

Radarweg 60
1043 NT Amsterdam

www.tno.nl

T +31 88 866 50 10

TNO-rapport

TNO 2022 P12503

Subdoel energiebesparing

| | |
|---------------|---|
| Datum | 13 december 2022 |
| Auteur(s) | Marijke Menkveld, Joost van Stralen en Martin Scheepers |
| Opdrachtgever | Ministerie EZK |
| Projectnaam | Subdoel energiebesparing |
| Projectnummer | 060.52945 |
| Review | Joost Gerdes |

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Samenvatting

Aanleiding

De Minister van Klimaat en Energie overweegt een subdoelstelling te formuleren voor energiebesparing, omdat energiebesparing een belangrijke bijdrage kan leveren aan de aangescherpte klimaatdoelstelling voor 2030 van 55 tot 60% emissiereductie en de Europese Commissie in haar voorstel voor herziening van de Energy Efficiency Directive (EED) en REPowerEU meer energiebesparing vraagt.

In juli 2021 heeft de Europese Commissie in het kader van Fit for 55 een voorstel gedaan voor herziening van de Energy Efficiency Directive met aanscherping van de energiebesparingsdoelen. Na de Russische inval in Oekraïne heeft de Europese Commissie in mei 2022 het REPowerEU-plan gepresenteerd om de afhankelijkheid van energie-import uit Rusland te verminderen. Onderdeel van REPowerEU is een nog verdere aanscherping van de energiebesparingsdoelen.

Artikel 4 uit de voorgestelde herziening van de EED bevat een doelstelling voor vermindering van het totale nationale energieverbruik. In de herziene EED wordt voorgesteld om zowel het primair als het finaal energieverbruik in 2030 met 9% te reduceren ten opzichte van een prognose voor 2030 uit het EU referentiescenario 2020. In het REPowerEU-voorstel wordt die reductie verhoogd naar 13%. Over deze voorstellen wordt nog onderhandeld door de lidstaten, de Europese Commissie en het Europese Parlement, er is nog geen keuze gemaakt. In dit onderzoek wordt uitgegaan van beide voorstellen van de Europese Commissie.

Onderzoeksvragen

TNO heeft in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Welk deel van de klimaatdoelstelling in 2030 zou op basis van kosteneffectiviteit met energiebesparing bereikt kunnen worden? Is deze kosteneffectieve bijdrage aan de klimaatdoelstelling voldoende om de energiebesparingsdoelen uit het herziene EED- en REPowerEU-voorstel te realiseren?
2. Welk subdoel voor energiebesparing (nationaal en per sector) kan een kosteneffectieve bijdrage leveren aan het klimaatdoel en biedt ook voldoende zekerheid om de energiebesparingsdoelen uit het herziene EED- en REPowerEU-voorstel te realiseren?
3. Welke beleidsmaatregelen kunnen helpen dit besparingspotentieel te realiseren?

We beschrijven in deze samenvatting eerst de onderzoeksmethode en daarna de antwoorden op de onderzoeksvragen.

Methode

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn berekeningen gedaan met het OPERA-model. Dit model berekent hoe het energiesysteem en de bijbehorende emissies eruit zouden kunnen zien, gegeven bepaalde doelen en randvoorwaarden, tegen de laagste nationale kosten. De doelen betreffen in dit onderzoek doelen voor emissiereductie en energiebesparing. Bij de

energiebesparingsdoelen gebruiken we de definities van finaal en primair energieverbruik uit het herziene EED voorstel (zie tekstkader S.1).

Tekstkader S.1. Definitie finaal en primair energieverbruik herziene EED voorstel

Het **finaal energieverbruik** is het energieverbruik van eindverbruikers in de sectoren industrie, gebouwde omgeving, landbouw, en mobiliteit inclusief de (internationale) luchtvaart. In het finaal energieverbruik wordt non-energetisch verbruik in de industrie als grondstof voor productieprocessen en gebruik van omgevingswarmte door warmtepompen niet meegenomen. Elektriciteitsproductie met zonnepanelen “achter de meter” telt als besparing op finaal energieverbruik.

