



Aanpassingen SDE++ voor lagere netimpact

Maatregelen voor zon-pv, wind op land en industriële warmte-installaties



Managementsamenvatting

Deze studie heeft zeven potentievolle aanpassingen in de SDE++ in kaart gebracht voor zon, wind en industriële warmte. Deze aanpassingen zijn erop gericht om de netimpact van projecten die gefinancierd worden met de SDE++ te verlagen. Met deze aanpassingen kunnen er meer duurzame projecten gerealiseerd worden in Nederland en kan het netwerk verzuurd worden voor sectoren met minder flexibiliteit.

Methodie aanpassingen SDE++-systematiek

De SDE++ financiert een groot gedeelte van de duurzame energieprojecten in Nederland. Veel van deze projecten resulteren in meer elektriciteitsproductie of -afname en daardoor heeft de SDE++ een direct effect op de netcongestieproblemen in Nederland. In deze studie zijn aanpassingen aan de SDE++ onderzocht om de additionele netimpact van deze nieuwe projecten te verminderen. Er zijn twee manieren om de netimpact van projecten te verlagen in de SDE++-systematiek:

1. Er kunnen aparte techniekcategorieën toegevoegd worden voor projecten met een lagere netimpact. Aparte techniekcategorieën kunnen goed opgenomen worden in de SDE++ en de projecten zullen dan een passende subsidie ontvangen, waardoor ze mogelijk vaker gerealiseerd zullen worden. Techniekcategorieën met een lage netimpact concurreren binnen de SDE++ met techniekcategorieën met een hoge netimpact, maar hebben vaak een hogere onrendabele top. Daardoor zullen ze niet goed in de prioritering in de SDE++ naar voren komen. Deze prioritering kan op verschillende manieren beïnvloed worden: door het meenemen van externe netkosten, door de emissiefactor nauwkeurig vast te stellen of door een extra hekje in te voeren. Maar zolang het subsidiebudget van de SDE++ beperkt

overvraagd is, krijgen projectontwikkelaars geen of een beperkte prikkel om projecten met een lagere netimpact te realiseren. Alle projecten, met lage of hoge netimpact, ontvangen dan namelijk subsidie.

2. Er kunnen algemene voorwaarden voor een lagere netimpact toegevoegd worden, die gelden voor alle projecten waarvoor subsidie wordt verstrekt. Om de netimpact van projecten, gefinancierd door de SDE++, significant te verlagen, zijn algemene voorwaarden daarom het meest kansrijk. Dit zijn voorwaarden die gelden voor alle projecten in een techniekcategorie en waaraan voldaan moet worden om in aanmerking te komen voor de SDE++. Deze voorwaarden gelden dan voor bestaande en mogelijke toegevoegde techniekcategorieën.

In deze studie zijn zowel aparte techniekcategorieën als algemene voorwaarden in kaart gebracht als aanpassingen in de SDE++.

Aanpassingen SDE++ voor zon en wind

In deze studie zijn zeventien mogelijke aanpassingen geïdentificeerd met verschillende stakeholders voor zon en wind. Hieruit zijn vier maatregelen met de meeste potentie voor zon en wind naar voren gekomen:

1. Verplichting gedeeltelijke non-firm-ATO (NFA) of een capaciteitsbeperkingscontract (CBC) als algemene voorwaarde: een verplichting voor een contract waarbij het gebruik van de netaansluiting niet altijd gegarandeerd is, maar soms niet gebruikt kan worden als er netcongestie is. Met deze voorwaarde is de netimpact lager en kunnen netverzwaringen tot vijftien jaar uitgesteld worden. De keuze tussen NFA of CBC en de vormgeving van deze voorwaarden is een afweging



voor beleidsmakers. De afweging tussen een NFA of CBC en de vormgeving van de maatregel is onder andere gebaseerd op de gewenste zekerheid van het uitstellen van de netinvesteringen en door wie de kosten van niet-ingevoede elektriciteit vergoed worden.

2. Combinatie nieuwe zon en wind als aparte techniekcategorie: zon en wind op één aansluiting zorgen voor veel efficiënter gebruik van de netaansluiting en meer duurzame invoeding via de aansluiting.
3. Extra zon bij bestaande opwek als aparte techniekcategorie: zonnepanelen worden bijgeplaatst bij bestaande zon of wind. De netaansluiting wordt niet vergroot, waardoor extra duurzame elektriciteit ingevoerd wordt via de bestaande netaansluiting.
4. Kleine windmolens ‘achter de meter’ als aparte categorie: windmolens achter de meter kennen hogere kosten, maar de elektriciteit kan vaak direct achter de meter gebruikt worden. Dit zorgt voor een lagere netimpact en hogere baten door direct verbruik van geproduceerde elektriciteit.

Financiële ondersteuning zon en wind vanaf 2025

Vanaf, naar verwachting, 2025 wordt er een nieuw instrument ingevoerd voor zon en wind ter vervanging van de SDE++. Dit instrument is mogelijk een two-sided contract for difference. Dit is in lijn met de SDE++, maar bij hoge elektriciteitsprijzen dient de projectontwikkelaar zijn additionele inkomsten af te dragen. De geïdentificeerde aanpassingen in deze studie voor de SDE++, zowel algemene voorwaarden als extra categorie, kunnen ook toegepast worden in zo'n two-sided contract for difference. Een definitieve beoordeling hiervan is echter pas mogelijk als een eventueel nieuw instrument verder uitgewerkt is.

Aanpassingen SDE++ industriële warmte-installaties

In deze studie zijn acht mogelijke aanpassingen voor SDE++ onderzocht voor de industriële warmtevraag. Hiervan hebben de volgende vier maatregelen de meeste potentie:

1. **Verplichting volledige NFA- of CBC-verplichting als algemene voorwaarde:** deze flexibele contracten hebben een grote potentie voor het beperken van de netimpact voor e-boilers. Deze aanpassing kan ook op een warmtepomp worden toegepast, maar met grotere effecten op het industrieproces. Deze studie biedt een uitwerking voor lagere netimpact én zekere businesscase.
2. **E-boiler alleen subsidiëren als warmtepomp niet mogelijk is, als algemene aanpassing:** een e-boiler als primaire warmtebron is minder efficiënt dan een warmtepomp en heeft dus een grotere netimpact. Door e-boilers alleen toe te staan in situaties waarin een warmtepomp geen alternatief is, wordt de energietransitie efficiënter gerealiseerd. De e-boiler als piekproductie of voor energiebalancering valt buiten scope van deze studie.
3. **Procesgeïntegreerde warmtepompen als aparte techniekcategorie:** deze warmtepompen zijn nu vanwege uitvoerbaarheid niet opgenomen in de SDE++, maar zijn wel energie-efficiënt en kennen dus een veel lagere netimpact.
4. **Realisatie met warmteopslag als aparte techniekcategorie:** warmteopslag maakt flexibilisering mogelijk van elektrische boilers en warmtepompen. Warmteopslag kan toegevoegd worden in de SDE++ als aparte categorie en zo meer flexibiliteit mogelijk maken.



Met deze studie wordt invulling gegeven aan één van de acties in het Landelijk Actieplan Netcongestie (LAN). In deze studie zijn opties geïdentificeerd voor zon-pv, wind op land en industriële warmte. Dit zijn de categorieën met potentie voor flexibiliteit en een grote netimpact. In het [achtergrondrapport](#) van deze studie is een uitgebreide toelichting en nadere uitwerking opgenomen over alle maatregelen voor zon, wind en industriële warmte.



1 Inleiding

Inhoudsopgave

Klik om naar het hoofdstuk te gaan

Managementsamenvatting

Hoofdstuk 1 - Inleiding: Aanleiding, scope en focus

Hoofdstuk 2 - Netimpact en SDE++: De huidige relatie tussen de SDE++ en de uitdagingen op het elektriciteitsnetwerk

Hoofdstuk 3 - Implementatie in SDE: Hoe moeten de extra maatregelen vormgegeven worden in de SDE++?

Hoofdstuk 4 - Zon: Nieuwe maatregelen om extra zon-pv-projecten aan te sluiten op het elektriciteitsnetwerk

Hoofdstuk 5: Nieuwe maatregelen voor wind op land in de SDE++

Hoofdstuk 6: Nieuwe maatregelen voor industriële warmte in de SDE++

Dit rapport omvat de resultaten van deze studie, gericht op een betere inpassing van zon-pv, wind en industriële warmte projecten in de SDE++. In de [bijlage](#) is meer toelichting opgenomen over de methode en de onderzochte maatregelen.

Energietransitie resulteert in grotere rol elektriciteit

Nederland heeft ambitieuze doelstellingen voor 2030 en 2050 op het gebied van de energietransitie, nieuwbouwwoningen en bedrijvigheid. Al deze ontwikkelingen resulteren onder andere in een toenemende behoefte naar elektriciteit en elektriciteitsinfrastructuur:

- De energietransitie resulteert in grotere elektriciteitsvraag door elektrificatie van verschillende vraagsectoren, zoals elektrische voertuigen, de warmtetransitie in de gebouwde omgeving en elektrificatie van de industrie.
- De verduurzaming van de toenemende elektriciteitsvraag vereist meer duurzame elektriciteitsproductie, met onder andere zonnepanelen en windmolens.

Netverzwaring én efficiënt netgebruik is vereist

Deze maatschappelijke ontwikkelingen moeten gefaciliteerd worden door het uitbreiden van het elektriciteitsnetwerk. Netverzwaring is essentieel en tot 2050 moet de capaciteit van de elektriciteitsinfrastructuur minstens verdubbeld worden [1]. Verzwaren is de belangrijkste oplossing, onder andere omdat netverzwaring goedkoper is dan alternatieven zoals bijvoorbeeld grootschalige batterijen. Het verzwaren van het elektriciteitsnetwerk op maximaal tempo is dus de komende jaren wenselijk en vereist.



Door het netwerk efficiënter te gebruiken kan echter netverzwaring voorkomen worden, of in ieder geval uitgesteld. Daarnaast zorgt efficiënt netgebruik er ook voor dat er geen onnodige investeringen gedaan worden. In de studie '[Het net slimmer benut!](#)' concludeerden we dat hiervoor een aantal acties essentieel zijn. Ten eerste geven hervormingen van de nettarieven marktpartijen een financiële prikkel om het netwerk minder te belasten. Dit resulteert ook op de lange termijn in een efficiënt energiesysteem. Daarnaast kan er, vanwege de huidige netcongestie, op de korte termijn voor gekozen worden extra maatregelen te nemen om zo extra verduurzaming mogelijk te maken. Voorbeelden hiervoor zijn: het plannen en prioriteren van de energietransitie en netverzwaring, toepassing van congestiemanagement en hervorming van bestaand instrumentarium, zoals de SDE++.

Uitvoeringscapaciteit netbeheerders is beperkt

De netbeheerders kunnen echter niet op voldoende tempo het netwerk verzwaren om alle ontwikkelingen te faciliteren. Het aansluiten van alle partijen én het uitbreiden van het netwerk is meer dan de netbeheerder aankan. Daardoor ontstaat netcongestie en moeten partijen lang wachten voor ze (meer) elektriciteit kunnen gebruiken. Ook hierom is efficiënt netgebruik essentieel, zodat verzwaringen pas later in de tijd nodig zijn. De belangrijkste redenen voor het tekort aan uitvoeringscapaciteit bij de netbeheerders, zijn:

- het tekort aan (technisch) **personeel** voor de uitvoering van de vereiste werkzaamheden;
- uitdagingen in opschalen van uitvoeringscapaciteit bij netbeheerders en **planmatigheid** van energietransitie in het algemeen;

- de fysieke **ruimte** en het verkrijgen van die ruimte voor nieuwe infrastructuur;
- **doorlooptijden** van vergunningen en procedures;
- de **financiering** is voor sommige netbeheerders een knelpunt;
- het tijdig verkrijgen van de juiste **materialen**.

Deze knelpunten moeten opgelost worden om zoveel mogelijk netverzwaring mogelijk te maken. Binnen het Landelijke Actieplan Netcongestie worden deze knelpunten geadresseerd.

