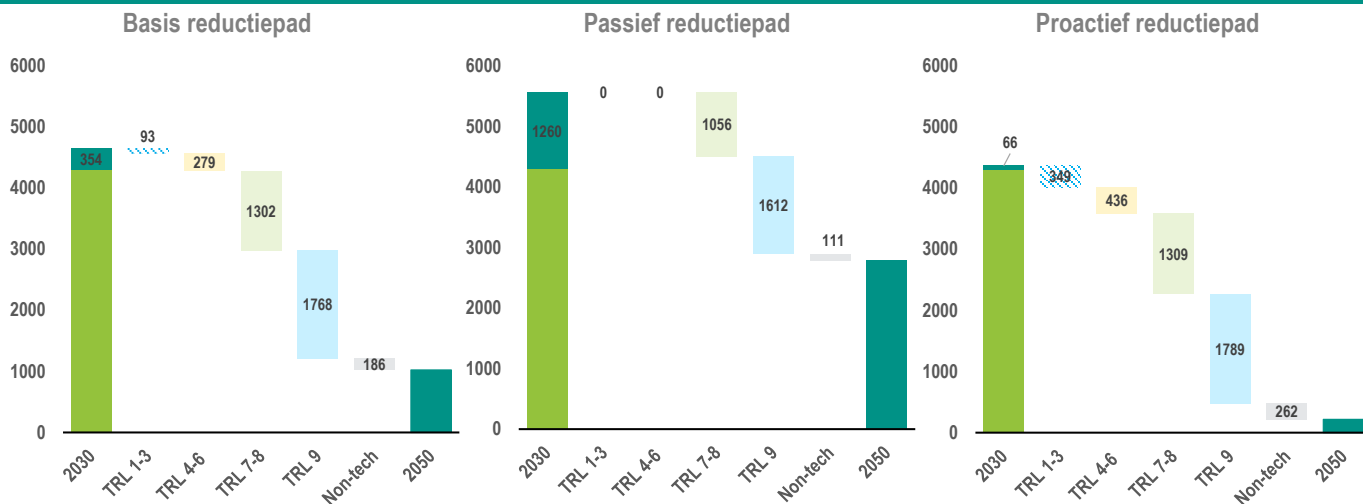
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Daarnaast heeft de sector ook enkele grote bedrijven die verplicht zijn om deel te nemen aan het EU-ETS (emissiehandelssysteem in Europa). Om aan de eisen van EU-ETS te voldoen, zal de emissiereductie in deze sector relatief meer toenemen. In het passieve scenario wordt het 2030-doel niet bereikt en wordt slecht 22% gereduceerd. Hierbij gaan we ervan uit dat bedrijven veel minder bereid zijn om te investeren in de koolstofarme technologieën en er veel minder bereidheid is vanuit de overheid voor financiële ondersteuning.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Een koolstofarme basismetaalindustrie in Nederland behoort tot de mogelijkheden binnen de gestelde termijnen. Het pad daarnaartoe zal echter relatief langzaam verlopen. Gezien de hoge kapitaalintensiteit van de sector is de implementatie van koolstofarme technologieën (inclusief engineering, vergunningen, bouw) een tijdsintensief proces. In deze sector kunnen investeringsbeslissingen niet over één nacht ijs gaan. En daarnaast is het goed mogelijk dat de zodra de investeringsbeslissingen is genomen, de realisatie pas over 10 jaar of meer is.

#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

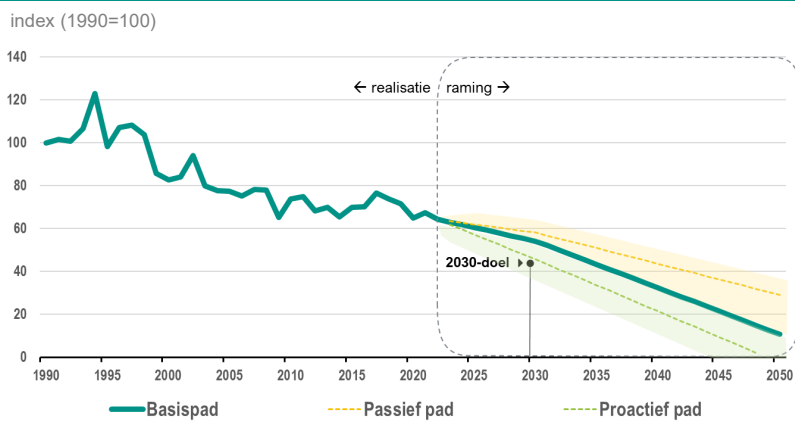


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In ieder geval is duidelijk dat er veel investeringen nodig zijn om een verregaande decarbonisatie te bereiken. Belangrijk is ook in deze sector dat een merendeel van de bedrijven ook daadwerkelijk actief aanhaakt in de transitie. Het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050 wordt voor de basismetaalindustrie met name gedreven door koolstofafvang en -opslag (CCS), brandstofvervanging, elektrificatie, meer energie-efficiëntie en efficiëntere inzet van grond- en hulpstoffen. CCS zal met name in deze sector een belangrijke rol spelen, mede vanwege de langere investeringscyclus. Maar wat ook meespeelt is de beschikbare capaciteit van CCS in Europa en de infrastructuur daarvan.

In ons basispad van BKG emissiereductie tussen 2030 en 2050 wordt het beoogde 2050-doel niet bereikt. Daarvoor is de tijdspanne te krap. In het proactieve pad gaan wij ervan uit dat de doorbraaktechnologieën breed beschikbaar zijn en wordt het doel op een fractie na gehaald. In het passieve pad zijn de bestaande koolstofarme technologieën bij lange na niet toereikend om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de basismetaalindustrie na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2055 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.



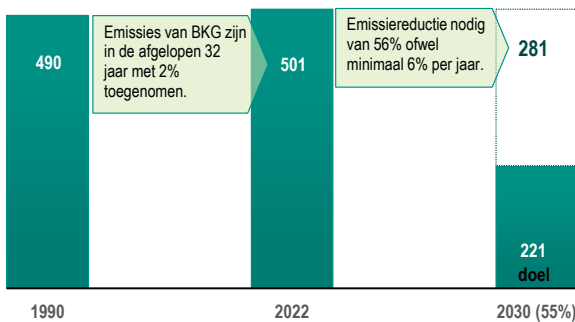
## 9. Metaalproductenindustrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

In de metaalproductenindustrie zijn de BKG-emissies in de periode tussen 1990 en 2022 met 2% toegenomen. Dit in tegenstelling tot veel andere subsectoren in de industrie, waar de BKG-emissies in de afgelopen 25 tot 30 jaar juist zijn afgenomen. Er staat daarmee voor de sector nog een flinke emissiereductieopgave te wachten in de komende jaren. Zo moet de sector nog 56% van het emissieniveau van 2022 reduceren om het 2030-doel te kunnen bereiken. Dit betekent een vermindering van de broeikasgassen van minimaal 6% per jaar tot aan 2030. Een pittige opgave.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

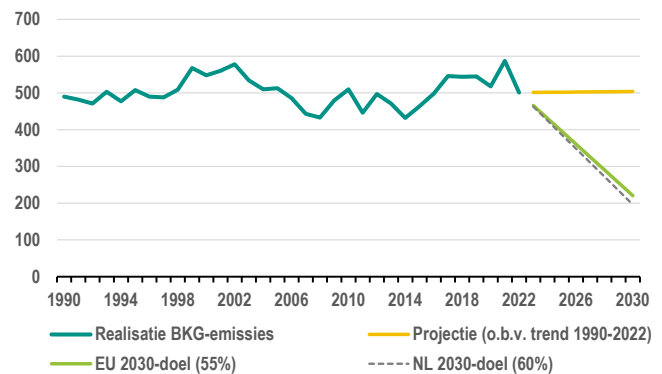
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

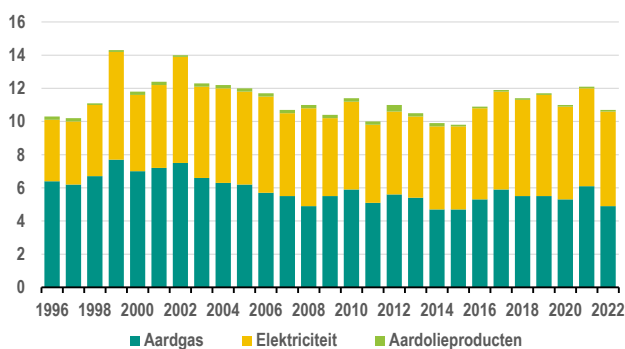
Om tegen 2030 verdere BKG-emissiereductie te realiseren, moet het gebruik van fossiele brandstoffen worden teruggedrongen. De investeringen in koolstofarme technologieën zijn de laatste jaren achter gebleven, omdat het een kapitaalintensief proces is. Veel van de bedrijven die actief zijn in deze sector behoren tot de MKB-bedrijven. Voor deze bedrijven is het soms een obstakel om voldoende financiële ondersteuning te krijgen voor de transitie naar klimaatneutraal. Maar ook het laaghangend fruit kan in de transitie een grote rol van betekenis hebben. Zo is het doorvoeren van efficiëntiemaatregelen een bewezen techniek om het energieverbruik en daarmee de uitstoot te verminderen.

### Bron van emissies

De metaalproductenindustrie is nauw verbonden met de basismetaalindustrie. De primaire metalen uit de basismetaalindustrie worden verder bewerkt in de metaalproductenindustrie. Het gaat hier om een breed scala aan producten zoals constructiewerken, tanks en reservoirs, stoomketels, scharen, bestek, gereedschap en hang- en sluitwerk en ook bouten, schroeven en moeren. De sector is vervolgens een belangrijke toeleverancier aan andere industriële sectoren, waaronder de machine-industrie. De processen in de metaalproductenindustrie hebben betrekking op smeden, persen, stampen en profielwalsen van metaal en de oppervlaktebehandeling van metaal. Deze handeling vergen energie, voornamelijk aardgas en elektriciteit. Het verbruik van deze energiedragers in het productieproces is voor de sector de voornaamste bron van deze BKG-emissies.

#### Finaal energieverbruik

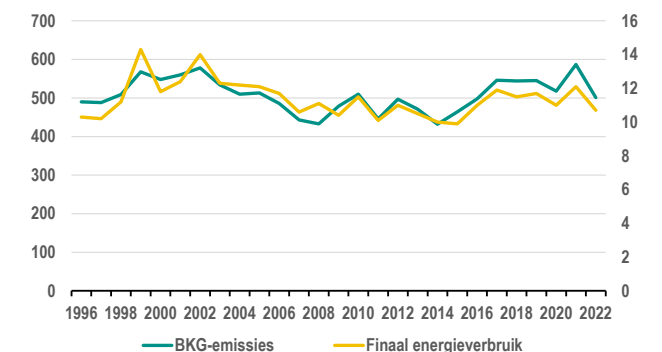
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in uitstoot BKG en energieverbruik

mln kg CO<sub>2</sub>-eq



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

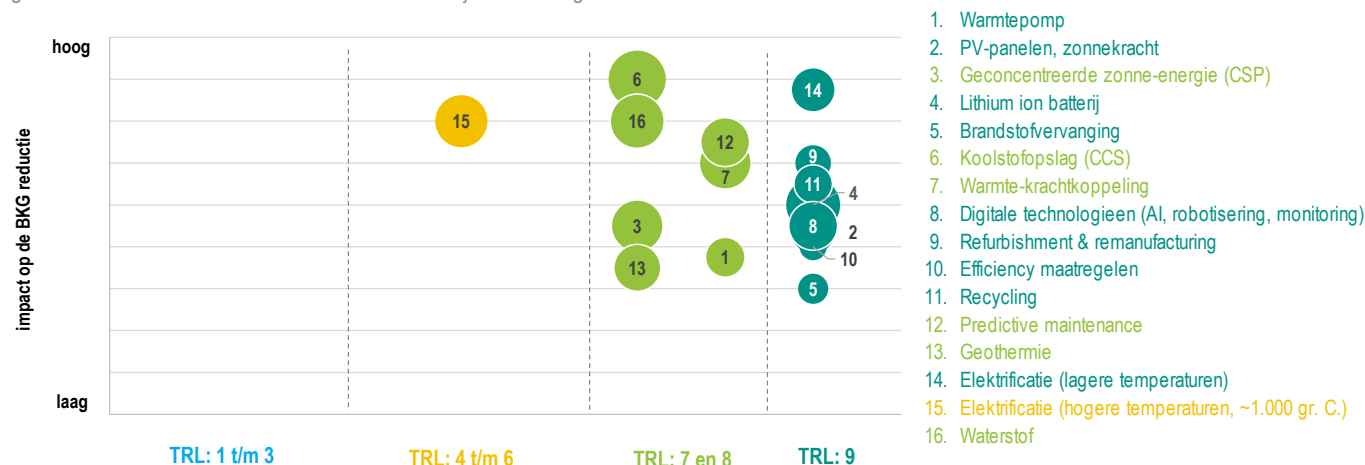
De metaalproductenindustrie heeft met 0,3% een laag aandeel in de totale emissies van Nederland. De metaalproductenindustrie is daarmee heel veel minder emissie-intensief en ook energie-intensief dan de aanverwante basismetaalindustrie. Maar dat wil niet zeggen dat bedrijven in de sector gevrijwaard zijn het nemen van decarbonisatie-initiatieven.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Elektrificatie van warmte is het laaghangende fruit voor vooral veel kleinere installaties en installaties met lage temperaturen. De grootste uitdaging zijn hier de relatief hoge elektriciteitsprijzen. Voor de installaties die hogere temperaturen moeten bereiken (>1.000 graden Celsius) is elektrificatie nog in ontwikkeling.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

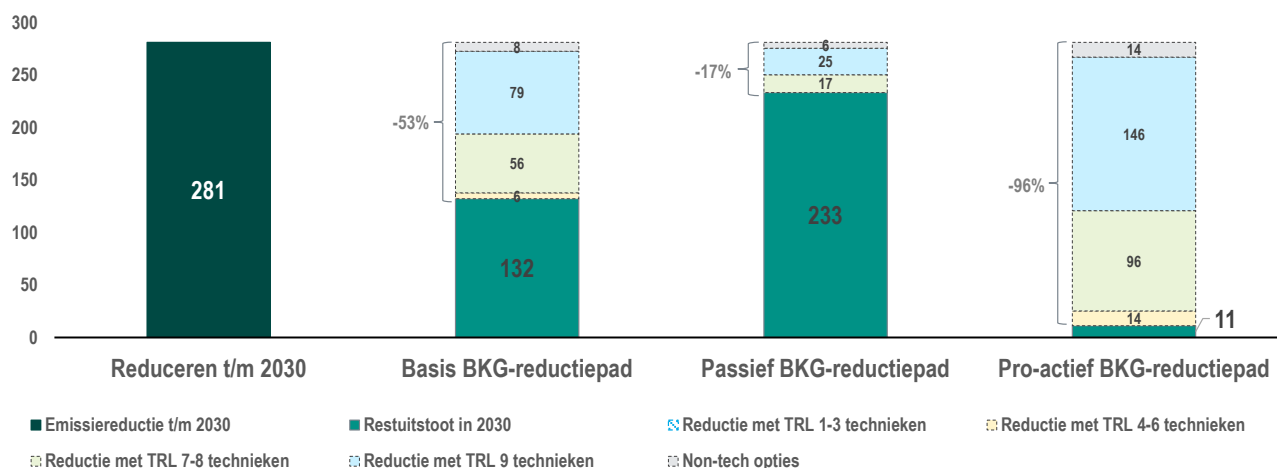
Recyclen en circulariteit is een manier om metaalgebruik duurzamer te maken. Een studie van TNO heeft aangetoond dat innovaties in de hele maakindustrie een grote bijdrage hebben geleverd aan de vermindering van de milieu-impact (Routekaart Maakindustrie, 2022). De studie toonde aan dat emissiereductie van broeikasgassen van 25 tot 70% behaald kunnen worden via 1) *smart maintenance*: de inzet van ICT om tot *predictive maintenance* te komen, 2) *smart materials*: de inzet van nieuwe materialen en nieuwe productietechnologie (denk aan *Metal Injection Moulding* en 3D metaalprinten), 3) *refurbishment & remanufacturing* en 4) introductie van *as-a-service*-businessmodellen. Ook andere manieren van werken kunnen veel duurzaamheidswinst opleveren. Zo vergt lassen veel energie. In plaats van lassen kan bijvoorbeeld ook worden gelijmd.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Ondanks dat de sector genoeg koolstofarme technologieën tot haar beschikking heeft, blijft het een grote uitdaging om de gestelde klimaatdoelen van 2030 (en ook richting 2050) te halen. De metaalproductenindustrie is rijk aan MKB-bedrijven, die vaak niet beschikken over toegang tot belangrijke infrastructuur, zoals voor het gebruik van waterstof of CO<sub>2</sub>-afvang. Daarnaast hebben MKB-bedrijven vaak niet direct de financiële middelen voor het investeren in de transitie en ook niet de beschikking tot R&D-faciliteiten om nieuwe technologieën mogelijk te maken. Het zorgt ervoor dat de implementatie van koolstofarme technologieën en daarmee de CO<sub>2</sub>-reductie relatief traag verloopt. Gevolg is dat in ons basisscenario de verduurzaming bij bedrijven langzaam gaat en slechts 54% van de 281 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. wordt gereduceerd. Het blijft dus van belang om bedrijven in deze sector te ondersteunen met de nodige technische en ook financiële steun voor investeringen. In het passieve scenario nemen de emissies veel trager af. Per saldo zal 19% worden verminderd. In dit passieve pad gaan wij ervan uit dat bedrijven niet in staat zijn om voldoende aan te haken bij de transitie, ondanks dat het koolstofarme ambitieniveau hoog kan zijn. De randvoorwaarden schieten

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



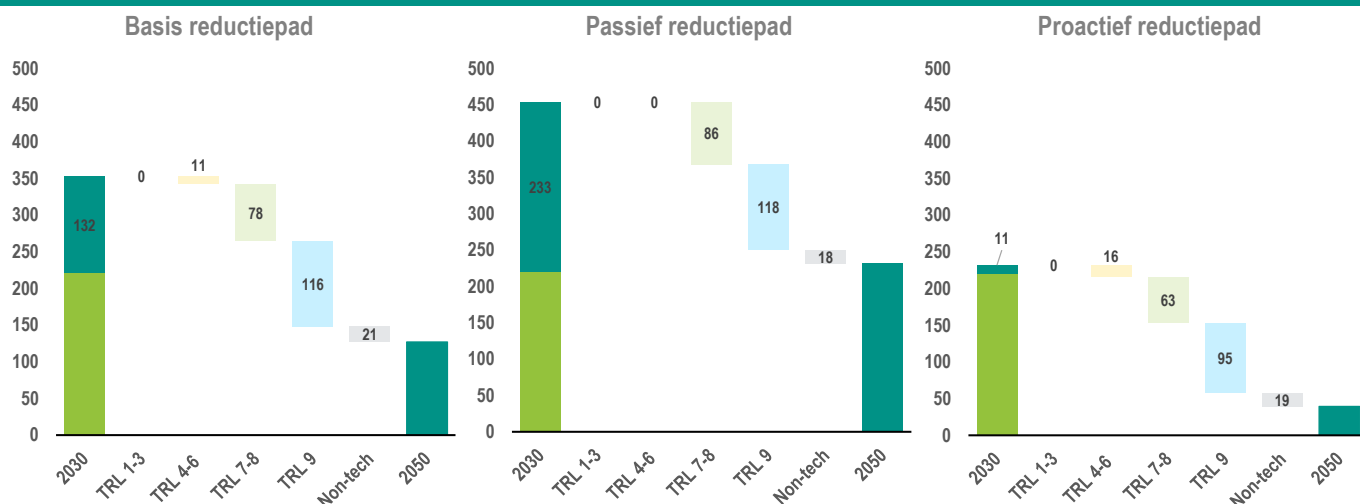
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

hier tekort. In het proactieve scenario wordt uiteindelijk veel meer aan BKG gereduceerd dan aanvankelijk nodig is om het 2030-doel te behalen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat bedrijven voldoende ondersteund worden om werk te maken van de energietransitie. Ook gaan wij er in dit scenario van uit dat de koolstofarme technologieën in de fasen 4 tot en met 8 veel eerder voor commercieel gebruik gereed zijn en een zinvolle bijdrage leveren.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Het inschatten van een emissiereductiepad tussen 2030 en 2050 is complex, omdat hier veel verschillende omstandigheden een invloed hebben. Zo kunnen koolstofarme technologieën die momenteel niet als levensvatbaar worden beschouwd in een later stadium wel meer emissiereductiepotentieel opleveren. Dit kan bijvoorbeeld door innovatie, lagere grondstofprijzen of door stimulerende overheidsbeleid. Uiteindelijk zullen de economisch meest rendabele en technisch meest geschikte technologieën het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050 vorm gaan geven.

#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)

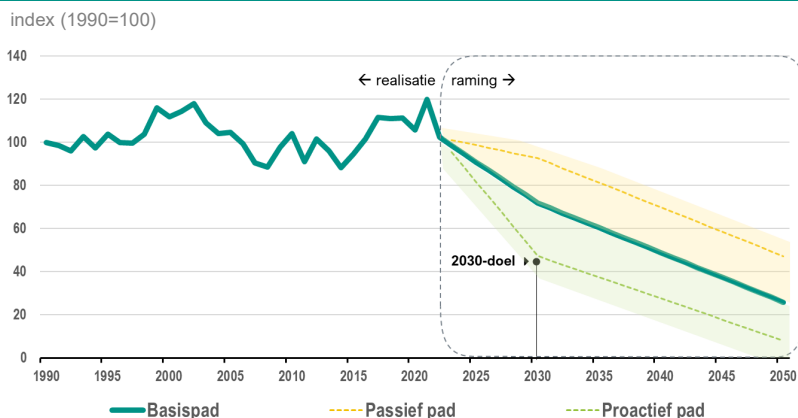


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In de metaalproductenindustrie zijn nog veel investeringen door bedrijven nodig om de BKG-emissies sterker te verminderen tussen 2030 en 2050. Belangrijk is ook in deze sector dat een merendeel van de bedrijven ook daadwerkelijk actief aanhaakt in de transitie. Het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050 wordt voor de metaalproductenindustrie met name gedreven door elektrificatie, door in industriële processen gebruikte producten of onderdelen in te zetten, recycling, meer energie-efficiëntie en efficiëntere inzet van grond- en hulpstoffen.

In ons basispad van BKG-emissiereductie tussen 2030 en 2050 wordt het beoogde 2050-doel niet bereikt. Daarvoor is de tijdspanne te krap en de BKG-emissiereductieopgave te groot. In het proactieve pad gaan wij ervan uit dat de technologieën uit de TRL fasen 4 tot en met 8 breed beschikbaar zijn. In dit geval wordt het klimaatneutrale doel op een fractie na gehaald. In het passieve pad zijn de bestaande koolstofarme technologieën bij lange na niet toereikend om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de metaalproductenindustrie na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan pas omstreeks 2054 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.



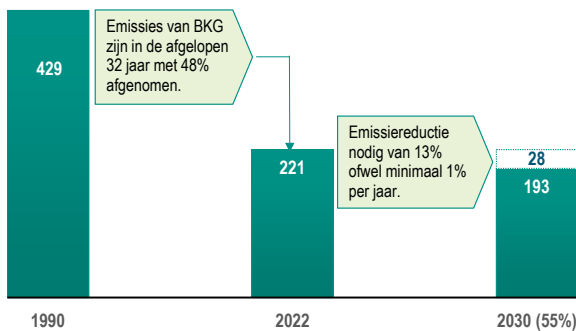
# 10. Elektrische en elektronische industrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

Deze sector omvat bedrijven actief in het maken van apparatuur die op basis van elektriciteit bewegen (zoals naaimachines, straalkachels, etc.) en apparatuur waar schakelingen (transistors, chips) in zitten, zoals computers en optische apparatuur. De energie- en emissie-intensiteit van de sector is relatief laag. De bedrijven in de sector zijn erin geslaagd om de BKG-emissies in hoog tempo te verminderen sinds 1990. Dit komt niet alleen door de invoering van allerlei efficiëncy maatregelen door de tijd heen, maar ook de afname van het aantal bedrijven door de economische omstandigheden hebben de BKG-emissies verminderd.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

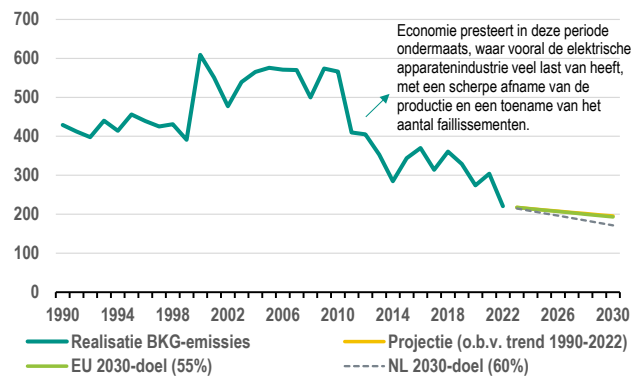
mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De BKG-emissies zijn de periode van 1990 tot en met 2022 met 48% afgenomen, ofwel gemiddeld 1,5% emissiereductie per jaar. Niet veel sectoren in de Nederlandse economie is dit gelukt. Daarmee is het 2030-doel – dit is 55% van het niveau van de CO2 emissies van 1990 – inmiddels al bereikt. Dit zorgt ervoor dat het koolstofneutrale doel van 2050 binnen handbereik ligt.

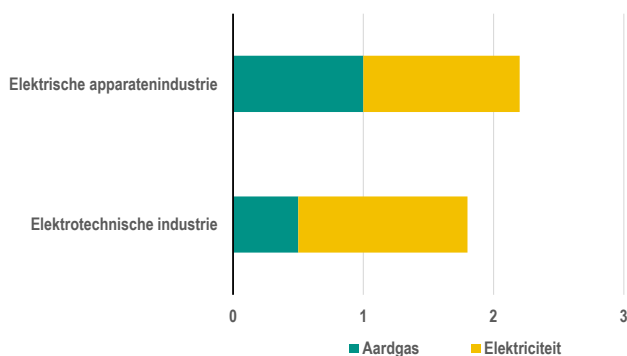
Elektrificatie vindt in veel sectoren plaats. De kans is groot dat elektriciteit de energiedrager van de toekomst wordt. De elektrotechnische industrie gaat mee in deze ontwikkeling en heeft met haar producten een goede positie. Eindgebruikers hebben immers baat bij duurzaam geproduceerde energie efficiëntere apparatuur. Het kan bedrijven op den duur een concurrentievoordeel brengen. Het vereist echter wel meer investeringen in meer koolstofarme technologieën, kennis & vaardigheden en in R&D.

### Bron van emissies

Het finaal energieverbruik nam in de hele sector met 39% sinds 2011, waarbij in de elektrische apparatenindustrie het verbruik met 51% afnam en in de elektrotechnische industrie met 14% in dezelfde periode. In 2022 is er maar weinig verschil in het totale energieverbruik tussen beide subsectoren. De samenstelling van het energieverbruik verschilt echter wel. In de elektrische apparatenindustrie wordt er meer aardgas verbruikt dan in de elektrotechnische industrie. Wat betreft elektriciteitsverbruik zijn er maar weinig verschillen tussen de twee subsectoren.

#### Finaal energieverbruik naar subsectoren 2022

PJ

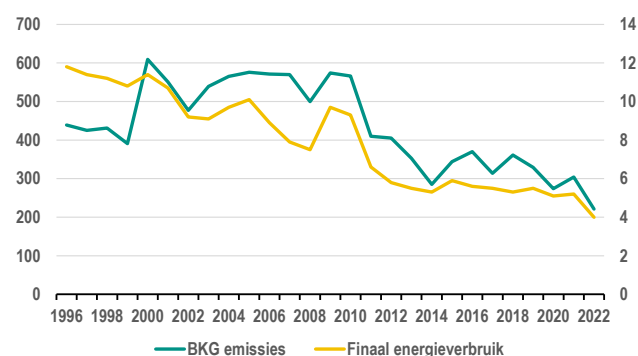


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in BKG-emissies en finaal energieverbruik

index (2015=100)

PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

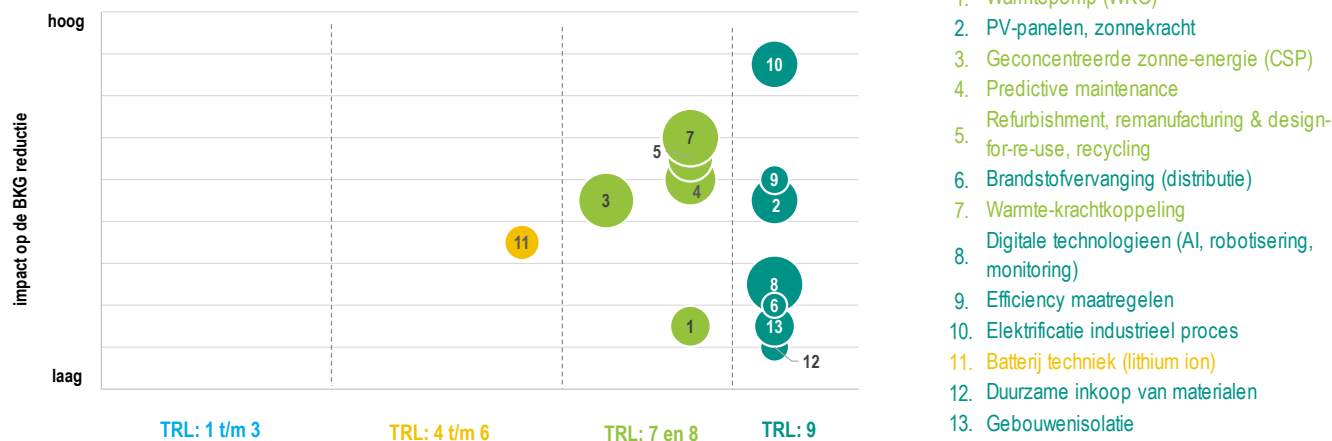
Het finaal energieverbruik is sinds 2005 afgenomen met 60% en de uitstoot van broeikasgassen is gedaald met bijna 85%. In dezelfde periode is de productie verder toegenomen, met 59%. Het geeft aan dat de energie efficiency in de sector in die jaren enigszins is verbeterd.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

De elektrische en elektronische industrie heeft een breed scala aan koolstofarme technologieën beschikbaar. Het gaat hier om onder andere elektrificatie van processen en machines, verbeteringen in de energie- en materiaalefficiëntie en een versnelling in circulaire oplossingen. Bij het verbeteren van de energie efficiency gaat het bijvoorbeeld om automatisering (monitoren en meten), procesoptimalisatie, duurzaam ontwerp en oplossingen voor inkomende en uitgaande logistiek. Ook de productie van hernieuwbare energie (via bijv. zonnecracht) kan in de sector veel betekenen.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

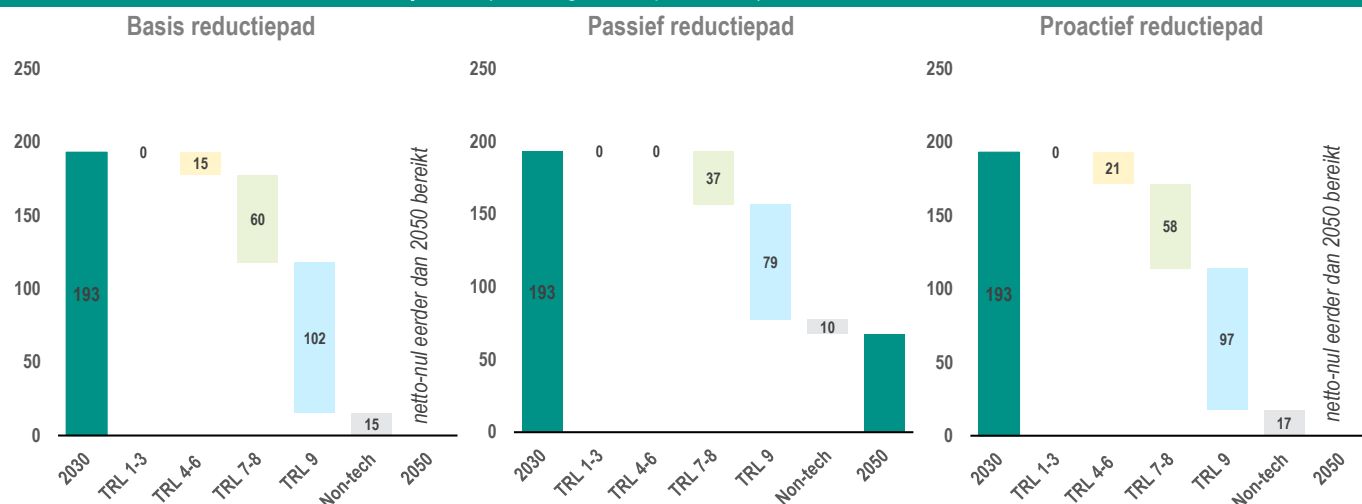
Notie: TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

Het verlengen van de gemiddelde levensduur van een elektrotechnisch product van drie naar bijvoorbeeld vijf jaar kan een significante impact hebben op de ecologische voetafdruk van het apparaat, maar ook van de sector. De Europese Commissie heeft haar energielabelvereiste voor elektronische producten bijgewerkt en heeft minimale efficiëntie-eisen voor IT-apparatuur voorgesteld. De EU-richtlijn Afval van elektrische en elektronische apparatuur bepaalt dat 75% van kleine IT-apparatuur door de fabrikant moet worden teruggewonnen en 55% moet worden voorbereid voor hergebruik en recycling.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Het 2030-klimaatdoel is voor de sector inmiddels al bereikt. Dan rest er nog een klein deel aan BKG-uitstoot om de komende jaren te verminderen. Dit zal voor de sector als geheel geen moeilijke opgave zijn. Dit zien we ook terug in de drie onderstaande scenario's, waarbij in zowel het basisscenario als in het proactieve scenario het klimaatneutrale 2050-doel met gemak wordt bereikt. In het passieve pad gaan wij ervan uit dat bedrijven in de sector een laag koolstofarm ambitieniveau hebben om de restuitstoot nog verder te verminderen. In dit geval wordt er in 2050 nog een deel van de broeikasgassen uitgestoten.

### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO2-equivalenten)

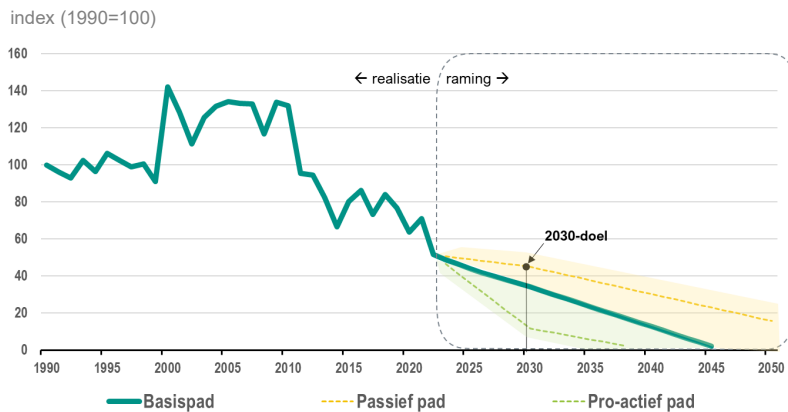


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Om toch het ambitieniveau hoog te houden in deze sector blijft een gunstig bedrijfs- en marktklimaat een noodzakelijke voorwaarde. Dit betekent transparant en stabiel overheidsbeleid en financiële stimulering en ondersteuning om de grote toekomstgerichte investeringen bevorderen. De koolstofarme technologische oplossingen van de industrie hebben grote impact op de emissiereductie bij eindgebruikers. Vandaar dat het van belang is dat de sector de komende jaren blijft investeren in koolstofarme productieprocessen en manieren van werken.