Het **primair energieverbruik** is gelijk aan het finaal energieverbruik plus het eigen verbruik en de omzettings- en distributieverliezen in de energiesector. De energiesector bestaat uit de (centrale en decentrale) elektriciteitsproductie, de raffinaderijen, de hoogovens, de sector waterbedrijven en afvalbeheer, de olie- en gaswinning en stadsverwarming.

Onderzoeksvraag 1:

Kosteneffectieve bijdrage energiebesparing aan klimaatdoel niet voldoende voor besparingsdoelen herziene EED en RePowerEU

Voor de klimaatdoelstelling gaan we uit van de indicatieve restemissies in 2030 per sector uit het Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat van EZK (EZK, 2022). Met het OPERA model hebben we berekend hoe deze doelen per sector voor emissiereductie tegen de laagst mogelijke nationale kosten gerealiseerd kunnen worden, zonder dat daarbij eisen aan het energieverbruik worden gesteld. Deze invulling van de klimaatdoelstelling in 2030 blijkt niet voldoende te zijn om de besparingsdoelen uit het herziene EED- en REPowerEU-voorstel te realiseren. In deze OPERA-berekening is het finaal energieverbruik 1663 petajoule in 2030 (Tabel S.1). Dat is hoger dan de doelen in het herziene EED- (1650 petajoule) en het REPowerEU-voorstel (1580 petajoule). Het primair energieverbruik komt in die berekening uit op 2133 petajoule in 2030 (Tabel S.1). Dat is ook hoger dan de doelen in het herziene EED- (2006 petajoule) en REPowerEU-voorstel (1923 petajoule).

We hebben daarom nieuwe berekeningen gedaan met het OPERA-model waarbij we aan het klimaatdoel een besparingsdoel hebben toegevoegd. We hebben daarbij gekozen voor het doel van vermindering van het primair energieverbruik uit het herziene EED- en REPowerEU-voorstel, omdat daar de grootste beleidsopgave ligt.

Onderzoeksvraag 2:

Een subdoel voor energieverbruik gebaseerd op Europese doelen in plaats van nationale klimaatambities

Uit berekeningen met het OPERA model, waarin aan het klimaatdoel ook een doel voor het primair energieverbruik in 2030 is toegevoegd, blijkt dat er voldoende besparingspotentieel is om de besparingsdoelen uit het herziene EED- en REPowerEU-voorstel te realiseren (Tabel S.1).

Om het besparingsdoel op primair energieverbruik te realiseren is meer besparing op finaal energieverbruik nodig dan het besparingsdoel op finaal energieverbruik vereist. Dit komt doordat de energietransitie niet alleen zal zorgen voor lagere

omzettingsverliezen in de elektriciteitsproductie door meer hernieuwbaar, maar ook voor hogere omzettingsverliezen in raffinaderijen door de productie van biobrandstoffen en een hoger energieverbruik door toepassing van CO₂-afvang en opslag (CCS).

Tabel S.1 Vergelijking energieverbruik 2019 en 2030 uit berekeningen OPERA -model met alleen klimaatdoel en met subdoel primair energieverbruik herziene EED en REPowerEU

| | Energieverbruik 2019 (petajoules) | Energieverbruik 2030 (petajoules) | | |
|---|---|-----------------------------------|--|---|
| | | Alleen klimaatdoel | Klimaatdoel met subdoel herziene EED | Klimaatdoel met subdoel REPowerEU |
| Gebouwde omgeving | 643 | 464 | 435 | 420 |
| Landbouw | 147 | 131 | 128 | 120 |
| Mobiliteit | 513 | 410 | 393 | 379 |
| Industrie | 542 | 457 | 439 | 433 |
| Luchtvaart | 166 | 201 | 201 | 201 |
| Totaal finaal energieverbruik | 2011 | 1663 | 1596 (doel is 1650) | 1552 (doel is 1580) |
| Eigen verbruik en omzettingsverliezen energiesector | 651 | 470 | 410 | 371 |
| Totaal primair verbruik | 2662 | 2133 | 2006 | 1923 |

De Europese Commissie heeft in de herziening van de Renewable Energy Directive (RED) een doelstelling voorgesteld waarbij 50% van het waterstofgebruik in de industrie afkomstig moet zijn uit hernieuwbare energiebronnen (groene waterstof). In de OPERA berekeningen wordt geen groene waterstof ingezet. Met een extra modelberekening is onderzocht wat het effect is van het toevoegen van een doel voor groene waterstof in 2030, waarbij de helft van deze groene waterstof in Nederland wordt geproduceerd en de andere helft wordt geïmporteerd. De omzettingsverliezen in de energiesector nemen daardoor toe, waardoor extra besparing bij finaal energieverbruik nodig is (Tabel S.2).