Focus studie: extra verduurzaming aansluiten op het elektriciteitsnetwerk

De SDE++ (Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie) is het grootste financiële instrument voor de energietransitie in Nederland. Het draagt bij aan de grote toename van duurzame elektriciteitsproductie op land (zon en wind), CO₂-afvang en duurzame warmteproductie. De SDE++ ondersteunt projecten die resulteren in een grote extra behoefte aan netcapaciteit, voor zowel opwek als afname. In deze studie onderzoeken we of additionele voorwaarden toegevoegd kunnen worden aan de SDE++, waardoor de extra netimpact van nieuwe projecten beperkt wordt. Als er gewaarborgd kan worden dat nieuwe projecten binnen de SDE++ een lagere netimpact hebben, resulteert dat in grotere maatschappelijke baten, doordat er meer en sneller andere ontwikkelingen in Nederland gefaciliteerd kunnen worden. Het is te verantwoorden dat de SDE++ hiervoor ingezet wordt, omdat de SDE++ publiek geld is dat wordt besteed aan de verduurzaming van Nederland. We richten ons in deze studie specifiek op duurzame elektriciteitsproductie uit zon en wind, en



elektrificatie van de industrie. In Paragraaf 2.1 lichten we deze focus verder toe.

Deze studie richt zich op maatregelen die in de SDE++ uitgevoerd kunnen worden. Deze studie bevat daarmee dus onze inschatting van de wenselijkheid en uitvoerbaarheid. Het is vervolgens aan het ministerie van EZK en PBL of, hoe, en wanneer deze maatregelen ingevoerd kunnen worden.

De SDE++ wordt naar verwachting in 2025 of 2026 niet langer gebruikt voor het subsidiëren van duurzame elektriciteitsproductie; daarom vindt ook een doorkijk plaats naar het instrumentarium voor duurzame elektriciteitsproductie na 2025. Duurzame industriële warmte zal ook na 2025 gesubsidieerd blijven met de SDE++.

De hoofdvraag van deze studie: *Welke voorwaarden kunnen toegevoegd worden aan de SDE++ om de netimpact te verkleinen van zon, wind op land en industriële duurzame warmte? Hoe past dit in het instrumentarium dat mogelijk de SDE++ opvolgt?*



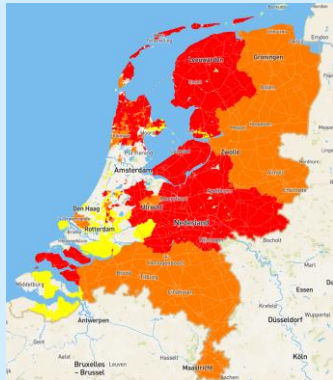
2 Netimpact en SDE++

Wat is netimpact? Netcongestie en aansluitingen

Netimpact is het effect van nieuwe en bestaande aangesloten partijen op het elektriciteitsnetwerk en de uitvoeringscapaciteit van de netbeheerders. De netimpact bestaat uit twee onderdelen: realiseren van nieuwe aansluitingen en eventueel verzwaren van het elektriciteitsnetwerk om het extra vermogen te faciliteren. Beide zijn nodig om partijen aan te sluiten op het net.

Verzwaren voor netcongestie

Netcongestie betekent een tekort aan capaciteit op het elektriciteitsnetwerk voor afname en/of invoeding van elektriciteit. Daardoor kan er geen nieuw of groter transportvermogen aangevraagd worden door bedrijven. Om dit probleem op te lossen, is een verzwaring van het elektriciteitsnetwerk (kabels en transformatorstations) vereist, met een doorlooptijd van drie tot vijf jaar (middenspanningsnetwerk) tot wel tien jaar (hoogspanningsnetwerk).



Congestiesituatie voor invoeding in mei 2023 [2]

- Permanente congestie
- Congestie, lopend congestie-managementonderzoek
- Dreigende congestie

Realiseren netaansluitingen

Nieuwe partijen vragen een netaansluiting aan om elektriciteit te kunnen gebruiken. Bestaande partijen hebben een grotere aansluiting nodig als ze overstappen op elektrische voertuigen of verwarming, groeien, of (meer) zonnepanelen nemen. Ook het realiseren van nieuwe aansluitingen vereist uitvoeringscapaciteit bij de netbeheerder, zeker als het complexe projecten zijn.



Voorbeeld: Voor de netaansluiting van drie nieuwe zonneparken (30 MW) in Wijk bij Duurstede gebruikt Stedin 36.000 meter kabel. Monteurs zijn 2.500 uur bezig, naast 550 uur voor engineers en projectleiding.

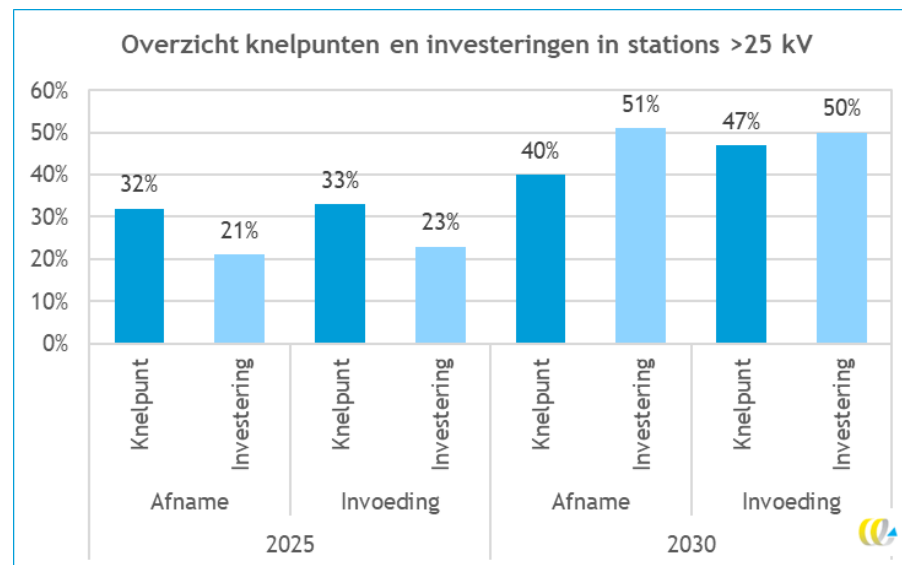
De afgelopen jaren zijn er veel knelpunten voor zowel afname als opwek ontstaan. Figuur 1 toont het aantal knelpunten en geplande investeringen in regionale netstations met een spanning van 25 kV of meer [3].

De regionale netbeheerders investeren tot 2030 volgens deze publieke cijfers in 50% van hun bestaande transformatorstations. TenneT realiseert in dezelfde periode 400 grote projecten en 40 nieuwe stations.

De netbeheerders hebben in 2022 allen hun investeringsplannen voor de periode 2022-2031 gepubliceerd. Hieruit blijkt dat TenneT in de periode 2022-2024 in totaal € 3,1 miljard investeert in haar netwerk en tot 2031 in totaal tot € 13,6 miljard. Dit is een gemiddeld bedrag van € 1,4 miljard per jaar. De regionale netbeheerders investeren van 2022 tot 2024 in totaal € 6,5 miljard, oftewel: bijna € 2,1 miljard per jaar. Het grootste gedeelte daarvan is om bestaande netcongestie op te lossen, of om toekomstige netcongestie te voorkomen door het netwerk uit te breiden.

Ondanks de grote hoeveelheid investeringen nam het aantal locaties met congestie de afgelopen jaren toe. Hoewel het aantal netverzwaringen wordt opgeschaald, blijft netcongestie in ieder geval de komende tien tot vijftien jaar een probleem. Stations zullen overbelast raken en voor jaren zullen klanten niet aangesloten kunnen worden. Een mogelijke optie is om te investeren voordat het knelpunt ontstaat: zogenaamd *voorinvesteren*. Doordat het werkpakket groter is dan de netbeheerders aankunnen, is voorinvesteren nu echter lastig. Het is wel essentieel om, als een verzwaring nodig is, dit zo groot uit te voeren dat het netwerk toekomstbestendig is.

Figuur 1 - Overzicht investeringen stations groter dan 25 kV [3]



2.1 Focus van deze studie

In deze studie richten we ons op het beperken van de netimpact van drie sectoren: zon-pv, wind op land en elektrificatie van de industrie.

We focussen op deze sectoren vanwege drie redenen, die we hierna verder toelichten:

1. Flexibele productie of afname van elektriciteit is mogelijk.
2. Maatschappelijke effecten voor flexibiliteit zijn bij deze sectoren relatief beperkt.
3. Projecten worden gerealiseerd met maatschappelijk geld (SDE++).

Flexibele elektriciteit is mogelijk

Flexibele elektriciteitsproductie of -afname kan de netimpact minimaliseren door netcongestie te voorkomen of op te lossen. Voor veel partijen (zoals woningen of bedrijven) is flexibel elektriciteitsgebruik lastig. Zij willen op elk moment stroom kunnen gebruiken, en de apparaten met flexibel vermogen zijn nu nog beperkt. Voor industriële elektrificatie is flexibele sturing vaak eenvoudiger mogelijk, omdat er naast elektrisch vaak andere alternatieven op de locatie zijn voor de warmtevoorziening, of omdat er een bepaalde flexibiliteit in de energievraag is. Ook duurzame opwek (zon-pv en wind) kan flexibel afgeschakeld worden, als dit nodig is. Dit betekent dat er op een andere manier elektriciteit geleverd moet worden op andere locaties, bijvoorbeeld via (waterstof)gascentrales of batterijen. Flexibiliteit is er ook in locatie: voor sommige projecten is het mogelijk zich te vestigen op andere locaties waar wel netcapaciteit beschikbaar is.

Focus op lagere maatschappelijke effecten van flexibiliteit

Flexibiliteit voor netcongestie kan betekenen dat er minder energie gebruikt of ingevoed kan worden. We leveren op sommige momenten dus maatschappelijke baten in: er is minder CO₂-reductie, de omzet van bedrijven daalt, of huishoudens leveren comfort in. De kosten van het inzetten van flexibiliteit verschillen per toepassing, bijvoorbeeld:

- Als er minder zonne-energie ingevoed wordt, betekent dat dat er mogelijk elektriciteit geleverd moet worden met duurdere fossiele bronnen, resulterend in meer CO₂-uitstoot of inzet van een batterij.

- Elektrische industriële boilers worden vaak geplaatst naast een gas-boiler. Daardoor kan de warmte geleverd worden uit elektriciteit of gas, zonder impact op het proces, maar wel met hogere kosten en meer CO₂-emissies.
- In sommige industriële processen kan er binnen de bedrijfsvoering voor enkele uren vaak wel meer of minder geproduceerd worden; er zijn dan beperkte maatschappelijke kosten. Voor sommige andere sectoren is dit echter niet mogelijk en zijn dus de kosten voor minder elektriciteit gebruiken erg hoog.
- Voor woningen en een groot deel van de bedrijven zijn de implicaties veel groter. In het uiterste geval doven de lichten en werken de computers niet meer bij bedrijven en woningen. Dit heeft veel grotere maatschappelijke effecten dan een flexibel industrieel proces of elektriciteitsproductie.

In deze studie richten we ons dus op sectoren waar de maatschappelijke effecten voor het inzetten van flexibiliteit relatief laag zijn. Zo wordt congestie opgelost of voorkomen met de laagst mogelijke effecten bij de aangesloten partijen. In de SDE++ zijn dit de sectoren: industriële warmteproductie, zon en wind.

Projecten via SDE++ worden gerealiseerd met maatschappelijk geld

De meeste projecten in deze drie sectoren worden gerealiseerd met subsidies via de SDE++. Omdat er maatschappelijk geld wordt besteed, is het te verantwoorden dat dit op een maatschappelijk verantwoorde manier gebeurt, en in lijn is met de klimaatdoelstellingen.



De voorwaarden in deze studie resulteren erin dat de netimpact van de SDE++-projecten vermindert, waardoor het werkpakket van de netbeheerder kleiner wordt en de uitvoerbaarheid van de energietransitie op de korte en langere termijn verbetert. Er kunnen daardoor meer projecten aangesloten worden als de netimpact per project lager is.

2.2 SDE++ en netimpact

De SDE++ is qua omvang het grootste financiële instrument voor de verduurzaming van Nederland. Projecten kunnen een aanvraag indienen voor de SDE++-subsidie, die jaarlijks wordt geopend. Per project wordt de subsidie-intensiteit vastgesteld in €/ton CO₂-besparing. De projecten met de laagste subsidie-intensiteit worden gefinancierd totdat het totale budget op is. De impact van de SDE++ op het tempo van verduurzaming is groot. Zo werd in 2021 72% van alle nieuwe zonnestroominstallaties ondersteund door de SDE++ [4] en de overige panelen door de ISDE of salderingsregeling. Bijna alle grootschalige projecten worden alleen gerealiseerd als men een SDE++-subsidie verkrijgt.