Als we uitgaan van het basis scenario en het proactieve scenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de elektrische en elektronische industrie, dan komt uit onze berekeningen dat de sector de gestelde doelen voor 2050 eenvoudig gaat halen. In het passieve scenario's zijn er iets meer mogelijke obstakels. Dit pad staat echter nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de elektrische en elektronische industrie voor 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2046 het geval zijn. Bovendien is het goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

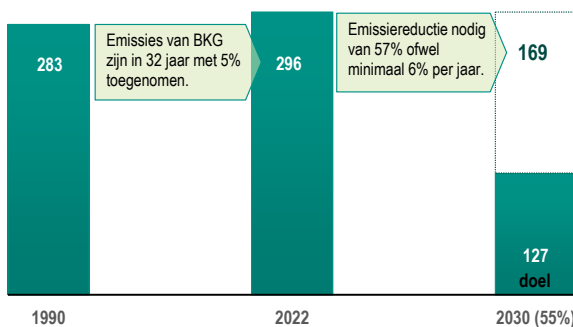
# 11. Machine-industrie

## De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De machine-industrie in Nederland heeft een lage BKG-emissie-intensiteit. Sinds 1990 heeft de sector weinig werk gemaakt van BKG-emissiereductie. Het niveau van de emissies van broeikasgassen staat in 2022 op een hoger niveau dan in 1990 en zijn in die 30 jaar met 5% toegenomen. Dit betekent concreet dat de bedrijven in de sector nog veel inspanningen moeten leveren om de BKG-emissies tot aan 2030 te verminderen. Om dit 2030-doel te bereiken moet de sector jaarlijks minimaal 6% in de emissies verminderen. Over de afgelopen 32 jaar heeft de sector echter gemiddeld genomen jaarlijks zo'n 0,1% aan BKG-emissies toegevoegd. Daarmee is het 2030-doel voor de sector een uitdaging.

### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

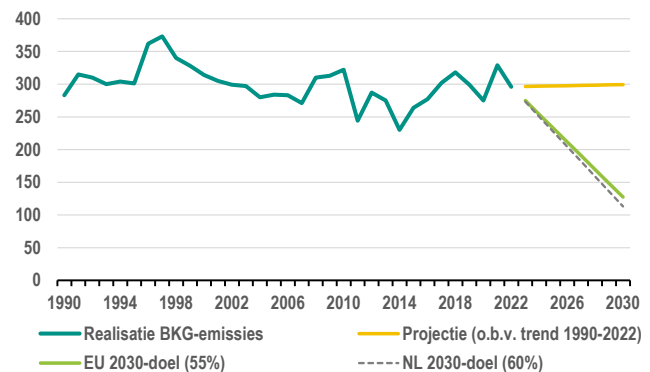
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

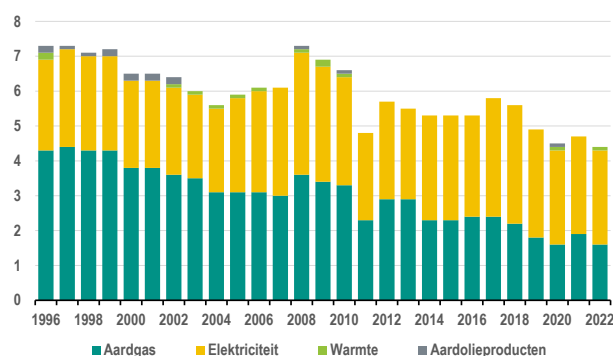
Bijna elke fase in het productieproces van machines heeft invloed op het milieu. Voor het maken van de grotere industriële machines is deze invloed veelal groter door de hogere energie-intensieve productieprocessen. Veel productieprocessen van bedrijven in de machine-industrie zijn vaak nog afhankelijk van fossiele brandstoffen. Door bijvoorbeeld de energie-efficiëntie van het productieproces te verhogen en meer te investeren in koolstofarme technologieën, verbeteren de duurzaamheidsinspanningen. Daarnaast kunnen bedrijven hun fossiele brandstoffen vervangen en overstappen op bijvoorbeeld hernieuwbare energiebronnen, en zo hun BKG-emissies verder verminderen.

## Bron van emissies

De sector heeft in de afgelopen 30 jaar een switch gemaakt van steeds minder aardgas naar meer inzet van elektriciteit. En bij deze transitie is het totale finale energieverbruik ook afgenomen. In de periode 1995 tot en met 2022 nam het energieverbruik met circa 31% af. Met de afname van het energieverbruik daalden aanvankelijk ook de BKG-emissies. In de periode 1995 tot en met 2017 was het verband tussen het energieverbruik en de BKG-emissies erg hoog, met een correlatie van 0,90. Daarna zakt de correlatiecoëfficiënt terug naar circa 0,4.

### Finaal energieverbruik

PJ

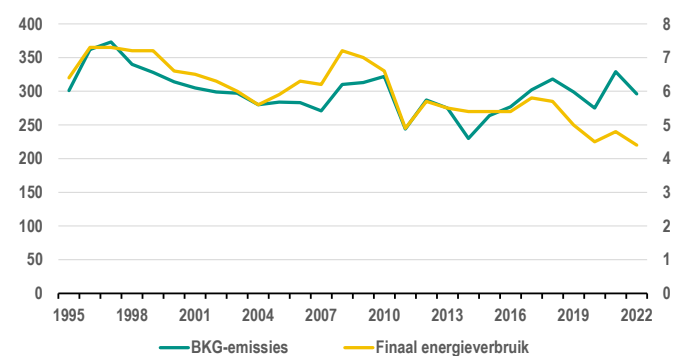


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### Sectortrend in BKG-emissies en energieverbruik

PJ

index (2015=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

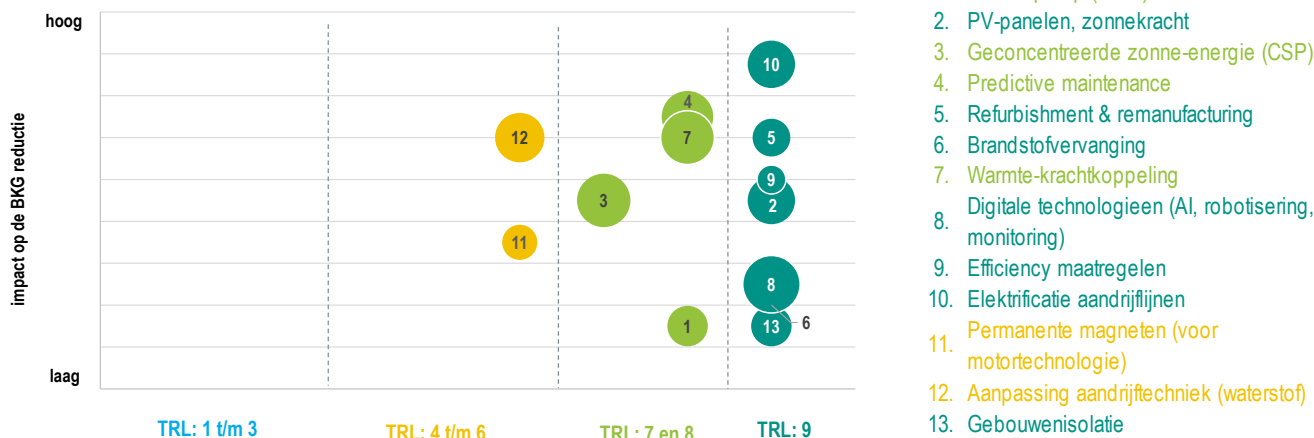
Na 2017 neemt de productie in de sector veel sterker toe en nemen ook de BKG-emissies weer toe. In deze periode is de machine-industrie de groeiparel van de hele industrie, met name door de sterkere vraag naar chipmachines. Met name van 2020 tot en met 2022 was de groei in de productie sterk.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Het aanpakken van BKG-emissiereductie is van belang voor verdere verduurzaming. Dit kan op verschillende manieren worden bereikt. Hiervoor heeft de sector een grote variëteit aan decarbonisatiemogelijkheden. Zo kunnen machinebouwers het energieverbruik verminderen tijdens de productie, de transportlogistiek optimaliseren en het implementeren van efficiënte afvalbeheersystemen. Enkele van de initiatieven die momenteel door grote spelers in de sector worden genomen, zijn het gebruik van alternatieve brandstoffen en hernieuwbare energiebronnen en het verminderen van de energie intensiteit.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Nota:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

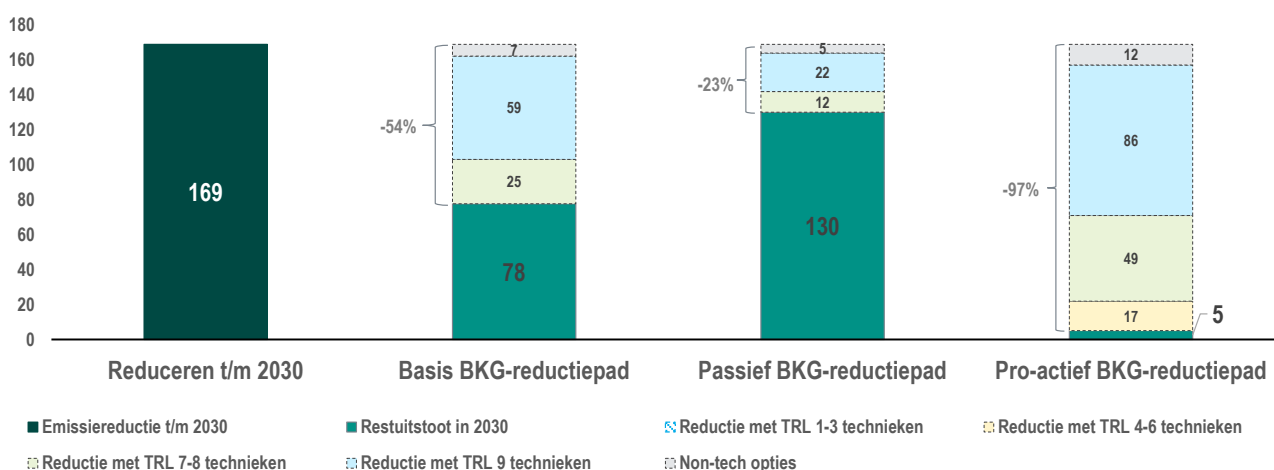
Elektrificatie is de meest impactvolle maatregel om de emissies van broeikasgassen te reduceren. Ook *refurbishment & remanufacturing* is vanuit duurzaamheid en economisch oogpunt interessant, omdat hergebruik tot aanzienlijk minder verbruik van grondstoffen leidt en het uiteindelijk voor de eindgebruiker een behoorlijke kostenbesparingen kan opleveren. Voor de machinebouwer zelf kan het een interessant (nieuw) bedrijfsmodel zijn. Bij het verbeteren van de efficiency binnen de machine-industrie gaat het om het optimaliseren het primaire productieproces. Door verdere automatisering, precisietoepassingen en connectiviteit tussen machine neemt de efficiency verder toe. Dankzij het gebruik van geavanceerde technologieën zoals GPS en slimme sensoren, zijn machinebouwers in staat om een steeds hogere nauwkeurigheid in het werkproces te bereiken.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

De groeiende publieke belangstelling voor klimaatverandering heeft veel impact op de manier waarop bedrijven werken. Voor machinebouwers geldt dat zij continu aansluiting vinden bij innovatieve en economisch levensvatbaardere technologieën om zo de productieprocessen toekomstbestendig te maken. Het kan niet anders want het overheidsbeleid zal de komende jaren alleen maar stringenter worden ten aanzien van duurzaam werken. Maar dat niet alleen. Ook financiers en investeerders willen graag de klimaatvriendelijke veranderingen in de productieprocessen. De groeiende vraag naar machines impliceert dat de BKG-emissies hoog blijven, zolang de sector geen werk maakt van decarbonisatie. Veel machinebouwers zijn inmiddels geïnteresseerd in het gebied van duurzaamheid, maar er is meer ambitie nodig en vooral meer duurzame investeringen om de klimaatdoelen uiteindelijk te bereiken. Het bereiken van het 2030-doel zal voor veel bedrijven in de sector geen eenvoudige opgave zijn.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

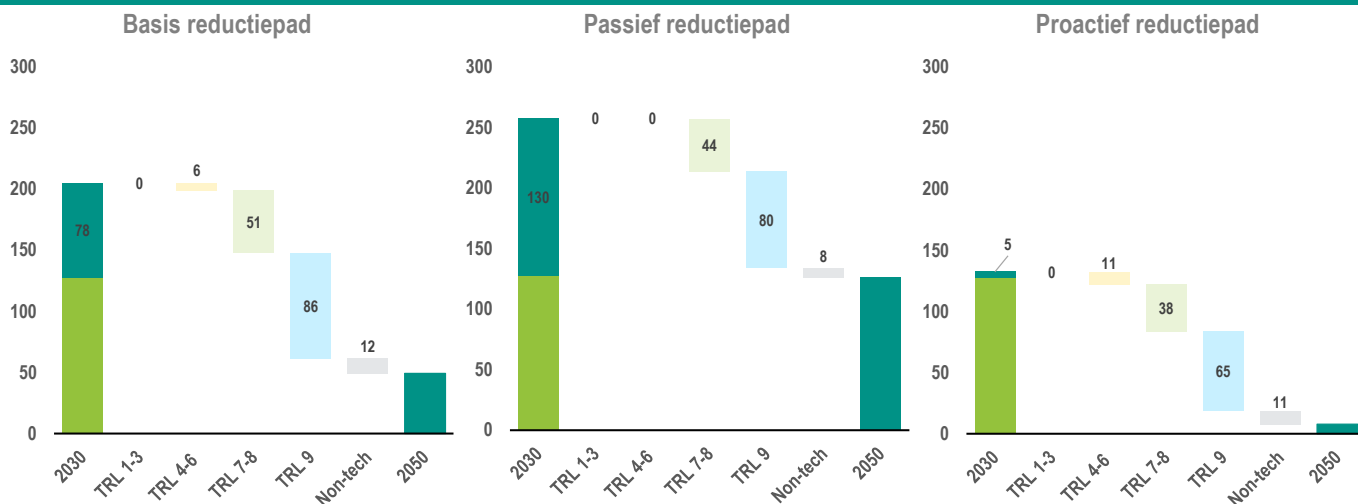


In ons basisscenario tot aan 2030 gaan wij ervan uit dat verdere verduurzaming relatief traag verloopt. Elektrificatie blijft in de komende jaren de meest impactvolle manier om te decarboniseren, maar is in sommige gevallen moeilijk te implementeren. Hier spelen een paar obstakels mee, waar bedrijven in de sector niet direct invloed op kunnen uitoefenen, zoals de beperkte netcapaciteit en de beschikbaarheid van personeel. In het basisscenario gaan wij er tevens van uit dat de decarbonisatie-opties in de TRL-fase 4 tot en met 6 geen zinvolle bijdrage gaan leveren. In het passieve pad gaan wij ervan uit dat bedrijven niet in staat zijn om voldoende aan te haken bij de transitie, ondanks dat het koolstofarme ambitieniveau hoog kan zijn. In het proactieve scenario wordt uiteindelijk veel meer aan BKG gereduceerd. Hierbij gaan wij ervan uit dat het elektrificeren van productieprocessen in een stroomversnelling terecht komt. Ook gaan wij er in dit scenario van uit dat de koolstofarme technologieën in de fasen 4 tot en met 8 veel eerder voor commercieel gebruik gereed zijn en zo ook een zinvolle bijdrage kunnen gaan leveren.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Om tot 2050 aan het klimaatneutrale doel vast te houden, zou elke machinebouwer in de sector meer moeten investeren in koolstofarme technologieën om op die manier proactief de verduurzaming verder aan te pakken. Daar kan niet vroeg genoeg mee begonnen worden. Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies op het moment dat daadwerkelijk bedrijven in de sector een hoog ambitieniveau hebben. Wij gaan er hierbij van uit dat de technologieën in de TRL 4 tot en met 8 ook een zinvolle bijdrage gaan leveren aan het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050. Het 2050-klimaatdoel wordt nagenoeg bereikt in dit geval. In ons passieve scenario is dit niet het geval. De noodzakelijke ambitie ontbreekt bij de bedrijven in de sector en de koolstofarme investering blijven hopeloos achter.

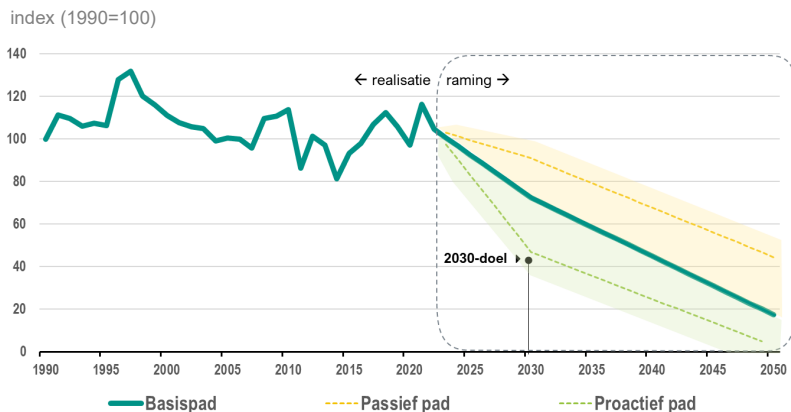
#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Als we uitgaan van ons basisscenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de machine-industrie dan komt uit onze inschattingen dat de sector ook het gestelde doel voor 2050 niet gaat halen. Dit pad staat nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

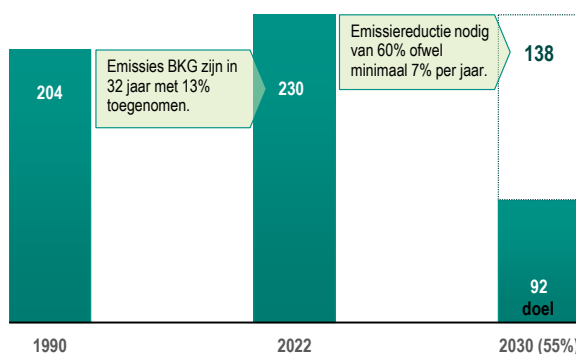
Met de netto-nul kennis van nu bereikt de machine-industrie pas na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2055 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

## 12. Transportmiddelenindustrie

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

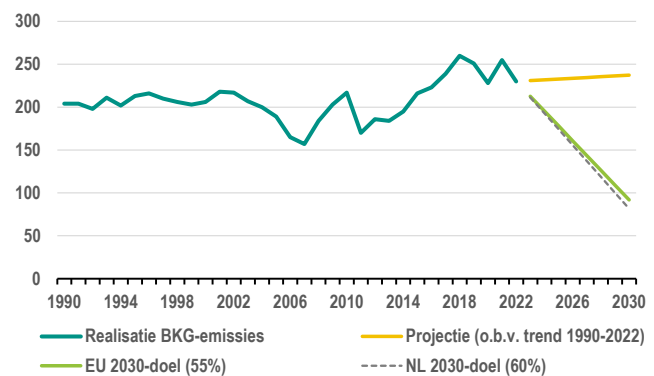
De variëteit aan subsectoren in de transportmiddelenindustrie is groot. Zo worden in dit deel van de industrie onder meer auto's, aanhangwagens, opleggers, schepen, vliegtuigen, fietsen, brommers en motoren gemaakt. Nederland heeft relatief veel scheepsbouwbedrijven (met name recreatieve scheepsbouw), met een aandeel van 44% in het totaal aantal bedrijven in de transportmiddelenindustrie. Daarna volgen de carrosseriebouwers (zoals voor vrachtwagens) en producenten van aanhangwagens en opleggers, met een gezamenlijk aandeel van 22%.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

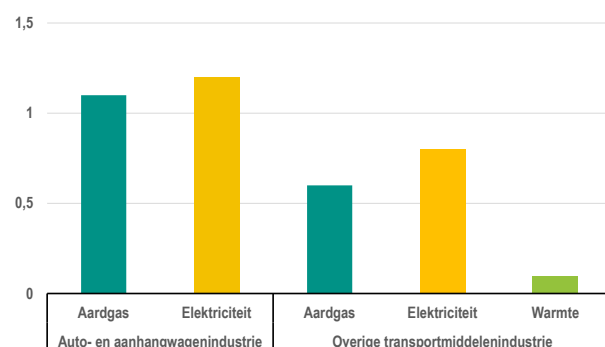
De transportmiddelenindustrie als geheel laat een negatieve trend zien in de BKG-emissies. In de periode tussen 1990 en 2022 zijn de BKG emissies immers met 13% toegenomen. Dit in tegenstelling tot veel andere subsectoren in de industrie, waar de BKG-emissies in de afgelopen 32 jaar juist zijn afgenomen. Er staat daarmee voor de sector nog een flinke emissiereductieopgave te wachten in de komende jaren. Zo moet de sector nog 60% van het emissieniveau van 2022 reduceren om het 2030-doel te kunnen bereiken. Dit betekent een vermindering van de broeikasgassen van minimaal 7% per jaar tot aan 2030.

### Bron van emissies

De meest gangbare productieprocessen binnen de transportmiddelenindustrie verbruiken veel energie, metalen en kunststoffen. Het ontwikkelen van strategieën in de transportmiddelenindustrie om de emissies te verminderen blijft daarmee van groot belang, met name het bereiken van emissiereductie op grotere schaal.

#### Finaal energieverbruik naar subsectoren 2022

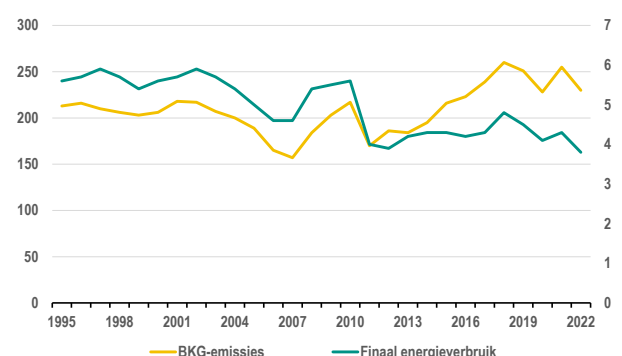
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in BKG-emissies en energieverbruik

index (2015=100)

 mln kg CO<sub>2</sub>-eq.


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

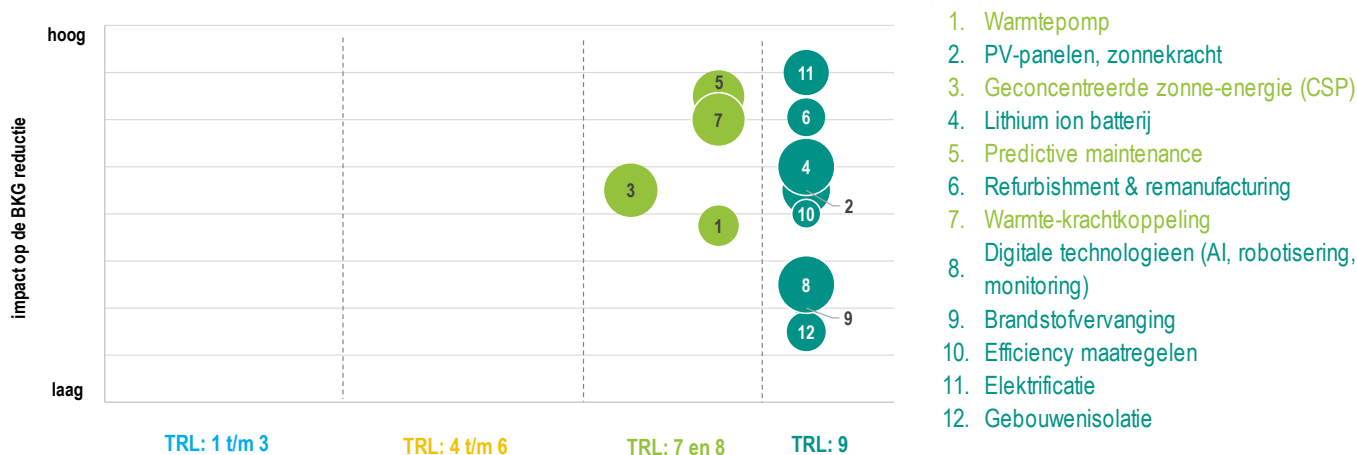
De transportmiddelenindustrie kent twee grote subsectoren: de auto- en aanhangwagenindustrie en de overige transportmiddelen (zoals schepen, fietsen, brommers, etc.). De auto- en aanhangwagenindustrie verbruikt meer energie dan de overige transportmiddelenindustrie, hoewel de verschillen klein zijn. In beide subsectoren wordt meer elektriciteit verbruikt in de productieprocessen dan aardgas. In de auto- en aanhangwagenindustrie is dit elektriciteitsverbruik sinds 1995 met 9% toegenomen. Dit is de enige uitzondering. Het verbruik van de andere energiedragers in beide subsectoren zijn namelijk sinds 1995 stevig afgenomen met gemiddeld zo'n 40%. De productie in de sector heeft een nauwe relatie met de BKG-emissies, net zoals de trend in het finale energieverbruik.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Het verminderen van de broeikasgassen zal de komende jaren veel inspanning vergen van bedrijven. Het vereist bovenal dat bedrijven het gebruik van nieuwe koolstofarme technologieën en verder opschalen. Producenten van transportmiddelen kunnen duurzame inkoop- en verwerkingsmethoden optuigen om niet-duurzame grondstoffen te vermijden en materiaalverspilling op productievloeren te verminderen. Dit past zowel onder het kopje efficiency als hergebruik en duurzame inkoop. De integratie van hernieuwbare energie in bestaande elektriciteitsnetten en vervolgens in productieprocessen is tevens een essentieel om de productie van transportmiddelen meer koolstofarm te maken.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

Noot: TRL staat voor Technical Readiness Level; dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

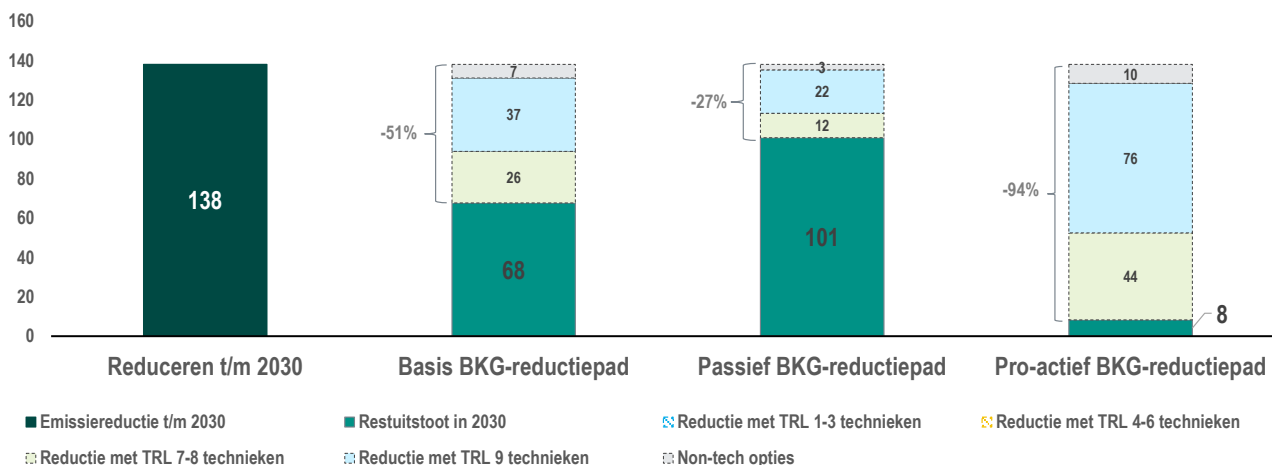
Hoewel bedrijven in de transportmiddelenindustrie over het algemeen relatief efficiënt zijn, zijn er nog aanzienlijke mogelijkheden om de vraag naar energie te verminderen. Door de complexiteit van de verschillende processen en de technologische variatie is er een breed scala aan potentiële opties voor energie-efficiëntie. Ook kunnen energiebeheersplannen een rol spelen in het verbeteren van de energie-efficiëntie. De sector is rijk aan maatregelen voor afvalpreventie en -beheer. Dit komt doordat de sector van oudsher altijd al een sterke focus heeft gehad op 'lean' productiemethoden, kwaliteitscontroles en kostenreductie.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

De implementatie van het laaghangende fruit van de koolstofarme technologieën in het productieproces – zoals elektrificatie, energie efficiency, digitale technologieën – kunnen op korte termijn de BKG-emissies verder verlagen. Op de langere termijn kan dit de basis zijn van een effectief milieumanagementsysteem waarin continu de milieuprestaties en de belangrijkste klimaatindicatoren worden gemonitord. Ons basisscenario laat zien dat de beschikbare verduurzamingsmaatregelen van de bedrijven gezamenlijk in de sector niet voldoende is. Ongeveer 51% van de 138 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. wordt in dit scenario tot aan 2030 gereduceerd met de beschikbare koolstofarme technologieën. In het passieve scenario nemen de emissies in een relatief laag tempo af. Per saldo zal slechts 27% worden verminderd. In het proactieve scenario wordt uiteindelijk veel meer aan BKG gereduceerd dan aanvankelijk nodig is om het 2030-doel te behalen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat er relatief weinig obstakels zijn voor een versnelling van de elektrificatie.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten

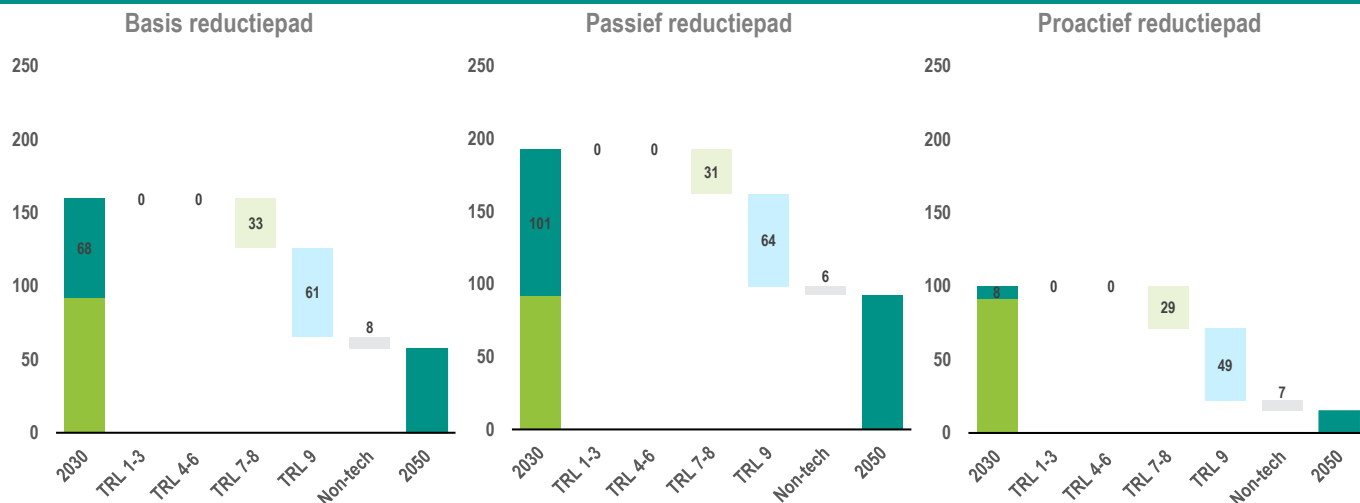


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

## Potentie emissiereductie 2030-2050

Om tot 2050 aan het klimaatneutrale doel vast te houden, zou elke producent van transportmiddelen een hoog ambitieniveau moeten hebben om de klimaatdoelen te bereiken. Het betekent concreet dat bedrijven meer moeten investeren in koolstofarme technologieën. Alleen op die manier blijven bedrijven aangehaakt bij het noodzakelijke verduurzamingstraject. Daar kan niet vroeg genoeg mee begonnen worden, aangezien de emissiereductieopgave voor de sector fors is. Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies op het moment dat daadwerkelijk bedrijven veel meer investeren en verduurzamen. Wij gaan er hierbij van uit dat de technologieën in de TRL 7 en 8 ook een zinvolle bijdrage gaan leveren aan het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050. Het 2050-klimaatdoel wordt bijna bereikt in dit scenario. In ons passieve scenario is dit verre van het geval. De noodzakelijke ambitie ontbreekt rijkelijk bij de producenten van transportmiddelen en de koolstofarme investering blijven hopeloos achter.

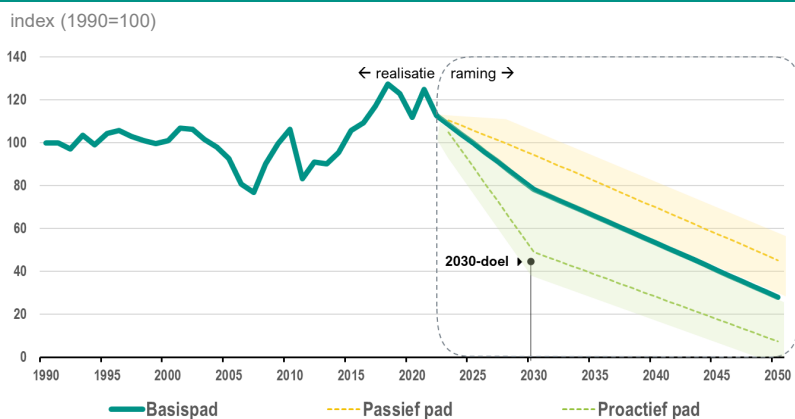
### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In ons basisscenario haalt de sector het 2050-doel niet. Het betekent concreet dat doorbraaktechnologieën en doorontwikkeling van bestaande koolstofarme technologieën in deze sector onontbeerlijk zullen zijn. Om toch tractie te houden in het emissiereductiepad moeten bedrijven prioriteit aan de energie-intensieve productieprocessen en die processen die het meest belastend zijn voor het milieu. Een sterke focus op dergelijke processen kan een grotere impact hebben op de klimaatindicatoren.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

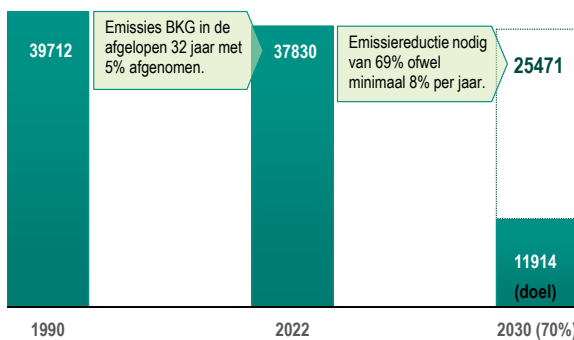
Met de netto-nul kennis van nu bereikt de transportmiddelenindustrie na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2054 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

## 13. Energievoorziening

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

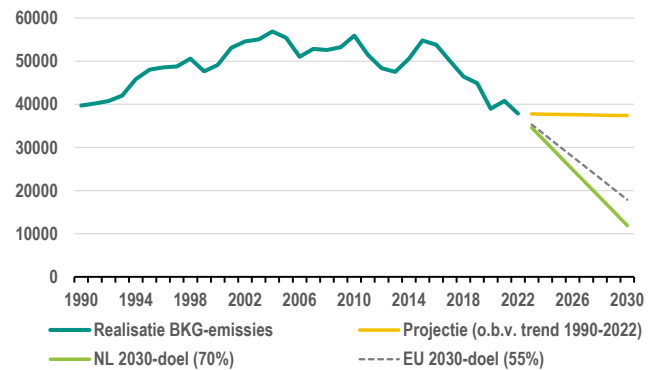
Het klimaatbeleid is erop gericht om de verbranding van fossiele brandstoffen te verminderen en daarmee de BKG-emissies te reduceren en de temperatuurstijging onder controle te houden. De hoge fossiele afhankelijkheid van ons energiesysteem maakt duidelijk dat een snelle transitie noodzakelijk is om de mondiale temperatuurstijging te beperken tot 1,5°C. Het koolstofvrij maken van de energiesector is van belang, omdat veel andere sectoren (gebouwen, industrie, vervoer) hiervan afhankelijk zijn.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


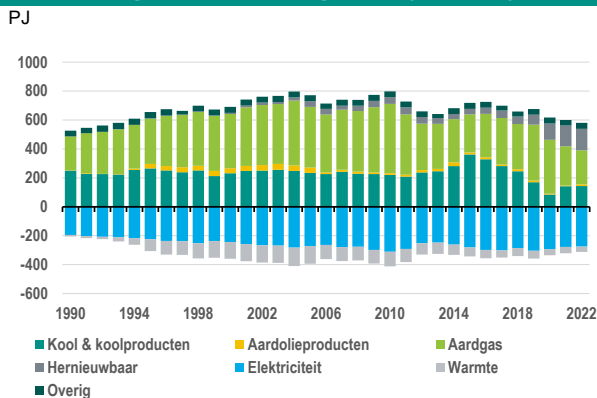
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Het niveau van de BKG-emissies in 2022 ligt in Nederland niet ver beneden het niveau van 1990. Het is slechts 5% minder. Dit betekent concreet dat energiebedrijven nog veel inspanningen moeten leveren om de BKG-emissies tot aan 2030 te verlagen. Om het 2030-doel te bereiken – 70% van het niveau van 1990 – moet de sector jaarlijks minimaal 8% in de BKG-emissies verminderen. Daarmee is het 2030-doel een uitdaging, maar met voldoende investeringen en inspanningen niet onhaalbaar.