Tabel S.2 Energieverbruik 2030 uit berekening OPERA model inclusief doelstelling voor 50% groene waterstofgebruik in de industrie

| Energieverbruik 2030 (petajoules) | | |
|---|---|--|
| | Klimaatdoel met subdoel herziene EED plus 50% groene waterstofgebruik industrie, waarvan helft import | Klimaatdoel met subdoel REPowerEU plus 50% groene waterstofgebruik industrie, waarvan helft import |
| Gebouwde omgeving | 428 | 415 |
| Landbouw | 128 | 119 |
| Mobiliteit | 389 | 370 |
| Industrie | 437 | 429 |
| Luchtvaart | 201 | 201 |
| Totaal finaal energieverbruik | 1583 | 1534 |
| Eigen verbruik en omzettingsverliezen energiesector | 423 | 389 |
| Totaal primair verbruik | 2006 | 1923 |

Advies nationaal subdoel en sectorale streefwaarden

Op basis van de resultaten van berekeningen met het OPERA-model adviseren we voor een nationaal subdoel energiebesparing aan te sluiten bij de Europese besparingsdoelen voor primair energieverbruik uit het herziene EED of REPowerEU voorstel, want die zijn ambitieuzer dan de besparingsdoelen voor finaal energieverbruik. Onze aanbeveling is de streefwaarden voor het energieverbruik per sector te baseren op de berekening met het OPERA-model waarin rekening is gehouden met extra omzettingsverlies door extra groene waterstofproductie in de industrie uit Tabel S.2.

Dit is een aanbeveling als antwoord op de onderzoeksvraag welk nationaal subdoel zekerheid biedt voor het realiseren van Europese doelen. In de onderhandelingen tussen de lidstaten, de Europese Commissie en het Europese parlement over de besparingsdoelen wordt nog gesproken over een bindend of indicatief karakter van de doelen op lidstaat niveau. Een uitkomst van de onderhandelingen zou kunnen zijn dat het doel voor besparing op finaal energieverbruik bindend is voor de lidstaten en het doel voor besparing op primair energieverbruik indicatief, vanwege het verhoging effect van de energietransitie op omzettingsverliezen in de energiesector. De uitkomst van de onderhandelingen kan aanleiding zijn een andere beleidskeuze te maken voor een nationaal subdoel energiebesparing.

EZK heeft gevraagd hoe een besparingsdoel het beste geformuleerd kan worden: als absoluut doel in petajoules of relatief als percentage van een referentieverbruik. Omdat de doelen voor de EED en REPowerEU zijn geformuleerd als absolute verbruiksniveaus verdient het de voorkeur om ook voor Nederland een doel in absolute energieverbruikstermen te formuleren in petajoule energieverbruik in plaats van een relatieve doelstelling ten opzichte van een referentiedoelstelling of een historisch jaar. De verwachting voor het energieverbruik in 2030 uit een referentiescenario kan snel achterhaald zijn en ook de statistiek over het energieverbruik in historische jaren kan worden herzien. Monitoring van een

absoluut doel kan plaatsvinden op basis van CBS-statistiek en de KEV-raming van PBL.

Er zijn meerdere argumenten voor een subdoel energiebesparing:

- De besparingsdoelen voor primair energieverbruik in het herziene EED- en REPowerEU-voorstel worden naar verwachting met alleen het huidige klimaatdoel niet gehaald. Een nationaal subdoel voor energiebesparing moet gebaseerd worden op de Europese doelen en niet op de huidige nationale klimaatambities.
- Besparing op energieverbruik helpt de afhankelijkheid van import van energiedragers te verminderen en draagt zo bij aan leveringszekerheid.
- Besparing op energieverbruik helpt de energierekening van huishoudens en bedrijven te verlagen.
- Een lagere energievraag maakt het eenvoudiger de energievraag hernieuwbaar in te vullen en is daarmee ook van belang voor de transitie naar een emissieneutraal energiesysteem in 2050.
- Een subdoel voor energiebesparing geeft sturing aan de manier van emissiereductie en helpt prioriteit te geven aan beleidsinstrumenten die energiebesparing stimuleren. In de beantwoording van de derde onderzoeksvraag geven we aanbevelingen voor het type beleid dat kan helpen extra energiebesparing te realiseren.