De SDE++ is een exploitatiesubsidie. Dit betekent dat de exacte hoeveelheid subsidie jaarlijks wordt vastgesteld, gebaseerd op de prijzen van onder andere ETS-CO₂-rechten en aardgas. De SDE++ financiert de onrendabele top van een project over een periode van vijftien jaar. De subsidie wordt vastgesteld door de onrendabele top te bepalen tussen de projectkosten voor de ontwikkelaar (het basisbedrag) en de verwachte inkomsten (de langetermijnprijs). Vervolgens wordt de subsidie-intensiteit vastgesteld door de onrendabele top te delen door de CO₂-reductie, die wordt vastgesteld aan de hand van de emissiefactor (vermeden CO₂ per

kWh). Er worden in de SDE++ dus geen kosten meegenomen die niet door de ontwikkelaar worden betaald, zoals gesocialiseerde kosten voor netverzwaring.

SDE++-budget en aanvragen

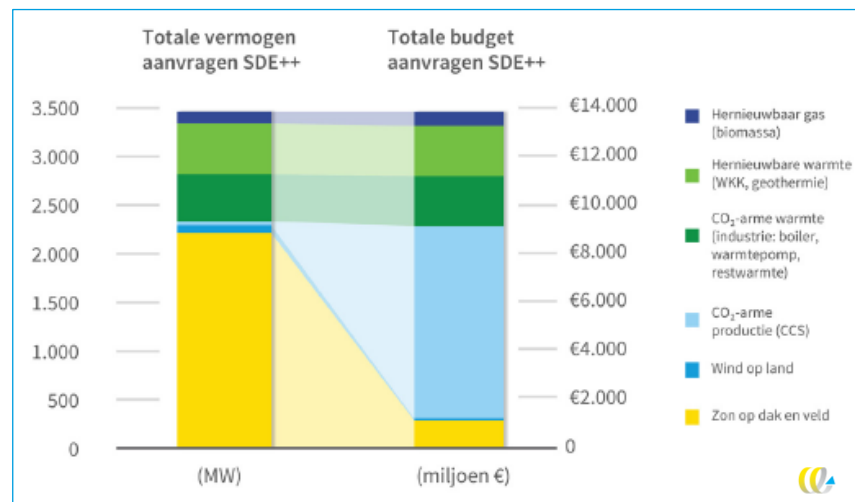
Voor 2023 is een totaalbudget beschikbaar van € 8 miljard en in 2022 omvatte het € 13 miljard. De SDE++ bestaat uit verschillende categorieën:

- hernieuwbare elektriciteit (onder andere zon en wind);
- hernieuwbare warmte (onder andere geothermie, wkk, zonthermie);
- hernieuwbaar gas uit biomassa;
- CO₂-arme warmte (elektrische boiler, warmtepomp, restwarmte);
- CO₂-arme productie (CCS en CCU, geavanceerde hernieuwbare brandstoffen en elektrolyse).

Figuur 4 toont het totale budget en aangevraagde vermogen van SDE++-aanvragen voor 2020 tot 2022. In totaal is in 2022 voor 3,5 GW aan aanvragen gedaan, waarvan 1,3 GW voor zon op dak en 1 GW zon op veld. Daarnaast kwam een groot vermogen van aanvragen voor geothermie, biomassawarmte en wkk en de elektrische boiler. Dit vermogen wordt aangesloten op het netwerk van de netbeheerder en resulteert daarmee (net als andere aangeslotenen) in netimpact en mogelijk vereiste netverzwaringen. Wat daarbij opvalt, is dat zon een klein gedeelte omvat van het totale subsidiebedrag, maar wel een zeer groot gedeelte van het vermogen vormt. De netimpact ten opzichte van de maatschappelijke baten is groot.



Figuur 2 - Aanvragen SDE++ in 2022 met subsidiebedrag en vermogen



Voorwaarden netimpact in de SDE++

Het elektriciteitsnetwerk en de netimpact worden al in enkele categorieën meegenomen. Deze studie gaat over additionele maatregelen om de net-impact verder te reduceren. Nu is er bijvoorbeeld een maximale aansluitcapaciteit voor zonnepanelen van 50% ten opzichte van het piekvermogen van de zonnepanelen. Dit betekent dat een zon-pv-project met 20 MW piekvermogen een netaansluiting mag aanvragen van maximaal 10 MW.

Een andere gestelde voorwaarde voor elektriciteitsproductieprojecten is een transportindicatie. Dit is een toets van de netbeheerder of er zeker geen netcapaciteit voor een project beschikbaar is, zodat er niet onnodig

subsidiegelden voor dat project worden gereserveerd. De definitieve beoordeling of een partij een netaansluiting krijgt, wordt echter pas gedaan bij een formele aanvraag voor een netaansluiting bij de netbeheerder. Dit is ongeveer één jaar later. Het komt voor dat er tussen de transportindicatie en de uiteindelijke aanvraag alsnog netcongestie ontstaat, waardoor een gedeelte van de projecten niet door kan gaan als de aanvraag gedaan wordt voor een netaansluiting.

Een verandering in de SDE++ in 2023 zijn zogenaamde ‘hekjes’. Daarbij wordt een hoeveelheid budget toegekend aan specifieke domeinen, zoals lagetemperatuurwarmte, die normaal vanwege de hogere subsidie-intensiteit minder aan bod komt. Het doel is dat technieken met een hogere subsidie-intensiteit ook gefinancierd worden tot minimaal het gestelde budget per domein. Een hekje kan er ook aan bijdragen dat er meer projecten gefinancierd worden met een lage netimpact, aangezien er dan meer budget naar die typen projecten gaat.

Ondersteuning voor elektriciteitsproductie na 2025

De SDE++ zal naar verwachting na 2025 niet langer gebruikt worden voor de ondersteuning van duurzame elektriciteitsproductie. Er was tot die periode eerst een maximaal gesubsidieerde hoeveelheid van 35 TWh elektriciteitsproductie, maar dit plafond is recent opgeheven [5]. Tot 2025 zal er naar verwachting dus nog veel elektriciteitsproductie gerealiseerd worden binnen de SDE++. Voor de periode na 2025 of 2026 zal naar verwachting een nieuw instrument geïmplementeerd worden om de investeringszekerheid in duurzame elektriciteitsproductie te waarborgen. Mogelijkheden zijn Contracts for Difference (CfD), bankgaranties,



een verplichting op energieleveranciersniveau of een andere subsidie. De verwachting van CE Delft is dat two-sided contracts for difference worden ingevoerd. Dit betekent dat als de energieprijzen hoger zijn dan de kostprijs, de subsidie-aanvrager zijn overwinsten dient te betalen aan de overheid. Ook binnen een nieuw instrument voor duurzame elektriciteitsproductie na 2025 zijn voorwaarden om de netimpact te verminderen relevant. Daarom toetsen we in de vervolgstudie of deze maatregelen ook binnen die instrumenten toegepast kunnen worden.



3 Hoe te implementeren in de SDE++?

Het doel van deze studie is om projecten via de SDE++ te realiseren met een lagere netimpact. Dit kan via twee manieren in de SDE++:

1. **Algemene voorwaarden stellen aan alle projecten:** Hierdoor kunnen projecten die niet aan deze voorwaarden voldoen, en daardoor een grotere netimpact hebben, geen subsidie aanvragen. Een voorbeeld is de huidige eis dat zon-pv-projecten een netaansluiting van maximaal 50% mogen hebben van het piekvermogen van de zonnepanelen.
2. **Nieuwe techniekcategorieën toevoegen met lagere netimpact:** Er worden aparte categorieën toegevoegd met een lage netimpact. Deze categorieën zullen echter vaak meer subsidie nodig hebben, omdat de kosten hoger zijn of de inkomsten lager, waardoor ze minder snel subsidie zullen krijgen, zolang ze direct concurreren met andere categorieën. Deze prioritering kan veranderen door een aanpassing in de SDE++-systematiek.

1. Algemene voorwaarden

Algemene voorwaarden worden gesteld voor alle projecten. Als voorbeeld van een nieuwe algemene voorwaarde: zon-pv-projecten komen alleen nog in aanmerking voor subsidie als ze aangesloten worden met een non-firm-ATO (aansluit- en transportovereenkomst). Algemene voorwaarden zijn transparant, voorspelbaar en vooraf helder voor marktpartijen.

Met het stellen van de juiste voorwaarden is het verlagen van de net-impact daarnaast gegarandeerd, waardoor netcongestie de netimpact van projecten in de SDE++ verlaagd kan worden en mogelijk toekomstige netcongestie uitgesteld kan worden. Een nadeel is dat het voor alle projecten geldt, ook al zal zo'n voorwaarde voor sommige projecten niet nodig zijn, omdat er bijvoorbeeld geen netcongestie ontstaat in de toekomst.

Een algemene voorwaarde kan er dan toe leiden dat bepaalde projecten niet doorgaan of bijvoorbeeld minder invoeden, terwijl dit voor de net-impact niet noodzakelijkerwijs nodig is. Dit resulteert in minder duurzame energie en potentieel hogere kosten per kWh.

2. Nieuwe techniekcategorieën

Het is mogelijk nieuwe techniekcategorieën toe te voegen aan de SDE++. Dit zouden categorieën kunnen zijn met bijvoorbeeld voorwaarden die ook als algemene voorwaarden voor alle projecten kunnen gelden. Een voordeel ten opzichte van algemene voorwaarden is dat ontwikkelaars meer vrije keuze behouden over in welk type categorie zij indienen, oftewel: onder welke voorwaarden en met welke netimpact zij een project realiseren. Een voorbeeld zijn aparte techniekcategorieën voor zon-pv met een NFA. De categorie zonder NFA zou dan ook blijven bestaan.

Projecten met een lagere netimpact kennen vaak een hogere onrendabele top: ze hebben óf hogere kosten óf minder inkomsten. Een voorbeeld is zon-pv bij een windpark: er kan minder elektriciteit ingevoed worden, waardoor de inkomsten lager zijn. Door hier een aparte categorie van te maken, wordt er meer subsidie gegeven en kunnen deze projecten meer gerealiseerd worden.

Met het toevoegen van extra techniekcategorieën is er echter geen garantie dat er met de SDE++ ook minder projecten met een hoge net-impact gerealiseerd worden en meer met een lage netimpact. Ten eerste doordat de projecten met een lage netimpact dus een hogere onrendabele top kennen. Daardoor scoren ze ook slechter op de



prioritering in de SDE++ en krijgen projecten met een lage netimpact pas subsidie na projecten met een hogere netimpact.

Ten tweede was de SDE++ de afgelopen jaren nauwelijks overvraagd. Daarnaast kennen duurzame elektriciteitsproductie en elektrificatie van de industrie een lage subsidie-intensiteit. Daardoor zullen met aparte techniekcategorieën vaak zowel de categorieën met een hoge als met een lage netimpact gerealiseerd worden. Er is dan beperkt voordeel voor partijen om projecten met een lage netimpact te realiseren; ze krijgen toch wel subsidie. Door de subsidie krijgen partijen daarnaast ook hetzelfde financiële rendement.

Het instellen van een aparte categorie heeft op zichzelf dus geen effect op prioritering. Om toch een andere prioritering te krijgen, is het een mogelijkheid om aanpassingen te doen in de SDE++-systematiek.

1. **Opnemen maatschappelijke externe kosten in vaststellen subsidie-intensiteit:** Deze optie wordt vanwege de complexiteit verder toegelicht in Paragraaf 2.1.
2. **Hogere vermeden emissiefactor vaststellen voor categorieën:** Projecten met een lagere netimpact kunnen resulteren in extra CO₂-reductie, oftewel een hogere emissiefactor. Projecten die bijvoorbeeld tijdens de avond elektriciteit invoeden met een batterij, zullen gemiddeld veel meer CO₂ reduceren dan zon-pv-projecten die normaal invoeden. Dit komt doordat momenten met minder zonne-energie vaak fossiele centrales ingezet worden. Als er een hogere emissiefactor wordt gehanteerd voor projecten waar dit ook aantoonbaar is, is de subsidie-intensiteit (€/ton CO₂) lager. Dit past binnen de huidige

SDE++-systematiek, maar vereist dus wel dat de emissiefactor apart wordt vastgesteld voor deze nieuwe categorieën.