### Bron van emissies

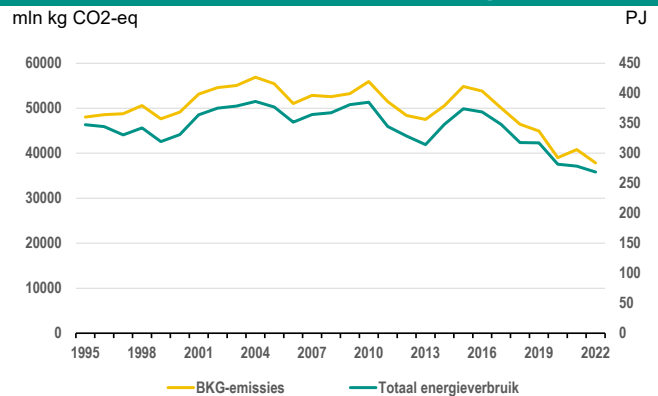
De elektriciteitssector wordt gezien als een belangrijke schakel in de energietransitie, omdat het eenvoudiger is om de elektriciteitsmix koolstofvrij te maken dan om alle fossiele brandstoffen in andere sectoren uit te faseren. De transformatie van de sector is inmiddels in volle gang, waarbij koolstofarme energietechnologieën – zoals zonne- en windenergie – steeds meer voet aan de grond krijgen, hoewel het tempo laag ligt. De energiesector krijgt de nodige steun vanuit de overheid met subsidie-regelingen, infrastructurele investeringen en steun bij de vorming van koolstofarme gasgestookte centrales (dus inclusief koolstofopvang en -opslag, CCS). Ook vallen veel bedrijven onder het EU-ETS systeem. De verwachting is dat Nederland in 2030 een aandeel hernieuwbare energie van circa 30% realiseert (bandbreedte 27%-33%) op basis van vastgesteld beleid (KEV 2022).

#### Totaal energieverbruik energiebedrijven per jaar



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in uitstoot BKG en totaal energieverbruik



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

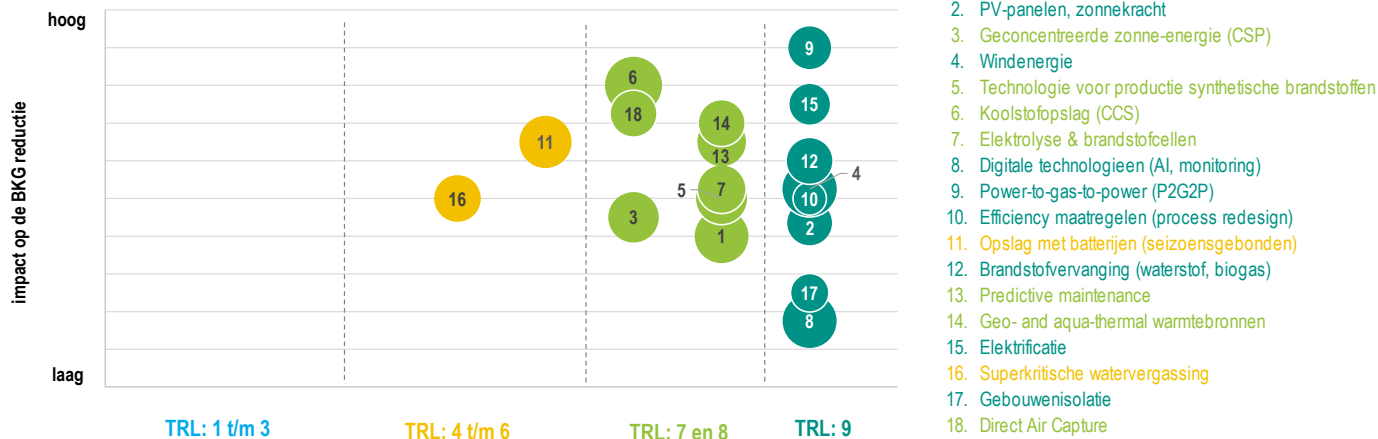
Het grootste aandeel in het totale energieverbruik door energiebedrijven is aardgas, gevolgd door steenkool en hernieuwbare bronnen. Daarmee wordt elektriciteit en warmte opgewekt (onder de x-as). Steenkool heeft de afgelopen jaren de grootste daling laten zien. Van 2016 tot 2018 daalde het kolenverbruik door sluiting van oude kolencentrales. Daarna volgde een periode van relatief lage aardgasprijs waardoor het voor kolencentrales moeilijk concurreren was. Er gaat in het proces ook energie verloren door conversie, gebruik in de energiesector en distributie. De BKG-emissies lopen parallel aan het energieverbruik. Aardolie blijft voorlopig een dominante rol spelen als brandstof in de transportsector en als grondstof voor producten in de chemische industrie.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Het ultieme is doel om te komen tot een energievoorziening die gebaseerd is op hernieuwbare energie. Dan is een betrouwbaar energienet met voldoende capaciteit een belangrijke voorwaarden. Dit staat aan de basis van een succesvolle energietransitie. Het netwerk is door zowel vraag- als aanbodfactoren sterk in ontwikkeling. De snel groeiende vraag door de elektrificatie van de industrie en van datacentra maken een snelle verzwaring van het net prioriteit. Maar ook de aanleg van private en publieke initiatieven die op grotere schaal hernieuwbare energie opwekken leggen grote druk op de netcapaciteit.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Nota:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

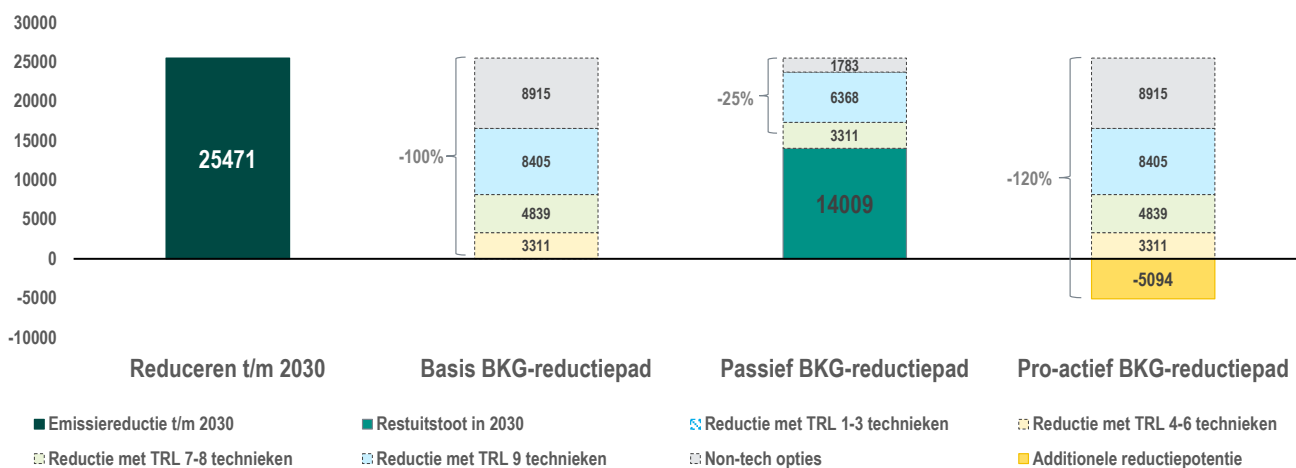
Volgens het IPCC gaat opschaling van koolstofvrije energietechnologieën helpen om de energiesector koolstofvrij te maken. Het gaat hier om zonne-, wind-, waterkracht-, biomassa-, nucleaire en geothermische technologieën. De groei van vooral zonne- en windkracht is al sterk toegenomen. Naast het opbouwen van wind- en zonne-energiecapaciteit is het verbeteren van de netwerk-infrastructuur en -efficiëntie nodig. Aan de basis van een snelle transitie naar de inzet van meer hernieuwbare energie staat een sterke politieke betrokkenheid, ondersteunende wet- en regelgeving en gunstige financiële voorwaarden voor hernieuwbare energie. De overheid zet in op investeringen in waterstof (en waterstofproductie op zee), in batterij-innovaties en verplichten van batterijen bij grotere zonneparken. Zij stimuleert dit bijvoorbeeld via subsidieregelingen ([SDE++](#)) en projecten ([IPCEI](#)).

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Voor de elektriciteitssector ligt het tempo richting koolstofneutraal relatief hoog. Dit komt met name doordat de investeringen in zonne- en windkracht voor elektriciteitsopwekking de laatste jaren sterk zijn toegenomen. De verwachting is bovendien dat deze trend zich de komende jaren voortzet, waarbij vooral de investeringen in wind-op-zee sterk toenemen. Het doel is om rond 2035 een bijna 100% koolstofneutrale elektriciteitssector te hebben (concept Integraal Nationaal Plan Energie en Klimaat, juni 2022). Dit betekent dat in 2030 de BKG-emissies circa 70% onder het niveau van 1990 liggen (in plaats van 55%). De uitdaging is echter dat niet alleen de bouw van zonne- en windparken veel tijd kost, maar ook dat de noodzakelijke uitbreidingen van de infrastructuur tijdrovend zijn. Dit kan potentieel voor vertraging zorgen in het pad richting 2030, met de kans dat er pas na 2030 enige versnelling optreedt. Naast de sterkere groei in energie uit zonne- en windkracht, kan op korte termijn veel progressie worden geboekt met

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

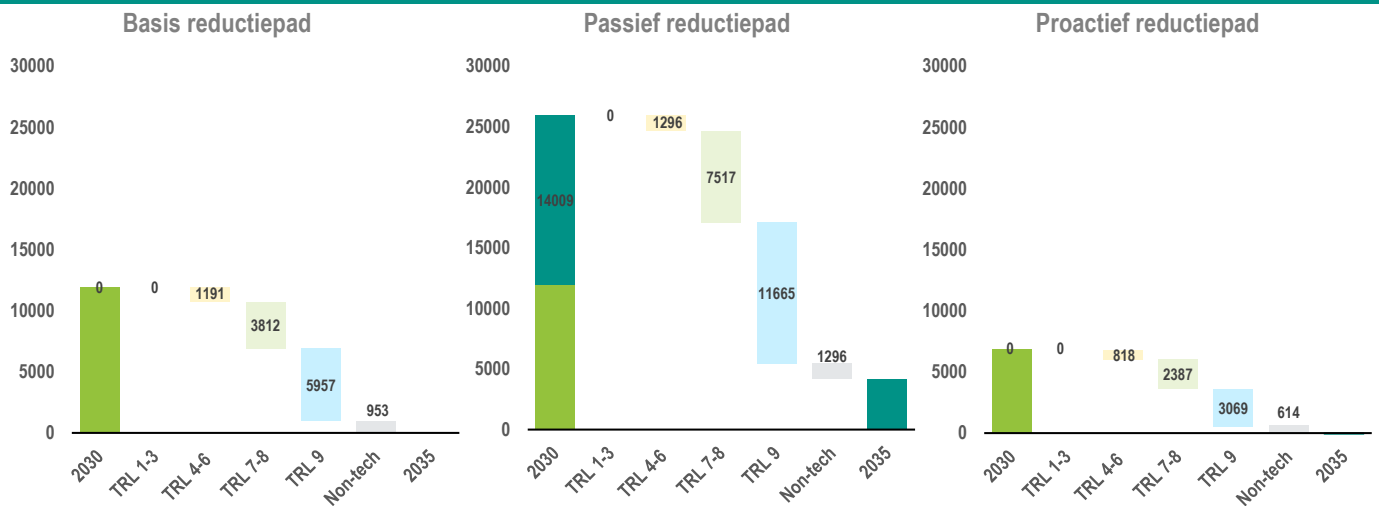
het vervangen fossiele brandstoffen voor de elektriciteitsproductie door koolstofarme brandstoffen. Ook kan hier koolstofopslag (*Carbon Capture & Storage, CCS*) een rol spelen, maar ook hier gaat de opschaling relatief traag. Belangrijk is in ieder geval dat er voldoende netcapaciteit is. In ons basisscenario tot aan 2030 gaan wij ervan uit dat verdere verduurzaming zich sterker doorzet, mede geholpen door talrijke subsidies en overheidsbeleid. Daarmee wordt het 2030-doel bereikt. In het basisscenario gaan wij er echter vanuit dat de decarbonisatie-opties in de TRL-fase 4 tot en met 8 nog geen significant verschil leveren. In het proactieve scenario is dit meer het geval. Hier gaan we uit van meer overheidssteun en decarbonisatie-ambitie. In het passieve pad denken wij dat de sector niet in staat is om voldoende aan te haken bij de transitie. Dit komt mede door tekortschietende investeringen in infrastructuur en andere obstakels, zoals hardnekkig gebrek aan mankracht en onduidelijkheid in overheidsbeleid.

### Potentie emissiereductie 2030-2035

In het toekomstige energiesysteem zal elektriciteit de belangrijkste energiedrager zijn, waarbij de variabele bronnen van zonne- en windkracht de boventoon voeren. Om de variabiliteit van deze bronnen op te vangen heeft de sector diverse opties (concept Integraal Nationaal Plan Energie & Klimaat, juni 2022): 1. flexibele vraagsturing, 2. regelbaar vermogen (vermogen op afroep voor balans tussen energievraag en -aanbod), 3. uitwisseling van elektriciteit met andere landen (Duitsland, België, VK, Denemarken, Noorwegen), 4. conversie (*Power2Gas, Power2Heat, Power2Fuels & Feedstock*) en 5. energieopslag (batterijtechnologie).

Ons proactieve scenario gaat ervan uit dat het klimaatneutrale doel in 2035 wordt bereikt. Hierbij gaan alle technologieën in de TRL 4 tot en met 8 een sterke bijdrage leveren aan het emissiereductiepad. In ons passieve scenario wordt het 2035-doel niet bereikt. Aan de randvoorwaarden (zoals voldoende investeringen in infrastructuur) wordt niet voldaan. De noodzakelijke ambitie is lager bij de energiebedrijven in de sector, mede door hardnekkige obstakels en onzekerheid in overheidsbeleid.

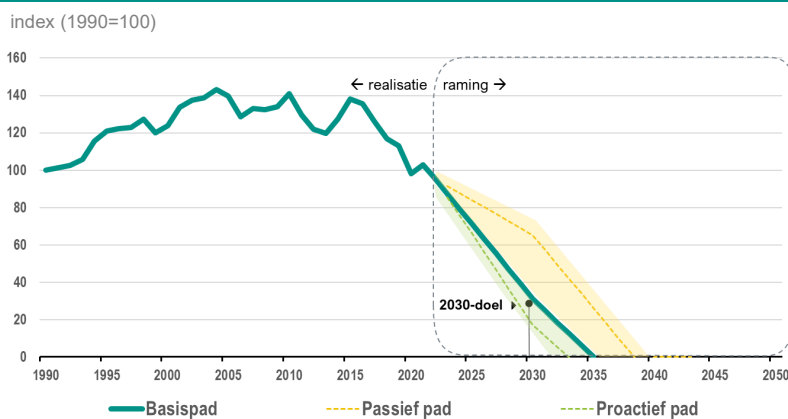
### Emissiereductie 2030-2035 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Als we uitgaan van ons basisscenario dan komt uit onze berekeningen dat de energiesector 2035-doel net niet gaat halen. Het sturend beleid, de ambitie en de bijdrage van de decarbonisatie-opties zijn ruimschoots aanwezig. Dit pad staat echter nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de energiesector tussen 2035 en 2040 koolstofneutraliteit. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd of nieuwe uitdagingen overwonnen moeten worden. Dit kan onze emissieprojectie sterk beïnvloeden.

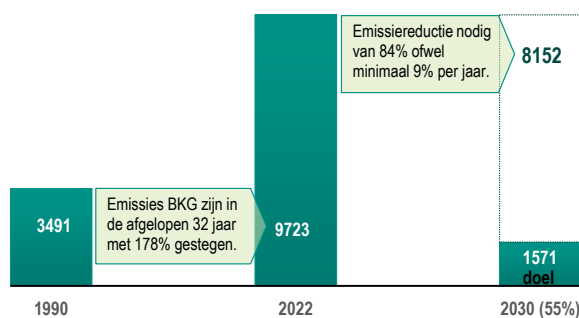
## 14. Waterbedrijven & afvalbeheer

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De waterbedrijven hebben een dubbele taak in de transitie naar koolstofarme processen. Enerzijds is het noodzakelijk voor de sector om de BKG-emissies te verminderen, maar daarnaast moet het ook schoon drinkwater blijven waarborgen. Want één van de gevolgen van klimaatverandering kan een toename van door water overgebrachte ziekten zijn en dat moet effectief voorkomen worden. Ook de uitdagingen voor afvalbedrijven worden steeds groter de komende jaren. Het consumptieniveau is immers hoger dan ooit en neemt alleen maar toe. De afvalberg groeit door. Daarmee neemt de urgentie toe voor beter afvalbeheer, meer circulariteit en ook het hebben van een decarbonisatiestrategie om de nadelige gevolgen van de groei in afval te beheersen.

### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

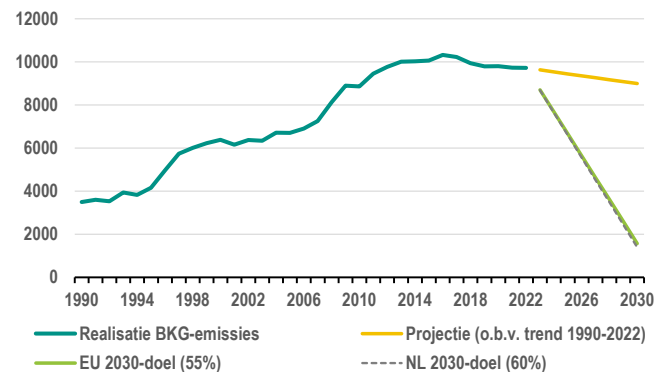
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

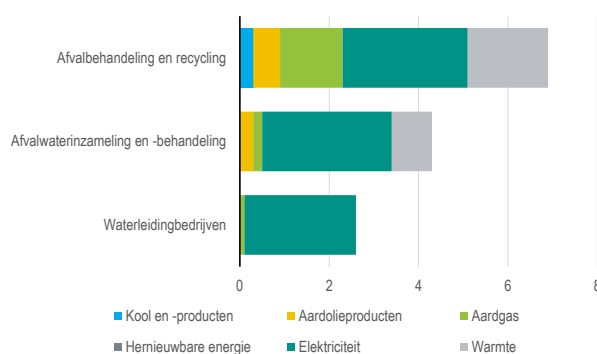
De sector waterbedrijven & afvalbeheer in Nederland heeft een hoge BKG-emissie-intensiteit. Sinds 1990 heeft de sector weinig werk gemaakt van BKG-emissiereductie. Sterker nog, het niveau van BKG-uitstoot staat in 2022 op een veel hoger niveau dan in 1990. Een ongekende groei van 178% in 32 jaar. Een reden van de toegenomen BKG-emissies kan mogelijk komen door de verouderde installaties, het relatief hoge gebruik van fossiele brandstoffen bij de verwerking en transport van water of afval, de extra energie die tegenwoordig nodig is voor het zuiveren van het gebruikte drinkwater en de sterke groei van de afvalberg. Er moet dus nog veel gebeuren om de BKG-emissies tot aan 2030 te verminderen. Om dit 2030-doel te bereiken moet de sector jaarlijks minimaal 9% in de emissies verminderen. Daarmee is het 2030-doel voor de sector een grote uitdaging.

### Bron van emissies

Het energieverbruik in de water- en afvalsector is sterk afhankelijk van fossiele bronnen. Hierdoor nemen de BKG-emissies verder toe. De subsectoren verbruiken met name veel elektriciteit. Het totale verbruik daarvan is sinds 1995 met 42% toegenomen. Vooral de waterleidingbedrijven verbruiken veel elektriciteit in hun processen. De energiemix in de afvalwaterinzameling en -behandeling is meer divers. In de subsector afvalbehandeling en recycling wordt ook veel aardgas verbruikt. Dit verbruik is echter in de afgelopen tien jaar met circa 30% afgenomen. De processen in afvalbehandeling en -waterinzameling zijn erg energie-intensief.

### Finaal energieverbruik naar subsectoren

PJ

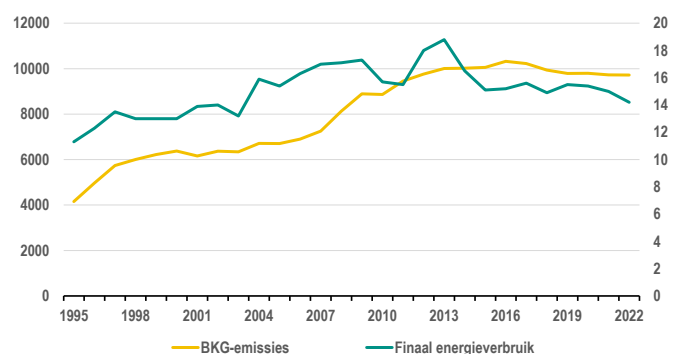


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### Sectortrend in uitstoot BKG en finaal energieverbruik

mln kg CO<sub>2</sub>-eq

PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De verwachting is dat ook de hoeveelheid afvalwater de komende jaren sterker gaat toenemen. Wereldwijd wordt er jaarlijks bijna 400 miljard m<sup>3</sup> afvalwater geproduceerd en dit zal naar verwachting toenemen met respectievelijk 25 en 50% in 2030 en 2050. Met name de afvalwaterzuiveringsprocessen zijn erg BKG-intensief.

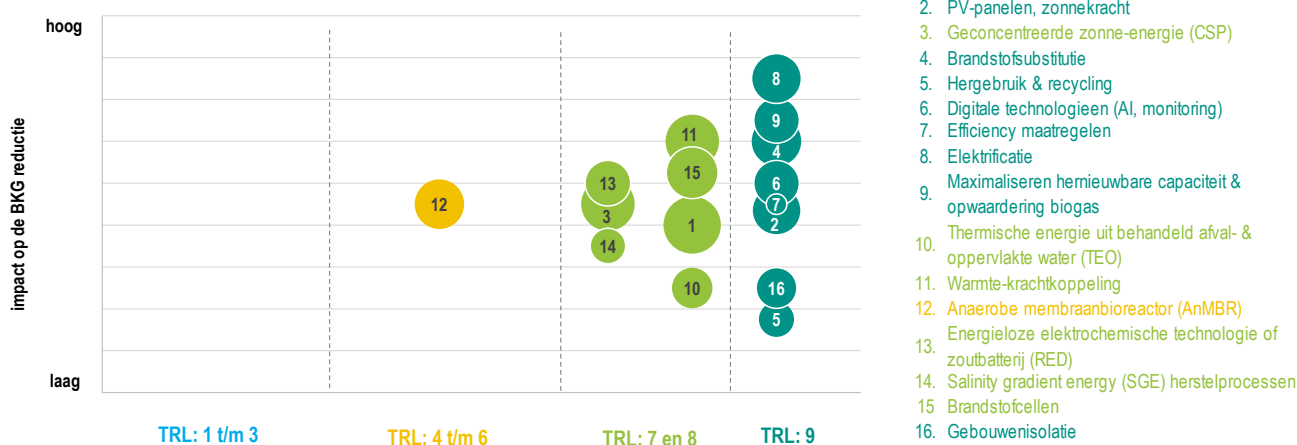


## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Sommige (afval)waterbedrijven hebben de laatste jaren de groei van hun energieverbruik en BKG-emissies kunnen terugdringen of kunnen verlagen door de energie efficiëntie van hun processen te verbeteren. Ook het elektrificeren van processen en het inzetten van de productie van hernieuwbare energie hebben bijgedragen aan de kanteling in de trend van de BKG-emissies.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

Uit de matrix komt duidelijk naar voren dat veel koolstofarme technologieën zich in de commercieel inzetbare fase bevinden (TRL 9) en een flink aantal volgt binnenkort (TRL 7 en 8). In de pilot en conceptfase (TRL 1 t/m 6) zitten nog relatief weinig nieuwe technieken, voor zover bij ons bekend. Belangrijk is dat hier de innovatie niet stil staat, want juist koolstofarme innovaties blijven essentieel voor de weg naar verduurzaming van de water- en afvalsector voor het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050. Het blijft noodzakelijk om de energie efficiency van processen te verbeteren en tegelijkertijd het energieverbruik te verminderen. Los van de efficiencywinst van de nieuwe koolstofarme technische mogelijkheden, blijft het ook van belang om inzicht te krijgen in de economische haalbaarheid van de technologie. Dit gaat mede het succes bepalen van de decarbonisatiestrategie.

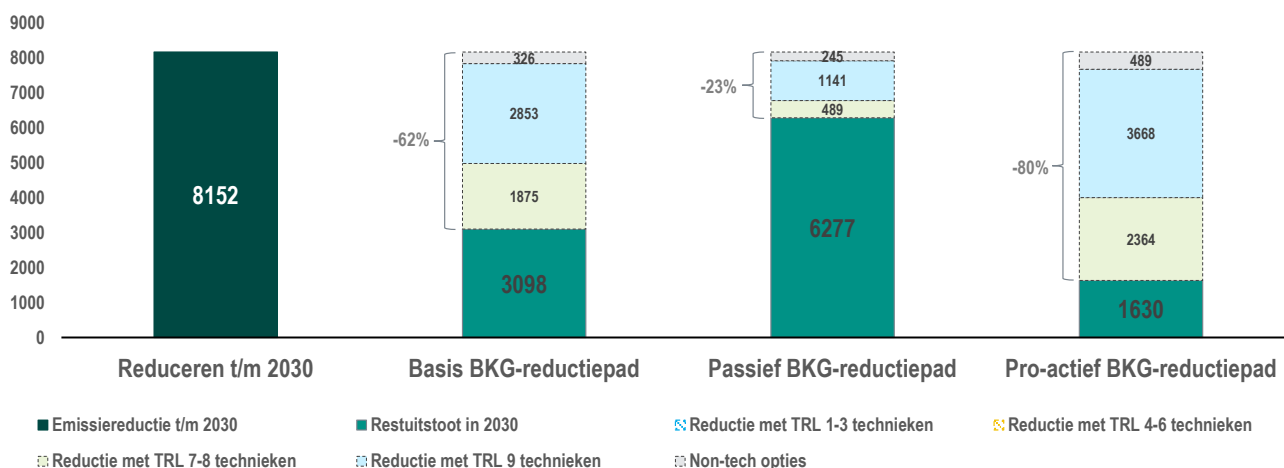
### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Voor de weg naar een koolstofarme watersector moet veel geïnvesteerd worden. De financiering van het koolstofarme traject zal voor de water- en afvalsector een uitdaging blijven, mede doordat het hier gaat om publieke voorzieningen. Om de financiering toch van de grond te krijgen betekent dit concreet voldoende financiële steun van de overheid en/of een verhoging van de water- en afvaltarieven om op die manier verduurzaming economisch haalbaar te houden. Prijsverhogingen liggen altijd gevoelig, maar het kan eindgebruikers helpen in de bewustwording van de daadwerkelijke waarde van onze publieke voorzieningen. Het is echter een krachtig instrument. Via beprijzing kan het consumentengedrag in hoge mate beïnvloed worden.

In ons basisscenario tot aan 2030 gaan wij ervan uit dat verdere verduurzaming relatief traag verloopt. De sector staat immers nog maar aan het begin van het verduurzamings- en emissiereductiepad. Elektrificatie blijft in de komende jaren de meest impactvolle manier om te decarboniseren. In het basisscenario gaan wij er tevens van uit dat de decarbonisatie-opties in de TRL-fase 4 tot en met 6 geen zinnvolle bijdrage gaan leveren.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mIn kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



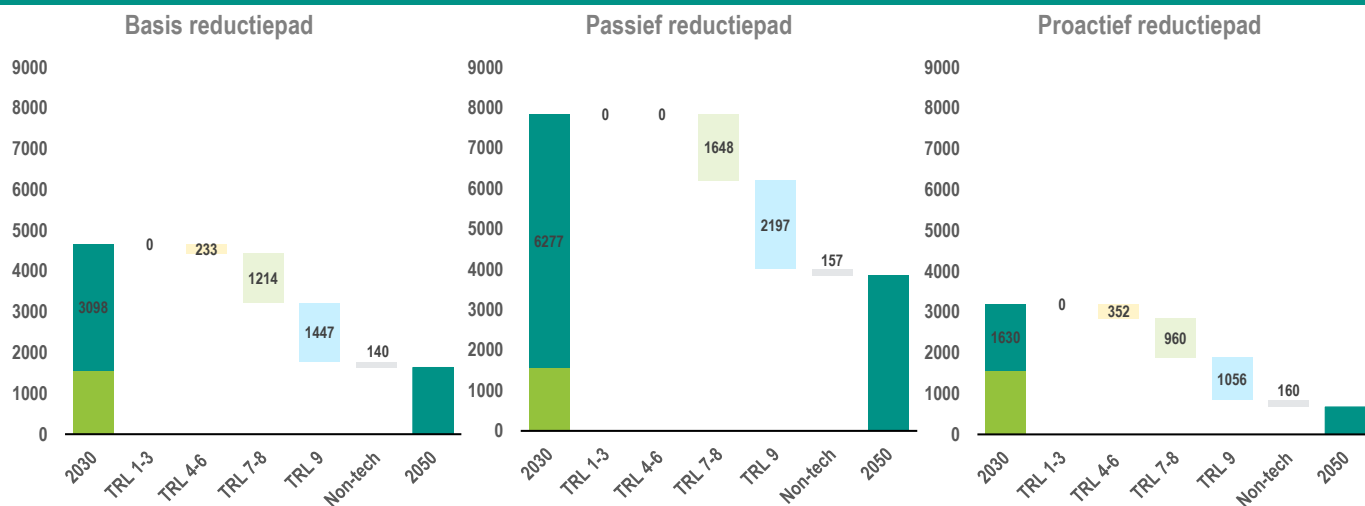
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het passieve pad denken wij dat bedrijven niet in staat zijn om voldoende aan te haken bij de transitie. Dit komt mede door te weinig financiële steun vanuit de overheid en bereidwilligheid bij bedrijven in de water- en afvalsector om verder en sneller te verduurzamen. In het proactieve scenario is die steun en ambitie er wel en wordt uiteindelijk meer aan BKG gereduceerd. Hierbij gaan wij ervan uit dat het elektrificeren van productieprocessen in een stroomversnelling terecht komt. Ook gaan wij er in dit scenario van uit dat de koolstofarme technologieën in de fasen 4 tot en met 8 veel eerder voor commercieel gebruik gereed zijn en zo ook een zinvolle bijdrage kunnen gaan leveren.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Richting het koolstofneutrale doel in 2050 is de kans groot dat de regelgeving steeds stringenter wordt. Bedrijven in de water- en afvalsector zullen daarmee meer-en-meer aangemoedigd worden tot het hebben van een koolstofarme strategie. Om tot 2050 aan het klimaatneutrale doel vast te houden, zou elk bedrijf in de water- en afvalsector veel meer moeten investeren in koolstofarme technologieën. Omdat het decarbonisatietraject voor de sector uitdagend is, kan daar niet vroeg genoeg mee begonnen worden. Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies als bedrijven in de sector daadwerkelijk een hoog ambitieniveau vasthouden na 2030. Wij gaan er hierbij van uit dat de technologieën in de TRL 4 tot en met 8 ook een zinvolle bijdrage gaan leveren aan het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050. Het 2050-klimaatdoel wordt in dit geval echter niet bereikt. In ons passieve scenario wordt het 2050-doel evenmin bereikt. In dit scenario ontbreekt bij de bedrijven in de sector de noodzakelijke ambitie en financiële ondersteuning is beperkt. Daardoor blijven de koolstofarme investeringen hopeloos achter.