Onderzoeksvraag 3:

Beleidsmaatregelen die kunnen helpen extra besparing te realiseren

In dit onderzoek is een beeld geschetst van de belangrijkste besparingsmaatregelen per sector en beleidsinstrumenten die kunnen helpen extra besparing te realiseren (Tabel S.3). Verschillende beleidsmaatregelen zijn al onderdeel van huidig of aangekondigd beleid, zoals bij gebouwde omgeving, landbouw en mobiliteit. Een focus op energiebesparing met een nationaal subdoel voor energiebesparing zou wel kunnen betekenen dat intensivering van beleid nodig is en deze beleidsmaatregelen qua uitvoering of budget moeten worden versterkt om de doelstelling te realiseren. In de tabel staan ook nieuwe beleidsmaatregelen, bijvoorbeeld gericht op vermindering van het energieverbruik van de luchtvaart. Bij de industrie zijn de energiebesparingsplicht, SDE++ en maatwerkafspraken met industrie wel al onderdeel van huidig/aangekondigd beleid, maar vraagt een focus op energiebesparing aandacht voor energiebesparende opties zoals procesoptimalisatie en restwarmtebenutting in dat beleid.

Tabel S.3 Belangrijkste besparingsmaatregelen en beleidsinstrumenten

| Sector | Belangrijkste besparingsmaatregelen | Beleidsmaatregelen die helpen extra besparing te realiseren |
|--------------------------|---|---|
| Gebouwde omgeving | Zuinig stoken, verlagen keteltemperatuur, inregelen installaties ubouw, na-isolatie, elektrische warmtepompen en zonnepanelen. | Publiekscampagnes, verplicht energiebeheer ubouw, versnelling isolatieprogramma, normering (hybride) warmtepompen en zonnepanelen. |
| Landbouw | Besparing op energievraag glastuinbouw | Invoeren energiebesparingsplicht, afbouwen verlaagd EB-tarief en EB-vrijstelling gasinzet WKK, subsidies uit de EG-regeling. |
| Mobiliteit | Elektrische, hybride en waterstof voertuigen, minder autokilometers. | Fiscaal beleid en subsidies die aankoop elektrische, hybride en waterstof voertuigen stimuleren. Betalen naar gebruik. |
| Industrie | Keuze efficiëntere processen, besparing op warmtevraag en elektriciteitsvraag door procesoptimalisatie, restwarmtebenutting van naastgelegen industrie en elektrificatie. | Procesoptimalisatie, restwarmtebenutting en elektrificatie opnemen in energiebesparingsplicht en SDE++. Onderzoek naar en afspraken met industrie over efficiëntere processen. |
| Luchtvaart | Minder vluchten. | Normering (beperking) van het aantal vluchten, belasting op vliegtickets of brandstof vliegtuigen. |
| Energiesector | Hernieuwbare elektriciteitsproductie met zon en wind. | Randvoorwaarden creëren voor versnelling realisatie hernieuwbare elektriciteitsproductie, door bijvoorbeeld versnelling vergunningprocedures, netverzwaring. |

Discussie

Bij de analyses en conclusies moeten enkele kanttekeningen worden geplaatst:

- In de uitgevoerde modelanalyses ligt de nadruk vooral op energiebesparing door toepassing van fysieke maatregelen (bijv. efficiëntere technieken, isolatie). Zuinig stookgedrag is wel mee genomen maar meer gebruik van de trein of minder vliegen niet. Gedragsverandering kan ook een bijdrage leveren aan een lager energieverbruik. De energiebesparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel vragen om duurdere emissiereductieopties en leiden tot meer emissiereductie dan nodig voor de klimaatdoelstelling van 55% en de kosten van het energiesysteem nemen toe. De systeemkosten kunnen worden verlaagd door volumebeleid dat stuurt op vraagvermindering, zoals bijvoorbeeld minder vluchten, minder autokilometers, minder stoken en door het sturen op minder energie-intensieve activiteiten (zoals energiezuinigere teelten in de glastuinbouw).
- Met het introduceren van een aantal nieuwe technologieën, die nodig zijn voor het realiseren van de emissiedoelstelling op lange termijn, ontstaan extra