3. **Hekje toevoegen voor categorieën met lage netimpact:** Een gedeelte van het SDE++-budget wordt met deze aanpassing toebedeeld aan techniekcategorieën met een lage netimpact. Dit garandeert dat projecten met een lage netimpact subsidie krijgen en vergroot de kans dat projecten met een hoge netimpact geen subsidie krijgen. Het is maar zeer de vraag of een hekje met dit doel mag binnen de Europese staatsteunregels, onder andere omdat zon-pv al een volwassen techniek is.
4. **Rekenkundige aanpassing subsidie-intensiteit:** Een project met een lage netimpact en hoge subsidie-intensiteit wordt rekenkundig voortrokken, bijvoorbeeld door een 'vaste korting' van een bepaald bedrag op de subsidie-intensiteit. De subsidie die een partij krijgt blijft gelijk, maar alleen in de prioritering wordt deze partij voortrokken door de rekenkundige aanpassing. Dit kan naar verwachting niet binnen de staatssteunkaders, aangezien er geprioriteerd moet worden op de daadwerkelijke kosten. Ook het aanpassen van het basisbedrag of de langetermijnprijs (prijs waarvoor elektriciteit verkocht kan worden) aanpassen is niet mogelijk, omdat er dan niet de juiste hoeveelheid subsidie wordt uitgekeerd.

De bestaande categorie niet meer opnemen in de SDE++, maar vervangen door categorieën met een lagere netimpact, staat gelijk aan algemene voorwaarden stellen. Immers is er dan ook nog maar één mogelijkheid, namelijk met een lagere netimpact.



2.1 Opnemen maatschappelijke externe netkosten

Netinvesteringen buiten de aansluitkosten worden gesocialiseerd over alle aangesloten partijen. Ze zijn daardoor geen onderdeel van de kosten voor een projectontwikkelaar en worden daardoor ook niet meegenomen in de berekening van de SDE++. Het zijn echter wel significante maatschappelijke kosten. De netkosten kunnen, net zoals andere externe maatschappelijke kosten, geïnternaliseerd worden in de SDE++ en zo meegenomen worden in het berekenen van de vereiste subsidie-intensiteit. Trinomics heeft in evaluatie van de SDE+ vastgesteld dat bepaalde externe kosten, waaronder kosten van netinvesteringen, gemonetariseerd kunnen worden. Ze beïnvloeden niet hoeveel subsidie een partij krijgt, maar wel de prioritering van projecten. Deze kosten zouden ook gedifferentieerd kunnen worden op bijvoorbeeld locaties met en zonder netcongestie. In de Kamerbrief van april 2023 heeft minister Jetten aangegeven systeemkosten niet op te nemen in de SDE++. Zijn argumentatie daarvoor was dat de hekjes de noodzaak daarvoor verlaagden en het meenemen van de systeemkosten erg complex is.

Voorbeeld internaliseren netinvesteringen in SDE++

We gaan uit van netinvesteringen van 375.000 €/MW voor het MS-netwerk, indicatief gebaseerd op een NBNL-rapport. Dit komt overeen met kapitaallasten voor de netbeheerder van ongeveer 13.000 €/MW/jaar (WACC = 2,8%, 60 jaar afschrijftermijn), waarvan we 6.500 €/MW/jaar toekennen aan opwek en de andere helft voor afname van elektriciteit. We gaan er hierbij dus van uit dat het totale investeringsbedrag eerlijk wordt verdeeld over het volledige nieuwe vermogen en over opwek en afname. Dit kan per type techniekcategorie vertaald worden naar een toevoeging op de onrendabele top en daarmee de subsidie-intensiteit. Er is gekeken naar de gemiddelde subsidie-intensiteit per categorie van de SDE++ in 2022. De enige reden voor andere relatieve kosten voor netverzwaren is een verschil in CO₂-reductie per MW. De CO₂-reductie van zon-pv is relatief het laagste, waardoor de kosten voor netverzwaren per hoeveelheid vermeden CO₂-uitstoot groter zijn.

Techniek	Zon-pv op dak	Zon-pv op veld of water	Wind op land	Elektrische boiler
Gemiddelde subsidie-intensiteit SDE++ 2022	67 €/ton CO ₂	160 €/ton CO ₂	141 €/ton CO ₂	157 €/ton CO ₂
Kosten netinvestering	101 €/ton CO ₂	96 €/ton CO ₂	23 €/ton CO ₂	5 €/ton CO ₂
Subsidie-intensiteit inclusief netinvestering	168 €/ton CO ₂	256 €/ton CO ₂	164 €/ton CO ₂	162 €/ton CO ₂

Door het toevoegen van de netkosten aan de methode, neemt de subsidie-intensiteit voor zon het meeste toe. De volgorde van de subsidie-intensiteit van de technieken wordt significant beïnvloed. Er zou per project vastgesteld kunnen worden of een netverzwaren nodig is. Als een netverzwaren nodig is, dan kunnen de gemiddelde kosten van netinvestering moeten worden toegerekend, en anders niet. Het eenvoudigste en meest objectief is om de kosten voor alle projecten mee te nemen.



Het meenemen van maatschappelijke kosten, waaronder netinvesteringen, is in onze ogen wenselijk. Het transparant meenemen van netkosten is goed mogelijk, gebaseerd op de gemiddelde kosten voor netverzwaring, zoals beschreven in het tekstkader. Als er een techniekcategorie wordt toegevoegd zonder netimpact, zouden de kosten voor netinvestering dus 0 €/ton CO₂ zijn, en zou de subsidie-intensiteit dus lager zijn. De ontwikkelaar krijgt dezelfde subsidie, maar het project met een lagere netimpact wordt hoger geprioriteerd.

We concluderen echter dat het effect beperkt zal zijn, omdat de SDE++-subsidie beperkt overvraagd is de afgelopen jaren en er dus beperkte concurrentie is. Alle elektriciteitsproductieprojecten zullen gerealiseerd worden. Daarnaast is het belangrijk om verder te onderzoeken wat de andere effecten zijn van het meenemen van de netkosten. Bepaalde categorieën zullen (mogelijk ongewenst) beter naar voren komen, zoals CCS. Daarnaast moeten mogelijk meer externe effecten (zoals luchtvervuiling) meegenomen worden als de netkosten worden toegevoegd.

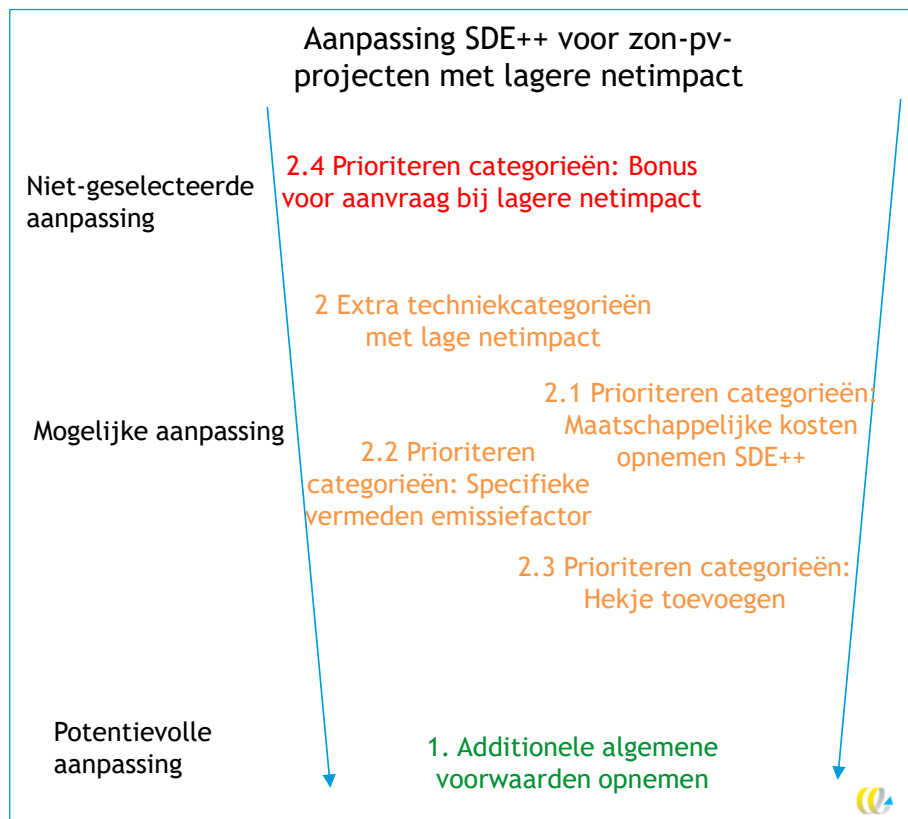
Conclusie implementatie in de SDE++

Om de netimpact van projecten te beperken, is de eenvoudigste en meest effectieve manier om algemene eisen te stellen aan projecten, zoals we nu het maximale 50%-transportvermogen voor zon-pv kennen. Deze harde eisen resulteren in dat projecten anders vormgegeven moeten worden, de vereiste subsidie per project wellicht toeneemt en bepaalde projecten niet doorgaan, maar ook dat er ook nieuwe typen projecten ontstaan. In deze studie werken we verder uit hoe zowel de algemene voorwaarden als aparte techniekcategorieën er uit kunnen zien.

Het anders prioriteren van projecten is wenselijk, maar zal mogelijk niet een heel groot effect hebben. De SDE++ is namelijk de afgelopen jaren maar beperkt overvraagd, waardoor er mogelijk te weinig concurrentie is om keuzes van projectontwikkelaars daadwerkelijk te beïnvloeden. Zon-pv, wind op land en industriële warmte worden sowieso hoog geprioriteerd, wat de kans vergroot dat projecten in deze categorieën met een hoge netimpact subsidie blijven ontvangen. Anders prioriteren zou in algemene zin kunnen door maatschappelijke kosten (waaronder netverzwaring) mee te nemen in de subsidie-intensiteit, en daarmee in welke volgorde projecten subsidie krijgen. Daarnaast kan er voor specifieke techniekcategorieën gekeken worden naar het toevoegen van een hekje voor categorieën met een lage netimpact en/of het meenemen van de (eventueel hogere) vermeden emissiefactor in de berekening van de subsidie-intensiteit van deze projecten. Maar het effect van al deze opties blijft beperkt, zolang het SDE++-budget niet overvraagd wordt.



Figuur 3 - Selectie aanpassing SDE++ voor projecten met lagere netimpact

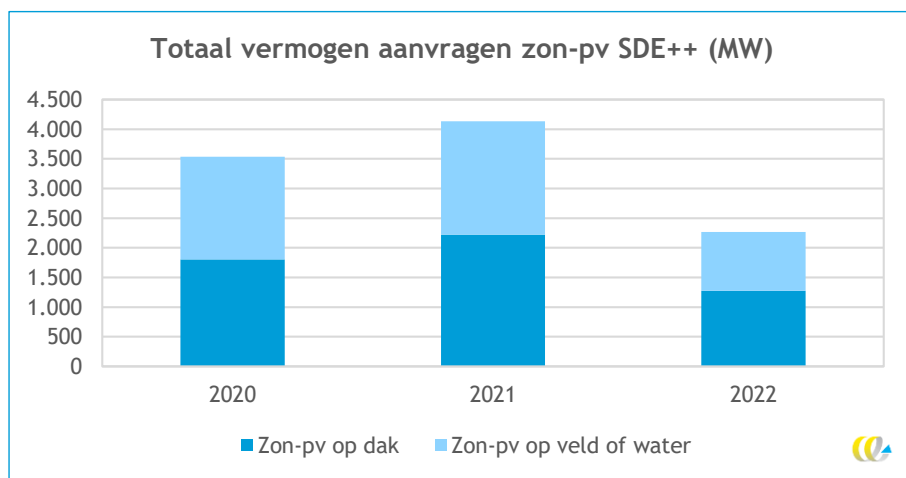


4 Zon in SDE++

4.1 Huidige SDE++

Zo'n 70% van alle zon-pv in Nederland werd de afgelopen jaren gerealiseerd via de SDE++ [4]. Figuur 4 toont het vermogen van zon-pv-aanvragen, waarvan een groot gedeelte gerealiseerd wordt. De laatste jaren worden er tussen de 2 en 4 GW aan zon-pv-projecten aangevraagd in de SDE++.

Figuur 4 - Vermogen aanvragen zon-pv SDE++



Er gelden op dit moment al twee belangrijke voorwaarden voor zon-pv-projecten, ook toegelicht in Paragraaf 2.2: een transportindicatie en een maximaal transportvermogen van 50% ten opzichte van de piekcapaciteit van de zonnepanelen.