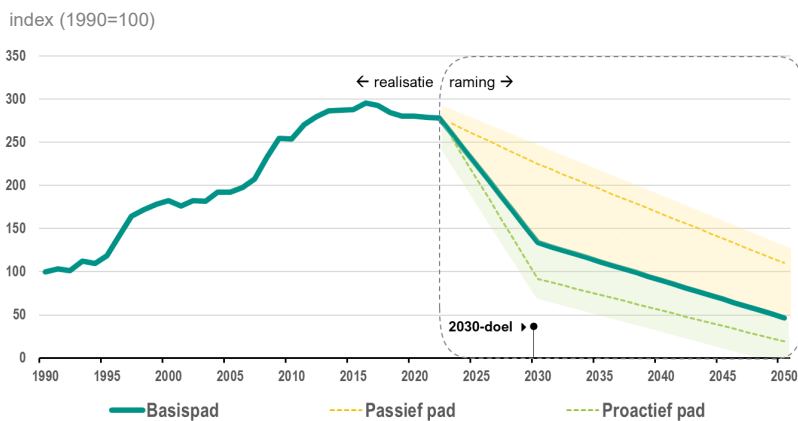
#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Als we uitgaan van ons basisscenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de water- en afvalsector dan komt uit onze berekeningen dat de sector ook het gestelde doel voor 2050 niet gaat halen. Daarvoor schieten de bestaande technologieën tekort. Dit pad staat nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de water- en afvalsector na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2058 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

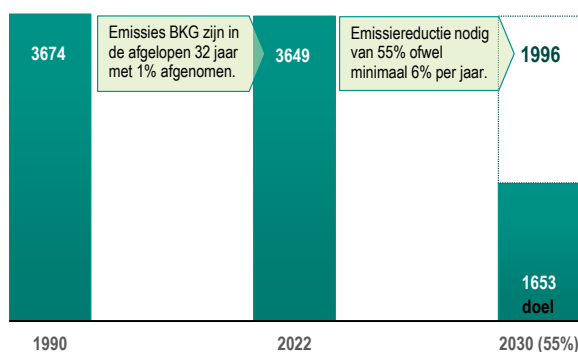
## 15. Bouw

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De bouwsector in Nederland is zeer gefragmenteerd en het hele bouwproces kent veel verschillende stappen. In die hele bouwcyclus is een veelheid van partijen betrokken. Dit maakt de reductie van broeikasgassen in deze sector een stuk complexer. Ondanks deze complexiteit is de bouwsector zich in de afgelopen jaren steeds meer gaan richten op duurzame bouw in de hele bouwcyclus, met name op het gebied van energieverbruik, circulariteit, efficiënt gebruik van grondstoffen en afvalbeheer. Dit heeft echter niet direct geleid tot een versnelling in BKG-reducties. Ten opzichte van het niveau in 1990 zijn de BKG-emissies met slechts 1% afgenomen. Pas vanaf het jaar 2000 zijn de BKG-emissies in een neergaande trend terecht gekomen. Een positieve kanteling, waarin alleen het tempo in de emissiereductie teleurstelt. Vanaf 2015 nemen de BKG-emissies weer licht toe.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

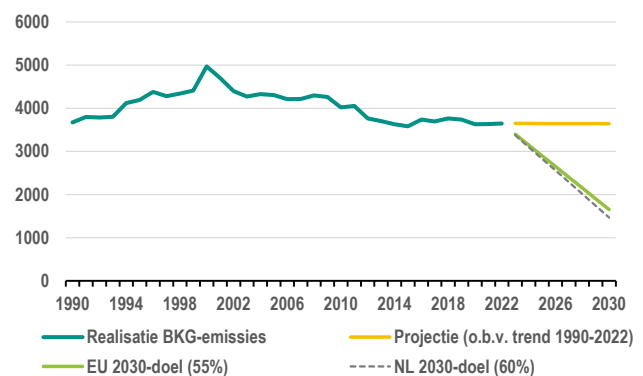
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

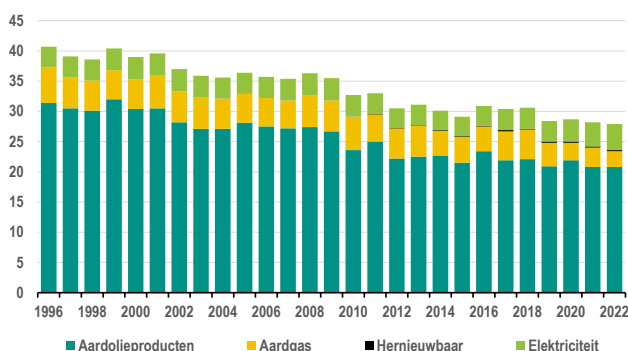
Om het gestelde 2030-doel te bereiken – dat is 55% van het BKG-emissieniveau van 1990 – heeft de sector nog een zware taak voor zich, zeker gezien de historie in emissiereductie van de sector. Het betekent concreet een BKG-emissiereductie van 55% vanaf het 2022 BKG-emissieniveau tot aan 2030, ofwel minimaal 6% per jaar.

### Bron van emissies

In de bouwsector worden nog veel fossiele brandstoffen verbruikt. Het olie- en gasverbruik tijdens het bouwproces ter plaatse, maar ook het elektriciteitsverbruik (de niet-hernieuwbare variant) dragen allen bij aan de BKG-emissies van de bouwsector. Aardolieproducten (met name diesel) zijn de belangrijkste energiedrager. Het verbruik ervan is sinds 1995 met ruim 30% afgenomen. Het gasverbruik is echter nog sneller afgenomen met 45% in de periode 1995-2022. In het elektriciteitsverbruik is echter een duidelijke groei te zien van 30% in dezelfde periode.

#### Finaal energieverbruik

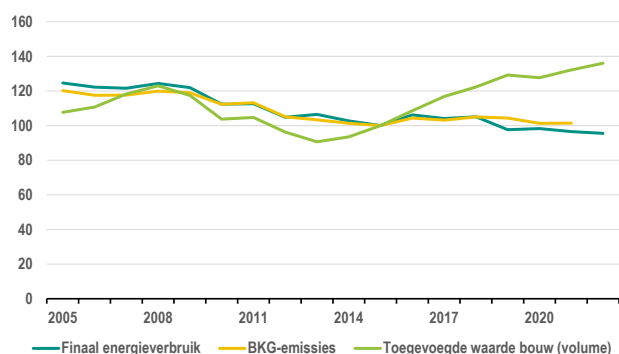
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend BKG-emissies, energieverbruik en output

index (2015=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

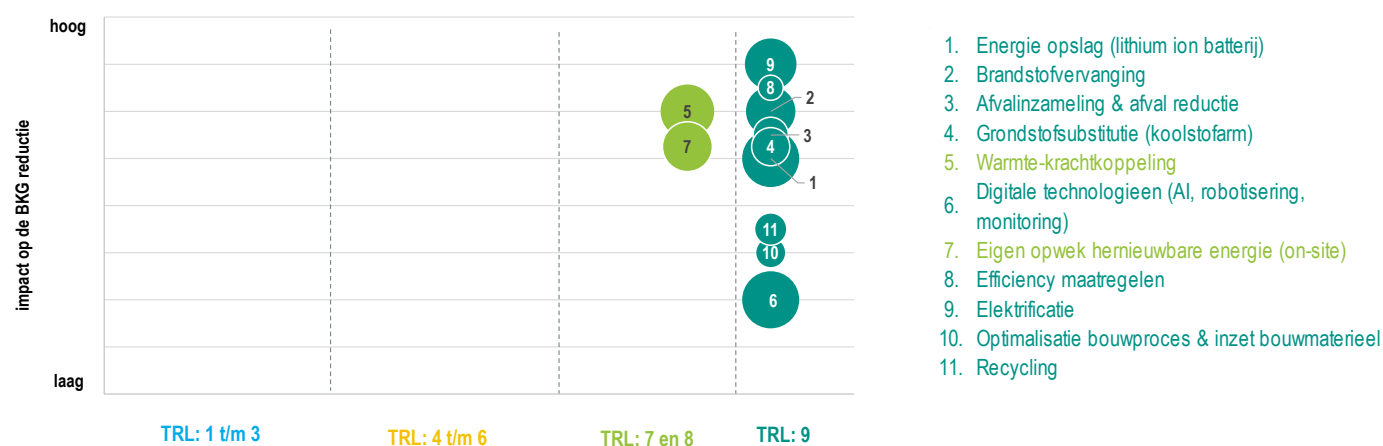
In het bouwproces zijn er diverse activiteiten die invloed hebben op de BKG-emissies, zoals het gebruik van machines, materieel (kranen, graafmachines, e.d.), het materiaalgebruik (primair of secundair), bouwactiviteit en kantoorruimte op locatie en de transportbewegingen. De BKG-emissies hebben een nauwe relatie met de trend in het finale energieverbruik. Uit de tegendraadse trend in de toegevoegde waarde (in termen van volume) ten opzichte van het energieverbruik vanaf 2016 blijkt dat de efficiency in de bouwsector is toegenomen. Dit heeft echter niet direct geleid tot een reductie van de broeikasgassen in hetzelfde tempo.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Bij een bouwproject kan er onderscheid gemaakt worden in twee stromen van CO<sub>2</sub>-emissies. Zo heeft de bouw te maken met directe emissies (dit is de operationele CO<sub>2</sub> uit de bouwactiviteit) en indirecte emissies, of de zogenoemde 'embodied' CO<sub>2</sub>. Dit zijn de koolstofemissies die door de materialen en grondstoffen worden veroorzaakt. De bouwsector heeft – in vergelijking tot andere sectoren in de Nederlandse economie – relatief gezien weinig koolstofarme technieken tot haar beschikking. Om de koolstofuitstoot en het energieverbruik verder te verminderen en een koolstofneutrale bouw te bereiken, blijft koolstofarme innovatie in producten, diensten en bouwprocessen daarmee cruciaal. De bouwsector heeft bovendien een relatief lange waardeketen. Dan is een meer holistische benadering van BKG-emissiereductie een effectievere aanpak. Samenwerking en afstemming met partners in de keten krijgt dan veel meer relevantie. Het bieden van genoeg overheidsondersteuning – bijvoorbeeld door subsidies of transparante regelgeving – aan alle partijen in de waardeketen gaat het halen van de klimaatdoelen mede bepalen. Daarbij komt dat het initiële ontwerp van een nieuw gebouw zeer bepalend is in de uiteindelijke hoeveelheid BKG-emissies tijdens de levensduur van de nieuwbouw. In het ontwerp liggen namelijk veel beslissingen vast die veel impact hebben op de BKG-emissies.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

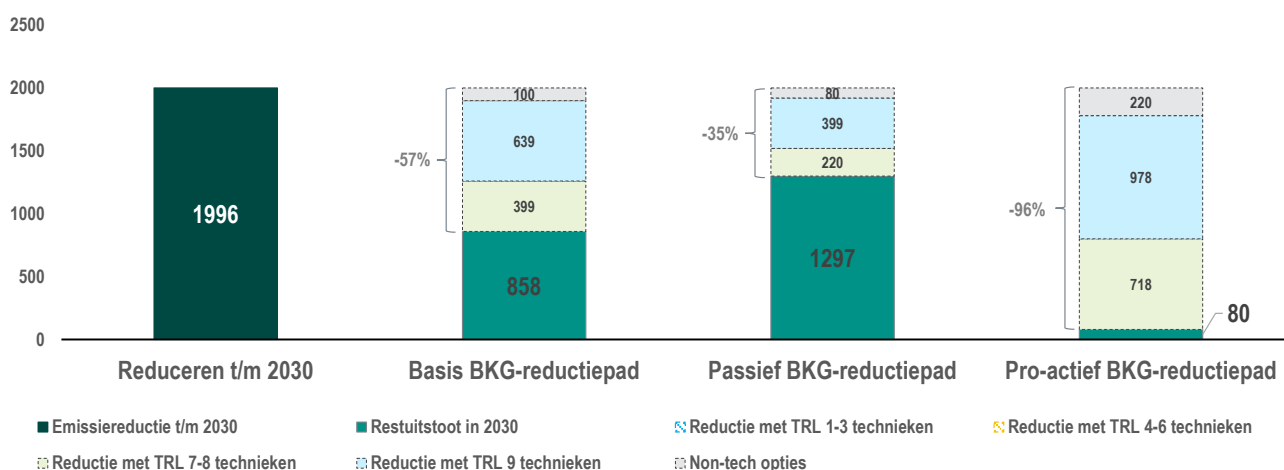
Dit kan worden bereikt door middel van nieuwe technologie en/of materialen of door over te stappen op hernieuwbare energie, groene waterstof en biobrandstoffen - of een combinatie daarvan. Natuurlijke producten, zoals hout, hebben ook geprofiteerd van koolstofarme technologieën en efficiëntere apparatuur in hun productieprocessen, zoals koolstofvrije molens en energiezuinige ovens. Het verbeteren van de energie-efficiëntie en het optimaliseren van de inzet van bouwmachines en -apparatuur kan de directe koolstofuitstoot in de bouw verminderen. Dit kan bijvoorbeeld door elektrificatie van veelgebruikte machines en apparatuur die gebruik maken van diesel (HVO-diesel gemaakt van afgewerkte plantaardige oliën en restafval). Het koolstofvrij maken van grondstoffen kan worden bereikt door niet te kiezen voor de primaire materialen, maar wel bijvoorbeeld voor recycling/circulariteit/effactief afvalmanagement en/of substituten als biomaterialen waarin zelfs CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen (hout).

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

De vraag naar nieuwe woningen en infrastructurele werken blijft de komende jaren hoog. Ook zal de druk van regelgeving de

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



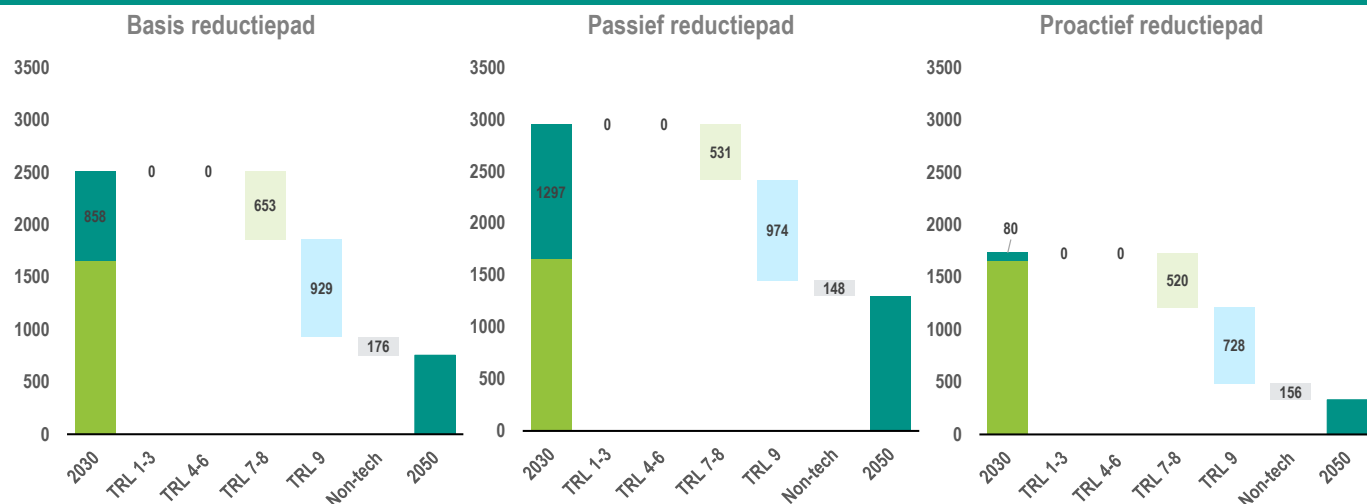
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

verdere verduurzaming doorzetten. De bouwsector staat dus voor meerdere uitdagingen. De groeiende publieke belangstelling voor klimaatverandering en scherpere regelgeving gaan steeds meer impact hebben op de manier waarop bouwbedrijven werken. Voor de bouwsector zijn daarmee innovatieve en economisch levensvatbaardere technologieën van belang om zo de bouwprocessen toekomstbestendiger te maken. In ons basisscenario tot aan 2030 gaan wij er echter van uit dat verdere verduurzaming relatief traag verloopt. Elektrificatie helpt om te decarboniseren, mits de gebruikte stroom groen is en de energie efficiency toeneemt. Maar bij een merendeel van de bouwprojecten is dit relatief moeilijk te realiseren. In het passieve pad gaan wij ervan uit dat bedrijven niet in staat zijn om voldoende aan te haken bij de transitie. In dit geval is het commitment te laag en biedt de overheid weinig steun. In het proactieve scenario wordt uiteindelijk veel meer aan BKG gereduceerd. Hierbij gaan wij ervan uit dat de koolstofarme technologieën in de TRL-fasen 7 en 8 veel eerder voor commercieel gebruik gereed zijn.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Geen van de genoemde decarbonisatietechnieken is een wondermiddel. Omdat de bouwsector sterk gefragmenteerd is, met veel partijen in de waardeketen te maken heeft en een breed pallet aan materialen verbruikt is altijd een combinatie van koolstofarme technieken noodzakelijk voor het pad na 2030. Volgens het IEA is het bereiken van netto-nul uitstoot in 2050 met de sector mogelijk, maar dit vereist stimulerend, transparant en ambitieus overheidsbeleid om koolstofarme initiatieven een kans en een impuls te geven. De EU Taxonomie/Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) kan hier de transparantie helpen te verbeteren en een versnelling van BKG-reductie op gang te brengen. De EU-Taxonomie schrijft namelijk voor verschillende bouwactiviteiten voor hoe duurzaam kan worden gebouwd. Grote bedrijven worden hierdoor verplicht om in hun jaarverslag te rapporteren over verduurzaming. Hiervoor hebben zij duurzaamheidsinformatie nodig van partijen in de bouwketen. Vaak zijn deze (MKB-)bedrijven nog niet CSRD plichtig, maar worden door grote bedrijven gestuurd om hun BKG-emissies te verminderen.

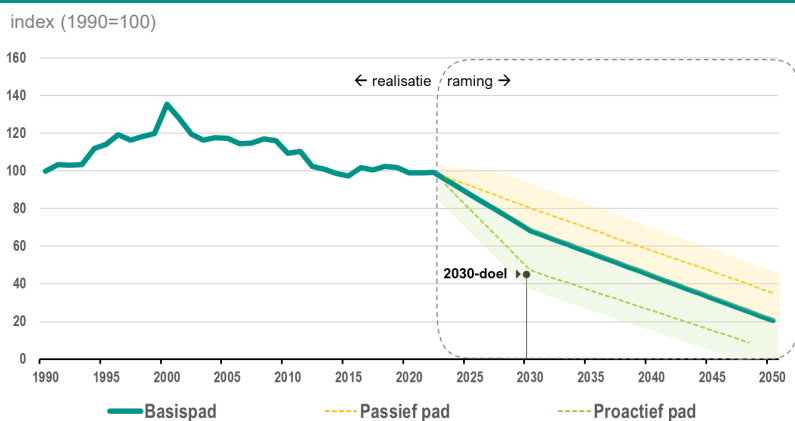
### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het basispad van BKG-emissiereductie tussen 2030 en 2050 wordt het beoogde 2050-doel niet bereikt. Daarvoor schieten de beschikbare duurzaamheidsmaatregelen tekort. In zowel proactieve pad als in het passieve pad wordt het doel ook niet gehaald. Daarvoor zijn de bestaande koolstofarme technologieën niet toereikend om koolstofneutraliteit in 2050 te bereiken.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

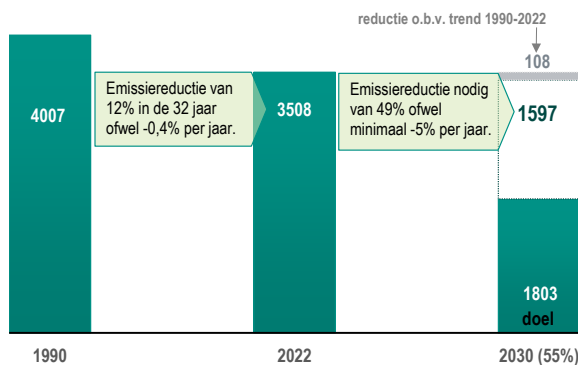
Met de netto-nul kennis van nu bereikt de bouwsector na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2055 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

## 16. Retail & groothandel

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

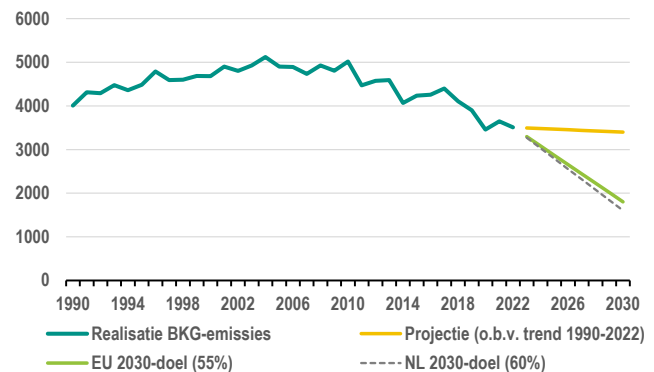
De retail en groothandel bestaat uit een veelheid van (vaak kleine) bedrijven, die met scope 1 emissies een marginale bijdrage leveren aan het totaal maar met scope 3 emissies aanzienlijk meer. Toch heeft de sector er veel baat bij om actief de CO<sub>2</sub>-voetafdruk te verlagen. Klimaatverandering brengt namelijk een systeemrisico voor zowel retailers als groothandelsbedrijven. Zo kunnen de acute fysieke risicofactoren – zoals droogte, overstromingen, bosbranden of milieurampen – impact hebben op bedrijfsactiviteiten. Door deze extreme klimaat- en milieugebeurtenissen kan winkelactiva verloren gaan (niet voor online retail), kunnen (mondiale) toeleveringsketens en distributiekanaalen ernstig verstoord worden en kunnen grondstofprijzen stijgen.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


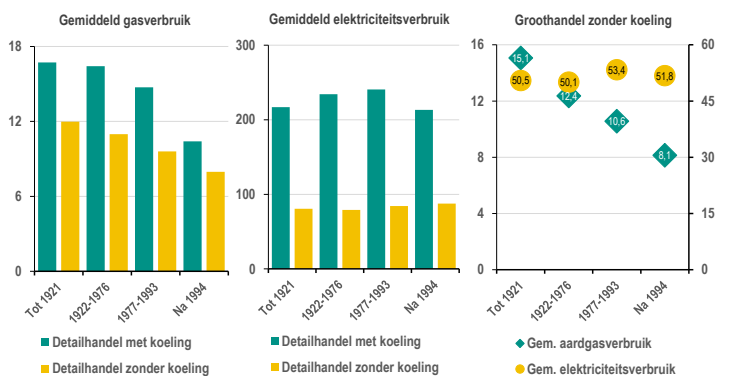
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De retail en groothandel hebben in de afgelopen 30 jaar de directe BKG-emissies slechts marginaal verminderd. Tot aan 2020 lagen de BKG-emissies nog steeds boven het BKG-emissieniveau van 1990. Van 1990 tot aan 2022 zijn de BKG-emissies met 12% afgenomen. Aan een minimale BKG-emissiereductie van 5% per jaar heeft de sector een flinke kluit tot aan 2030.

### Bron van emissies

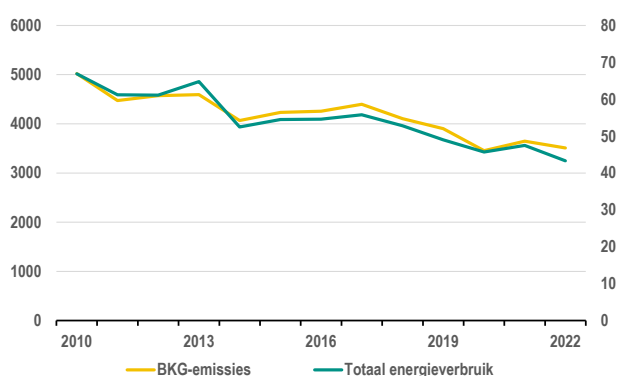
De som van BKG-emissies van de winkels en hun (hoofd)kantoren – het 'primaire retailproces' – vormt doorgaans slechts een klein deel van de totale emissies van de retailer. Om een goed beeld te krijgen over de oorsprong van de BKG-emissies is een holistische benadering nodig. Dit geldt voor zowel de retail als voor de groothandel. De meeste BKG-emissies vinden namelijk 'stroomopwaarts' plaats in de waardeketen door de productie van goederen en het transport, en 'stroomafwaarts' door het gebruik van de producten en het afval daarvan. Om uiteindelijk klimaatneutraliteit te bereiken, is samenwerking met partners in de waardeketen een meer zinvolle aanpak. Dit maakt dat de retail- en groothandel een veel grotere invloed kunnen uitoefenen op de BKG-emissiereducties van een veel groter deel van de economie.

#### Gemiddeld energieverbruik retail & groothandel

 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>      kWh/m<sup>2</sup>      m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>      kWh/m<sup>2</sup>


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in uitstoot BKG en totaal energieverbruik

 mln kg CO<sub>2</sub>-eq      PJ


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

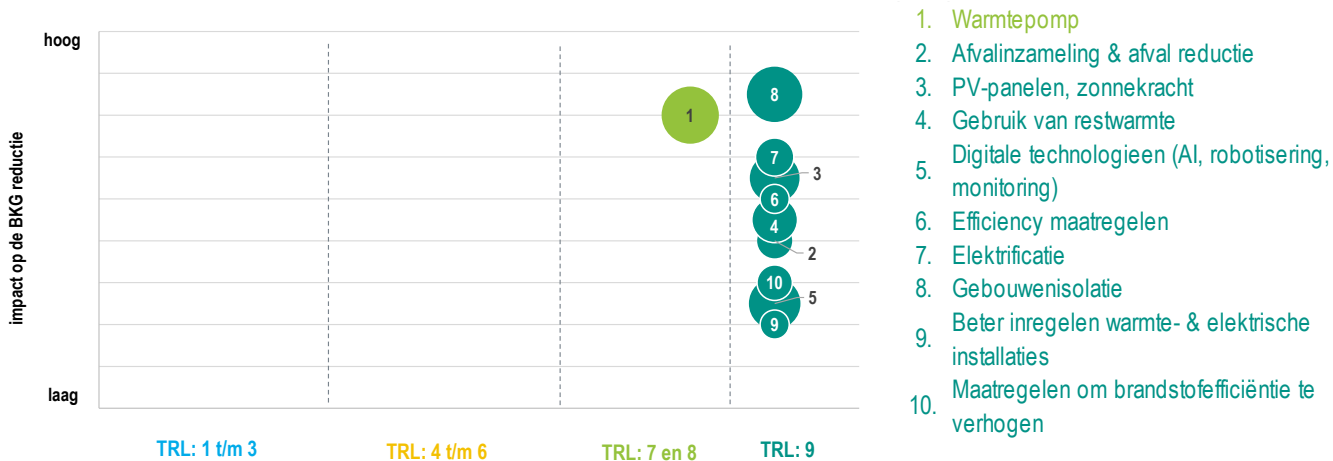
Het pand van de retail en groothandel is van grote invloed op het energieverbruik en daarmee direct op de BKG-emissies. Uit CBS-cijfers blijkt dat hoe ouder het pand van de retail of groothandel, hoe hoger het gasverbruik. In het elektriciteitsverbruik zit maar weinig verschil. Om in de komende jaren de BKG-emissies sneller te verminderen gaat gebouwenisolatie mede het verschil maken. Het probleem is echter dat de gebouwen van de retail- en groothandelsbedrijven vaak niet in eigen beheer zijn.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

De retail- of groothandelsbedrijven die panden in eigen beheer hebben, kunnen investeren in gebouwenisolatie. Het levert niet alleen veel kostenbesparingen op de energierekening op, ook het milieu gaat erop vooruit. Op het gebied van energieverbruik is het met name van belang dat bewust wordt omgegaan met energie en alert te zijn op het energiegebruik bij het verlichten, verwarmen van de winkel en/of opslagruimte en het koelen van producten. Maar er zijn nog meer efficiëncymaatregelen. Denk bijvoorbeeld aan het vermijden van open koel- en vriesvitruines, hergebruik van verpakkingen, gesloten voordeuren bij warm weer (airco optimalisatie) en koud weer (warmtehagen), voedselverspilling tegengaan (samenwerking met voedselbanken, horeca), meer seizoensgebonden biologische streekproducten, minder vleesproducten, LED-verlichting en sensoring. Het zijn allemaal relatief laagdrempelige manieren om de BKG-emissies te verlagen. Dit geldt ook voor de elektrificatie van wagenparken en innovaties op het gebied van duurzame verpakkingen. Afvalmanagement kan ook een grote rol spelen in de BKG-emissiereductie.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

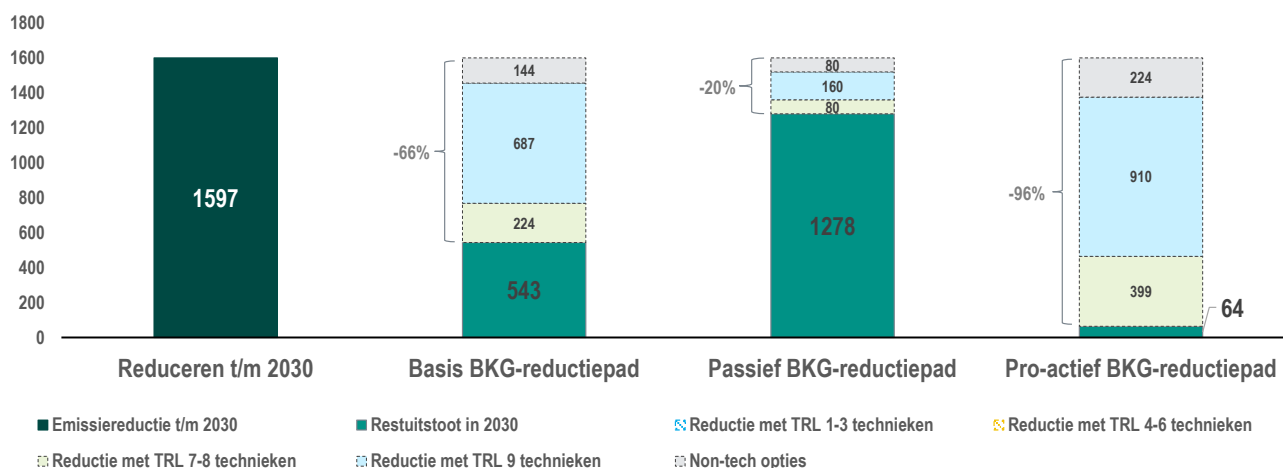
Ook de retail- en groothandel stappen over op de productie van hernieuwbare energie om de BKG-emissies te verminderen en kostenefficiënter te werken. Steeds meer bedrijven in de sector met fysieke winkels en bedrijfsruimtes in eigen beheer schakelen over op zonnepanelen op het dak om aan hun energiebehoeften te voldoen. De warmtepomp kan bij veel kleine bedrijven – die goed geïsoleerd zijn – worden geïnstalleerd. Bij veel groothandelsbedrijven en grote retailers is dit soms een complexere ingreep.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

In de komende jaren zullen de retail en groothandelsbedrijven ook meer onder druk komen te staan van transitierisico's. Dit komt met name tot uitdrukking door veranderingen in overheidsbeleid, opkomende technologieën die van invloed kunnen zijn op de concurrentiepositie en de veranderende voorkeuren van consumenten. Hierbij gaat intensievere samenwerking in de keten – om de overgang naar koolstofneutraliteit te maken – de sector vooruit helpen. In ons basisscenario tot aan 2030 gaan wij ervan uit dat verdere verduurzaming relatief traag verloopt. De sector staat immers met het niveau aan BKG-emissies vergelijkbaar aan 1990 en feitelijk dus nog maar aan het begin van het verduurzamings- en emissiereductietraject. In het basisscenario gaan wij er van uit dat de warmtepomp een relatief beperkte bijdrage gaat leveren tot aan 2030. In ons proactieve scenario is die bijdrage veel groter.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO2-equivalenten



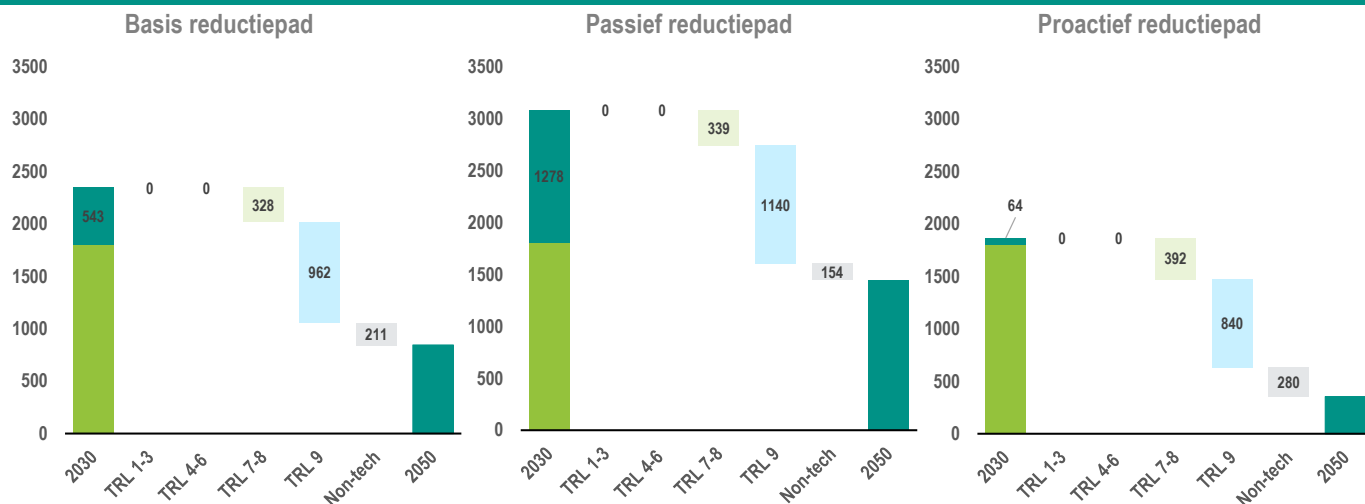
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

In het passieve pad denken wij dat bedrijven niet in staat zijn om voldoende aan te haken bij de transitie. Dit komt mede doordat de investeringen in verduurzaming relatief hoog zijn, in een sector met lage marges en weinig ruimte voor grote investeringen. In het proactieve scenario is er meer financiële steun vanuit de overheid, maar ook meer ambitie om te verduurzamen. Hierbij gaan wij ervan uit dat de inzet van de warmtepomp in een stroomversnelling terecht komt, maar ook dat veel meer aan gebouwenisolatie wordt gedaan.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Retail- en groothandelsbedrijven kunnen een belangrijke rol spelen in het beïnvloeden van consumenten en hun koopgedrag. Door te helpen van klanten in het maken van de koolstofarme keuzes en het assortiment meer duurzaam te maken, kan een beweging op gang brengen die in een lange waardeketen een duurzaam effect gaat hebben. Door hierop in een vroeg stadium voor te sorteren, heeft dat op de lange termijn een grote invloed op veel onderdelen van het economisch systeem. Richting het koolstofneutrale doel in 2050 is de kans groot dat zal de regelgeving steeds stringenter worden. Bedrijven in de sector zullen daarmee meer-en-meer aangemoedigd worden tot het hebben van een koolstofarme strategie. Om tot 2050 aan het klimaatneutrale doel vast te houden, moeten meer retail- en groothandelsbedrijven investeren in koolstofarme technologieën en manieren van werken. Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies op het moment dat daadwerkelijk bedrijven in de sector een hoog ambitieniveau vasthouden na 2030. Het 2050-klimaatdoel wordt in dit geval echter niet bereikt. In ons passieve scenario wordt het 2050-doel evenmin bereikt. De noodzakelijke ambitie en financiële overheidssteun ontbreken in dit geval. Daardoor blijven de koolstofarme investering en verduurzaming in de sector hopeloos achter.

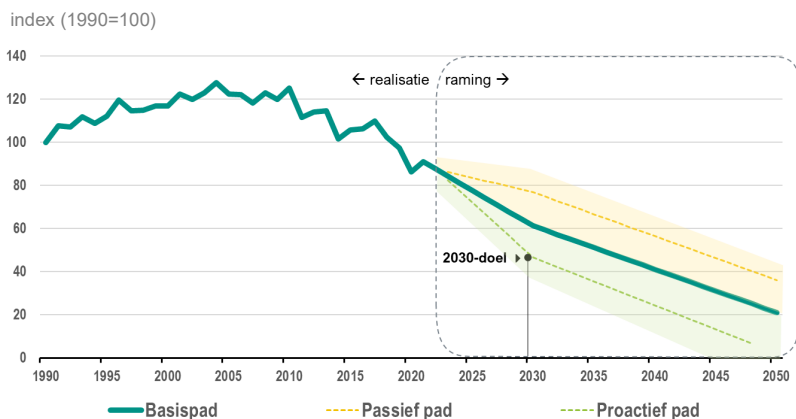
### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO2-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Als we uitgaan van ons basisscenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de sector dan komt uit onze berekeningen dat de sector ook het gestelde doel voor 2050 niet gaat halen. Daarvoor schieten de bestaande technologieën tekort. Dit pad staat nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de retail en groothandel na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2053 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.