conversieverliezen, zoals bij groene waterstofproductie via elektrolyse en bij technieken voor productie van groen gas en biobrandstoffen. Ook bij CO₂-afvang en opslag (CCS) neemt het energieverbruik in de energiesector toe. Doordat binnenlandse productie van biobrandstoffen en groene waterstof gepaard gaat met conversieverliezen, leidt sturing op het primaire energieverbruik mogelijk tot meer import van biobrandstoffen en groene waterstof. In onderhandelingen over de besparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel kan dit als argument worden gebruikt om een lidstaat meer ruimte te geven voor een hoger primair energieverbruik, wanneer het meer energieverbruik heeft door eigen productie van biobrandstoffen en groene waterstof. Ook kan het een argument zijn om een besparingsdoel op finaal energieverbruik meer als leidend te nemen in plaats van een besparingsdoel op primair energieverbruik.

- Voor het realiseren van het energiebesparingsdoel worden meer elektrische warmtepompen en elektrische auto's ingezet, omdat die efficiënter zijn dan gebruik van groen gas in CV-ketels of biobrandstoffen in auto's met verbrandingsmotoren. In de industrie worden naast elektrische warmtepompen ook elektrische boilers toegepast. De extra elektriciteitsvraag die hierdoor ontstaat wordt bij voorkeur ingevuld met meer elektriciteit uit wind en zon. Voor deze elektrificatie is uitbreiding van de capaciteit van het elektriciteitsnet nodig.
- Investerings in duurzame technieken moeten sowieso gedaan worden voor de omschakeling van een fossiel naar een klimaatneutraal energiesysteem. Denk aan investeringen in elektriciteitsproductie met wind en zon, na-isolatie, warmtepompen, besparingsopties in de glastuinbouw, elektrische auto's, procesoptimalisatie in de industrie en keuzes voor efficiëntere productieprocessen. Het realiseren van een emissiedoel én energiebesparingsdoel in 2030 leidt tot een versnelde omschakeling maar ook tot hogere systeemkosten op korte termijn tot 2030. De hogere systeemkosten zijn kosten die anders later in de periode tot 2050 ook hadden moeten worden gemaakt. De versnelling zelf kan kostenreductie positief beïnvloeden waardoor systeemkosten op langere termijn lager zijn.

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Samenvatting | 2 |
| 1 | Inleiding | 10 |
| 1.1 | Aanleiding | 10 |
| 1.2 | Onderzoeksvragen | 10 |
| 1.3 | Methode | 11 |
| 1.4 | Leeswijzer | 11 |
| 2 | Berekening kosteneffectieve invulling klimaatdoel | 12 |
| 2.1 | Invoervariabelen bij berekening kosteneffectieve invulling klimaatdoelstelling | 12 |
| 2.2 | Resultaat energieverbruik kosteneffectieve invulling klimaatdoelstelling | 16 |
| 2.3 | Conclusies | 17 |
| 3 | Berekeningen met subdoel energiebesparing | 18 |
| 3.1 | Resultaten OPERA-berekening met besparingsdoel naast klimaatdoel | 18 |
| 3.2 | Besparingsmaatregelen in verschillende sectoren | 21 |
| 3.3 | Resultaten aandeel hernieuwbaar | 26 |
| 3.4 | Gevoeligheidsanalyses | 29 |
| 3.5 | Systeemkosten | 32 |
| 3.6 | Conclusies | 33 |
| 3.7 | Discussie | 34 |
| 4 | Advies subdoel energiebesparing | 35 |
| 4.1 | Wat zijn argumenten voor een subdoel energiebesparing? | 35 |
| 4.2 | Hoe ziet een subdoel energiebesparing eruit? | 35 |
| 4.3 | Hoe kunnen we een subdoel energiebesparing verdelen naar sectoren? | 36 |
| 4.4 | Welk beleid helpt extra besparing te realiseren? | 36 |
| | Referenties | 39 |

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Klimaatwet wordt aangepast: de ambitie wordt aangescherpt van 49% naar 55% emissiereductie in 2030 ten opzichte van 1990. Om met voldoende zekerheid het aangescherpte doel van 55% reductie in 2030 te realiseren, wil het kabinet zich bij de uitwerking van het klimaatbeleid richten op 60% emissiereductie, zodat ook bij tegenvallers de 55% niet in het geding is.