4.2 Additionele maatregelen

In deze studie zijn additionele maatregelen voor zon-pv-projecten in de SDE++ in kaart gebracht. Deze maatregelen kunnen een additionele techniekcategorie inhouden of kunnen via een algemene voorwaarde ingevoerd worden. De maatregelen zijn globaal beoordeeld, gebaseerd op indicatieve analyses. Voor een definitieve keuze en invoering zijn additionele onderzoeken nodig. De beoordeling geeft wel een overzicht van plus- en minpunten en resulteert in potentievolle denkrichtingen. We beschrijven de maatregelen hier kort, inclusief de beoordeling weergegeven in Tabel 1. Een uitgebreide beschrijving en toelichting op de beoordeling is opgenomen in de [bijlage](#). De onderzochte maatregelen in deze studie zijn:

Een **verplichte non-firm-ATO** (aansluit- en transportovereenkomst), oftewel NFA, betekent dat een aangeslotene haar aansluiting beperkter mag gebruiken op momenten van netcongestie. De netbeheerder geeft een dag van tevoren aan op welke momenten een bepaalde hoeveelheid vermogen door de partij gebruikt of ingevoerd mag worden. Er zijn verschillende varianten onderzocht. Een volledige NFA is geen werkbare oplossing voor zon-pv-projecten en zou daarom naar onze mening niet verplicht moeten worden in de SDE++. Dit is voornamelijk doordat er mogelijk veel subsidie, materialen en ruimte gebruikt worden voor zon-pv-projecten waarvan de kans bestaat dat ze maar zeer beperkt kunnen invoeden op het net.

Een **gedeeltelijk verplichte NFA of CBC** (capaciteitsbeperkingscontract) betekent dat er een contract wordt gesloten met de netbeheerder. Bij een gedeeltelijke NFA is een gedeelte van de netaansluiting *non-firm* en een gedeelte een normale *firm*-aansluiting. Dit betekent dat een gedeelte van de zonne-energie altijd ingevoed kan worden en er extra ingevoed kan worden als er ruimte is op het netwerk. Deze optie kan, mits goed geïmplementeerd in de SDE++, erin resulteren dat er extra zon ingevoed kan worden in het netwerk en zekerheid geven voor de businesscase. De optie kan goed vormgegeven worden door vooraf het basisbedrag te bepalen, maar dit af te laten hangen van hoeveel kWh ingevoed is en dit jaarlijks achteraf vast te stellen. Deze verplichting kan als algemene voorwaarde worden opgenomen.

Een **verplichte CBC** betekent dat een partij een firm-aansluiting heeft, maar wordt de capaciteit beperkt als er netcongestie is. Deze maatregel lijkt veel op een verplichte NFA. Een belangrijk verschil is dat de NFA nog niet vastgelegd is in regelgeving en nog verdere uitwerking vereist. Voor zowel de NFA en CBC moet de uitvoerbaarheid voor de ontwikkelaars de methode van het basisbedrag vaststellen en het technisch potentieel in Nederland verder onderzocht worden. Een eventuele keuze tussen een NFA en CBC kan daarna gemaakt worden.

Een **lagere aansluitwaarde** betekent dat het maximale aansluitvermogen ten opzichte van het vermogen van de zonnepalen verder beperkt wordt. Deze optie resulteert in een lagere netimpact, maar ook lagere productie. Een aansluitvermogen van bijvoorbeeld 40% resulteert gemiddeld in 10% minder invoeding van elektriciteit ten opzichte van 50% aansluitwaarde.

Daarnaast verhoogt deze maatregel de kosten per kWh elektriciteit, waardoor er meer subsidie nodig is voor de onrendabele top. Deze maatregel als algemene voorwaarde stellen levert soms onnodige beperkingen op, omdat er buiten piekmomenten wel extra zonne-energie ingevoed kan worden.

Zon realiseren bij een bestaande afname is een mogelijke nieuwe techniekcategorie. Dit als algemene voorwaarde opnemen zou te strikt zijn, omdat dat zou betekenen dat er veel minder zonprojecten gerealiseerd worden. Als aparte categorie kan het een stimulans zijn om efficiënter gebruik te maken van de bestaande netcapaciteit. Zon bij bestaande afname kent echter vaak al een betere businesscase, vanwege de lagere netkosten en een hogere waarde van de zelfverbruikte elektriciteit. Doordat de kosten lager zijn, zou er minder subsidie gegeven worden wanneer dit als een aparte techniekcategorie wordt opgenomen. Deze projecten worden nu ook gerealiseerd zonder aanpassingen in de SDE++.

Een **combinatie van nieuwe zon en wind** is als techniekcategorie ook een potentievolle mogelijkheid. De combinatie van deze twee vormen van elektriciteitsproductie resulteert in een efficiënter gebruik van het elektriciteitsnetwerk, maar zal ook een aparte categorie vereisen om juist te subsidiëren. Er zijn twee routes geïdentificeerd om dit te implementeren: een gecombineerde categorie voor zon en wind, of een categorie voor het bijplaatsen van zon bij nieuwe wind. Een uitdaging is dat het subsidiebedrag afhankelijk is van de verhouding van vermogen tussen zon en wind, waardoor het exacte subsidiebedrag moeilijk is om vast te stellen.



Het toevoegen van **zon bij bestaande elektriciteitsproductie** zien we als een potentievolle extra techniekcategorie. Het toevoegen van zon bij bestaande opwek (wind of zon) betekent dat er minder elektriciteit ingevoed kan worden dan bij een nieuwe netaansluiting; de netaansluiting wordt immers al gebruikt. De kosten per ingevoede kWh zijn daardoor hoger, dus zou een apart subsidiebedrag vastgesteld kunnen worden. Dit kan ertoe leiden dat er extra zon wordt bijgeplaatst bij bestaande zon-pv of bij bestaande wind om de netefficiëntie te verhogen. Als voorwaarde dient gesteld te worden dat de netaansluiting gelijk blijft om zo een lagere netimpact te realiseren.

Een **oost-westoriëntatie van zonnepanelen** kan als aparte categorie of algemene voorwaarde opgenomen worden. De netimpact zal echter grotendeels gelijk zijn aan een zuidelijke oriëntatie, zeker bij een lagere aansluitwaarde. De additionele invoeding is daarnaast beperkt. Ook zal voor veel projecten een oost-westoriëntatie niet wenselijk zijn, vanwege de vorm/ligging van het dak of de natuureffecten bij een zonnepark.

Het **aanpassen van de transportindicatie** is onderzocht, met als doel om de netimpact van zon-pv-projecten te verminderen. Een optie is de transportindicatie meer geavanceerd uit te voeren, met meer data en/of meer informatie te geven aan projectontwikkelaars over de ontwikkeling van netbelasting, zodat zij zelf andere of beter toegespitste keuzes kunnen maken. Dit kan in theorie leiden tot een betere besteding van de SDE++-gelden, maar het resulteert niet in een efficiëntere netinpassing van projecten die wel doorgaan. Het is dus geen oplossing voor het verlagen van de netimpact van nieuwe zon-pv.

Een **subsidie voor batterijopslag bij zon** is één van de aangekondigde klimaatmaatregelen uit het klimaatpakket van april 2023. Dit zou via de SDE++ of een ander instrument kunnen plaatsvinden. Deze maatregel is niet in detail onderzocht, aangezien er verschillende andere studies lopen naar deze maatregel.

4.3 Conclusies en aanbevelingen

De maatregelen zijn globaal beoordeeld op verschillende criteria. De beoordeling is afgestemd met verschillende criteria, maar een uiteindelijke uitwerking en eventuele keuze voor invoering is de verantwoordelijkheid van het ministerie van EZK en PBL. De beoordeling van CE Delft, omdat het potentieel dat wij inschatten voor de maatregel en onze beoordeling van de uitvoerbaarheid. Tabel 1 op p. 23 vat de beoordeling samen, die in meer detail is uitgewerkt in de [bijlage](#).

Maatregelen die potentievol blijken uit deze analyse, zijn het toevoegen van de techniekcategorieën ‘gecombineerde zon en wind’ en ‘extra zon bij bestaande opwek’. Als algemene voorwaarde kan een verplichting voor een NFA voor een gedeelte van het vermogen van de aansluiting of verplichting voor een CBC opgenomen worden voor alle zon-pv-projecten. Een subsidie voor opslag is niet onderzocht in deze studie, omdat er al verschillende onderzoeken lopen.

Extra zon bij duurzame elektriciteitsproductie

We zien potentieel in aparte techniekcategorieën voor extra zonnepanelen bij bestaande zon-pv of wind-op-landprojecten of nieuwe wind op land. Er kan extra zon gerealiseerd worden als er eisen worden gesteld aan het



maximumtransportvermogen, zonder extra netimpact. Er kan dan meer duurzame elektriciteit ingevoed worden. Een hoger subsidiebedrag is vereist, omdat de additionele zon-pv minder vollasturen kan invoeden. Voor een combinatie van nieuwe zon en wind zijn er twee varianten voor techniekcategorieën. Er kan één nieuwe categorie opgenomen worden voor zon en wind samen. Daarin kan gewerkt worden met verschillende verhoudingen van zon en wind, om zo op een juiste manier de vereiste subsidie vast te stellen.

Daarnaast kan er een categorie ontwikkeld worden om zon-pv te realiseren bij een (nieuw of bestaand) windpark. Een partij vraagt dan naast een oude of nieuwe aanvraag voor wind ook een subsidie aan voor ‘zon bij wind’. Daarnaast kan een extra categorie ‘zon bij bestaande zon’ toegevoegd worden, welke relevant is voor zon-pv-projecten die zijn aangesloten met een netcapaciteit van meer dan 50%.

Verplichting CBC of gedeeltelijke NFA voor alle projecten

Een capaciteitsbeperkingscontract (CBC) of non-firm-ATO voor een gedeelte van het vermogen (NFA) kan als algemene voorwaarde opgenomen worden. Het belangrijkste verschil is dat bij een CBC een partij een firm-aansluiting heeft, die wordt beperkt tijdens momenten met netcongestie. Bij een NFA heeft een partij een non-firm-aansluiting, wat betekent dat de aansluiting gebruikt mag worden buiten momenten met netcongestie. CBC is een bestaand product, terwijl er voor NFA's nu nog concrete voorstellen voor implementatie ontwikkeld worden en nog aanpassingen in regelgeving nodig zijn.

Dit als voorwaarde opnemen, garandeert dat de netbeheerder voor (een gedeelte van) het vermogen geen netverzwaring hoeft uit te voeren. Netverzwaring voor opwek kan hiermee met extra zekerheid tot vijftien jaar uitgesteld worden en de netbeheerder heeft een goed beeld van de netverzwaring die over vijftien jaar nodig is. Daarbij zien we verschillende varianten:

- Een verplichte gedeeltelijke NFA: Een gedeelte van de aansluiting (20 tot 40% van het vermogen van de zonnepanelen) is firm en een gedeelte van de aansluiting is non-firm (keuze tussen tot totaal 50 of 70%). De SDE++-systematiek kan zo aangepast worden dat een ontwikkelaar altijd zijn onrendabele kosten gesubsidieerd krijgt. De kosten voor niet-ingevoede duurzame elektriciteit worden vergoed binnen de SDE++, oftewel via de algemene middelen. Deze voorwaarde biedt veel zekerheid voor de netbeheerder, omdat een partij geen transportrecht heeft, in ieder geval tot het einde van de looptijd van de SDE++.
- Een verplichte volledige CBC: deelnemen aan congestiemanagement is met de huidige regelgeving al verplicht voor elektriciteitsproducenten. Met een CBC-verplichting gedurende de looptijd van de subsidie, krijgt de netbeheerder extra zekerheid dat een partij ook voor die periode deelneemt aan congestiemanagement.

Bij een CBC betaalt de netbeheerder voor een kWh die gecurtaild moet worden om het netwerk te ontzien. Bij een NFA wordt dit vergoed in de SDE++. Als de kosten bij de netbeheerder gelegd worden, zullen zij mogelijk eerder verzwaring uitvoeren als de kosten voor congestiemanagement hoger zijn dan van netverzwaring.



De keuze voor een NFA of CBC als verplichting, is een beleidskeuze. De keuze gaat over de wenselijkheid van verzwaren van het netwerk voor zon, de waarde van het uitstellen van die investering en of de lasten voor curtailment vergoed worden door de SDE++ of door de netbeheerder via congestiemanagement.

Figuur 5 - Aanpassingen SDE++ voor zon-pv-projecten



Tabel 1 -Beoordeling aanpassingen SDE++ voor zon-pv. Er is een globale beoordeling uitgevoerd, gebaseerd op literatuur, interviews met verschillende stakeholders en globale berekeningen. Deze beoordeling is indicatief en geeft richting aan welke maatregelen naar onze mening de meeste potentie bieden, specifiek voor een lagere netimpact. Subsidie van batterijen bij zon-pv is buiten de scope van deze studie.