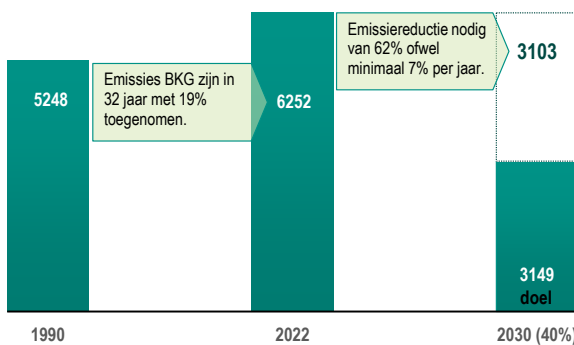
## 17. Transport over land

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De transportsector als geheel heeft een aandeel van circa 13% in de totale BKG-emissies. Het transport over land – vervoer van personen en goederen – is in Nederland verantwoordelijk voor ongeveer 3%. Daarmee heeft deze subsector een belangrijke rol in het traject richting 2030 en verder om de klimaatdoelen te bereiken. Maar om transport over land koolstofvrij te krijgen is een uitdagende opdracht. De investeringscyclus in deze subsector is relatief lang. Zo is de gemiddelde leeftijd van een vrachtwagen in Nederland is 9,8 jaar. Een langere levensduur van veel voertuigen levert in de transitie een extra complicatie op.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

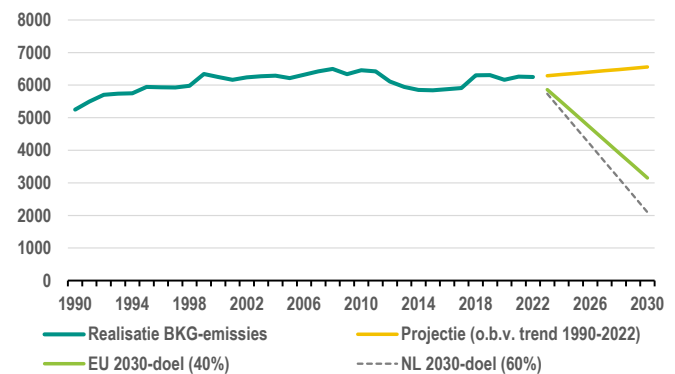
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

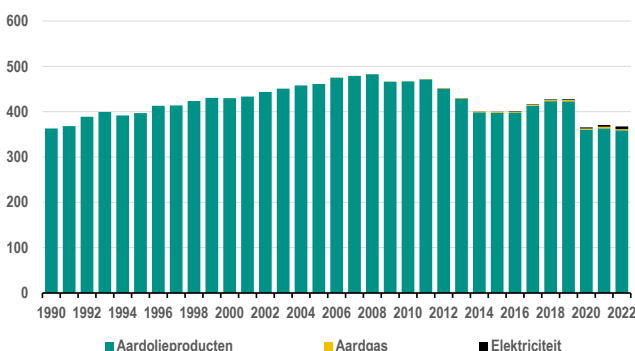
In de periode 1990 tot en met 2022 zijn de emissies van broeikasgassen toegenomen met 19%. Daarmee heeft de sector nog een lange weg te gaan richting 2030 om de gestelde doelen te halen. Het verschil tussen de emissies in 2022 en het gewenste niveau in 2030 is nog 62%. Dit betekent dat van dit moment jaarlijks minimaal 7% aan emissies moet worden gereduceerd. Net als in andere vervoerssectoren – over water en door lucht – zijn de klimaatambities groot, maar blijft de haalbaarheid van het doel lastig.

### Bron van emissies

Het verbruik van aardolieproducten voert de boventoon in de sector en loopt parallel met de BKG-emissies door de tijd heen. In het koolstofvrij maken van de sector speelt elektrificatie op de korte termijn een grote rol. De publiek en private initiatieven tot dusver zijn echter verre van ambitieus genoeg, mede door de nog hoge investeringen. Ook biobrandstoffen (zoals *Hydrotreated Vegetable Oil*, HVO) zijn goede alternatieven.

#### Energie-aanvoer wegverkeer

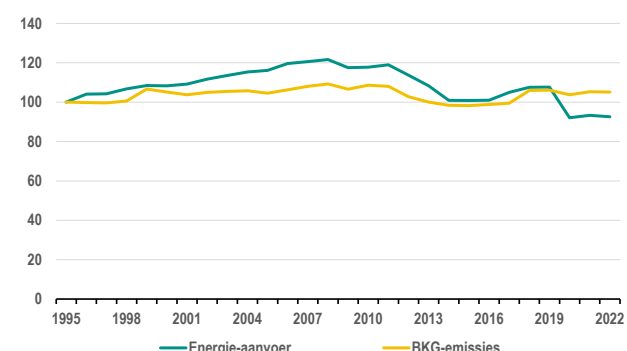
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in uitstoot BKG en energie-aanvoer

index (1995=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

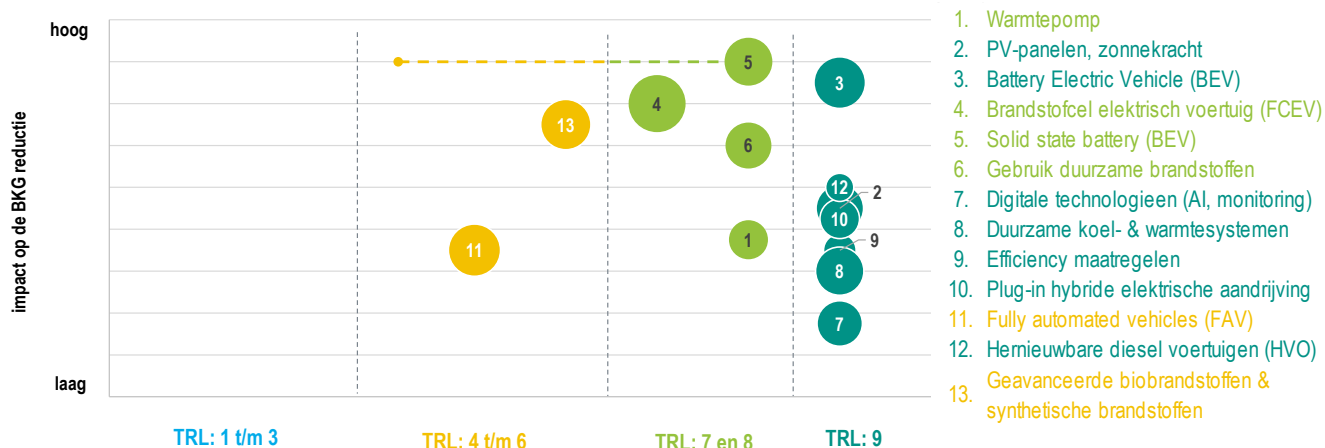
Het is duidelijk dat elektrificatie in deze subsector van de transport de belangrijkste manier is om de vraag naar fossiele brandstoffen voor personenauto's en bestelwagens te verminderen. Alleen overheidsbeleid kan hierin het verschil gaan maken in de komende jaren, maar die is vaak nog niet strikt genoeg. Een toenemend aantal landen formuleert daarom normen voor meer voertuigefficiëntie en veel landen stellen zelfs eisen aan de verkoop van emissievrije voertuigen. Volgens het Internationale Energieagentschap (IEA) moeten alle personenauto's en bestelwagens tegen 2035 emissievrij zijn om tegen 2050 klimaatneutraal te kunnen zijn. Ook de Europese Unie streeft dit doel na. Vanaf 2035 mogen alleen emissievrije auto's in de EU verkocht worden. Nederland is ambitieuzer en wil de nieuwwerkopen van voertuigen op basis van benzine, diesel of lpg al in 2030 in de ban doen.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

De transportsector als geheel loopt flink achter bij het koolstofarm maken van haar activiteiten. Er is echter een keur aan (nieuwe) technologieën beschikbaar voor het koolstofvrij maken van processen. Dan kan het gaan van het ver- en gebruik van brandstoffen en/of materialen met een lagere uitstoot (*biofuels*) tot en met de verdere ontwikkeling van elektrische aandrijving. Jaar-op-jaar neemt de betaalbaarheid, betrouwbaarheid en daarmee ook de bereikbaarheid hiervan verder toe. Om het verminderen van de BKG-emissies in de sector te versnellen kan de sector ook haar energie-efficiency verhogen en de ontwikkeling van nieuwe koolstofarme technologieën te versnellen. Ook de meer 'softe' decarbonisatie-opties kunnen de BKG-emissies helpen verminderen, zoals duurzame logistieke planning en duurzamere vraag van afnemers.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

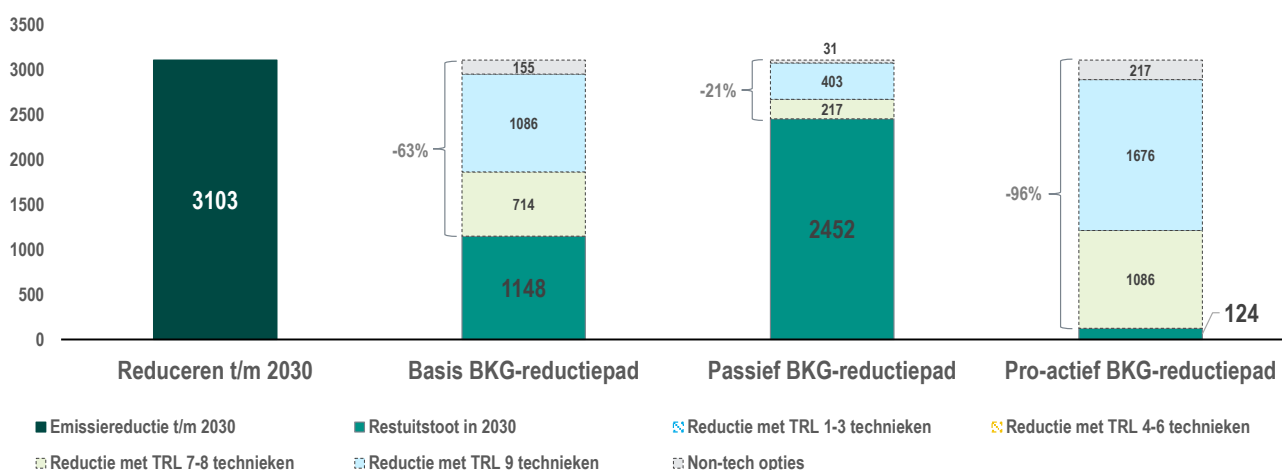
Een snelle invoering van emissievrije voertuigen in combinatie met een elektriciteitsnetwerk op basis van fossielvrije energie is essentieel voor een sterkere vermindering van de BKG-emissies. Vervoer over land is één van de grootste markten voor elektrificatie. Naarmate de batterijkosten blijven dalen, zullen ook de initiële kosten van elektrische voertuigen dalen, waardoor ze concurrerender worden met conventionele varianten. Daarnaast kennen elektrische voertuigen minder onderhoud, een hogere energie-efficiency en lagere gebruikerskosten. Er wordt vanuit gegaan dat met de toename van de energie-efficiency – mede door verdere elektrificatie en de lagere eigendomskosten van elektrische voertuigen (*Total Cost of Ownership*) – koolstofarm wegtransport verder zal versnellen. De emissies van het wegvervoer worden voornamelijk gedreven door een toenemende vraag naar wegvervoer. Een verschuiving naar meer duurzame vormen van vervoer, een verhoging van het aantal reizigers per voertuig of een hogere beladingsgraad van vrachtwagens kunnen een bijdrage leveren aan een daling van de broeikasgasemissies.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Om de klimaatdoelen te bereiken gaat het Internationaal Energieagentschap (IEA) ervan uit dat deze sector moet overstappen van meer dan 90% fossiele brandstoffen naar een energiemix die wordt gedomineerd door koolstofarme vormen van elektriciteit en biobrandstoffen. Veel van de trajecten naar een koolstofarme economie gaan uit van een niet-fossiel elektriciteitsnetwerk. Zodra dit het geval is, dan heeft elektrificatie veel invloed op de reductiehoeveelheid van BKG-emissies.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



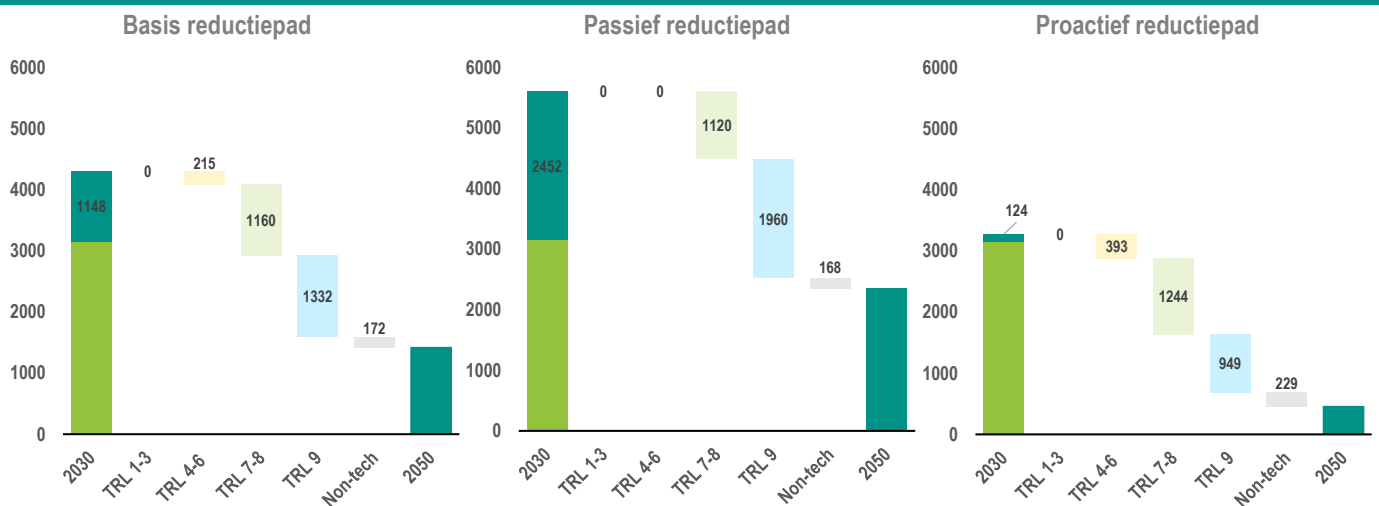
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De technologieën voor een koolstofvrije transport over land hebben veel reductiepotentie. De drie meest kansrijke opties zijn hierin: het overschakelen van fossiele brandstoffen naar koolstofvrije *e-fuels* (in de vorm van vloeibare of gasvormige brandstoffen gemaakt van hernieuwbare energie), door (hernieuwbare) elektriciteit rechtstreeks of in combinatie met batterijen te gebruiken, of door biobrandstoffen te gebruiken. Belangrijk hierin is de schaal waarop dit plaats vindt. Dit komt tot uitdrukking in onze drie scenario's. In ons proactieve scenario richting 2030 gaan wij ervan uit dat de opschaling sneller plaats gaat vinden. De grootste obstakels voor deze opschaling zijn door ondersteunend overheidsbeleid verwijderd. Dit is niet het geval in ons passieve scenario, waardoor een grote achterstand wordt gecreëerd tot aan het 2030-doel. Ons basisscenario laat zien dat het 2030-doel niet wordt bereikt. De elektrificatie verloopt langzamer dan verwacht omdat stimulerend overheidsbeleid achter blijft. Ook de nieuwe technologieën in de TRL-fase 7 en 8 zijn niet in staat om veel bij te dragen aan de reductie.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Op de lange termijn is het in principe mogelijk dat de transportsector het 2050 BKG-emissiedoel bereikt. Dit kan bijvoorbeeld door een vermindering van het aantal vervoerskilometers door o.a. slimmere planning, de inzet van efficiënte voertuigen op grotere schaal en door een intensivering van de vraag naar de koolstofarmere vervoersoptie en -modaliteiten. Er is echter nog veel werk nodig om het transport over land sneller te decarboniseren. Daarbij is het cruciaal om te bepalen welke mix van technologieën een duurzame transitie het best kan ondersteunen. Daar moet het toekomstige overheidsbeleid en ook de publieke investeringen in de laadinfrastructuur op aansluiten. Sowieso blijft de overheid in het hele koolstofvrije traject van de sector een cruciale rol spelen.

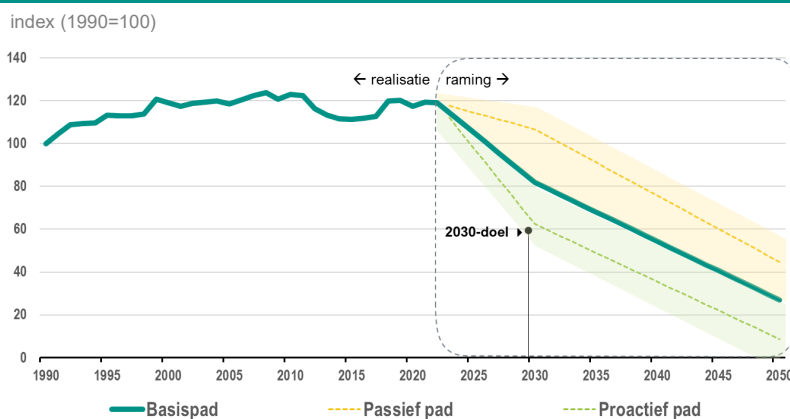
#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De EU bereidt strengere CO<sub>2</sub>-normen voor nieuwe vrachtwagens op de Europese markt, met als doel om in 2050 in de hele EU-27 een uitstoot van nul te hebben. Dergelijk beleid heeft impact op de scenario's. Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies op het moment dat bedrijven met veel strenger en strikt beleid te maken krijgen. Het 2050-klimaatdoel wordt bijna bereikt in dit scenario. In ons passieve scenario wordt dit beleid hopeloos vertraagd. De ambitie ontbreekt rijkelijk bij ondernemers en de koolstofarme investeringen blijven achter. Ook in ons basisscenario haalt de sector het 2050-doel niet, mede vanwege onzekerheid over het beleid en het ontbreken van voldoende overheidssteun om de transitie tempo te geven.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

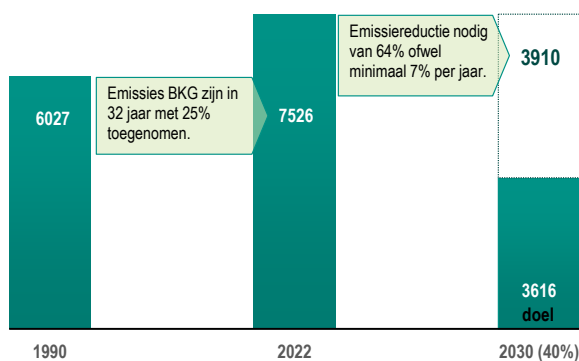
Met de netto-nul kennis van nu bereikt het transport over land na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2055 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

## 18. Transport over water

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

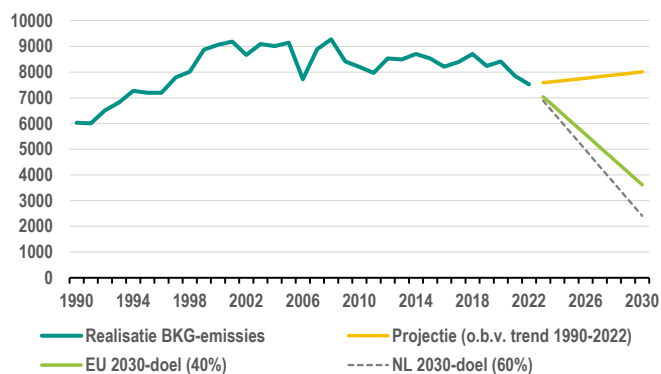
De sector bevat Nederlandse bedrijven actief in de binnenvaart als in de (internationale) zee- en kustvaart. In beide gevallen kan het gaan om zowel personen- als goederenvervoer. Ruim 60% van de bedrijven in deze sector is actief in de binnenvaart (vnl. droge lading & tankvaart). Het is een kapitaalintensieve sector, waarbij de investeringscyclus relatief lang is. In dit geval wordt over een investeringsbeslissing de tijd genomen, omdat transparantie in (grensoverschrijdend) overheidsbeleid vaak nog ontbreekt om alle risico's te minimaliseren. De regelgeving in de binnen- en zee- en kustvaart is vaak complex, soms internationaal en aan veel verandering onderhevig. Vaak meer dan in andere sectoren.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


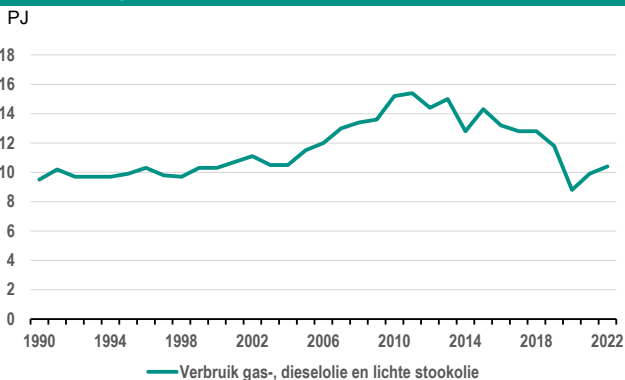
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

De binnenvaart heeft gemiddeld veel kortere reizen ten opzicht van de internationale zee- en kustvaart. Daarmee maakt de binnenvaart meer stops om bij te tanken of op te laden. Door de lagere actieradius en de lagere behoefte aan brandstofopslag heeft de binnenvaart meer mogelijkheden om te decarboniseren dan de internationale zee- en kustvaart. Van BKG-emissiereductie was in het transport over water in de voorbije drie decennia geen sprake. De emissies zijn in de periode van 1990 tot en met 2022 toegenomen met 25%. De emissies laten echter door de tijd heen een beweeglijk patroon zien. Tot aan 2030 moet de sector jaarlijks nog minimaal 7% in emissies verminderen om het doel van 2030 te halen.

### Bron van emissies

De meeste binnenvaartschepen hebben verbrandingsmotoren die fossiele brandstoffen zoals gasolie verbranden. De verbranding daarvan is de hoofdoorzaak van de BKG-emissies. Het verbruik van gas-, dieselolie en lichte stookolie ligt in 2021 bijna 10% hoger dan het niveau van 1990. Om het verbruik van de fossiele brandstoffen op een meer structurele basis te verminderen, zijn de emissie-eisen aan de binnenvaartmotoren per 1 januari 2022 aangescherpt. Bij nieuwbouwschepen mag vanaf dat moment uitsluitend Stage V of Fase V gecertificeerde dieselmotor geplaatst worden. Dit heeft geen directe CO<sub>2</sub>-impact maar helpt om het totaal aan BKG-emissies te verminderen. Het tempo in de reductie zal echter laag zijn vanwege de lange investeringscyclus.

#### Verbruik gas-, dieselolie en lichte stookolie



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in BKG-emissies en intensiteiten

index (2007=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

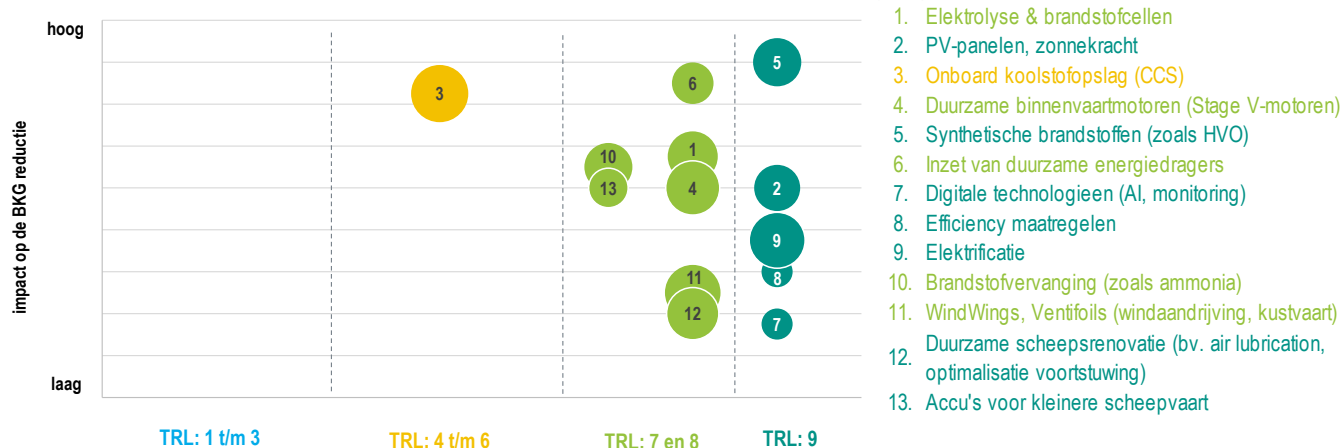
Om de gestelde klimaatdoelen van 2030 en 2050 te bereiken moeten hernieuwbare en koolstofarme brandstoffen in 2030 tussen de 6-9% uitmaken van de energiemix. In 2050 moet dat vervolgens tussen de 86-88% van de brandstofmix voor maritiem transport liggen. De Nederlandse regering steunt het voorstel om de scheepvaartsector te verduurzamen.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidige en toekomstige beschikbare koolstofarme technologieën

De binnen-, zee- en kustvaart heeft verschillende manieren tot haar beschikking om de BKG-emissies te verminderen. In grote lijnen gaat het om het veranderen van de energiedrager, het aanpassen van het ontwerp van het schip, het optimaliseren van de reis, het upgraden van de machines aan boord en het gebruik van nabehandelingsmaatregelen. De keuze van de energiedrager is verreweg de belangrijkste en meest impactvolle manier om op korte termijn resultaten te behalen. Om de BKG-emissies van de sector te verminderen moet het energieverbruik afnemen, waarmee de energie-efficiency verbetert. Ook moet schonere soorten energiedragers worden ingezet, zoals het gebruik van hernieuwbare en koolstofarme brandstoffen.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level; dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

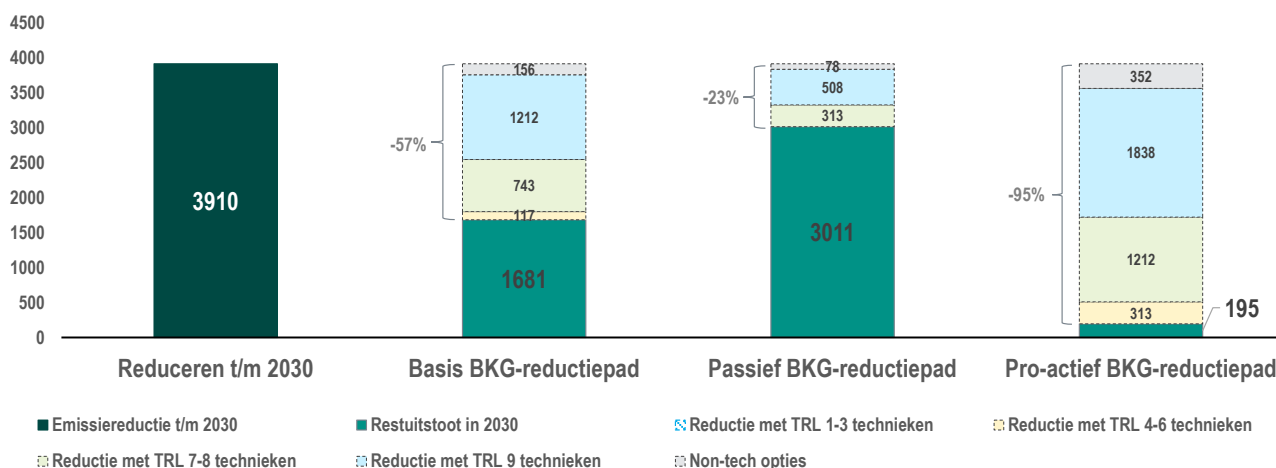
Bij het bepalen van de meest geschikte decarbonisatietechniek is het belangrijk dat gekeken wordt naar het type vaartuig en de leeftijd van het vaartuig. Duidelijk is in ieder geval dat een toenemend gebruik van hernieuwbare brandstoffen en de invoering van energie-efficiëntie maatregelen (bijv. via slimme navigatie) de koolstofvrije toekomst van het transport over water gaan kenmerken. Brandstofvervanging is echter geen eenvoudige opgave. De meeste alternatieve brandstoffen hebben namelijk een lagere energiedichtheid dan de fossiele variant. Daardoor zijn er aan boord grotere tanks nodig – met minder laadvermogen tot gevolg – of een aanpassing van de scheepsconstructie. Dit zijn ingrepen die veel kapitaal vereisen. Deze onzekerheid kan reders terughoudender maken om de huidige oudere schepen te vervangen en te investeren in meer duurzame schepen. In binnen-, zee- en kustvaart geeft een meer holistische benadering van de BKG-emissies meer inzicht, want de exploitatie van een schip is slechts één aspect. Diverse analyses van de hele levenscyclus van een schip laten zien dat naast de exploitatiefase ook veel indirecte BKG-emissies plaatsvinden in de scheepsbouw, brandstofproductie (en -transport) en havenactiviteit.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Vanaf 2023 valt de zee- en kustvaart onder het EU-emissiehandelssysteem (EU ETS), binnenvaart (nog) niet. De *FuelEU Maritime Regulation* is een nieuwe verordening die per 1 januari 2025 van kracht wordt en die vereisten oplegt ten aanzien van het energieverbruik aan boord en daarmee de BKG-emissies helpt te verminderen. Hiermee moet de broeikasgasintensiteit van de gebruikte energie over heel 2025 met 2% zijn verbeterd ten opzichte van 2020 en dit moet tegen 2050 zijn opgelopen tot 75%.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



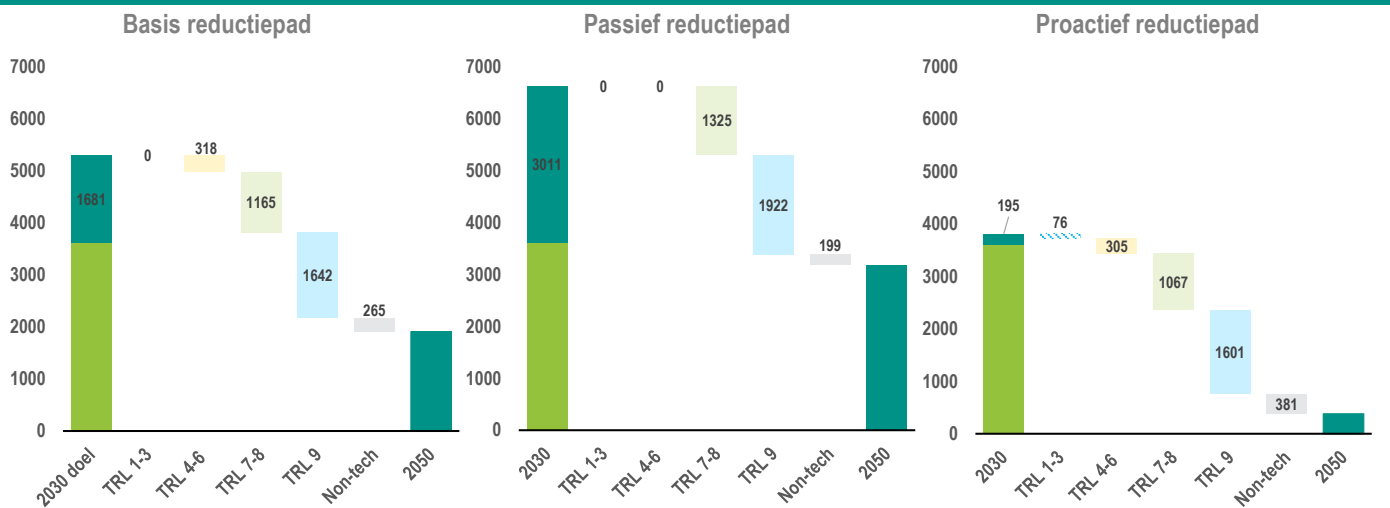
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Naast de beschikbare koolstofarme technologieën gaan overheidsbeleid en het ambitieniveau in de sector het BKG-emissiereductiepad richting 2030 bepalen. De transitie zal echter niet snel gaan, want verschillende obstakels – zoals de kapitaalintensiteit en de langere investeringscyclus – kunnen niet eenvoudig worden verwijderd. Dit komt tot uitdrukking in ons basisscenario. Het 2030-doel wordt daarmee niet bereikt. In ons proactieve scenario richting 2030 gaan wij ervan uit dat er veel meer ondersteunend overheidsbeleid is en het ambitieniveau onder ondernemers in de sector ook veel hoger is. Dan vindt de opschaling sneller plaats. Dit is niet het geval in ons passieve scenario, waardoor een grote achterstand wordt gecreëerd tot aan het 2030-doel. De transitie verloopt stroef omdat stimulerend overheidsbeleid relatief sober is en ondernemers geen noodzaak zien om meer te investeren dan strikt noodzakelijk. De nieuwe technologieën in de TRL-fase 4 tot en met 8 zijn niet in staat om veel bij te dragen aan de reductie in het basisscenario en het proactieve scenario.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

De duurzame toekomst van het vervoer over water blijft onzeker. Dit komt door de complexiteit van de inzet van alternatieve brandstoffen, de vereiste investeringen die daarmee gepaard gaan en de investeringen in de infrastructuur, het aanpassen van schepen en het opschalen van R&D-activiteiten. In vergelijking met andere manieren van transport biedt de binnenvaart voordelen, zoals een groot transportvolume, kosteneffectiviteit en het milieuvriendelijke karakter. Maar de grote afhankelijkheid van dieselmotoren en de bijbehorende uitstoot onderstrepen echter de dringende behoefte aan duurzamere oplossingen. Dan wordt op de lange termijn de keuze van brandstof, de structuur van het elektriciteitssysteem en het tempo van de groei van de verladingen steeds belangrijker voor het behalen van de doelstellingen voor het verminderen van de BKG-emissies.