In juli 2021 heeft de Europese Commissie in het kader van Fit for 55 een voorstel gedaan voor herziening van de Energy Efficiency Directive (EED) met aanscherping van de energiebesparingsdoelen (EC, 2021). Na de Russische inval in Oekraïne heeft de Europese Commissie in mei 2022 het REPowerEU plan (EC 2022) gepresenteerd om de afhankelijkheid van energie-import uit Rusland te verminderen. Onderdeel van REPowerEU is een nog verdere aanscherping van de energiebesparingsdoelen. Artikel 4 uit de voorgestelde herziening van de EED bevat een doelstelling voor vermindering van het totale nationale energieverbruik. In de herziene EED wordt voorgesteld om zowel het primair als het finaal energieverbruik in 2030 met 9% te reduceren ten opzichte van een prognose voor 2030 uit het EU-referentiescenario 2020. In het REPowerEU-voorstel wordt die reductie verhoogd naar 13%. Over deze voorstellen wordt nog onderhandeld door de lidstaten, de Europese Commissie en het Europese Parlement, er is nog geen keuze gemaakt. In dit onderzoek wordt uitgegaan van beide voorstellen van de Europese Commissie.

Het Ministerie van EZK overweegt een subdoelstelling te formuleren voor energiebesparing, om de volgende redenen:

- Een belangrijke bijdrage van energiebesparing is mogelijk en nodig om het klimaatdoel van 55 tot 60% te realiseren. Een subdoel geeft meer prioriteit aan beleidsinstrumenten gericht op energiebesparing.
- De voorstellen van de Europese Commissie voor herziening van de EED en REPowerEU vragen meer energiebesparing, mogelijk zelfs meer dan nodig is voor het realiseren van het klimaatdoel.

1.2 Onderzoeksvragen

TNO heeft de vragen van EZK vertaald naar de volgende onderzoeksvragen:

1. Welk deel van de klimaatdoelstelling in 2030 zou op basis van kosteneffectiviteit kunnen worden bereikt met energiebesparing? Is deze kosteneffectieve bijdrage aan de klimaatdoelstelling voldoende om de energiebesparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel te realiseren?
2. Welk subdoel voor energiebesparing (nationaal en per sector) kan een kosteneffectieve bijdrage leveren aan het klimaatdoel en biedt ook voldoende zekerheid om de energiebesparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel te realiseren?
3. Welke beleidsmaatregelen kunnen helpen dit besparingspotentieel te realiseren?

1.3 Methode

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn berekeningen gedaan met het OPERA-model. Dit model berekent hoe het energiesysteem en de bijbehorende emissies eruit zouden kunnen zien, gegeven bepaalde doelen en randvoorwaarden, tegen de laagste nationale kosten. De doelen betreffen in dit onderzoek doelen voor emissiereductie en energiebesparing. Het OPERA-model bestrijkt het volledige Nederlandse energiesysteem: het energetisch energieverbruik in de sectoren energieproductie, industrie, transport, gebouwde omgeving, agrarische sector, bunkerbrandstoffen voor internationale lucht- en scheepvaart, het niet-energetisch gebruik van koolwaterstoffen en het gehele broeikasgassysteem (ook niet-CO₂ broeikasgassen), inclusief de emissies door landgebruik. Het model houdt rekening met de samenhang tussen energieverbruik en broeikasgasemissies en de relatie tussen het finaal energieverbruik van eindgebruikers en het primair energieverbruik van het totale energiesysteem. Het model houdt rekening met energie-uitwisseling met het buitenland, met pieken en dalen van vraag en aanbod van energie en er wordt rekening gehouden met beperkingen in energietransport tussen verschillende regio's in Nederland. Zie voor een uitgebreidere beschrijving van het OPERA-model Scheepers et al., 2020 en <https://www.pbl.nl/modellen/opera>.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de berekening met het OPERA-model van een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling. Hoofdstuk 3 beschrijft de berekening met het OPERA-model waarin naast een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling ook de energiebesparingsdoel(en) uit het herziene EED- of het REPowerEU-voorstel worden gerealiseerd. Hoofdstuk 4 sluit dit rapport af met een advies over een subdoel energiebesparing en over beleidsmaatregelen die kunnen helpen het aanvullende besparingspotentieel te realiseren.