Maatregel	Indicatieve beoordeling voor lagere netimpact	Belangrijkste pluspunten	Belangrijkste minpunten
Volledige NFA	Score: - als algemene voorwaarde of aparte categorie	Gegarandeerd geen extra piekbelasting, extra invoeding buiten piekuren.	Geen businesscase zonder aanpassing subsidiesystematiek, mogelijk kans op hoge subsidie en veel materiaal-/ruimtegebruik met weinig additionele duurzame elektriciteit; beide door gelijktijdig patroon van zonneproductie.
Gedeeltelijke NFA of CBC	Score: ± als algemene voorwaarde	Uitstellen netverzwaring, goed inpasbaar SDE++, hoge investeringszekerheid, extra zon invoeden ten opzichte van vaste lagere aansluitwaarde.	Geen zekerheid over hoeveelheid invoeding vooraf, relatief hogere kosten per ingevoede kWh.
Lagere aansluitwaarde	Score: - als algemene voorwaarde	Goed inpasbaar, gegarandeerd (beperkt) lagere netimpact.	Stringent, beperkt invoeding ook op momenten dat het niet nodig is, hogere subsidie per kWh.
Bij bestaande aansluiting - afname	Score: - als aparte categorie	Geen nieuwe aansluiting nodig, stimuleert flex en match van productie en vraag. Er is hiervoor geen aparte categorie of aanpassing van de SDE++ nodig want dit is al kostenvoordeliger.	Complexe waardering kosten/baten, technisch en economisch potentieel mogelijk beperkt.
Bij bestaande aansluiting - opwek	Score: + als aparte categorie	Categorie vereist om dit subsidiabel te maken, efficiënter gebruik aansluiting en netwerk.	Technisch potentieel mogelijk beperkt voor zon en wind, bedrag per kWh neemt toe, lokaal draagvlak is aandachtspunt.
Gecombineerde zon en wind	Score: ± als aparte categorie	Categorie vereist om dit subsidiabel te maken, efficiënter gebruik aansluiting en netwerk.	Technisch potentieel mogelijk beperkt, bedrag per kWh neemt toe, lokaal draagvlak is aandachtspunt. Grote diversiteit in verhouding vermogen zon en wind maakt uitvoering complex.
Andere oriëntatie	Score: - als aparte categorie	Beperkt meer productie op momenten met CO ₂ -reductie, werkbare businesscase, uitvoerbaar.	Geen lagere piek bij 50% aansluitvermogen, op dak niet altijd mogelijk, op veld negatief ecologisch effect, beperkte impact op totale invoeding en piekbelasting
Aanpassing transport-indicatie	Score: - als algemene voorwaarde	Meer zekerheid aangeslotenen en scherpere beoordeling dus eerdere selectie.	Uitvoerbaarheid netbeheerder, beperkte effectiviteit, onwenselijkheid reserveren transportcapaciteit.

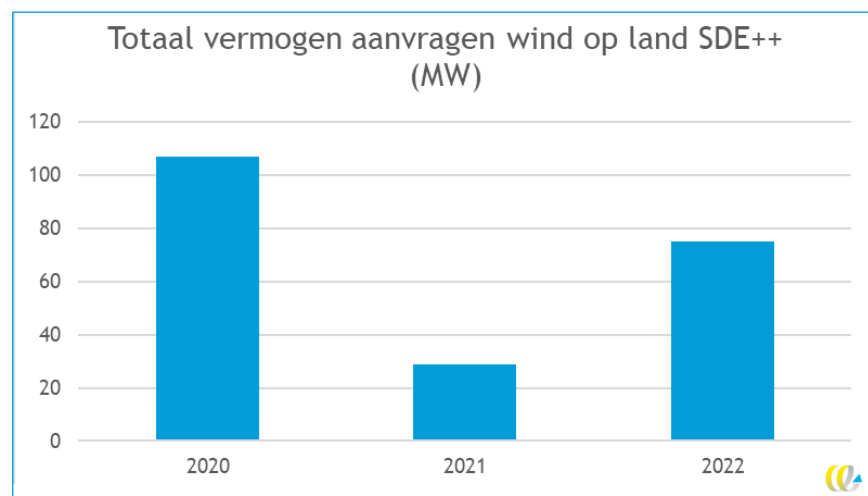


5 Wind op land in SDE++

5.1 Huidige SDE++ wind

Voor de SDE++-ronde van 2023 zijn er drie categorieën voor windenergie, namelijk 'Wind op land, algemeen', 'Wind op land met hoogtebeperking' en 'Wind op waterkeringen'. In Figuur 6 is een overzicht gegeven van het vermogen voor wind op land, waarvoor subsidie is aangevraagd in de afgelopen SDE++-rondes.

Figuur 6 - Vermogen aanvragen wind op land SDE++



Het basisbedrag in de SDE++ wordt vastgesteld op basis van de windsnelheid. Bij een bepaalde turbinehoogte geldt dat een hogere windsnelheid resulteert in een hoger aantal vollasturen. Om inzicht te geven in hoe het aantal vollasturen en bijbehorend basisbedrag kan variëren met

de windsnelheid, is in Tabel 2 een overzicht gegeven voor de categorie 'Wind op land, algemeen' voor de SDE++-ronde van 2023 [6].

Tabel 2 - Vollasturen en basisbedrag, voor 'Wind op land, algemeen' in SDE++ 2023 [6]

Windsnelheid op 100m (m/s)	Vollasturen (uren)	Advies basisbedrag (€/kWh)
> 8,5	3.527	0,0514
8,0 - 8,5	3.505	0,0517
7,5 - 8,0	3.157	0,0568
7,0 - 7,5	2.944	0,0604
6,75 - 7,0	2.736	0,0646
< 6,75	2.539	0,0692

5.2 Additionele maatregelen wind

Een aantal maatregelen voor wind overlappen met maatregelen voor zonnepv. Voor wind zijn vijf maatregelen in detail onderzocht en daarnaast nog zeven maatregelen geïdentificeerd met minder potentieel, die niet zijn uitgewerkt. De zeven maatregelen zijn: aanpassing transportindicatie, lagere aansluitwaarde, volledige NFA, batterijen bij wind, conversie naar waterstof, minimumaantal vollasturen en bij bestaande afname.

De onderzochte maatregelen worden hierna beschreven. We beschrijven de potentievolle maatregelen hier kort, inclusief de beoordeling weergegeven in Tabel 3. Een uitgebreide beschrijving en toelichting op alle maatregelen is opgenomen in de [bijlage](#).

Het plaatsen van **kleine windmolens achter-de-meter** kan als aparte categorie worden toegevoegd. Deze windmolens kennen hogere realisatie-

kosten, maar er kan veel elektriciteit direct gebruikt worden en daarmee kan de netimpact van de windmolens sterk beperkt worden. De windmolens kunnen gerealiseerd worden bij bijvoorbeeld bedrijventerreinen. Doel is dat veel energie direct zelf gebruikt wordt; mogelijk kan dit als eis opgelegd worden.

Bijplaatsen van **wind bij bestaande zon** kan als aparte categorie opgenomen worden. Het doel is dat het transportvermogen niet toeneemt en er daarmee meer duurzame energie ingevoed kan worden met dezelfde netcapaciteit. Wind bijplaatsen kan bij grote zonneparken, vanwege het grote vermogen van de windmolens. Het is ook mogelijk **zon en wind in een nieuw project** gecombineerd te realiseren, zoals beschreven bij de aanpassingen voor zon-pv.

Een **gedeeltelijke NFA of CBC** kan opgenomen worden als algemene eis, net zoals voorgesteld bij zon-pv. Het effect van de NFA of CBC is naar verwachting beperkt omdat voor wind er een relatief beperkt aantal uren een limitering geldt.

Het toevoegen van **warmteproductie met directe lijn** naar een windenergieproject kan een aparte categorie vormen. Hiermee kan opweknetcongestie voorkomen worden en ook afname netcongestie voor warmteproductie gereduceerd worden. Een eis is dan dat de windenergie lokaal ingezet moet worden voor warmteproductie en elektriciteitsverbruik afgestemd moet worden op de opwek.

5.3 Conclusies en aanbevelingen

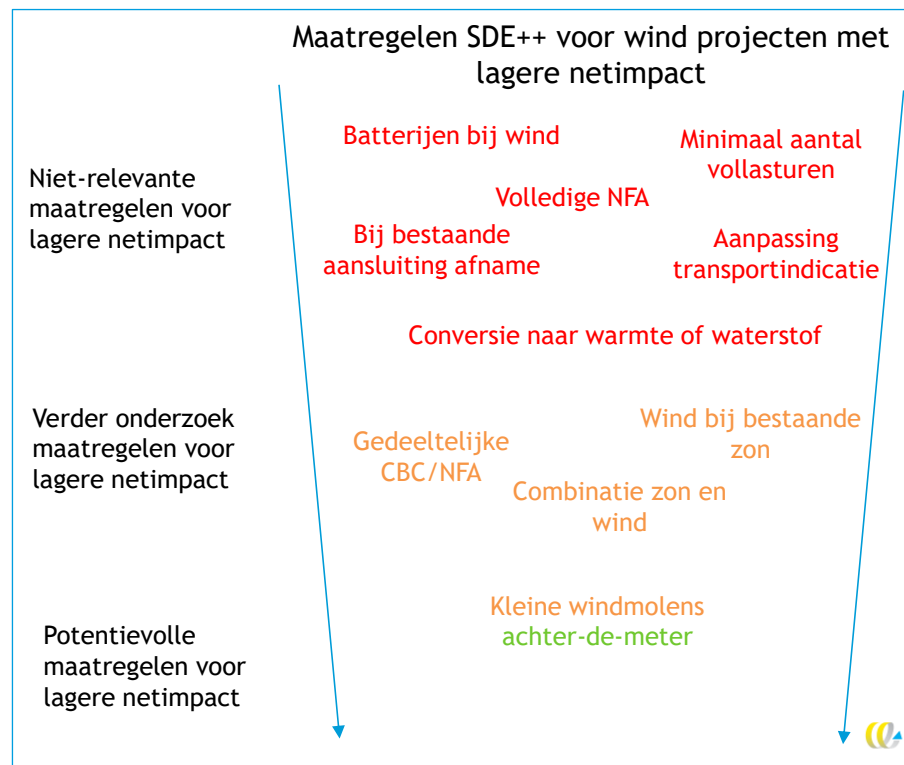
Er zijn een vijftal maatregelen die volgens ons mogelijk potentievol zijn. Alle opties kennen zowel voor- als nadelen, en ons advies is om ze nader te onderzoeken.

1. **Kleine windmolens:** In de vorm van een nieuwe categorie. Dit biedt mogelijkheden voor bedrijventerreinen en industrieclusters om lokaal een windmolen te plaatsen (in de orde van een paar honderd kW tot 1 MW), om een deel van het eigen gebruik daarmee te kunnen voorzien. Een mogelijk nadeel van deze categorie is dat het technisch potentieel onzeker is. Daar zou nader onderzoek naar gedaan moeten worden.
2. **Gedeeltelijke CBC/NFA:** Een gedeeltelijke NFA of CBC heeft veel potentie voor met zekerheid extra wind inpassen en uitstellen van netverzwaring. Het effect op de businesscase is beperkt, aangezien in de meeste gebieden de windmolens maar relatief weinig uren beperkt hoeven te worden. Wel zijn er verschillende uitdagingen qua inpassing in de bestaande SDE++-regeling.
3. **Wind bijplaatsen bij bestaande zon:** Wind kan bijgeplaatst worden bij bestaande zonprojecten. Hiervoor kan een aparte categorie binnen de SDE++ opgenomen worden. Logischerwijs zullen windprojecten enkel bij de wat grotere zonprojecten bijgeplaatst kunnen worden, omdat windprojecten vaak een groter vermogen omvatten. Dit beperkt het technisch potentieel wel. Daarnaast zal bij invoering van deze categorie gebruik gemaakt moeten worden van staffels, wat nadelen kent.



4. **Nieuw gecombineerde zon en wind:** Deze maatregel is ook al beschreven in Paragraaf 204.3. Er kan één nieuwe categorie opgenomen worden voor zon en wind samen. Daarin kan gewerkt worden met verschillende verhoudingen van zon en wind, om zo op een juiste manier de vereiste subsidie vast te stellen. Als alternatief kan er gewerkt worden met een categorie 'Wind bij zon'. Ook hier geldt een mogelijk beperkt technisch potentieel, aangezien de aanvraag van de subsidie gelijktijdig zal moeten gebeuren. Daarnaast zal bij invoering van deze categorie gebruik gemaakt moeten worden van staffels, wat nadelen kent.
5. **Warmteproductie met directe lijn:** Ten slotte kan er een aparte categorie opgenomen worden waarbij een windproject direct aangesloten wordt op een warmtepomp in de categorie 'Warmteproductie met directe lijn'. Doordat warmtetransport duur is, lijkt lokaal gebruik het meest logisch hoewel dit het technisch potentieel wel beperkt.