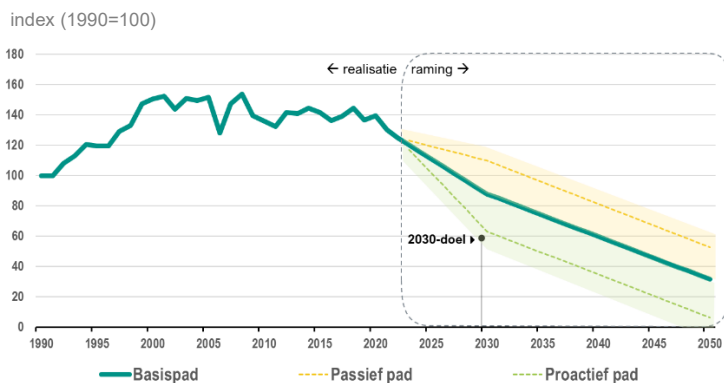
#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies op het moment dat daadwerkelijk bedrijven veel meer investeren en verduurzamen. Wij gaan er hierbij van uit dat de technologieën in TRL 4 tot en met 8 ook een zinvolle bijdrage gaan leveren aan het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050. Het 2050-klimaatdoel wordt bijna bereikt in dit scenario. In ons passieve scenario is dit verre van het geval. De noodzakelijke ambitie ontbreekt rijkelijk ondernemers en de koolstofarme investering blijven hopeloos achter. Ook in ons basisscenario haalt de sector het 2050-doel niet. Hierbij blijkt dat doorbraaktechnologieën en doorontwikkeling van bestaande koolstofarme technologieën in deze sector onontbeerlijk zullen zijn.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

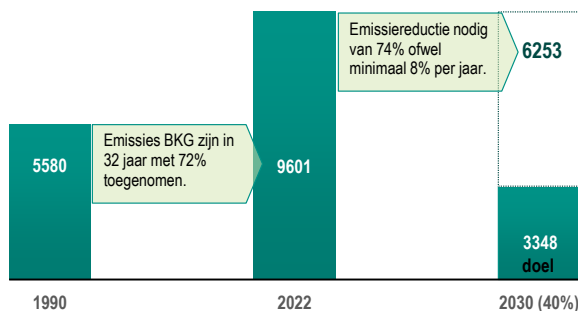
Met de netto-nul kennis van nu bereikt het transport over water na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2056 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

## 19. Transport door lucht

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

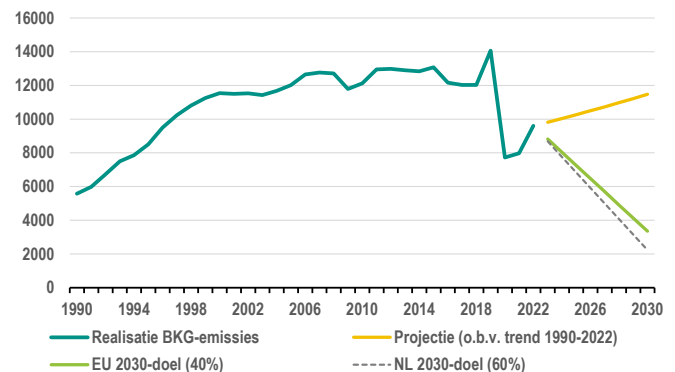
Door sterke groei van de luchtvaart in de afgelopen decennia is de impact ervan op de leefomgeving groter geworden, vooral door de toename van de BKG-emissies. Daardoor is de sector vaak onderdeel van het maatschappelijk debat. Het luchtvervoer als geheel vertegenwoordigt zo'n 2-3% van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-uitstoot, aldus de brancheorganisatie voor de internationale luchtvaart (IATA). De luchtvaart wordt ook gekenmerkt door een snelle groei van de emissies, die in de periode 1960-2018 met factor 6-7 toenam. Daarmee is het één van de snelst groeiende bronnen van emissies in de wereldeconomie (IPCC).

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

 mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

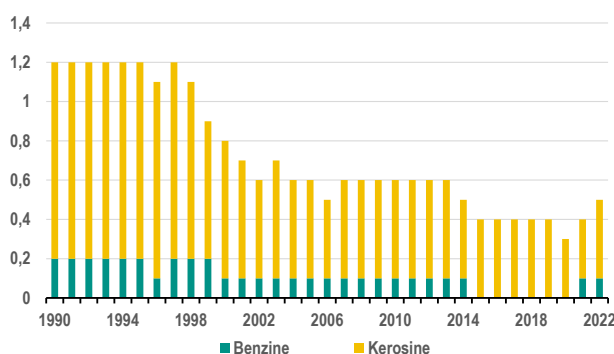
De BKG-emissies in de luchtvaart zijn tijdens de voorbije drie decennia snel toegenomen. Dit komt vooral doordat het aantal vliegtuigpassagiers in heel Europa en het luchtvrachtvervoer sinds de jaren 90 sterk zijn toegenomen. Het aantal vluchten in 2020 daalde echter aanzienlijk door de beperkingen van Covid-19, waardoor de BKG-emissies eveneens sterk daalden. Van 1990 tot en met 2022 zijn de emissies met 72% toegenomen en dat is 2,3% per jaar. Met een nodige reductie van minimaal 8% per jaar in de BKG-emissies is het 2030-doel ver weg.

### Bron van emissies

Vliegtuigen verbranden fossiele brandstof – met name kerosine – waarbij niet alleen CO<sub>2</sub> vrijkomt, maar ook stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), methaan, lachgas en andere bijproducten worden uitgestoten. Het brandstofverbruik en de emissies zijn afhankelijk van het brandstoftype, het vliegtuigtype, het motortype, de motorbelasting en de vlieghoogte.

#### Energie-aanvoer binnenlandse luchtvaart

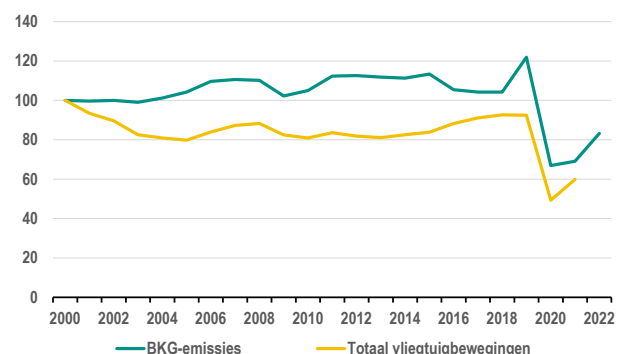
PJ



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### BKG-emissies in de sector en vliegbewegingen

index (2000=100)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

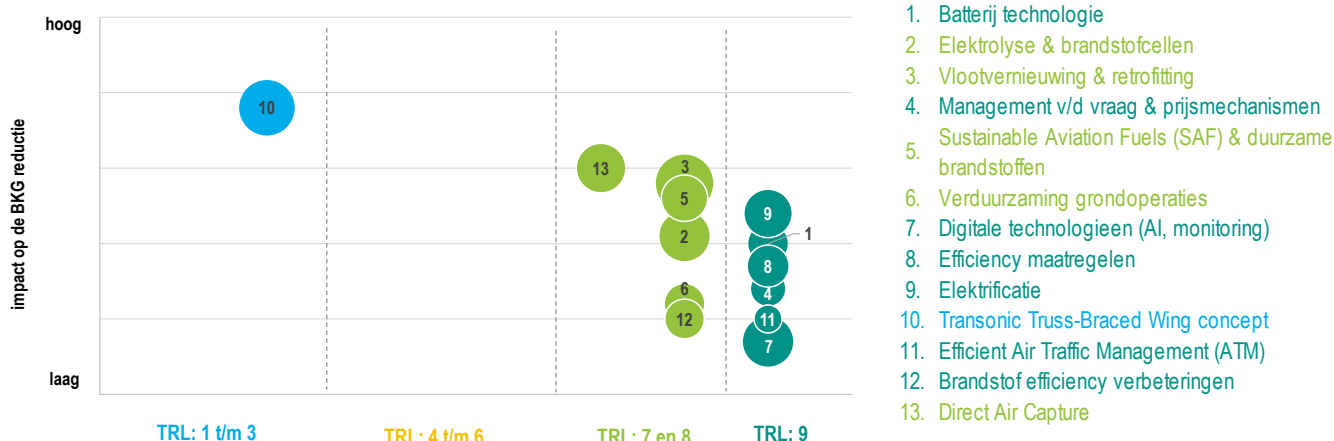
Maatregelen om de BKG-emissies in de luchtvaartsector sterker terug te dringen hangt af van de striktheid van de regelgeving en van de commitment van luchtvaartmaatschappijen. Sommige luchtvaartmaatschappijen hebben aangekondigd dat zij niet zullen terugkeren naar het aantal vliegbewegingen van vóór Covid-19. Maar niet elke maatschappij zal zich hieraan houden. Naast het aanzienlijk terugdringen van het brandstofverbruik en het bevorderen van koolstofarme technologieën voor de luchtvaart, heeft stimulerend overheidsbeleid en regulerende wetgeving veel invloed om de BKG-emissies terug te dringen. Regelgeving gaat bijvoorbeeld helpen om de groei van vliegbeweging in te perken, maar kan bijvoorbeeld ook een versnelling betekenen in de koolstofarme transitie in de grondactiviteiten van vliegtuigmaatschappijen. In een voorlopig EU-akkoord gaat er een bijmengverplichting gelden in 2035 van 20% biobrandstof en in 2050 moet het voor 70% *Sustainable Air Fuels* (SAF) zijn.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Het potentieel van veel koolstofarme technologieën voor de sector is relatief goed bekend. De onzekerheden over de toepassing van veel technologieën en toekomstige technologieën is echter relatief groot. Ook zijn er grote verschillen in de inzet en potentie van koolstofarme technologieën per type vliegtuig. Voor een uitgebreide analyse verwijzen wij naar het rapport [Destination 2050](#) van Europese belangenorganisaties voor de luchtvaartindustrie. Er zijn twee belangrijke koolstofarme technologieën die regelmatig worden besproken in de verschillende publicaties rondom een koolstofvrije luchtvaart. Het betreft elektrisch vliegen en duurzame alternatieve brandstoffen. Batterijtechnologie kent de nodige uitdagingen. Denk bij duurzame brandstoffen aan waterstof, van biomassa afgeleide brandstoffen of e-brandstoffen (ook wel genoemd *power-to-liquid* of niet-biogene synthetische brandstoffen).

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

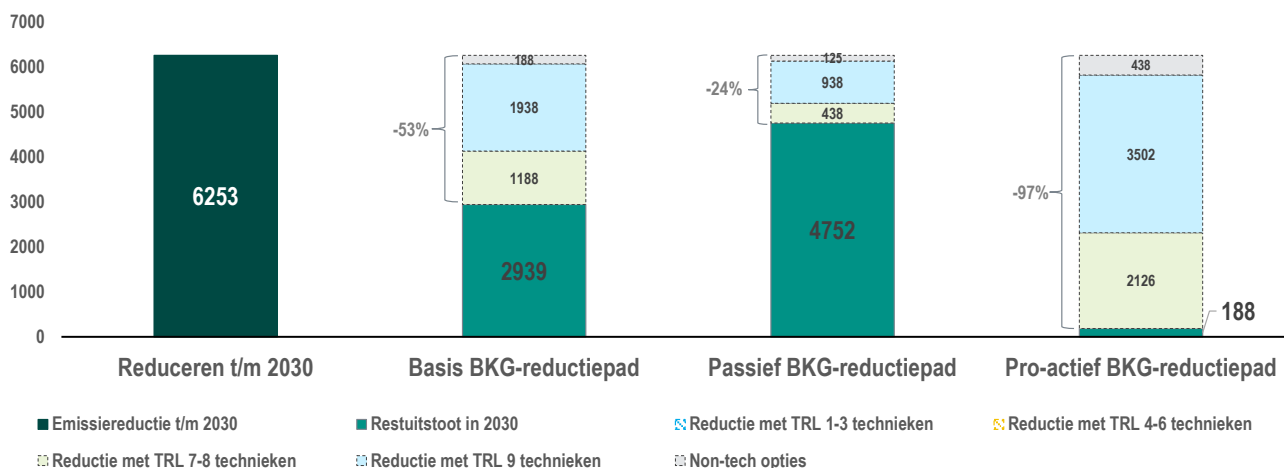
Met *Sustainable Aviation Fuels* (SAF) kunnen op de korte termijn resultaten worden geboekt. Volgens het rapport *Destination 2050* kan het aanbod van SAF toenemen van 3 Mt in 2030 tot 32 Mt in 2050. Dit volume staat ongeveer gelijk aan 83% van het totale kerosineverbruik in de sector. Er moeten echter nog stappen gezet worden in de opschaling van SAF en dit is geen gemakkelijke taak. De voorraden biogebaseerde alternatieven zijn relatief laag en er moet hierin bovendien geconcurrereerd worden met andere sectoren. Ook *Direct Air Capture* wordt gezien als een belangrijke technologie voor de sector om toe te passen. De inzet ervan is vaak in samenwerking met partners, die lucht zuiveren via grote industriële ventilatoren op locatie. Bij lange afstandsvluchten zijn de alternatieven voor vloeibare brandstoffen (zoals batterijen voor elektrische vliegtuigen of waterstof als brandstof) complexer, in tegenstelling tot het gebruik ervan voor de regionale vluchten. Europese samenwerking in R&D-programma's zijn cruciaal. Het ontwikkelen van nieuwe (baanbrekende) technologieën voor de luchtvaart komt veel beter en sneller van de grond als de handen ineen geslagen worden.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

In de luchtvaartsector is de doorlooptijd voor de implementatie van koolstofarme technologieën relatief lang. Dit betekent dat de vermindering van de BKG-emissies trager verlopen dan in sector waar de koolstofarme technologieën snel kunnen worden ingezet in de processen. De sector is bovendien kapitaalintensief en kent – net zoals zoveel andere subsectoren in de transportsector – een langere investeringscyclus. Hierdoor is de kans groot dat de transitie naar koolstofvrij verbruik oploopt richting 2030.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO2-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau



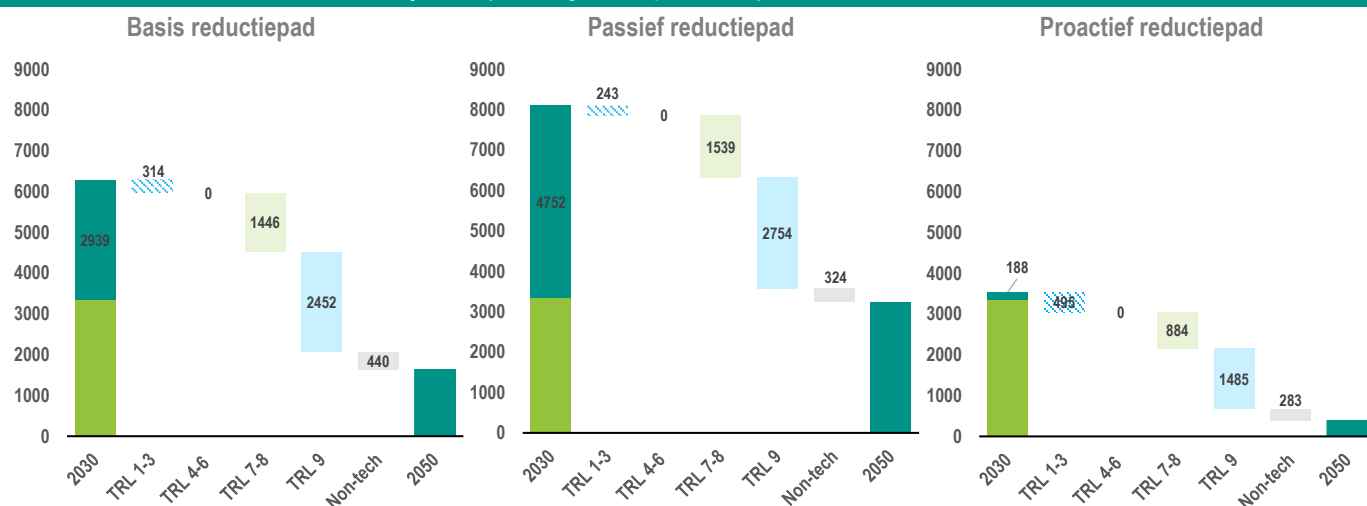
Duidelijk is in ieder geval dat de sector in de jaren tot en met 2030 tot meer decarbonisatie-actie zal overgaan. Het is echter bijna essentieel dat enerzijds de transitie in deze sector wordt versneld aan de hand van stringenter overheidsbeleid en anderzijds hierbij ook deels steun krijgt vanuit de overheid om die transitie te kunnen maken. Zo is onder andere het pad van de afschaffing van de gratis emissierechten voor de luchtvaartsector in de komende jaren bekend: 25% in 2024, 50% in 2025 en 100% vanaf 2026. Dit betekent dat emissierechten vanaf 2026 volledig worden geveild onder het Europese emissiehandelssysteem (EU ETS). Voor vliegtuigmaatschappijen betekent dit dat zij veel meer moeten investeren in koolstofarme technologieën in de komende jaren.

In ons basisscenario gaan wij ervan uit dat 53% van de 6.253 miljoen kg CO<sub>2</sub>-eq. tot aan 2030 kunnen worden verminderd als gevolg van komende vernieuwingen van de bestaande vloot, efficiencyverbeteringen rondom alle activiteiten vliegtuigmaatschappijen en een toename van de elektrificatie daarin. De inzet van duurzame brandstoffen is in dit scenario nog te beperkt om een zinvolle bijdrage te kunnen leveren. Dit is wel het geval in ons proactieve scenario, maar nog steeds niet voor de volle 100%. Daarvoor is het nog te vroeg. In ons passieve scenario verloopt de transitie relatief stroef omdat stimulerend overheidsbeleid relatief sober is en vliegtuigmaatschappijen geen noodzaak zien om meer te investeren dan strikt noodzakelijk.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Richting 2050 gaat doorontwikkeling van de vliegtuig- en motortechnologie de luchtvaart meer-en-meer koolstofvrij maken. Ook de vervanging van de vloot tussen 2030 en 2050 voor meer efficiënte en koolstofarme varianten – zoals op waterstof aangedreven vliegtuigen en hybride-elektrisch vliegtuigen voor regionaal gebruik – helpt de sector om op het koolstofvrije pad te blijven.

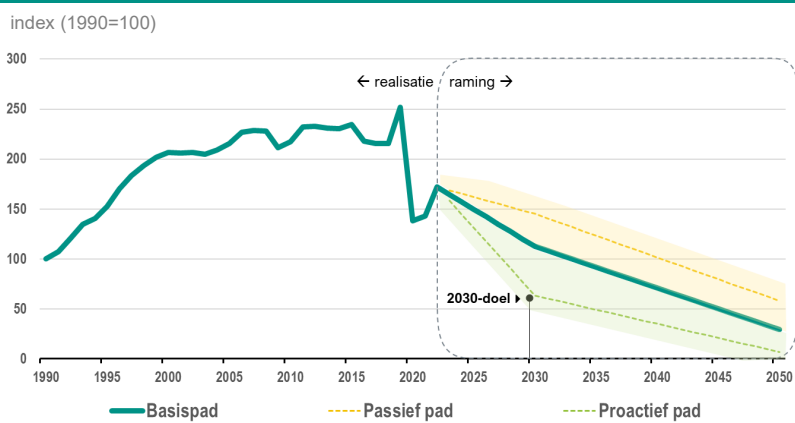
#### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Zonder gratis emissierechten zet de koolstofarme transitie zich sneller door. Dit komt terug in elk scenario. Wij gaan er vanuit dat de technologie in de TRL 1 tot en met 3 ook een zinvolle bijdrage gaat leveren aan het emissiereductiepad tussen 2030 en 2050. Het zorgt ervoor dat in ons basisscenario de reductie van BKG-emissies relatief hoog is. Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies op het moment dat daadwerkelijk bedrijven in de sector een hoger ambitieniveau vasthouden na 2030. Het klimaatneutrale 2050-doel wordt echter niet bereikt. In ons passieve scenario wordt het 2050-doel evenmin bereikt.

#### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt het vervoer door de lucht na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2057 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

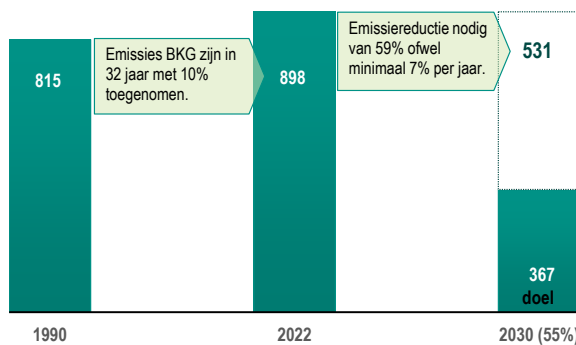
## 20. Horeca

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De horeca telt ruim 76.000 bedrijven in Nederland. Dit zijn voornamelijk MKB bedrijven. Ongeveer 85% van deze bedrijven zijn eet- en drinkgelegenheden (zoals restaurants, fastfood), terwijl 15% van de bedrijven logiesverstrekkers zijn (zoals hotels, campings). De sector heeft de potentie om veel schakels in de waardeketen te beïnvloeden. Door gerichte duurzame keuzes kan de sector bijvoorbeeld gebruik van voedingsmiddelen en grondstoffen en energieverbruik de verduurzaming vorm geven.

#### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

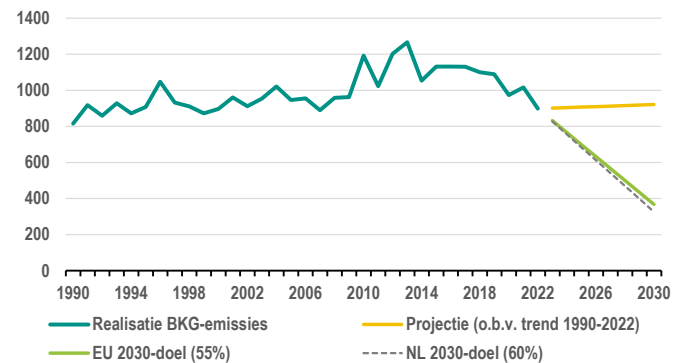
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

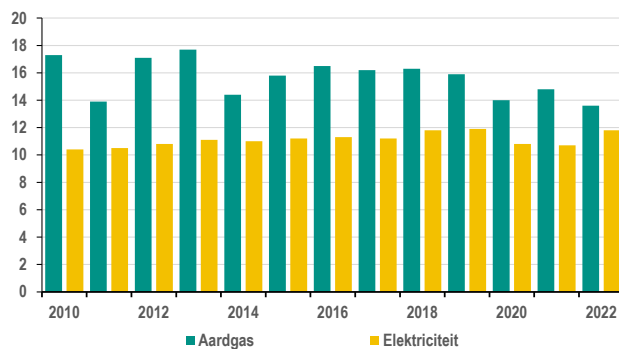
De horecabedrijven hebben in de afgelopen 32 jaar de BKG-emissies zien toenemen met 10%. In 2022 liggen de BKG-emissies nog steeds boven het BKG-emissieniveau van 1990. De BKG-emissies in de horeca bereiken hun piek in 2013. Daarna nemen de BKG-emissies in een grillig patroon af. Om het 2030-doel te kunnen bereiken, moet de sector elk jaar tot aan 2030 minimaal 7% aan BKG-emissiereductie zien te bereiken.

### Bron van emissies

De directe BKG-emissies die door bedrijven in de sector worden geproduceerd zijn vooral afkomstig van verbranding van brandstoffen op locatie voor verwarming (ruimtes en water), koeling en koken, maar ook de BKG-emissies van brandstoffen die worden verbruikt voor de voertuigen in het bezit van het horecabedrijf. Voor elk van de subsectoren van de horeca – zoals hotels, cafés, restaurants, campings, snackbars, e.d. – kan de grootste bron van emissies verschillen. Voor de sector als geheel is aardgas echter de voornaamste energiedrager, gevolgd door elektriciteit. Om een goed beeld te krijgen over de oorsprong van de BKG-emissies is een meer holistische benadering nodig. De meeste BKG-emissies vinden namelijk 'stroomopwaarts' plaats in de waardeketen door de productie van horecagoederen en -diensten en het transport. Om uiteindelijk klimaatneutraliteit te bereiken, is samenwerking met partners in de waardeketen een zinvolle aanpak. Dit maakt dat de retail- en groothandel een veel grotere invloed kunnen uitoefenen op de BKG-emissiereducties van een veel groter deel van de economie.

#### Energie-aanvoer Horeca

PJ

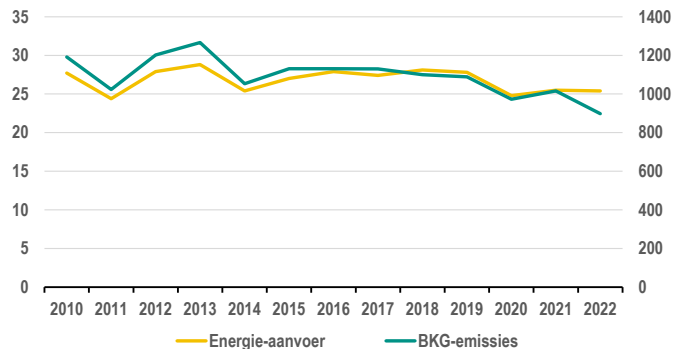


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

#### Sectortrend in uitstoot BKG en energie-aanvoer

PJ

mln kg CO<sub>2</sub>-eq



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

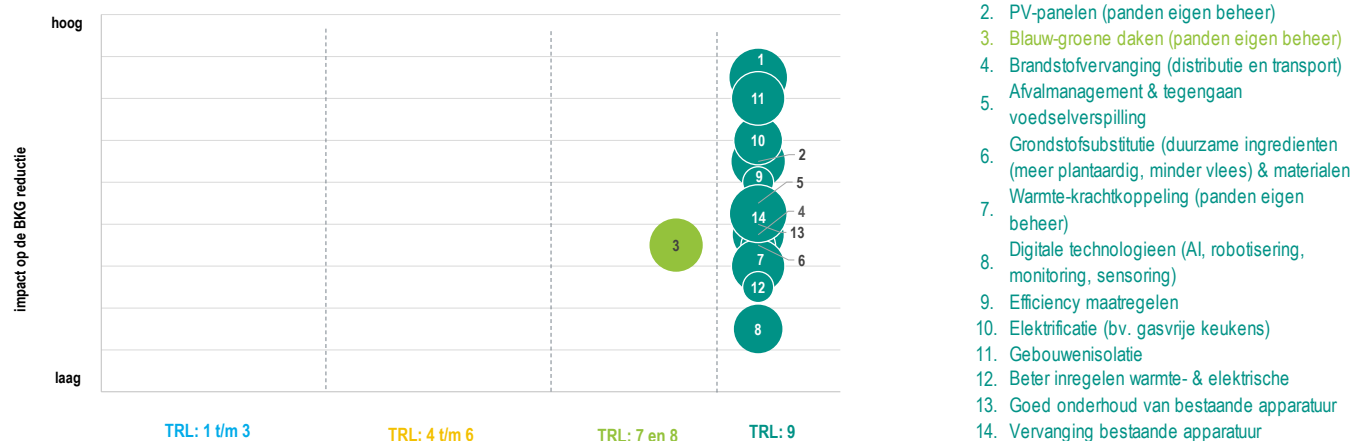
De trend in het elektriciteitsverbruik is sinds 2010 nagenoeg stabiel, met slechts een kleine volatiliteit tussen de 10 en 12 PJ. In het gasverbruik zit door de jaren heen wat meer variabiliteit. Het totaal aan verbruikte energie heeft een directe relatie met de uitstoot van broeikasgassen. Met name de vermindering van het gasverbruik gaat flink bijdragen aan minder BKG-emissies.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Om de BKG-emissies te verminderen kunnen laagdrempelige maatregelen genomen worden, die op termijn veel effect kunnen hebben op de CO<sub>2</sub>-voetafdruk. Zo kunnen bedrijven in de eet- en drankgelegenheden ingrediënten, producten of diensten gebruiken of inkopen met een lage koolstofvoetafdruk. Dit kan bijvoorbeeld door vooral lokaal of regionaal met toeleveranciers in zee te gaan. Verder kunnen panden voorzien worden van energiebesparende apparatuur en/of hernieuwbare energie. Het verminderen van voedselverspilling en de afvalstroom blijft in de sector een hot topic. Dit vraagt om gedragsverandering. Horecabedrijven kunnen actief het koopgedrag van consumenten beïnvloeden en hen stimuleren om duurzame keuzes te maken.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

**Noot:** TRL staat voor Technical Readiness Level; dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

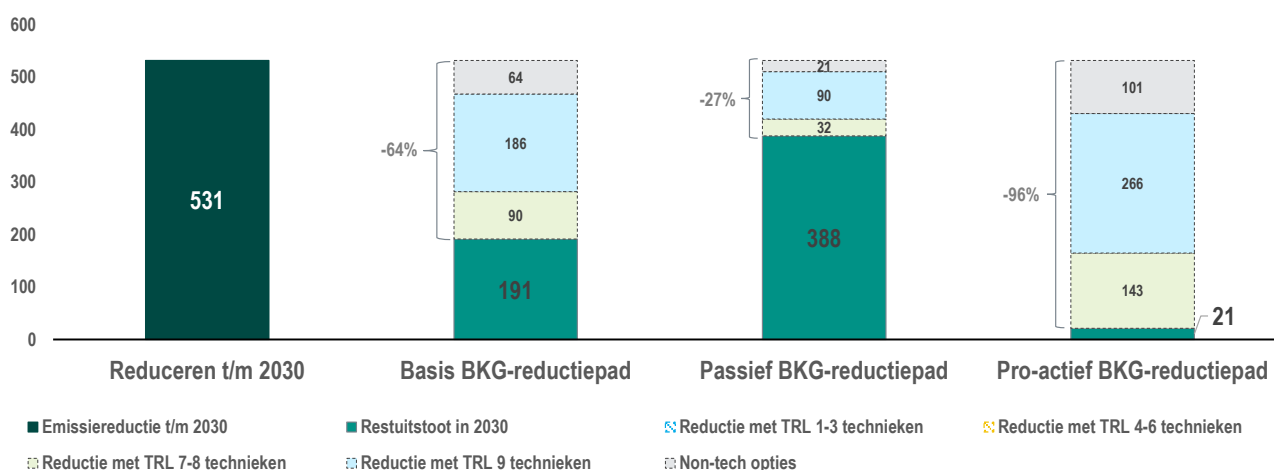
Veel van de emissiereductie-opties in deze sector zitten in de TRL 9 fase en hebben zich inmiddels al ruimschoots bewezen. De technologieën of opties die per saldo het hoogste emissiereductiepotentieel hebben, vergen vaak ook relatief veel investeringen. Het gaat hier bijvoorbeeld om de installatie van warmtepompen, zonnepanelen en elektrificatie. Hierbij is het hebben van de horecapanden in eigen beheer een voorwaarde. Andere maatregelen in de matrix zijn zeer zinvol, maar hebben een iets lager reductiepotentieel. Denk bijvoorbeeld aan efficiency-maatregelen en regelapparatuur. Op 1 juli 2017 is de Erkende Maatregelenlijst Horeca ingegaan. Bedrijven die meer dan 50.000 kWh aan elektriciteit of meer dan 25.000 m<sup>3</sup> gas per jaar verbruiken moeten alle energiebesparende maatregelen melden bij de RVO. De maatregelen hebben betrekking op bijvoorbeeld koel- of vriesmeubelen of koel- of vriescellen bij grote professionele keukens. Goed onderhoud van bestaande apparatuur is eveneens erg effectief.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

Gezamenlijk hebben de bedrijven in de horeca slechts een marginale bijdrage leveren aan de totale jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen. Toch heeft de sector er veel baat bij om actief de CO<sub>2</sub>-voetafdruk te verlagen de komende tijd. Klimaatverandering brengt namelijk een risico voor horecabedrijven. Zo kunnen de acute fysieke risicofactoren – zoals droogte, overstromingen, bosbranden of milieurampen – een flinke impact hebben op bedrijfsactiviteiten. Door deze extreme klimaat- en milieugebeurtenissen kunnen panden en activa verloren gaan, kunnen toeleveringsketens ernstig verstoord worden en kan de prijs van grondstoffen een vlucht nemen. Dit vraagt om meer investeren in verduurzaming.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



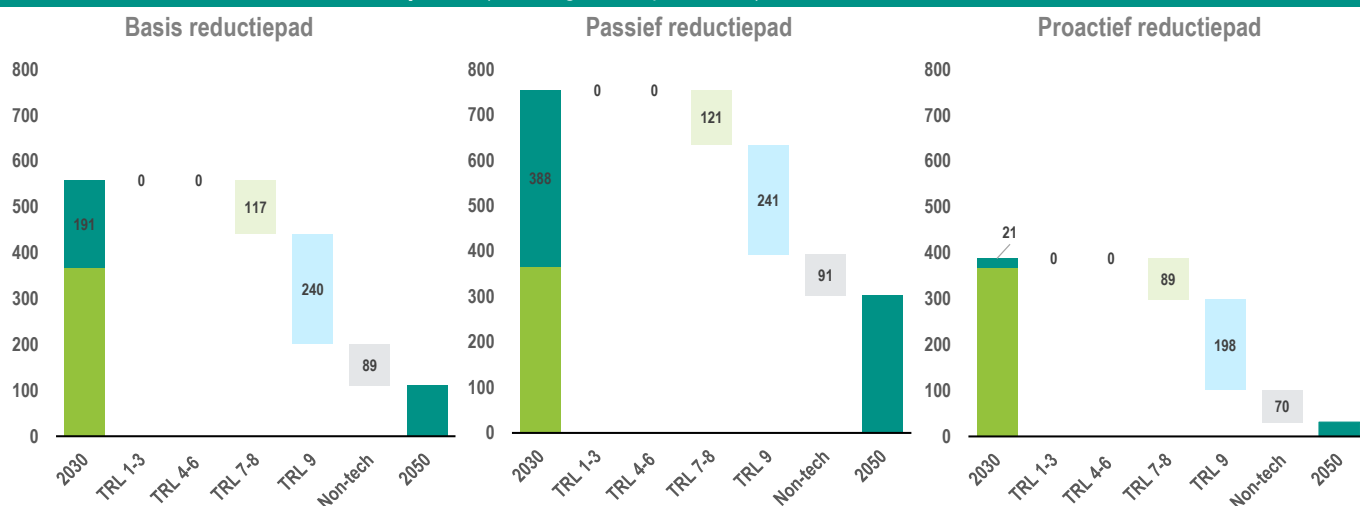
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Een belangrijk obstakel voor de horeca om meer te verduurzamen zijn echter soms de relatief hoge investeringen die nodig zijn om die versnelling te realiseren. In het basisscenario gaan wij er van uit dat niet alleen de inzet van de warmtepomp op grotere schaal een bijdrage gaat leveren tot aan 2030, maar ook dat meer aan gebouwenisolatie wordt gedaan. Vaak zijn echter horecaondernemers niet de eigenaar van het panden, waardoor er vertraging in de verduurzaming van gebouwen ontstaat. In ons proactieve scenario gaan wij ervan uit dat de eigenaren van de horecapanden een hoog ambitieniveau hebben om te verduurzamen. Mede dankzij ook meer overheidssteun komt verduurzaming sneller van de grond. In ons passieve pad gaan wij ervan uit dat bedrijven niet in staat zijn om voldoende aan te haken bij de transitie. Dit komt door de hoge investeringen in verduurzaming, in een sector waar de marges relatief laag zijn.

### Potentie emissiereductie 2030-2050

Het koolstofvrij maken van de horeca is mogelijk, maar dit vereist onder meer beïnvloeding van consumentengedrag voor meer bewustwording en nauwere samenwerking met leveranciers in de toeleveringsketens, zoals partners in de landbouw, voedingsmiddelenindustrie en horecadienstverlening (zoals schoonmaakdiensten). Dit zijn relatief complex en trage trajecten die echter op de lange termijn positief kunnen bijdragen aan de vermindering van de BKG-emissies. De omschakeling naar hernieuwbare energie en het installeren van een warmtepomp staan eveneens op de langere termijn centraal in de horeca voor het terugdringen van de BKG-emissies. Ons proactieve scenario geeft het pad weer in de BKG-emissies op het moment dat daadwerkelijk bedrijven in de sector een hoog ambitieniveau vasthouden na 2030. Het zal veel investeringen vereisen in verduurzaming, maar dan zal het 2050-klimaatdoel bereikt worden. In ons passieve scenario wordt het 2050-doel niet bereikt. De noodzakelijke ambitie en financiële overheidssteun ontbreken in dit geval. Daardoor blijven de koolstofarme investering en verduurzaming in de sector hopeloos achter.

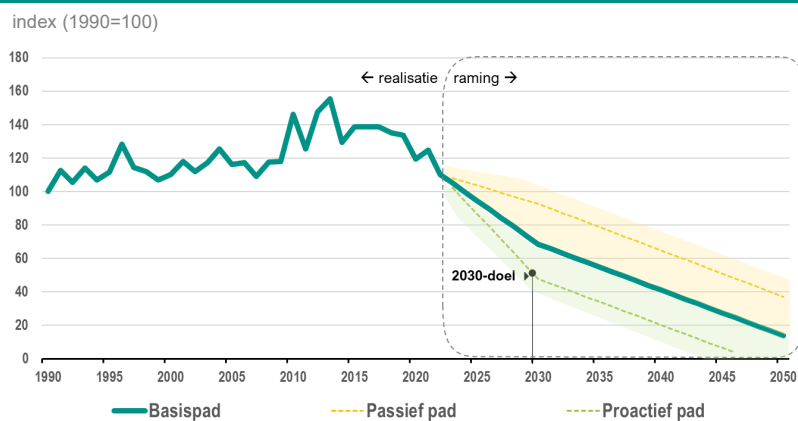
### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Als we uitgaan van ons basisscenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de sector dan komt uit onze berekeningen dat de sector ook het gestelde doel voor 2050 niet gaat halen, hoewel er een aanzienlijk hoeveelheid BKG-emissiereductie bereikt kan worden. De sector heeft immers genoeg decarbonisatietechnologieën tot haar beschikbaar.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de horeca na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2053 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.