Economische en fysieke ontwikkelingen

We gebruiken in de berekening de verwachte economische en fysieke ontwikkelingen richting 2030 uit de Klimaat- en energieverkenning 2021 (KEV 2021). Bij de start van de berekeningen waren nog geen cijfers uit de KEV 2022 beschikbaar. Er is relatief weinig verschil met de KEV 2022 (Tabel 2.2).

Bij de energiebesparingsdoelen uit de herziene EED en REPowerEU wordt ook het energieverbruik van de luchtvaart meegeteld. Omdat dit energieverbruik niet door het OPERA-model wordt berekend, is deze overgenomen uit de KEV 2021. Om ons niet rijk te rekenen maken we hier een consistente aanname met de andere inputvariabelen. In de KEV 2022 is het energieverbruik van de luchtvaart wel lager, we nemen dat mee in de gevoeligheidsanalyses.

Tabel 2.2 Fysieke grootheden 2030 (PBL, 2021; PBL, 2022)

| Fysieke grootheid | Eenheid | KEV 2021 | KEV 2022 |
|--|------------------------|----------|----------|
| Bewoonde woningen | miljoen | 8,24 | 8,24 |
| Gebouwen dienstensector | miljoen m ² | 431,4 | 431,0 |
| Veehouderijen | miljoen | 104,5 | 104,7 |
| Glastuinbouwareaal | ha | 9275 | 9.560 |
| Voertuigkilometers - Personenauto's | miljoenen km | 117.996 | 118.568 |
| Voertuigkilometers - Bestelauto's | miljoenen km | 20.744 | 21.366 |
| Voertuigkilometers - Vrachtverkeer | miljoenen km | 8.244 | 8.260 |
| Staalproductie | kton staal | 7.500 | 7.200 |
| Ammoniakproductie | kton NH ₃ | 3.363 | 3.363 |
| Index olefinen/aromaten | - | 122,5 | 122,5 |
| Index andere basis chemicaliën | - | 122,2 | 122,2 |
| Index voedingsmiddelen | - | 124,5 | 124,5 |
| Index papierproducten | | 144,5 | 144,5 |
| Aantal vluchten op 6 nationale luchthavens | x1000 vluchten | 670 | 490 |
| Energieverbruik luchtvaart | PJ | 201 | 159 |

Energieprijzen

We gebruiken in de berekening wel de energieprijzen van het middenprijsscenario uit de KEV 2022 (PBL, 2022). De inval van Rusland in Oekraïne en de hoge energieprijzen zijn in de KEV 2022 wel meegenomen en in de KEV 2021 nog niet. De olie-, aardgas- en kolenprijs uit de KEV 2022 zijn overgenomen uit een advies van de Europese Commissie aan lidstaten voor gebruik in referentiescenario's.

Tabel 2.3 Energieprijzen 2030 (PBL, 2022)

| Energiedrager | Prijs 2030 [€ ₂₀₂₀ /GJ] |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Olie | 15,4 |
| Aardgas | 11,3 |
| Kolen | 3,1 |
| Biomassa binnenland (houtsnippen) | 5,9 |
| Biomassa import (houtpellets) | 10,7 |

Limitering technologieën

Voor de technologieën gebruikt het OPERA-model techno-economische parameters. Er zijn meer dan 600 technologieën waaruit het model kan kiezen, waaronder ook energiebesparingsopties. Voor een groot aantal technologieën zijn datasheets opgesteld die te vinden zijn op <https://energy.nl/datasheets/>.

De inzet van technologieën wordt door het model geoptimaliseerd binnen de grenzen die aan het model zijn opgelegd (bv een klimaat- en energiedoelen). Hierbij wordt voor een aantal technologieopties rekening gehouden met minimum of maximum grenzen. Voor de minimuminzet van deze opties wordt de geprojecteerde inzet voor 2030 uit de KEV 2021 gebruikt. Bij de start van de berekeningen waren nog geen cijfers uit de KEV 2022 beschikbaar. Tabel 2.4 geeft voor deze opties een overzicht van de maximum inzet (potentieel) die het model hanteert en die niet kan worden overschreden.