Figuur 7 - Aanpassingen SDE++ voor wind



Tabel 3 - Beoordeling aanpassingen SDE++ voor wind op land. Er is een globale beoordeling uitgevoerd gebaseerd op literatuur, interviews met verschillende stakeholders en globale berekeningen. Deze beoordeling is indicatief en geeft richting aan welke maatregelen naar onze mening de meeste potentie bieden specifiek voor een lagere netimpact.

Maatregel	Indicatieve beoordeling voor lagere netimpact	Belangrijkste pluspunten	Belangrijkste minpunten
Gedeeltelijke NFA of CBC	Score: ± als algemene voorwaarde	Uitstellen netverzwaring, hoge investeringszekerheid, beperkte impact op aantal vollasturen en daarmee businesscase.	Geen zekerheid over hoeveelheid invoeding vooraf, moeilijk inpasbaar in SDE++-systematiek.
Wind bij bestaande zon	Score: ± als algemene voorwaarde	Efficiënter gebruik aansluiting en netwerk.	Technisch potentieel mogelijk beperkt, lokaal draagvlak is aandachtspunt, moeilijk inpasbaar in SDE++-systematiek.
Gecombineerde nieuwe zon en wind	Score: ± als algemene voorwaarde	Efficiënter gebruik aansluiting en netwerk.	Technisch potentieel mogelijk beperkt, lokaal draagvlak is aandachtspunt, moeilijk inpasbaar in SDE++-systematiek.
Conversie naar warmte	Score: - als algemene voorwaarde	Positieve impact op hoeveelheid benodigde aansluitingen en netcongestie.	Technisch potentieel is waarschijnlijk beperkt.
Kleine windmolens achter-de-meter	Score: ± als aparte categorie Of + als aparte categorie	Directe beperking netimpact, mogelijk aantrekkelijke businesscase projectontwikkelaars.	Technisch potentieel mogelijk beperkt, toename aantal nieuwe aansluitingen, mogelijk weinig draagvlak omwonenden.

6 Elektrificatie industriële warmte in SDE++

6.1 Huidige SDE++ industrie

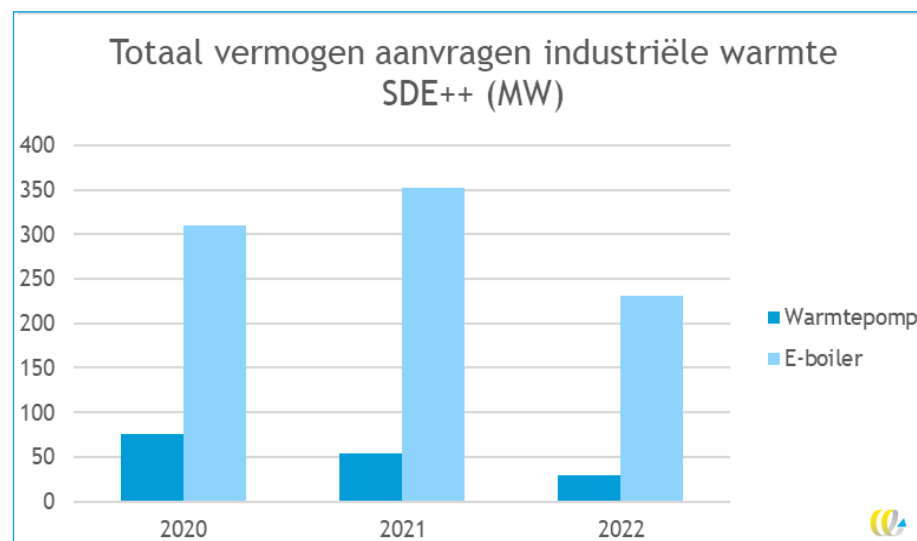
We richten ons op de huidige SDE++-categorieën grootschalige elektrische boilers en grootschalige warmtepompen (3.000 en 8.000 vollasturen). Door vergaande elektrificatie van industriële processen kan veel klimaatwinst worden gewonnen en afhankelijk van de wijze waarop de elektrificatie plaatsvindt kan dit ook met efficiënt gebruik van het elektriciteitsnet. Daarin staat het stimuleren van efficiënte technieken die de netimpact van elektrificatie dempen en flexibele installatie-inzet centraal.

Voor industrie geldt een andere dynamiek dan voor zon- en wind. Een betrouwbare warmtelevering is enorm belangrijk en afschakelen heeft grotere effecten dan het afschakelen van duurzame productie. Zowel een warmtepomp en een e-boiler hebben wel veel flexibiliteit. De elektrische boiler wordt normaliter naast een gasboiler geplaatst. De elektrische boiler wordt ingezet op momenten met lage elektriciteitsprijzen en anders wordt de gasboiler ingezet. Een warmtepomp (maar ook een elektrische boiler) kan flexibel opereren door op bepaalde uren minder warmte te produceren. Dit vereist wel warmteopslag of flexibiliteit in het industriële proces. De laatste vorm van flexibiliteit is dat het proces gedurende een periode wordt stopgezet, maar dit heeft logischerwijs wel grotere effecten op het bedrijf.

Industriële elektrificatie via de SDE++ vindt onder andere plaats in de context van energiebesparing en de energiebesparingsplicht. Energiebesparing is altijd van belang en is essentieel vooraf elektrificatie plaatsvindt. Daarnaast geldt de energiebesparingsplicht voor maatregelen die

een terugverdientijd onder de vijf jaar kennen. Mogelijk valt een gedeelte van de elektrificatie dus binnen deze verplichting en is SDE++-subsidie in die gevallen een vorm van oversubsidiëring. In deze studie bekijken we aanpassingen in het geval dat de SDE++-subsidie wordt ingezet, ervan uitgaande dat aan dat de subsidie binnen deze context past.

Figuur 8 - Vermogen aanvragen industriële warmte



Achter de voorgestelde aanpassingen speelt een afweging tussen de toepassing van een e-boiler of een industriële warmtepomp. Een elektrische boiler is minder efficiënt dan een warmtepomp en heeft daarom, afhankelijk van het systeem, minstens 3,5 keer meer vermogen nodig. De e-boiler

heeft dus een veel grotere netimpact. Als elk industriële partij hiervoor zou kiezen dan kan er veel minder worden geëlektrificeerd en is er meer netverzwaring nodig dan wanneer er meer warmtepompen worden geplaatst. Daar staat tegenover dat een e-boiler lagere investeringskosten heeft, fysiek kleiner is en dus makkelijker ingepast kan worden, en sneller aan- en uitgezet kan worden. Bovendien kan een elektrische boiler in hogere temperaturen voorzien dan veel industriële warmtepompen die nu op de markt beschikbaar zijn. Vanwege de lagere netimpact van de warmtepomp heeft deze techniek de voorkeur voor elektrificatie, maar we wegen in de voorstellen ook mee dat de e-boiler praktische- en flexibiliteitsvoordelen kent.

Er zijn in de huidige SDE++ geen voorwaarden voor de netinpassing van industriële warmte. Voor elektrische boilers geldt wel al een minimumtemperatuurgrens van 100°C, wat betekent dat als de temperatuur in het proces lager is, er gekozen moet worden voor een andere efficiëntere warmteoplossing.

6.2 Additionele maatregelen industrie

De onderzochte maatregelen voor industrie zijn hierna kort toegelicht en beschreven in de [bijlage](#).

Gecascadeerde en/of procesgeïntegreerde warmtepompen kunnen opgenomen worden als aparte categorie. Deze warmtepompen maken efficiënte elektrificatie mogelijk maar de configuratie verschilt sterk per proces. Daardoor is er tot nu toe geen werkbare mogelijkheid gevonden om ze onderdeel te laten worden van de SDE++. Het PBL is afgelopen jaar

bezig geweest met expertsessies om kennisleemtes in te vullen en te zoeken naar implementatievormen.

Elektrische boilers minder subsidiëren is een algemene aanpassing in de SDE++. We richten ons daarbij op elektrische boilers als warmtevoorziening voor een proces met een hoog aantal vollasturen (zoals nu bedoeld in de SDE++), en niet e-boilers als piekproductie en/of voor energiebalancing. Deze vorm van e-boilers zijn van belang in het energiesysteem en moeten mogelijk op andere manieren ondersteunt worden. De elektrische boiler als primaire warmtebron is minder efficiënt dan een warmtepomp en vereist daarom een veel grotere aansluiting en transportvermogen. Hoewel e-boilers vaak aanstaan op momenten met lage prijzen, en dus vaak een overschat aan duurzame invoeding, is er geen garantie dat de e-boiler niet op dat moment lokaal voor congestieproblemen zorgt. Ten slotte resulteert een e-boiler naast een gasboiler niet in een volledig CO₂-vrij proces, waar een warmtepomp dat op termijn wel doet. We keken naar vier varianten waarmee de e-boiler minder aantrekken wordt gemaakt: een hogere temperatureis, beperkten tot specifieke processen, het buiten het hekje plaatsen van de elektroboiler en het volledig uit de SDE++ halen van de categorieën.

NFA- of CBC-verplichting kan als algemene eis worden toegevoegd. Hierin wordt een deel of zelfs het volledige vermogen van een installatie flexibel gecontracteerd, waarbij netbeheerder en afnemer onderling afspraken maken over beperkingsmomenten en compensatie (eerder omschreven in het hoofdstuk over zon). In het achtergrondrapport is deze maatregel in detail uitgewerkt op uitvoerbaarheid en haalbare businesscase. Met de



maatregel kunnen netverzwaringen zeker uitgesteld worden terwijl de businesscase voor de aangesloten gewaarborgd blijft. Voor **elektrische boilers** is een volledige NFA of CBC praktisch mogelijk omdat er altijd een alternatief is voor de warmtevoorziening (de gasboiler). Daarnaast verwachten we dat het vermogen slechts op een zeer beperkt aantal momenten zal worden beperkt. Voor de **warmtepomp** is een gedeeltelijke NFA of CBC (of met additionele voorwaarden in het contract) een betere optie, zodat de continuïteit van het proces kan worden gewaarborgd. In dit geval is aanwezigheid van een thermische buffer vaak wel een randvoorwaarde.

Als algemene eis voor elektrische boilers kan een **eis voor een duurzame boiler of ketel** worden opgenomen. Nu worden e-boilers gerealiseerd met een (bestaande) gasboiler. Als de elektrische boiler dus niet wordt ingezet, wordt er CO₂ uitgestoten. Bij vervanging van de gasboiler met een duurzaam alternatief zoals groengas, biomassa of waterstof (in 2023 nog nauwelijks beschikbaar) wordt de CO₂-emissie veel lager. Flexibele inzet van de elektrische boiler resultaat dan ook niet in meer CO₂-emissies.

Realisatie met warmteopslag of realisatie met elektriciteitsopslag kan als aparte categorie worden toegevoegd. Beide opslagtechnieken maken flexibilisering van de warmtepomp en elektrische boiler beter mogelijk. Daarmee kan de netimpact gereduceerd worden zonder grote impact op het industriële proces.

Verder onderzocht zijn de combinatie van industriële warmte met wind of zon en realisatie zonder transportvermogen. Deze maatregelen zijn toegelicht in de hoofdstukken over wind en zon.