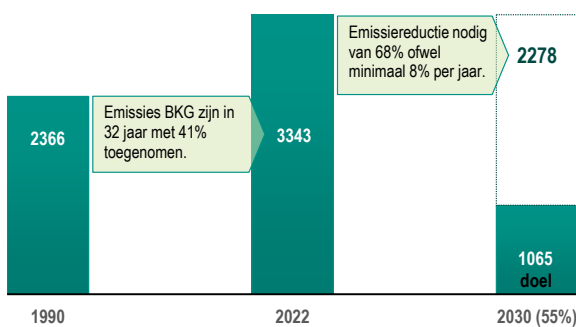
## 21. Zakelijke dienstverlening

### De 2030 klimaatuitdaging voor de sector

De dienstensector kent een groot aantal, vaak kleine bedrijven. Gezamenlijk leveren zij slechts een marginale bijdrage aan de totale jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen. Voor de Nederlandse economie is het echter een belangrijke sector, met een aandeel van 14% in de totale toegevoegde waarde. Ondanks de relatief lage CO<sub>2</sub>-voetafdruk is de dienstensector erbij gebaat om actief de BKG-emissies te verlagen. Klimaatverandering brengt namelijk risico's met zich mee voor veel dienstverleners. Zo kunnen de acute fysieke risicofactoren – zoals droogte, overstromingen, bosbranden of milieurampen – impact hebben op de bedrijfsactiviteiten. Dienstverleners met activiteiten of klanten bijvoorbeeld materiële schade oplopen of inkomsten verliezen door extreem weer. Schade aan de energie-infrastructuur als gevolg van extreme weersomstandigheden kan ook leiden tot hogere energieprijzen.

### Broeikasgasemissies van de sector en 2030-impact

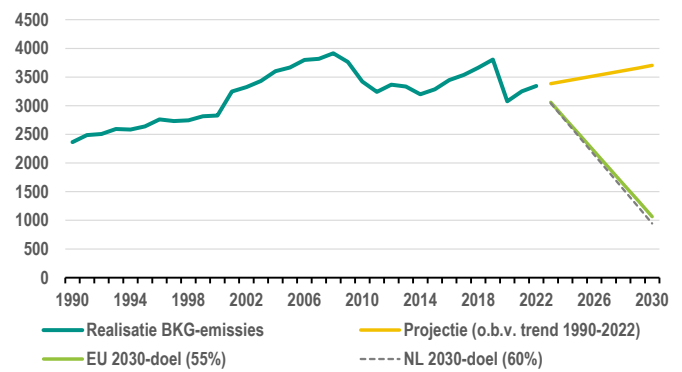
mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### 2030-route in broeikasgasemissies voor de sector

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

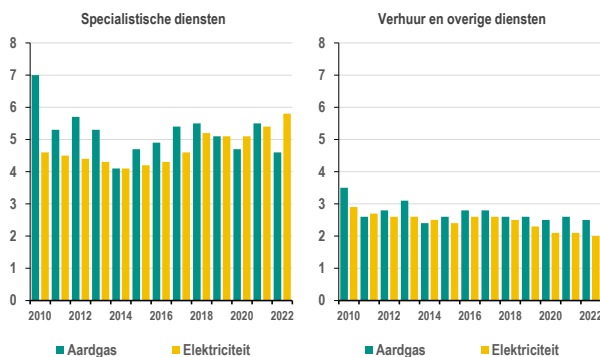
De dienstensector heeft in de afgelopen 32 jaar relatief weinig progressie geboekt met BKG-emissiereductie. Sterker nog, van 1990 tot aan 2022 zijn de BKG-emissies met 41% toegenomen. Om het 2030-klimaatdoel te bereiken – dat is 55% onder het BKG-emissieniveau van 1990 – moet de sector haar BKG-emissies jaarlijks met minimaal 8% reduceren tot aan 2030.

### Bron van emissies

Veel dagelijkse activiteiten van bedrijven in de zakelijke dienstverlening verbruiken voornamelijk elektriciteit voor verlichting, koeling van computerruimtes, bouwapparatuur en apparaten, maar ook brandstofverbruik voor transport en verwarming van ruimtes. Als gevolg van deze energie gerelateerde activiteiten stoot de sector broeikasgassen uit. De trend in het energieverbruik in de sector en de trend in de BKG-emissies lopen voor een groot deel parallel aan elkaar.

### Energie-aanvoer naar subsectoren

PJ

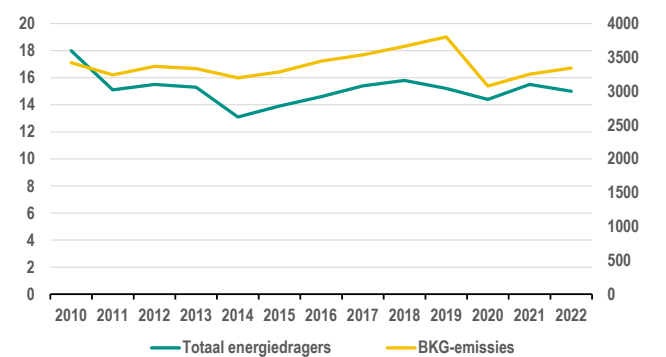


Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

### Sectortrend in uitstoot BKG en energieverbruik

PJ

mln kg CO<sub>2</sub>-eq



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

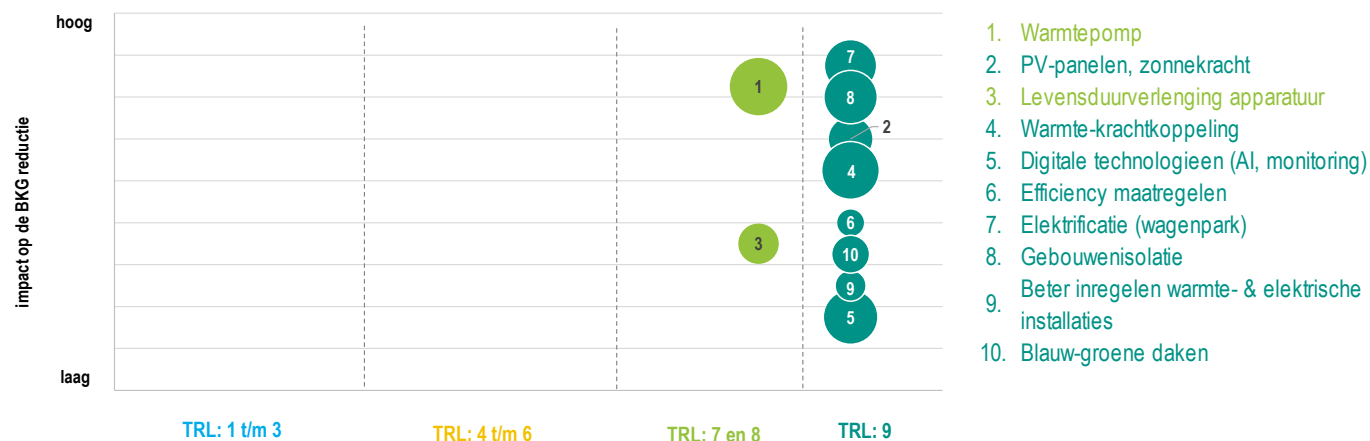
In de specialistische dienstverlening (juridisch, advies-, architecten-, reclamebureaus) wordt de meeste energie verbruikt, waarbij de nadruk ligt op aardgas. Het verschil met het elektriciteitsverbruik is echter klein. In de verhuur en overige diensten (uitzend-, reisbureaus, schoonmaak, beveiliging) wordt gemiddeld de helft minder energie verbruikt, mede doordat hier vaker bij de klant op locatie wordt gewerkt in plaats van in een eigen kantoor. In deze sector is er een marginaal verschil tussen de hoeveelheden aardgas- en elektriciteitsverbruik. De directe emissies van de dienstensector is bijvoorbeeld de verbranding van brandstoffen in bedrijfsapparatuur, zoals auto's. Een voorbeeld van indirecte emissies is elektriciteit, de opwekking daarvan vindt op een andere locatie plaats. Een ander voorbeeld is de uitstoot door reizen (vliegen) voor zakelijke vergaderingen.

## Reductiestrategie voor de sector met de huidig en toekomstig beschikbare koolstofarme technologieën

Voor bedrijven in de dienstensector hebben veel emissiereductiemogelijkheden betrekking op faciliteiten of transport. Sommige dienstverleners hebben op innovatieve manier een samenwerkingsvorm met publieke en private partijen in hun toeleveringsketen, zoals leveranciers (upstream) en klanten (downstream). Denk hier bijvoorbeeld aan samenwerking met milieubewuste partners in de toeleveringsketen of interne duurzaamheidsinitiatieven opzetten met externe partijen. Bedrijven in de dienstensector kunnen door zelf duurzamere keuzes te maken in hun activiteiten en door invloed uit te oefenen op bijvoorbeeld toeleveringsketens, klanten en werknemers proberen om verduurzaming in de keten te stimuleren.

### Beschikbare koolstofarme technologieën naar TRL en emissie reductie-impact

grootte van de cirkel is een indicatie van de noodzakelijke investeringen



Bron: ABN AMRO Economisch Bureau

Noot: TRL staat voor Technical Readiness Level: dit geeft de fase weer waarin een nieuwe decarbonisatie- of emissiereductie-techniek zich bevindt. Hierbij staat fase 1 voor de start van de ontwikkeling en het ontdekken. En fase 9 staat voor de commerciële gereedheid en dat de techniek op grotere schaal kan worden ingezet.

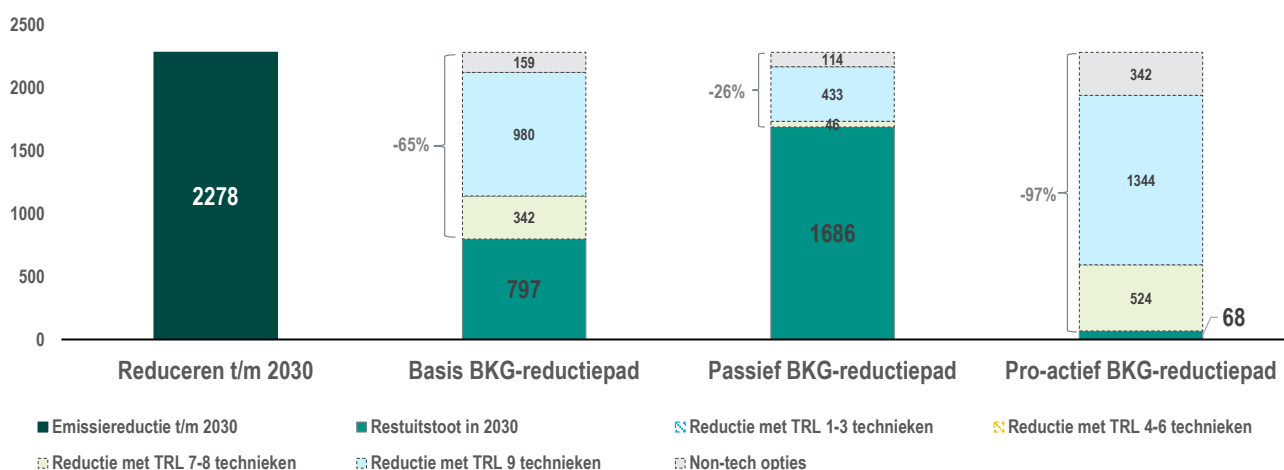
Zakelijke dienstverleners hebben daarnaast een breed scala aan verschillende emissiereductiemogelijkheden. De mogelijkheden lopen uiteen van duurzame inkoop (van bijvoorbeeld computers of andere apparatuur met een groen label of inkoop van groene energie) of het doorvoeren van allerlei efficiency maatregelen ten behoeve van bedrijfsprocessen of energieverbruik. Binnen de zakelijke dienstverlening hebben vaste werkplekken de laatste jaren plaatsgemaakt voor flexplekken, stilleruimtes en centrale functieruimtes. Werknemers zijn veel gaan thuiswerken. Hiermee zijn de afvalstromen en is het energieverbruik binnen bedrijven minder intensief geworden en is daarmee de CO<sub>2</sub>-voetafdruk iets verlaagd. Ook is er minder papier gebruikt en veel meer digitale informatiedragers. Per saldo is het CO<sub>2</sub>-effect hiervan relatief laag, maar ook kleine initiatieven helpen.

### Potentie emissiereductie tot aan 2030

In ons basisscenario tot aan 2030 gaan wij ervan uit dat verdere verduurzaming relatief traag verloopt. De sector staat immers met het niveau aan BKG-emissies op een veel hoger niveau dan in 1990. Het echte verduurzamings- en emissiereductietraject moet dus nog beginnen. In het basisscenario gaan wij er van uit dat de inzet van de warmtepomp een relatief beperkte bijdrage gaat leveren tot aan 2030. In ons proactieve scenario is die bijdrage veel groter. In het passieve pad denken wij dat bedrijven niet het ambitieniveau hebben om aan te haken bij de transitie. In het proactieve scenario zijn er veel meer prikkels om te verduurzamen. Hierbij gaan wij ervan uit dat de inzet van de warmtepomp in een stroomversnelling terecht komt, maar ook dat veel meer aan gebouwenisolatie wordt gedaan en eigen opwek van hernieuwbare energie.

### Indicatieve impact van koolstofarme technologieën op het 2030-doel

mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten



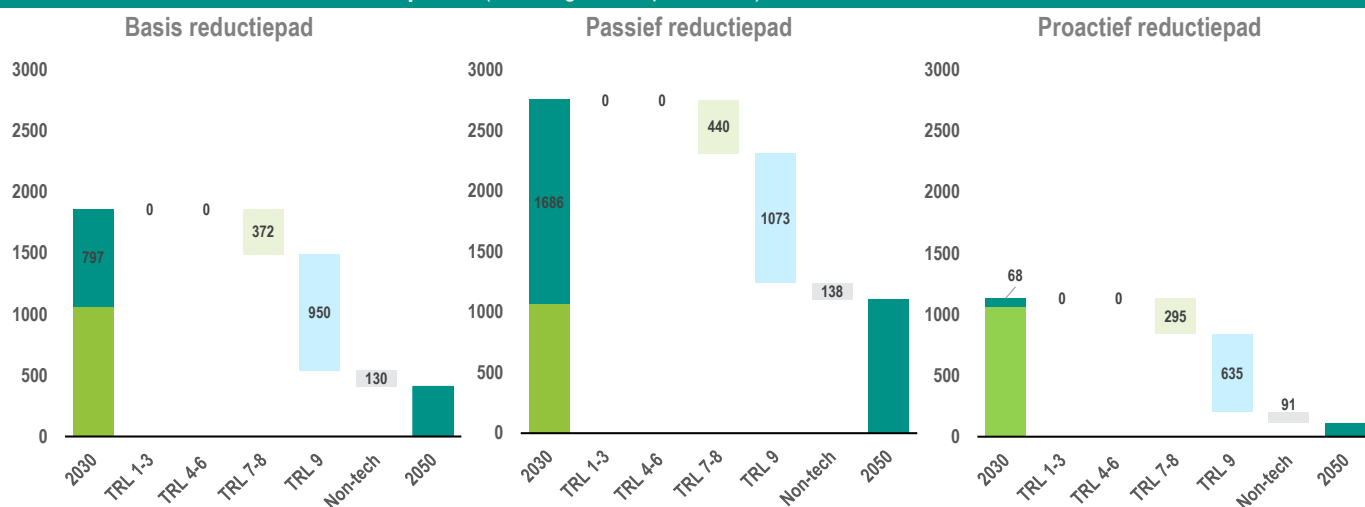
Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

## Potentie emissiereductie 2030-2050

Het hebben van een klimaatbeleid helpt bedrijven in de dienstensector om geïnteresseerd te blijven aan het minimaliseren van de CO<sub>2</sub>-voetafdruk op de lange termijn. In een klimaatbeleid op bedrijfsniveau staat bijvoorbeeld op welke manier het bedrijf de belangrijkste klimaatindicatoren gaat monitoren, hoe het energieverbruik kan worden verminderd en hoe efficiënt energieverbruik in panden bevorderd kan worden. Ook kan beleid worden geformuleerd over zakenreizen, gebruik van hulpbronnen (papier, water, kantoorartikelen), afvalstromen en hergebruik & recycling. Om alle milieudoelen structureel na te leven, helpt het om proactief extern en intern te rapporteren over de milieuprestaties van het bedrijf.

Richting het koolstofneutrale doel in 2050 is de kans groot dat zal de regelgeving steeds stringenter worden, ook voor bedrijven in de zakelijke dienstverlening. Bedrijven in de sector zullen daarmee meer-en-meer aangemoedigd worden tot het hebben van een koolstofarme strategie. Om tot 2050 aan het klimaatneutrale doel vast te houden, moeten meer dienstverleners investeren in koolstofarme technologieën en manieren van werken. In ons proactieve scenario na 2030 gaan wij ervan uit dat dienstverleners een hoog ambitieniveau hebben om de BKG-emissies verder te verminderen. Het 2050-klimaatdoel wordt bijna bereikt. In ons passieve scenario wordt het 2050-doel niet bereikt. De noodzakelijke ambitie en andere prikkels ontbreken in dit geval. Daardoor blijven de koolstofarme investering en verduurzaming in de sector hopeloos achter.

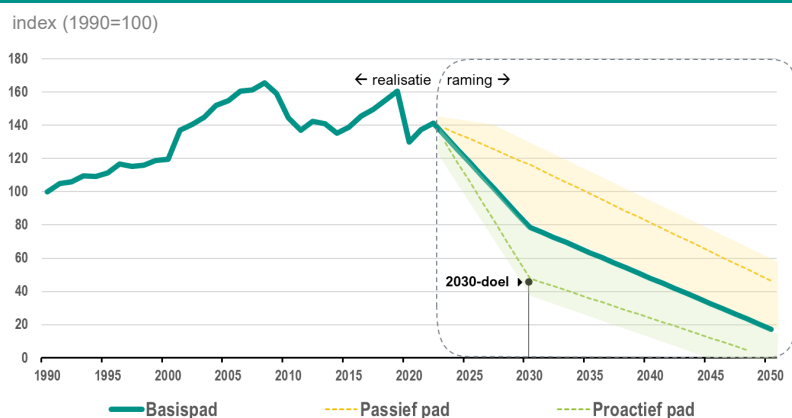
### Emissiereductie 2030-2050 in drie paden (in mln kg CO<sub>2</sub>-equivalenten)



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Als we uitgaan van ons basisscenario wat betreft emissiereductie en de beschikbare netto-nul-technologieën in de sector dan komt uit onze berekeningen dat de sector ook het gestelde doel voor 2050 niet gaat halen. Daarvoor is de BKG-emissiereductiekloof te hoog. Dit pad staat nog los van de doorbraaktechnologieën die mogelijk na 2030 worden geïntroduceerd.

### Emissiereductiepaden richting 2050



Bron: CBS, ABN AMRO Economisch Bureau

Met de netto-nul kennis van nu bereikt de retail en groothandel na 2050 koolstofneutraliteit. Dit kan omstreeks 2052 het geval zijn. Maar ook hier geldt dat niets in beton gegoten is. Het is goed mogelijk dat in de komende jaren innovatieve netto-nul-technologieën succesvol worden geïntroduceerd, welke onze emissieprojectie sterk kan verbeteren.

# Annex I

## Decarbonisatietechnologieën

In deze appendix beschrijven wij de beschikbare decarbonisatietechnologieën op hoofdlijnen, in de categorieën: 1) elektrificatie, 2) energie efficiency, 3) hernieuwbare energie, 4) gebouwenisolatie & -verduurzaming en 5) grondstofs substitutie & -transitie. In elk van deze categorieën bespreken we de mogelijkheden op hoofdlijnen en verwijzen daarbij waar mogelijk naar bestaande publicaties of websites voor meer informatie over de technologie. Ook hebben we een restcategorie 'combinatie decarbonisatietechnologieën' toegevoegd. Deze staan in relatie met andere technologieën.

In een eerdere publicatie van ABN AMRO hebben we de elf meest cruciale decarbonisatietechnologieën op een rijtje gezet. De technologieën evolueren voortdurend wegens beperkingen en uitdagingen. De lijst is dus niet volledig en zal hij ook in de loop van de tijd veranderen. De lijst staat [hier](#) (bron: ABN AMRO). Onderstaand een overzicht van de technologieën per categorie en naar de verschillende sectoren.

### Beschikbare decarbonisatietechnologieën op hoofdlijnen

#### ► Elektrificatie:

Bij elektrificatie gaat om de vervanging van een energie- of warmtebron door fossielvrije elektriciteit. Bijv. elektrische auto's of vrachtwagens in plaats van een variant die op benzine, gas of diesel rijdt. Maar ook elektrische verwarming (e-boiler, hoge temperatuur warmtepomp) in plaats van olie- of gasboilers. Veel delen van de energie-intensieve industrie hebben te maken met hoge procestemperaturen. Daar zit het meeste energieverbruik in. Voor het bereiken van lagere temperaturen is elektrificatie minder complex. Warmtepompen en elektrische ovens zijn hiervoor relatief eenvoudig te implementeren in het productieproces. Het elektrificeren vergt veelal hoge investeringen. Meer over de basisprincipes van elektrificatie staat [hier](#) (bron: IEA).

Duidelijk is dat elektrificatie een grotere rol gaat spelen in de energietransitie. Om een versnelling te realiseren in de elektrificatie is het van belang dat de overheid, netbeheerders, industriële vertegenwoordigers en ondernemers, de energiesector en andere belanghebbenden intensiever samenwerken en vooral mee investeren in infrastructuur en capaciteit. Er zijn grote hoeveelheden hernieuwbare elektriciteit nodig de komende jaren, waarvoor veel ruimte nodig is op het net. Volgens het TNO onderzoek 'Elektrificatie is cruciaal voor een toekomstbestendige en duurzame industrie' (oktober 2021) is dit een haalbare opgave. Het rapport staat [hier](#) (bron: TNO).

Hoewel allerlei energiebronnen warmte en stoom kunnen opwekken, zijn de op fossiele gestookte boilers nog steeds dominant in het industriële proces. Daardoor zijn deze boilers een belangrijke bron van BKG-emissies. Het koolstofvrij maken van de vraag naar industriële warmte en stoom door elektrificatie waarbij koolstofarme elektriciteit wordt gebruikt, kan daarmee aanzienlijk bijdragen aan de vermindering van BKG-emissies. Uit onderzoek van McKinsey & Company blijkt dat elektrisch aangedreven apparatuur slechts voor een klein deel energie-efficiënter is dan de conventionele optie. Het voordeel van elektrische aangedreven apparatuur is dat de onderhouds- en de investeringskosten lager zijn. Een ander voordeel is dat wanneer gebruik wordt gemaakt van koolstofvrije elektriciteit, de BKG-emissies sterk afnemen.

Verwarming van ruimtes of proceswarmte gebeurt meestal door de verbranding van fossiele brandstoffen. Een reguliere warmtepomp gebruikt energie uit de bodem, de buitenlucht of grondwater om (bedrijfs)ruimtes te kunnen verwarmen. Een industriële warmtepomp gebruikt veelal (proces)restwarmte. Deze restwarmte wordt opgewaarderd en opnieuw worden ingezet in industriële processen binnen of buiten het bedrijf. Het is een zuinige en duurzame techniek. De inzet van warmtepompen lijkt een eenvoudig te implementeren decarbonisatie-oplossing. Het vergt echter altijd maatwerk. De



operationele haalbaarheid en installatiekosten variëren sterk door factoren als de staat van een pand, de complexiteit van het productieproces, de grootte van de warmtedistributie & de huidige infrastructuur en de mate van isolatie van de bedrijfsgebouwen. Voor meer informatie over verwarmingstechnologieën, zie [hier](#) (bron: ABN AMRO).

Elektrificatie komt ook tot uitdrukking in het koolstofarm maken van mobiliteit. Daarvoor zijn diverse mogelijkheden beschikbaar. Het beleid van de Nederlandse overheid is dat elke nieuwe auto die vanaf 2030 wordt verkocht een zero-emissie auto moet zijn. Dit kan een batterij-elektrische auto zijn of een brandstofcel-elektrische auto. Een snellere invoering van elektrificatie van het wagenpark via stimuleringsmaatregelen, meer betaalbare elektrische voertuigen en strengere emissiedoelstellingen voor voertuigen met verbrandingsmotor zijn cruciaal om de emissies sneller terug te dringen. Meer achtergrond over de elektrificatie van het wagenpark treft u [hier](#) (bron: ABN AMRO).

► **Energie efficiency:**

Energie efficiency wordt vaak gezien als het laaghangend fruit omdat elk bedrijf op vele manieren hiermee bij wijze van spreken morgen al mee aan de slag kan gaan. Denk aan simpele ingrepen zoals het plaatsen van LED-verlichting of energiebesparing door ongebruikte ruimtes niet te verwarmen. Maar het kan ook verder gaan dan dit, waarbij er meer inspanning bij komt kijken en meer investeringen vergt. Denk dan aan *product redesign* (verpakkingen, minder grondstofverbruik), het gebruik van restwarmte (voor andere interne processen of juist naar andere bedrijven toe), digitalisering van processen (procesefficiency door *monitoring & sensing*).

Energie efficiency kan op veel verschillende worden bereikt. De maatregelen kunnen in mate van impact op de reductie van energieverbruik en BKG-emissies sterk uiteen lopen. Ook de overheid heeft hier een belangrijke rol. Zij kan bijvoorbeeld onder meer in de sector vervoer de duurzame mobiliteit en koolstofarme vervoersvarianten meer bevorderen, zoals het spoor, fietsen, lopen of deelmobiliteit. Zodra dit gebruik intensiveert wordt per saldo minder energie verbruikt. En zo gaat renovatie van de bestaande gebouwen in de gebouwde omgeving – daar waar de grootste uitdaging voor de sector ligt – helpen om de energieprestatie te verbeteren. Het opstellen van stimulerend en ondersteunend beleid gaat het renovatietempo helpen versnellen.

Per 1 juli 2023 heeft de overheid de energiebesparingsplicht voor bedrijven en instellingen aangescherpt, om zo het besparen van energie te versnellen. De maatregel geldt voor ondernemend Nederland. Bedrijven en instellingen met een jaarlijks verbruik vanaf 50.000 kWh elektriciteit of 25.000 m<sup>3</sup> aardgas (equivalent) hebben een informatieplicht en moeten rapporteren over de initiatieven. Voor de grote energiegebruikers in bepaalde sectoren met een jaarlijks gebruik vanaf 10 miljoen kWh elektriciteit of 170.000 m<sup>3</sup> gas (equivalent) is er een onderzoeksplicht. Meer details over de richtlijn zijn [hier](#) te vinden (bron: RVO).

Voor de energie-intensieve industrie wegen de energiekosten relatief zwaar mee in de internationale concurrentiepositie. Door de hogere energieprijzen heeft de industrie meer energie efficiencymaatregelen ingevoerd. De sector boekte op dit gebied al goede resultaten en verbeterde de energie efficiency bijna jaarlijks. Het tempo ligt echter over het algemeen nog laag. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft een overzicht gemaakt van de energie-efficiency maatregelen en -mogelijkheden in de Nederlandse verwerkende industrie. Het PBL signaleert ook een aantal belemmeringen: financiële drempels, tekorten aan arbeidskrachten, gebrek aan kennis en vaardigheden, het gebrek aan urgentie van efficiency bij bedrijven, validatie van technologieën en timing. Dit rapport is [hier](#) te vinden (bron: PBL).

Als onderdeel van de Europese *Green Deal* is er een richtlijn energie efficiency. Deze richtlijn is onlangs aangepast en aangenomen, om de EU 'Fit for 55' te krijgen. De richtlijn introduceert een reeks maatregelen om energie efficiency te versnellen. Voor EU-landen zit er een wettelijk verplicht in om prioriteit te geven aan energie efficiency bij beleidsvorming, planning en investeringen. Meer energie efficiency gaat de energielasten verlagen voor bedrijven, evenals de uitstoot van broeikasgassen. De nadruk op energie efficiency wordt de komende jaren steeds groter, met name in de grote energie verbruikende sectoren, zoals vervoer, de gebouwde omgeving en de energie-intensieve industrie. Maar ook krijgt de ICT sector meer aandacht in dit perspectief vanwege de sterke groei van het aantal

datacenters. De details rondom deze nieuwe richtlijn staan [hier](#) (bron: Europese Commissie).

► **Hernieuwbare energie:**

Hier gaat het in eerste instantie om de productie van hernieuwbare energie op eigen terrein of op locatie, zoals met zonne- of windkracht, geothermie, waterkracht, biomassa. De investeringen hebben betrekking op zonnepanelen op bedrijfslocaties, zonneparken, windparken en zo verder.

Bij fossiele energiebronnen gaat het per saldo om grotendeels uitputtende ofwel eindige bronnen. Bij hernieuwbare energie kunnen de bronnen echter onuitputtelijk worden aangevuld, zoals de wind, de zon, de aarde, waterkracht en biomassa. Het grote voordeel is bovendien dat het koolstofarme energie uiteindelijk is. Dit maakt de hernieuwbare technieken vanuit zowel economisch als ecologisch oogpunt rendabel. Investeren in de productie en inzet van hernieuwbare energiebronnen vormen daarmee de hoeksteen van de energietransitie.

Zonne-energie is een belangrijke hernieuwbare bron voor de energietransitie. Wereldwijd is zonne-energie de snelst groeiende schone technologie. In 2022 bedroeg de zonne-energiecapaciteit 224 GW of 13% van de totale hernieuwbare capaciteit wereldwijd. In een achtergrondanalyse van ABN AMRO komen de huidige en opkomende technologieën aan bod en kijken we hoe ver we nog verwijderd zijn van een ideale wereld. De analyse wordt voorafgegaan door enkele basisprincipes over zonnetechnologie, om vervolgens de verschillende zonnetechnologieën, andere opkomende technologieën en toepassingen te bespreken. De publicatie staat [hier](#) (bron: ABN AMRO).

Ook windenergie is een belangrijke strategische bron voor hernieuwbare energie. Door de klimaatverandering en de prioriteit die sommige landen, zoals de Europese Unie, geven aan energiezekerheid, is windenergie bovenaan de lijst komen te staan als strategische hernieuwbare energiebron. Europa wordt beschouwd als een land met een overvloed aan windenergie. Met het *REPowerEU*-plan streeft de Europese Unie naar een aandeel hernieuwbare energie van 39% van de Europese elektriciteitsmix in 2030. Dit doel is in mei 2023 verder verhoogd naar 42,5%. Om dit doel te bereiken moet de windenergiecapaciteit in de EU in de periode 2023-2027 met 129 GW toenemen, bovenop de huidige 255 GW die al is geïnstalleerd. Wereldwijd, en volgens de *Global Wind Energy Council* (GWEC), bereikte de capaciteit aan windenergie 906 GW tegen het einde van 2022, met een groei van 9% van jaar tot jaar. GWEC voorspelt verder dat er in de periode 2023-2027 680 GW aan nieuwe capaciteit zal worden toegevoegd. Windenergie blijft dus een essentiële rol spelen in de energietransitie. In een eerdere analyse van ABN AMRO gaan we dieper in op de kansen en uitdagingen voor investeringen in windenergie. De publicatie staat [hier](#) (bron: ABN AMRO).

Geothermische energie is warmte-energie uit de aarde. Geothermische bronnen zijn bestaande reservoirs van warm water of door de mens gemaakte reservoirs. De bronnen kennen verschillende temperaturen en variëren in diepten onder het aardoppervlak. Deze ondergrondse geothermische reservoirs van stoom en verwarmd water kunnen worden gebruikt voor het opwekken van elektriciteit en andere verwarmings- en koeltoepassingen. *Geothermie Nederland* zet zich in voor het bevorderen van het investeringsklimaat in geothermie en het vertrouwen in deze techniek als duurzame bron. Voor meer informatie over geothermie klikt u [hier](#) (bron: Geothermie Nederland).

Volgens *European Biomass Industry Association* ([EIBIA](#)) zijn er 6 biomassaverwerkingstechnologieën. Deze zijn gebaseerd op: directe verbranding (voor stroom), anaerobe vergisting (voor methaanrijk gas), fermentatie (van suikers voor alcoholen), olie-extractie (voor biodiesel), pyrolyse (voor biochar, gas en oliën) en vergassing (voor koolmonoxide en waterstofrijk syngas). Biomassa wordt dus voornamelijk geproduceerd uit organisch materiaal. Wanneer deze biomassa wordt gebruikt om energie te produceren, komt de koolstof vrij tijdens de verbranding en keert terug naar de atmosfeer. Naarmate er meer biomassa wordt geproduceerd, wordt er evenveel koolstof geabsorbeerd, waardoor moderne bio-energie een bijna emissievrije brandstof is. Volgens het *International Energieagentschap* ([IEA](#)) is een belangrijke bron van hernieuwbare energie, goed voor meer dan 6% van de wereldwijde energievoorziening.

► **Gebouwenisolatie & -verduurzaming:**

Het gaat hier om de bedrijfspanden in elke sector. Isoleren betreft het luchtdicht maken van een gebouw, zorgen voor lagere warmtevraag en dus minder energieverbruik. Denk aan vloerisolatie, gevelisolatie, dakisolatie of geïsoleerd dubbelglas. Veel van de isolatiemaatregelen vergen veel investeringen en zijn vaak ingrijpende maatregelen. Het komt overigens ook voor dat de onderneming niet direct invloed heeft op het verduurzamen van panden omdat het bedrijfspand in veel gevallen niet in eigen beheer is en het eigendom bij een derde partij ligt.

Een ketenaanpak kan de transitie naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving op weg helpen. Dit betekent een meer sectorbrede transformatie gedurende de hele levenscyclus van de gebouwde omgeving, waarbij eigenaren van de gebouwen, producenten van bouwmaterialen, installateurs, energiebedrijven en gemeenten intensief samenwerken en afstemmen. De overheid moet in deze ketenaanpak het smeermiddel zijn. Dit betekent dat zij zich committeren aan: duidelijke en transparante bouwcodes en energiestandaarden die voor langere tijd gelden, korte procedures rondom vergunningsverlening en voldoende financiële prikkels om het klimaatneutrale doel voor iedere eigenaar, gebruiker en bewoner bereikbaar te maken.

► **Grondstofsubstitutie & -transitie:**

Onder dit kopje vallen technieken zoals brandstofvervanging en vervanging van de ruwe materialen in het productieproces voor duurzame varianten. Dit kunnen soms ingrijpende wijzigingen zijn, wat vaak gepaard gaat met relatief hoge investeringen. De inzet van andere duurzamere brand- en grondstoffen kan namelijk grote invloed hebben op de manier waarop het productieproces is ingericht (*process redesign*). Het hier om nieuwe brandstoftechnologieën.

Fossiele brandstoffen kunnen worden vervangen door minder vervuilende synthetische brandstofalternatieven. Hernieuwbare diesel en biodiesel kunnen aardoliediesel vervangen. E-methanol, bio-ethanol of methanol op zonne-energie kunnen methanol vervangen en groene waterstof kan blauwe en grijze waterstof vervangen. Deze duurzamere brandstoffen zijn echter duur, de meeste zijn beperkt beschikbaar en er zijn tal van andere uitdagingen.

Het vervangen van fossiele brandstoffen door brandstoffen die minder of geen uitstoot veroorzaken lijkt eenvoudig. Maar in werkelijkheid is het een ingewikkelde onderneming. Om te beginnen zijn er veel verschillende soorten duurzamere brandstoffen. Elke brandstof heeft zijn eigen kenmerken en daarom zijn verschillende brandstoffen geschikt voor verschillende toepassingen. Brandstoffen kunnen bijvoorbeeld worden vergeleken op basis van hun emissie-intensiteit, energiedichtheid, opslagbehoefte, veiligheid, kosten en brandstofinfrastructuur en -productie. Meer informatie over trends in synthetische brandstoffen staat [hier](#) (bron: ABN AMRO).

Hulpbronnen- en energie-intensieve industrieën kunnen een van de belangrijkste bijdragers zijn aan de industriële transitie die voor een koolstofarm Europa zal zorgen. De industrie moet meer inspanningen leveren om koolstofarme productieprocessen te ontwikkelen en toe te passen en deze in de complexe toeleveringsketens te bevorderen. Het koolstofvrij maken van de industrie zal direct afhangen van de beschikbaarheid van voldoende betaalbare koolstofarme energiebronnen voor de koolstofarme industriële productie. Ook de overgang naar een circulaire economie kan een rol spelen voor hulpbronnen- en energie-intensieve industrieën om hun energie- en hulpbronnenverbruik terug te dringen.

► **Resterende combinatie technologieën:**

Dan zijn er tot slot nog een aantal andere technologieën die een relatie met andere technologieën.

*Batterijtechnologie:*

Energieopslagtechnieken verwijzen naar het gebruik van technologieën voor energieopslag die op het net zijn aangesloten om overtollige energie op te slaan wanneer de vraag laag is of het aanbod hoog en deze terug te leveren aan het net wanneer dat nodig is. Het speelt een rol bij het stabiliseren van het elektriciteitsnet. Naarmate er meer wordt geïnvesteerd in hernieuwbare energiebronnen, zoals wind- en zonne-energie, worden de elektriciteitssystemen steeds kwetsbaarder door hun intermitterende aard. Hoe groter het aandeel van hernieuwbare bronnen in de energiemix, hoe

groter de behoefte aan opslagcapaciteit. Daarom wordt verwacht dat opslag een essentiële rol zal spelen in de energietransitie doordat het zekerheid en flexibiliteit biedt. Het eerste waar je aan denkt bij energieopslag is het gebruik van elektrochemische batterijen. Andere (innovatieve) oplossingen om energie op te slaan zijn ook in opkomst met een aantal veelbelovende technologieën. Een eerdere ABN AMRO analyse gaat in op recente ontwikkelingen in energieopslagtechnologieën, de bijbehorende voor- en nadelen en hun mogelijke rol in de transitie. Deze publicatie staat [hier](#) (bron: ABN AMRO). In een andere analyse kijken we specifiek naar bestaande en opkomende batterijtechnologieën en belichten we de voor- en nadelen van de technologieën. Deze publicatie staat [hier](#) (bron: ABN AMRO).

#### *Koolstofopvang & -opslag (CCS):*

Koolstofafvang en -opslag (CCS) is essentieel voor de energietransitie, maar heeft nog steeds een zeer klein aandeel in de CO<sub>2</sub>-reductietechnologieën. In een analyse van ABN AMRO kijken we naar de verschillende lagen van koolstofafvangtechnologieën. Daarnaast bespreken we hoe de verschillende technieken van CCS een cruciale rol spelen in het verbeteren van de technologieën en het verlagen van de totale CCS-kosten. Op dit moment is CCS een van de duurere technologieën om kooldioxide te decarboniseren. De publicatie staat [hier](#) (bron: ABN AMRO).

#### *Brandstofcel (fuel cell):*

Een brandstofcel gebruikt de chemische energie van waterstof of andere brandstoffen om schoon en efficiënt elektriciteit te produceren. Als waterstof de brandstof is, zijn de enige producten elektriciteit, water en warmte. Brandstofcellen werken als batterijen, maar ze gaan niet leeg en hoeven niet te worden opladen. Ze produceren elektriciteit en warmte zolang er brandstof wordt toegevoerd. Een brandstofcel bestaat uit twee elektroden-een negatieve elektrode (of anode) en een positieve elektrode (of kathode) - die rond een elektrolyt zijn geklemd. Een brandstof, zoals waterstof, komt aan de anode en lucht aan de kathode. In een waterstofbrandstofcel scheidt een katalysator (zoals platina) aan de anode waterstofmoleculen in protonen en elektronen, die verschillende paden naar de kathode volgen. De elektronen gaan door een extern circuit, waardoor een elektriciteitsstroom ontstaat. De protonen migreren door de elektrolyt naar de kathode, waar ze zich verenigen met zuurstof en de elektronen om elektriciteit te produceren. met zuurstof en de elektronen om water en warmte te produceren. Meer informatie over *fuel cells* is [hier](#) te vinden (bron: ABN AMRO).

#### *Warmte:*

Verwarming gebeurt meestal door de verbranding van fossiele brandstoffen. Er zijn verschillende manieren om het gebruik van fossiel voor warmte te verminderen. We kunnen iets blijven verbranden. Maar dan moet de brandstof of massa vervangen worden door een meer duurzame en emissiearme brandstof of massa. De beschikbaarheid en de productie van deze brandstoffen zijn nog beperkt en niet voldoende om fossiele brandstoffen te vervangen. Er zijn ook andere bronnen om warmte op te wekken namelijk de zon (via thermische zonnecollectoren), de grond, lucht en water (via warmtepompen). De mogelijkheden zijn beschikbaar, maar de kosten zijn nog steeds hoog in vergelijking met de verbranding van fossiele brandstoffen. Er is nog een andere uitdaging met betrekking tot warmtepompen. Het is waarschijnlijk dat de EU de regelgeving verder zal aanscherpen om het gebruik van gefluoreerde gassen (F-gassen), die als koelmiddel in warmtepompen worden gebruikt, terug te dringen. Dit zou de uitrol en/of acceptatie van warmtepompen kunnen belemmeren. Restwarmte is een andere warmtebron die voornamelijk wordt verspild. Het potentieel van restwarmte voor de industrie en stadsverwarming is aanzienlijk. Tot slot kan hernieuwbare elektriciteit worden omgezet in warmte voor huishoudens en de industrie. Meer informatie over warmte is [hier](#) te vinden (bron: ABN AMRO).

# Annex II

## Geraadpleegde bronnen

### Inleiding

In deze appendix staan alle geraadpleegde bronnen per sector weergegeven. Dit kunnen websites of databanken zijn, maar ook rapporten van nationale of internationale brancheorganisaties, consultancy bureaus, onderzoeksinstituten, kennisinstellingen, NGO's, overheden en jaarverslagen of rapporten van bedrijven in sectoren die stappen hebben gezet met decarbonisatie. Ook is veel gebruik gemaakt van analyses van het Economisch Bureau van ABN AMRO.

### ► Sector overschrijdende bronnen:

De basis van dit rapport is het ABN AMRO rapport '[Decarbonisatiestrategieën voor sectoren](#)' uit oktober 2022. Veel informatie over de verschillende decarbonisatietechnologieën per sector uit dat rapport vind u in deze publicatie terug. Een andere belangrijke bron – met name voor de sector industrie – is het [MIDDEN-project](#) van PBL & TNO. De industriële decarbonisatietechnologieën op hoofdlijnen in de circa 40 rapporten van het MIDDEN-project zijn gebruikt als bron voor dit rapport.

#### *Overige sector overschrijdende bronnen:*

- 'Decarbonization: Status, Challenges, and Policy Options for Carbon Capture, Utilization, and Storage' by Government Accountability Office (GAO); september 2022
- 'Energy efficiency options in the Dutch manufacturing industry' van Planbureau voor de Leefomgeving (PBL); augustus 2023
- 'Waterstof voor klimaatneutrale warmtevoorziening in bestaande bouw' van TNO; maart 2020
- 'The net-zero transition: What it would cost, what it could bring' van McKinsey; januari 2022
- 'Decarbonising Homes in Cities in the Netherlands: A Neighbourhood Approach' van OECD; 2023
- 'Klimaat- en Energieverkenning 2023: Ramingen van broeikasgasemissies, energiebesparing en hernieuwbare energie op hoofdlijnen' van PBL (e.a.); 2023
- 'Kansen en kwetsbaarheden in een wereld in beweging: Toekomst van de Nederlandse industrie' van TNO; oktober 2023
- 'Anders consumeren om klimaatdoelen te halen: Een verkenning van manieren om het systeem te veranderen en hoe iedereen daaraan kan bijdragen' van TNO; februari 2023
- 'Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach' van IEA; 2023 update
- 'Evaluatie energie-investeringsaftrek, periode 2017-2021' van SEO Economisch Onderzoek; 2022
- 'Industrial Innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry: Part 1: Technology Analysis' van ICF Consulting Services Limited & Fraunhofer ISI; januari 2019
- 'Mitigating GHG-emissions in hard-to-abate sectors' van PBL & Universiteit Utrecht; juli 2022
- 'Technology pathways in decarbonisation scenarios' van A. De Vita (e.a.), ResearchGate; juni 2018
- 'Europe's Path to Net Zero Emissions' van Intereconomics; 2021
- 'Sectoral pathways to net zero emissions' van Institute for Sustainable Futures; 2020
- 'Scaling up innovative technologies for climate neutrality' van Europese Commissie; mei 2023
- 'Industrial technology roadmap for low-carbon technologies in energy-intensive industries' van Europese Commissie; maart 2022
- 'Aanvullend klimaatbeleid voor 2030' van CE Delft, Berenschot & Kalavasta; december 2022

- <https://www.interreg2seas.eu/nl/inhoud/koolstofarme-technologieen>
- <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard/eis>
- <https://klimaatweb.nl/nieuws/nvde-opties-voor-minder-fossiele-energie-en-minder-energie-afhankelijkheid/>
- <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatakkoord/maatregelen-klimaatakkoord-per-sector>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021IE2532&from=EN>
- [https://energy.ec.europa.eu/news/european-green-deal-energy-efficiency-directive-adopted-helping-make-eu-fit-55-2023-07-25\\_en](https://energy.ec.europa.eu/news/european-green-deal-energy-efficiency-directive-adopted-helping-make-eu-fit-55-2023-07-25_en)

#### ► Landbouw:

- 'Hoe mono-mestvergisting Nederland helpt vergroenen' van ABN AMRO (2023): <https://www.abnamro.nl/nl/zakelijk/insights/sectoren-en-trends/agrarisch/ho-mono-mestvergisting-nederland-helpt-vergroenen.html>
- 'Beleidsscenario's voor klimaatmitigatie in landbouw en landgebruik', van WUR (juni 2023): <https://edepot.wur.nl/630137>
- 'Quickscan van twee beleidspakketten voor het vervolg van de structurele aanpak stikstof' van PBL (2021): <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-quickscan-van-twee-beleidspakketten-als-vervolg-op-de-structurele-aanpak-stikstof-4694-2.pdf>
- 'Policies for the Future of Farming and Food in the Netherlands' van OECD; 2023
- 'Reducing agriculture emissions through improved farming practices' van McKinsey; mei 2020
- 'Progress and prospects for decarbonisation in the agriculture sector and beyond' van EEA; oktober 2022
- 'Landbouw en Landgebruik: Visie 2050, De basis voor klimaatneutraal Nederland' van Klimaatakkoord; juni 2019
- 'Challenges and Prospects for Agricultural Greenhouse Gas Mitigation Pathways Consistent With the Paris Agreement' van S. Leahy (in Frontiers); mei 2020
- 'Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden: Nederland als koploper in kringlooplandbouw' van Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit; september 2018
- 'Lange termijn opties voor reductie van broeikasgassen uit de Nederlandse landbouw' van WUR; november 2018

#### ► Voedings- & genotsmiddelenindustrie:

- 'Decarbonisation road map for the European food and drink manufacturing sector' van Ricardo Research voor FoodDrinkEurope; juli 2022
- 'The EU pathway towards sustainable food systems transformation' van Europese Commissie; mei 2023
- 'Growing green: How vocational education and training can drive the green transition in agri-food'; Cedefop (EU body or agency, 2023)
- <https://www.unilever.com/planet-and-society/climate-action/decarbonising-our-business/>

#### ► Papierindustrie:

- 'Decarbonizing the pulp and paper industry: A critical and systematic review of sociotechnical developments and policy options' van D. Furszyfer Del Rio (e.a.) in Renewable and Sustainable Energy Reviews; 2022
- 'Pulp and Paper Industry: Decarbonisation Technology Assessment to Reach CO2 Neutral Emissions - An Austrian Case Study' van M. Rahnama Mobarakeh (e.a.) in Energies; februari 2021
- 'Decarbonization Prospects for the European Pulp and Paper Industry: Different Development Pathways and Needed Actions' van S. Lipiainen (e.a.) in Energies; januari 2023
- <https://www.iea.org/energy-system/industry/paper>

**Aardolie-industrie:**

- 'The 2030 decarbonization challenge: The path to the future of energy' van Deloitte; 2020
- 'CO2 Reductie Roadmap van de Nederlandse raffinaderijen' van VNPI; november 2018
- 'Building towards net zero' van OGCI progress report 2023
- 'Whether it is economical to use combined heat and power (CHP) system for the efficient utilization of associated petroleum gas in oil extraction sites in China: A cost-benefit analysis considering environmental benefits' van M. Chen in Frontiers; december 2022
- 'Emissions from Oil and Gas Operations in Net Zero Transitions' van IEA; mei 2023
- 'Adaptive CO2 emissions mitigation strategies of global oil refineries in all age groups' van T. Lei (e.a.) in ScienceDirect; augustus 2021
- <https://www.iea.org/reports/emissions-from-oil-and-gas-operations-in-net-zero-transitions>
- <https://www.dnv.com/cases/carbon-emission-reduction-roadmap-for-refineries-135592>
- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fceng.2022.804163/full>

**► Chemische industrie:**

- 'Transition pathway for the chemical industry' van Europese Commissie; 2023
- 'The 2030 decarbonization challenge: The path to the future of energy' van Deloitte; 2020
- 'Chemistry for Climate: Acting on the need for speed Roadmap for the Dutch Chemical Industry towards 2050' van Ecofys, Berenschot voor VNCI; februari 2018
- <https://www.engineersonline.nl/kraken-wordt-elektrisch-maar-het-duurt-wel-nog-even/>
- Strategie voor duurzame chemische stoffen: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0667&from=DE>
- <https://energypost.eu/green-chemical-plants-that-ramp-up-and-down-with-wind-solar/>
- <https://www.tudelft.nl/stories/articles/tu-delft-brengt-elektrificatie-van-de-chemische-industrie-in-stroomversnelling>

**► Rubber- & kunststofproductenindustrie:**

- 'Circular Plastics Alliance – Roadmap to 10 Mt recycled content by 2025' van Circular Plastic Alliance, Europese Commissie; september 2021
- Mission Possible: Reaching net zero GHG emissions, sectoral focus Plastics; Energy Transitions; 2020
- 'Reshaping plastics: Pathways to a circular, climate neutral plastics system in Europe' van Systemiq; april 2022
- <https://rmi.org/clean-energy-101-reducing-climate-pollution-from-the-plastics-industry/>
- <https://www.market-prospects.com/articles/plastic-industry-faces-the-challenges-of-the-market-environment>
- [https://www.corporate.energy/industry\\_decarbonisation/Manufacture\\_of\\_plastic\\_products](https://www.corporate.energy/industry_decarbonisation/Manufacture_of_plastic_products)
- <https://www.ft.com/partnercontent/dow/the-keys-to-decarbonising-the-plastics-industry.html#:~:text=Plastics%20production%20currently%20accounts%20for,of%20total%20emissions%20by%202050.>
- <https://partnersforinnovation.com/nl/blog/de-nationale-circulaire-plastics-norm-in-een-notendop/>

**► Bouwmaterialenindustrie:**

- 'Decarbonization strategies of building materials used in the construction industry' van S. Sbahieh in ScienceDirect; september 2023
- 'Glass sector net zero strategy 2050' van British Glass; 2020
- 'Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry' van IEA; 2018
- 'Decarbonisation pathways cement industry' van S. Dhas voor TU Delft en Universiteit Leiden; november 2021
- <https://www.oxfordenergy.org/publications/analyzing-current-carbon-capture-utilization-and-storage-ccus-research-and-pilot-projects-in-the-european-cement-sector/>

- <https://www.iea.org/reports/putting-co2-to-use>
- <https://energyindustryreview.com/construction/global-cement-and-concrete-industrys-roadmap-to-achieve-net-zero-co2-emissions-by-2050/>
- <https://www.agc-glass.eu/en/sustainability/decarbonisation/roadmap-carbon-neutrality>
- <https://www.glass-international.com/news/bv-glas-presents-glass-manufacturers-roadmap-to-climate-neutrality>

► **Basismetalaalindustrie:**

- 'Low carbon roadmap: Pathways to a CO2-neutral European steel industry' van EUROFER; november 2019
- 'Industrial Innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry, Part 2: Scenario analysis and pathways to deep decarbonisation' van ICF Consulting Services Limited & Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI); maart 2019
- 'Technologies to decarbonise the EU steel industry' van Europese Commissie; 2022
- 'Aluminium: A key enabler of green technologies' van European Aluminium; april 2023
- <https://solidsprocessing.nl/artikel/proeffabriek-voor-koolstofarm-metaal/>
- <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/opinion/advancing-europes-net-zero-industry-the-time-to-act-is-now/>

► **Metaalproductenindustrie:**

- 'Sub-sectoral Environmental and Social Guidelines: Metal Fabrication' van European Bank
- 'Contextanalyse en roadmapstudie – Vlaamse industrie koolstofcirculair en CO2-arm' van T. Wyns (e.a.); 2020
- 'Electrification in the Dutch process industry' van Berenschot; februari 2017
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9266074/>

► **Elektrische apparaten & elektrotechnische industrie:**

- 'Fluorinated greenhouse gas and net-zero emissions from the electronics industry: the proof is in the pudding' van S. Roux in Carbon Management; maart 2023
- <https://www.newelectronics.co.uk/content/features/sustainable-electronics/>
- <https://www.idtechex.com/en/research-article/the-future-of-sustainable-electronics-manufacturing/28357>

► **Machine-industrie:**

- <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/sustainability-in-semiconductor-operations-toward-net-zero-production>
- <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/keeping-the-semiconductor-industry-on-the-path-to-net-zero>
- <https://www.bcg.com/publications/2020/how-machinery-makers-can-mitigate-climate-disruption>
- <https://medium.com/@gospelleseed/reducing-carbon-footprint-in-machine-manufacturing-a-data-driven-approach-d8f92c67d1d5>
- <https://www.eetimes.com/semiconductor-manufacturing-on-the-way-to-net-zero/>

► **Transportmiddelenindustrie:**

- 'The road to zero emission shipbuilding Industry: A systematic and transdisciplinary approach to modern multi-energy shipyards' van S. Vakili (e.a.) in Energy Conversion and Management; 2023
- 'Best Environmental Management Practice in the Car Manufacturing Sector: Background Report: Preparatory findings to support the development of an EMAS Sectoral Reference Document' van Ricardo Research; 2015



**► Energievoorziening:**

- 'Concept update Integraal Nationaal Plan Energie en Klimaat 2021-2030' van Ministerie van Economische Zaken; juni 2023
- 'The 2030 decarbonization challenge: The path to the future of energy' van Deloitte; 2020
- 'Gas Decarbonisation Pathways 2020–2050' van Gas for Climate; april 2020
- 'Integrale infrastructuurverkenning 2030-2050' van Netbeheer Nederland; 2023
- 'State of climate action' van Systems Change Lab; 2023
- <https://emerging-europe.com/voices/toekomstbestendig-maken-van-het-europese-energiesysteem-moet-nu-van-start/>
- <https://www.nucleairnederland.nl/nieuws/iea-presenteert-energiestappenplan-naar-netto-nul-in-2050/>
- <https://group.vattenfall.com/what-we-do/roadmap-to-fossil-freedom/co2-roadmap>
- <https://www.gasunie.nl/projecten/superkritische-watervergassing>
- <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bio-energie/vergisting-en-vergassing>

**► Waterbedrijven & afvalbeheer:**

- 'Pathways to water sector decarbonisation, Carbon Capture and Utilisation' van IWA; 2022
- 'Pathways to a net-zero-carbon water sector through energy-extracting wastewater technologies' van A. Rani (e.a.) in Nature; september 2022
- 'A Low Carbon Water Industry in 2050' van Environment Agency Wales
- <https://watereurope.eu/author/we-user/>
- <https://www.water.org.uk/news-views-publications/views/collaborative-strategies-road-net-zero>
- <https://www.vewin.nl/sector-in-beeld/paginas/default.aspx>

**► Bouw:**

- 'Adviesroute naar een circulaire economie voor de bouw' van Transitieteam Advies Circulaire Economie; 2022
- 'Scenarios for a transition pathway for a resilient, greener and more digital construction ecosystem' van Europese Commissie; december 2021
- 'Decarbonising construction: building a new net zero industry; Four missions to transform and decarbonise the built environment' van National Engineering Policy Centre
- 'Building Europe's net zero future' van Cambridge Econometrics & European Climate Foundation
- 'EU policy whole life carbon roadmap' van World Green Building Council; 2021
- 'Transition pathway for construction' van Europese Commissie; maart 2023
- 'Carbon footprint management: A review of construction industry' van Y. Labaran (e.a.); augustus 2022
- 'A Review of Carbon Footprint Reduction in Construction Industry, from Design to Operation' van B. Sizirici (e.a.) in Materials; oktober 2021
- 'Green construction for low-carbon cities: a review' van L. Chen (e.a.) in Environmental Chemistry Letters; 2023
- [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/construction-transition-pathway\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction/construction-transition-pathway_en)
- <https://kenniskaarten.hetgroenebrein.nl/kenniskaart-circulaire-economie/hoe-maken-we-de-bouwsector-circulair/>
- <https://www.iea.org/reports/globalabc-roadmap-for-buildings-and-construction-2020-2050>
- <https://www.mckinsey.com/industries/engineering-construction-and-building-materials/our-insights/call-for-action-seizing-the-decarbonization-opportunity-in-construction>
- <https://www.forbes.com/sites/angelicakrystledonati/2023/02/06/decarbonisation-and-the-green-transition-in-construction-logical-cost-effective-and-inevitable/?sh=d8da5fb609fb>
- <https://www.bouwendnederland.nl/media/17576/bouwend-nederland-eu-taxonomie-verduidelijkt-in-11-stappen-versie-mei-2023.pdf>

### ► Retail & groothandel:

- 'Review of the Carbon Management Strategies of Retail Industry in Energy Consumption and the Whole Value-Chain of the Product - A Case Study of Auchan Holding' van Y. Leung (e.a.) in Advances in Environmental and Engineering Research; februari 2022
- 'Retail's Route to Net-zero Emissions: The Canadian Retail Sector and Effective Climate Governance' van Dr. J. Sarra; januari 2022
- 'Net zero momentum tracker' van Climate Works; april 2020
- <https://warehousesafetysolutions.co.uk/blogs/news-1/tough-road-to-net-zero-wholesale-retail-will-struggle-to-decarbonise>
- <https://dgbcf.foleon.com/paris-proof/routekaart-retail/marktanalyse>
- <https://www.zerocarbonacademy.com/posts/the-european-retail-sector-contributes-40-of-total-eu-emissions-but-only-5-of-these-are-in-the-direct-control-of-wholesalers-and-retailers>

### ► Transport over land:

- 'Transport in Transition: a deep dive into fuels, electricity and infrastructure' van DNV; Energy Transition Outlook 2023
- 'Background paper on decarbonization technologies for sustainable road mobility' van Framework Convention on Climate Change; maart 2022
- 'Exploring decarbonization pathways for USA passenger and freight mobility' van Nature; augustus 2023
- 'Decarbonising commercial road transport' van TNO; september 2017
- 'Towards net zero land transport' van ARUP; 2020
- 'Decarbonizing road transport by 2050 Zero-emission pathways for passenger vehicles' van ZEV transition council; juli 2021
- 'Wise use of renewable energy in transport' van E. Lindstad (e.a.) in Transportation Research; juni 2023
- <https://www.dnv.com/news/dnv-forecasts-oil-demand-in-transport-sector-to-halve-by-2050-242983>
- <https://www.iea.org/energy-system/transport/cars-and-vans>
- <https://www.aanpakstikstof.nl/maatregelen/bouw/pilots-verduurzaming-mobiele-werktuigen>
- <https://ts2.space.nl/opladen-voor-de-toekomst-de-opkomst-van-solid-state-batterijen/#gsc.tab=0>

### ► Transport over water:

- 'Shipping GHG emissions 2030 Analysis of the maximum technical abatement potential' van CE Delft; juni 2023
- 'A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050' van IRENA; 2021
- 'Evaluating the energy requirements of inland vessels using energy efficiency indices' via CESNI work programme 2019-2021
- 'Analysis of the operational energy efficiency for inland river ships' via Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920913000448>
- <https://eibip.eu/publication/energy-efficient-navigation-for-inland-shipping/>
- <https://www.reuters.com/business/energy/cargill-chartered-ship-sets-sail-test-wind-power-sea-2023-08-21/>

### ► Transport door lucht:

- 'Destination 2050: A route to net zero European aviation' van A4E, ACI-EUROPE, ASD, CANSO, ERA; 2021
- 'Roadmap to climate neutral aviation in Europe' van Transport & Environment; maart 2022
- <https://www.weforum.org/agenda/2022/12/aviation-net-zero-emissions/>
- <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2022-07-direct-air-carbon-capture-and-storage-for-aviation-explained>
- <https://wibnet.nl/techniek/nieuw-nasa-vliegtuig-moet-vliegpreizen-30-procent-groener-maken>
- [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2\\_5\\_Aircraft.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2_5_Aircraft.pdf)

### ► Horeca:

- 'Hospitality Industry 4.0 & Climate Change' van A. Youssef in Circular Economy & Sustainability; augustus 2021
- 'The Guide for the Brewing and Hospitality Sector: Matching your net zero ambition with a credible strategy' van Zero Carbon Forum; 2021
- 'Green lodging trends report 2022' van Greenlodging; 2023
- 'Net Zero Hospitality Roadmap Helping the hospitality sector transition to a greener future' van Hotrec; 2022
- 'Transforming Existing Hotels to Net Zero Carbon' van ARUP; 2022
- 'Become an environmentally responsible customer by choosing low-carbon footprint products at restaurants' van P. Liu (e.a.) in Journal of Hospitality; september 2022
- <https://www.wastenet.nl/3-simpele-trucs-voor-co2-reductie-in-restaurants/>
- <https://www.carbontrust.com/our-work-and-impact/guides-reports-and-tools/a-roadmap-for-the-decarbonisation-of-the-european-recreational-marine-craft-sector>

### ► Zakelijke dienstverlening:

- 'How Service Industries can Transform themselves into Green Business Industries' van MPRA; april 2016
- Responsible Business Report 2022 van Clyde & Co; 2023

#### **Onze aanpak en methodologie:**

Sectorkeuze: De keuze van deze sectoren is gebaseerd op een aantal indicatoren die voor het BKG-emissiereductietraject naar 2050 van belang zijn, zoals: het aandeel in de totale broeikasgasemissies van de sector, de gemiddelde groei in toegevoegde waarde van de sector over de afgelopen 20 jaar, het aandeel MKB-bedrijven, de benodigde emissiereductie, het aantal beschikbare decarbonisatietechnologieën in de sector en de haalbaarheid van de klimaatdoelen voor de sector. In de inleiding van de 21 sectorverdiepingen staat kort omschreven wat de definitie is van de drie gebruikte scenario's (basis, passief en proactief).

Emissiereductiepaden: De emissiereductiepaden die wij in dit rapport hebben gepresenteerd zijn gebaseerd op eigen berekeningen (voor zover mogelijk) en eigen inschattingen. Onze berekeningen zijn veelal gebaseerd op externe publicaties, zoals van het project MIDDEN (industrie, PBL/TNO), routekaarten voor de vermindering van broeikasgassen gemaakt door nationale of internationale brancheorganisaties of belangenverenigingen en NGO's, publicaties van adviesbureaus of wetenschappelijke publicaties. In een aantal gevallen zijn ook eigen inschattingen de basis van de verschillende emissiereductiepaden in sectoren richting 2050. Eigen inschattingen waren soms noodzakelijk, omdat in een aantal gevallen de relevante data voor een verdere doorberekening ontbrak. Om een zo compleet mogelijk beeld te kunnen schetsen wat betreft de impact op de Nederlandse economie aan de hand van de gekozen sectoren, hebben we inschattingen gemaakt. De basis van de inschattingen was bijvoorbeeld ervaringen in andere sectoren met bepaalde decarbonisatietechnologieën, kwalitatieve duidingen in externe publicaties (ook wetenschappelijk), de resultaten van decarbonisatie-inspanningen met bepaalde technologieën van bedrijven in sectoren tot dusver en sectordeskundigheid en praktijkervaring van collega's binnen ABN AMRO.

Uitgangspunten: In hoofdlijnen liggen de volgende factoren aan de basis van onze emissiereductiepaden richting 2050:

- Het historische BKG-emissiereductiepad van sectoren vanaf 1990 (CBS): De inspanningen uit het verleden geven in grote lijnen aan wat de haalbaarheid zou kunnen zijn van het 2030 doel. Daaruit kan deels geconcludeerd of aan de 2030 en 2050 benchmarks kan worden voldaan.
- De beschikbaarheid van randvoorwaarden die bij een emissiereductietraject horen, zoals investeringen in infrastructuur of de beschikbaarheid van laadpalen of de beschikbaarheid van vakbekwaam personeel.
- Het striktheid en reikwijdte van het overheidsbeleid in sectoren. De BKG-emissies van bijvoorbeeld sectoren met veel grote bedrijven die onder het EU-ETS systeem vallen, zullen veelal in een hoger tempo afnemen dan in sectoren waarin dit niet het geval is.
- De beschikbaarheid van en het aantal decarbonisatietechnologieën in de TRL-9 fase per sector, de potentiële impact van die technologieën op de BKG-emissies en de hoogte van de investeringen daarin. Deze TRL-9 technologieën hebben de grootste impact op het traject naar 2030. Voor de technologieën in fase 7 en 8 nemen we aan dat de potentie daarvan meer op middellange termijn gaat gelden. De technologieën in TRL fases 1 t/m 6 hebben beperkte impact richting 2030, maar deze kunnen in potentie het verschil maken in het pad tussen 2030 en 2050.
- De financiële positie van bedrijven in de sector. Zo zal bijvoorbeeld in sectoren met lage marges minder geïnvesteerd worden in technologieën die relatief hoge investeringen vergen, waardoor de kans klein is dat emissiereductie op grote schaal plaatsvindt.

**Beperkingen van onze aanpak en methodologie:**

Onze emissiereductiepaden komen uit op lineaire trajecten naar de klimaatdoelen van 2030 en tussen 2030 en 2050. Het gebruik van deze lineaire trajecten is een vereenvoudiging. In werkelijkheid lopen dergelijke trajecten nooit lineair. Zo verloopt de implementatie van nieuwe technologieën nimmer lineair, maar kent verschillende fasen van de startfase, naar vroege groei, naar gevorderde groei en naar volwassenheid en uiteindelijk verzadiging. Deze trend heeft invloed op het uiteindelijke traject.

Zoals eerder aangegeven in dit rapport ontbreekt de holistische benadering van de klimaatproblematiek in sectoren en doen we alleen een uitspraak over de scope 1 emissies. Met een holistische benadering is het eenvoudiger om vat te krijgen op deze complexe materie. Sectoren zijn immers sterk met elkaar verbonden, niet alleen nationaal maar vaak ook internationaal. Met een holistische blik – waarbij een beter beeld ontstaat over de scope 1 t/m 3 emissies – kan de complexiteit van de klimaatproblematiek inzichtelijker worden gemaakt.

Onze inschattingen zijn in het geval van verouderde of het ontbreken van kwantitatieve en/of kwalitatieve relevante informatie gebaseerd op eigen veronderstellingen. Deze veronderstellingen zijn door ons gemaakt en dus arbitrair.

De ontwikkelingen volgen zich snel op in de verduurzaming van de economie. De innovatie gaat hard en de impact van doorbraaktechnologieën is moeilijk te analyseren. De technologieën die wij in dit rapport hebben opgenomen zijn niet allesomvattend en ongetwijfeld ontbreken hier belangrijke manieren om de BKG-emissies te verminderen. Met de beschikbare kennis en middelen tot onze beschikkingen hebben we gepoogd een zo compleet mogelijk overzicht van alle decarbonisatietechnologieën in sectoren.

**DISCLAIMER**

ABN AMRO Bank  
Gustav Mahlerlaan 10 (bezoekadres)  
Postbus 283  
1000 EA Amsterdam

Dit document is samengesteld door ABN AMRO. Het heeft uitsluitend als doel om financiële en algemene informatie te verstrekken over de economie en duurzaamheid. ABN AMRO behoudt zich alle rechten voor met betrekking tot de informatie in het documenten het document wordt uitsluitend aan u verstrekt voor uw informatie. Het is niet toegestaan dit document (geheel of deels) te kopiëren, distribueren, door te geven aan een derde of om het voor enig ander doel te gebruiken dan hier boven bedoeld.

Dit document is informatief bedoeld en vormt geen aanbieding van effecten aan het publiek, of een uitnodiging om een aanbod te doen. U mag niet om welke reden dan ook vertrouwen op de informatie, meningen, beramingen en aannames in dit document noch dat het compleet, accuraat of juist is. Er wordt geen garantie gegeven, uitdrukkelijk of stilzwijgend, door of uit naam van ABN AMRO, haar directeuren, functionarissen, vertegenwoordigers, gelieerde partijen, groepsmaatschappijen of werknemers met betrekking tot de juistheid of volledigheid van de informatie in dit document, en geen enkele aansprakelijkheid wordt geaccepteerd voor enig verlies als direct of indirect gevolg van het gebruik van deze informatie. De opvattingen en meningen opgenomen hierin kunnen op enig moment aan verandering onderhevig zijn en ABN AMRO heeft geen enkele verplichting om de informatie in dit document na de datum hiervan te herzien.

Voordat u in enig product van ABN AMRO investeert, dient u zich te informeren over de verschillende financiële en andere risico's, alsmede mogelijke beperkingen voor u en uw investeringen als gevolg van toepasselijke wetgeving en regels. Indien u, na lezing van dit document, overweegt een investering te doen in een product, raadt ABN AMRO aan om een dergelijke investering met uw relatiemanager of persoonlijke adviseur te bespreken om nader te bezien of het relevante product – met inachtneming van alle mogelijke risico's – past bij uw investeringen. De waarde van beleggingen kan fluctueren. In het verleden behaalde resultaten bieden geen garanties voor de toekomst. ABN AMRO behoudt zich het recht voor wijzigingen in dit materiaal aan te brengen.

© Copyright 2024 ABN AMRO Bank N.V. ABN AMRO Bank N.V. en geaffilieerde ondernemingen ("ABN AMRO")

Alle rechten voorbehouden. De inhoud van deze publicatie mag niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd, gedistribueerd of gekopieerd voor welk doel dan ook zonder de uitdrukkelijke voorafgaande toestemming van ABN AMRO.