6.3 Conclusies en aanbevelingen

We identificeren vijf maatregelen met potentie om de netimpact van industriële warmte te beperken:

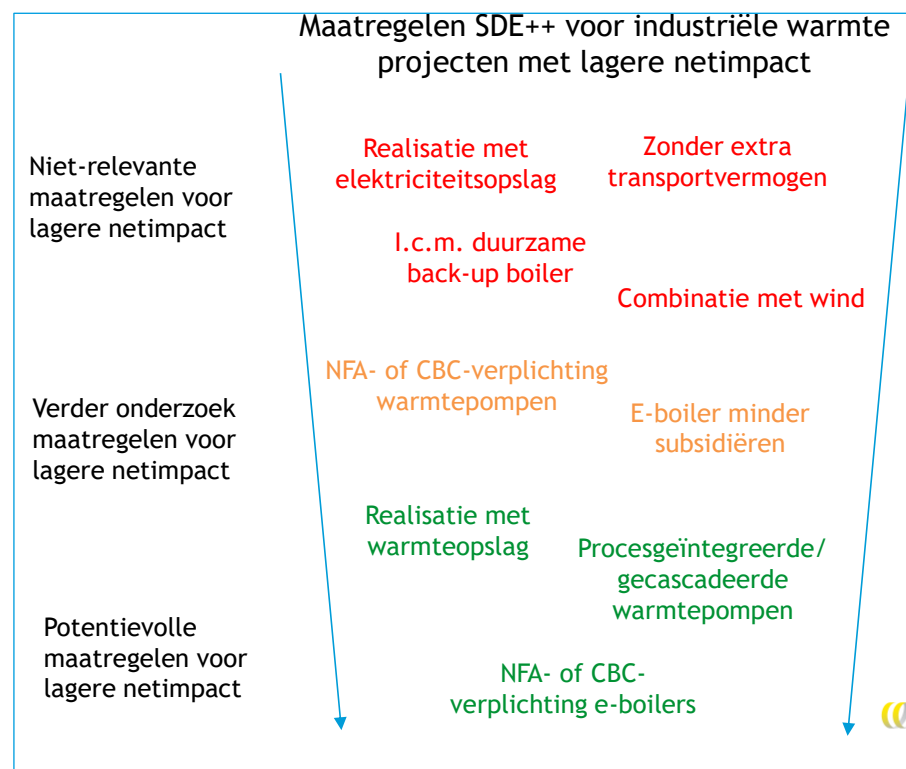
1. **NFA- of CBC-verplichting voor elektrische boilers:** Flexibel vermogen bij elektrische boilers maakt dat deze op momenten van afnamecongestie nooit extra problemen creëren op het net. E-boilers hebben altijd een (fossiele) back-up-installatie dus heeft deze beperking geen gevolgen voor het proces zelf. Het effect op de businesscase zal beperkt zijn omdat de inzet van e-boilers grotendeels wordt bepaald door lage elektriciteitsprijzen. Op veel momenten zal de NFA of CBC geen extra belemmering zijn: er is veel duurzame stroom over dus de e-boilers kan laden zonder het net over te belasten. In sommige gevallen hoeft er alleen een beperking opgelegd te worden.
2. **NFA- of CBC-verplichting voor warmtepompen:** Warmtepompen hebben minder inzetflexibiliteit (langere aanlooptijden, effect op efficiëntie en meer slijtage) dan e-boilers, maar kunnen technisch net zo goed op- en afgeschakeld worden. Gecombineerd met warmteopslag kunnen veel processen enkele uren overbrugt of uitgesteld worden. Met een NFA of CBC kan deze flexibiliteit door netbeheerder en afnemer tegen compensatie nuttig worden gebruikt voor balanshandhaving.
3. **Procesgeïntegreerde en/of gecascadeerde warmtepompen:** De huidige SDE++-regeling is niet toereikend voor specifieke configu-



raties met warmtepompen die door vergaande systeemaanpassingen hoge projectkosten hebben. Deze systemen zijn echter wel nodig voor efficiënte verduurzaming van hogere temperatuurprocessen in de industrie. PBL en EZK hebben eerder aangegeven nog geen referentieproject te kunnen definiëren en zijn daarom bezig met vervolg onderzoek.

4. **Realisatie met warmteopslag:** Warmteopslag wordt op dit moment nog beperkt ondersteund met overheidsregelingen maar is een voor de industriesector logische en relatief goedkope manier om flexibiliteit toe te voegen aan een proces. Hierdoor kunnen partijen vaker, ondanks netcongestiebeperkingen processen, verduurzamen. Daartoe kan een categorie opgenomen worden waarbij warmteopslag los of in combinatie met een verwarmingsinstallatie wordt gesubsidieerd. Het bepalen van een representatief referentieproject vormt nog wel een uitdaging.
5. **Elektrische boilers minder subsidiëren:** We richten ons hier op e-boilers als primaire warmtevoorziening, niet als inzet voor energiebalancering. Bij veel toepassingen waar een e-boiler wordt geplaatst, is een warmtepomp ook mogelijk, en maatschappelijk wenselijker. Elektrische boilers worden al beperkt met een temperatuurgrens, verdere beperkingen door verhogen van de grens, voorschrijven van toegestane processen met een e-boiler of het buiten het hekje plaatsen van elektrische boilers, zijn mogelijk en goed uitvoerbaar. Het voorschrijven van toegestane processen is in lijn met de zeefmethodiek in de SDE++ voor CCS. De categorie zou ook volledig kunnen worden geschrapt uit de regeling, maar dit raden we nu niet aan.

Figuur 9 - Aanpassingen SDE++ voor industriële warmte



Tabel 4 - Beoordeling aanpassingen SDE++ voor industriële warmte. Er is een globale beoordeling uitgevoerd gebaseerd op literatuur, interviews met verschillende stakeholders en globale berekeningen. Deze beoordeling is indicatief en geeft richting aan welke maatregelen naar onze mening de meeste potentie bieden specifiek voor een lagere netimpact.

Maatregel	Indicatieve beoordeling voor lagere netimpact	Belangrijkste pluspunten	Belangrijkste minpunten
NFA- of CBC-verplichting voor e-boilers	Score: + als algemene voorwaarde	Efficiënter gebruik van elektriciteitsnet waarbij installatie-inzet (afhankelijk wel per gebied) nauwelijks wordt beperkt.	Toevoeging voorwaarde voegt complexiteit toe aan SDE.
NFA of CBC-verplichting voor warmtepompen	Score: ± als algemene voorwaarde	Efficiënter gebruik van elektriciteitsnet, stimuleert gebruik beschikbare procesflexibiliteit.	Investering in warmteopslag nodig (indien niet aanwezig) voordat bedrijven kunnen omgaan met flexibel vermogen.
Combinatie met opwek	Score: - als voorwaarde	Reduceert congestie-effecten op eigen terrein.	Beperkte gelijktijdigheid tussen installaties dus nog steeds momenten van bijdrage aan netcongestie. Uitdagingen in uitvoering.
E-boiler met duurzame boiler of ketel	Score: - als voorwaarde	Meer CO ₂ -reductie met behoud van flexibiliteit in netgebruik.	Zeer ingrijpend op businesscase doordat risico's worden gecombineerd.
Realisatie met warmteopslag	Score: + als extra categorie	Creëert flexibiliteit en maakt processen mogelijk efficiënter.	Bepalen van omvang installatie en vollasturen voor categorie uitdagend, geen garantie dat opslag altijd druk op het net reduceert.
Realisatie met elektriciteitsopslag	Score: - als extra categorie	Creëert flexibiliteit voor inzet installaties.	Afhankelijk van inzet mogelijk netcongestie-verergerend. Lastige implementatie in SDE++, relatief duur vergeleken met warmteopslag.
Zonder extra transportvermogen	Score: - als algemene voorwaarde	Zeer beperkte impact op het net.	Waarschijnlijk nauwelijks locaties met reeds voldoende vermogen, grote bedrijfsrisico's voor oplossingen achter-de-meter/buiten SDE++ om.
Procesgeïntegreerde en/of gecascadeerde warmtepompen	Score: + als extra categorie	Warmtepompen worden voor meer processen een reëel alternatief, nog efficiëntere verwarming-installaties worden mogelijk gemaakt.	Complex om op te nemen in SDE++ door beperkte informatie en grote diversiteit in projectkosten.
E-boiler minder subsidiëren	Score: ± als algemene voorwaarde	Bedrijven worden gestimuleerd warmtepompen te verkiezen, deze zijn efficiënter en leiden tot meer emissiereductie.	E-boilers hebben een niche dus risico dat sommige toepassingen niet meer mogelijk zijn, laag draagvlak bij marktpartijen.

7 Toetsing opvolger SDE++

7.1 Vormgeving nieuw instrument

De overheid evalueert op dit moment de ondersteuning voor duurzame elektriciteitsproductie op land. Het doel is om duurzame opwek niet meer of minder te subsidiëren, maar wel de toename van duurzame opwek mogelijk te blijven maken. Er worden verschillende varianten onderzocht en onze verwachting is dat de kans groot is dat er een variant van een 'two-sided contract for difference' geïmplementeerd zal worden. Deze optie wordt ook door de Europese Unie sterk naar voren gedragen voor de ondersteuning van duurzame elektriciteitsproductie (Europese Commissie, 2023).

De huidige SDE++ is ook een contract for difference (CfD). De overheid betaalt de onrendabele top die jaarlijks exact wordt vastgesteld gebaseerd op de energieprijzen van het afgelopen jaar. Het verschil tussen de kosten van het project en de inkomsten gebaseerd op de energieprijzen wordt vergoed. Als er winst wordt gemaakt doordat de energieprijzen hoog zijn, houdt de projectontwikkelaar deze winst.

Bij een two-sided contract for difference geldt er een bepaalde maximum voor de energieprijzen. Deze kan gelijk zijn aan de kostprijs van het project of daarboven liggen. Als de energieprijzen hoger is dan het maximum, maakt het project dus additionele winst. Deze additionele winst moet dan betaald worden aan de overheid. Het is nog steeds zo dat als de prijs laag is, het project subsidie ontvangt, in lijn met de huidige SDE++.

Het is nog niet zeker hoe dit instrument eruit gaat zien en wanneer het ingevoerd wordt. Mogelijk kan dit met een aanpassing binnen de SDE++, of wellicht komt er een nieuw instrument. De invoering wordt verwacht vanaf 2024, 2025 of daarna. Naar verwachting zal het nieuwe instrument ook subsidie toekennen kijkend naar de projecten met de laagste kosten, oftewel laagste subsidie-intensiteit.

7.2 Aanpassingen in nieuw instrument

In dit onderzoek hebben we verschillende potentievolle voorwaarden geïdentificeerd. Dit zijn zowel nieuwe categorieën als extra algemene eisen voor alle categorieën van een type.

Naar verwachting zullen verschillende type categorieën ook een plek krijgen in een nieuw instrument. Verschillende projecten kennen immers andere kosten per kWh, dus andere vereiste subsidiebedragen.

De additionele potentievolle categorieën voor zon en wind die we hebben geïdentificeerd, zijn:

- combinatie zon en wind in nieuw project;
- extra zon bijplaatsen bij bestaande zon of wind;
- kleine windmolens achter de meter;
- *energieopslag verplichten is een mogelijkheid maar niet verder onderzocht in deze studie vanwege verschillende andere trajecten.*

Voor deze categorieën is onze verwachting dat het voor allen mogelijk is deze als categorie toe te voegen in een CfD-instrument.



Als algemene eis hebben we voor zon en wind de gedeeltelijke NFA als mogelijke maatregel geïdentificeerd. Deze eis kan onzes inziens ook toegevoegd worden aan een CfD-instrument. Mogelijk kan, afhankelijk van de exacte vormgeving van het CfD, een slimme risicospreiding plaatsvinden. Door uit te gaan van een gemiddelde NFA-beperking kan één bedrag vastgesteld worden. Als er meer ingevoerd kan worden, betaalt de aanvrager aan de subsidieverstrekker. Als er meer beperking wordt opgelegd, kan de overheid extra subsidie verstrekken. Of dit mogelijk is, hangt af van de verrekensystematiek van het CfD-instrument.

De maatregelen geïdentificeerd in deze studie, kunnen naar verwachting ook goed toegepast worden op het verwachte toekomstige instrument voor de ondersteuning van zon en wind.



Referenties

- [1] Netbeheer Nederland, 2021. *Het Energiesysteem van de Toekomst: Integrale Infrastructuurverkenning 2030 - 2050*
- [2] Netbeheer Nederland, 2023. *Capaciteitskaart elektriciteitsnet [Online]*
- [3] PDOK, 2023. *Dataset: Beschikbare capaciteit elektriciteitsnet [Online]*
- [4] CBS, 2021. *Hernieuwbare Energie in Nederland 2020*
- [5] Ministerie van EZK, 2022. *Voortgang RES-proces*
- [6] PBL, 2023. *Eindadvies basisbedragen SDE++ 2023: PBL*



Delft, CE Delft, oktober 2023

Deze publicatie is geschreven door:

Lucas van Cappellen

Marieke Nauta

Florian Hesselink

Frans Rooijers

Publicatienummer: 23.220508.081

Oprachtgever: Netbeheer Nederland

Deze studie is mede mogelijk gemaakt door betrokkenheid van Netbeheer Nederland & individuele netbeheerders, Ministerie Economische Zaken en Klimaat, Holland Solar Planbureau voor de Leefomgeving, NPRES, NWEA en NVDE.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