Tabel 2.4 Maximum potentieel technologieën

| Technologie | Maximum | eenheid | Referentie |
|---|---------|---------|---|
| CO ₂ -opslag industrie | 9,7 | Mton | Klimaatakkoord plafond 7,2 Mton voor industrie; ophoging 2022 met 2,5 Mton |
| CO ₂ -opslag elektriciteitsproductie | 3 | Mton | Klimaatakkoord plafond 3 Mton voor elektriciteitsproductie |
| Wind op Zee | 17 | GW | Extra windparken op zee 6 GW, gereed in 2030 bovenop 11 GW |
| Wind op Land | 9,1 | GW | Monitor RES 1.0 (PBL, 2021) |
| Zon-PV | 31,1 | GW | Monitor RES 1.0 (PBL, 2021) |
| Kernenergie | 0,5 | GW | Kerncentrale Borssele |
| Kolencentrales | 0 | | Kolencentrales dicht in 2030 |
| Biomassa, binnenland | 146,3 | PJ | Strengers en Elzenga, PBL 2020 |
| Biomassa, import | 155,8 | PJ | Strengers en Elzenga, PBL 2020; European fair share |
| Biomassa inzet warmteproductie stadsverwarming | 7,8 | PJ | Advies uitfasering houtige biograndstoffen voor warmtetoepassingen (PBL 2020) |
| Biomassa inzet warmteproductie glastuinbouw | 4,8 | PJ | Advies uitfasering houtige biograndstoffen voor warmtetoepassingen (PBL 2020) |
| Geothermie | 50 | PJ | Masterplan Aardwarmte |

Update besparingspotentieel

Omdat dit onderzoek zich specifiek richt op energiebesparing is voorafgaand aan de berekeningen het besparingspotentieel bij eindverbruikers in verschillende sectoren in het OPERA model getoetst en zijn besparingsopties toegevoegd of geactualiseerd (Tabel 2.5).

Tabel 2.5 Geactualiseerde besparingsopties met maximum besparingspotentieel

| Sector/maatregel | Maximum besparingspotentieel in 2030 t.o.v. de KEV 2021 [PJ] | Toelichting |
|---|---|---|
| Gebouwde omgeving | | |
| Zuinig stoken woningen en ubouw | 20 | 5% lagere warmtevraag (conservatieve aanname) |
| Beter inregelen installaties ubouw | 25 | Schatting 2 m ³ aardgas/m ² en 400 mln m ² door beter inregelen klimaatinstallaties |
| Keteltemperatuur verlagen woningen | 10 | 5% besparing op gasvraag ingevuld met ketels woningen |
| Na-isolatie woningen | 24 | 1 miljoen huurwoningen en 1,5 miljoen koopwoningen en. 300 m ³ gas per woning |
| Na-isolatie ubouw | 19 | Renovatieverplichting maatschappelijk vastgoed en 15% slechtste labels verbeterd commercieel vastgoed |
| Landbouw | | |
| Besparingsopties glastuinbouw warmtevraag | 26 | Inschatting besparingsopties: schermen, isolatie, lage temperatuurverwarming, selectief ventileren, nieuwbouwkassen, het nieuw telen |
| Besparingsopties glastuinbouw elektriciteitsvraag | 10 PJ elektriciteitsvraag, maar 5 PJ extra warmtevraag door LED | Inschatting besparingsopties: LED verlichting, efficiencyverbetering distributie, regelsoftware, koelwatervoorziening, bevochtiging, selectief koelen |
| Mobiliteit | | |
| Meer elektrische personenauto's | 19 | 1,9 miljoen elektrische auto's i.p.v. 1,1 miljoen |
| 100 km op snelwegen in avond en nacht | 3,5 | |
| Bestelauto's vervangen door personenauto's | 1,4 | Voor ondernemers fiscaal aantrekkelijk bestelauto te kopen, maar 10% niet nodig |
| Gewichtsverlaging wagenpark | 8 | Bonus/malus in MRB en BPM |
| Verjonging wagenpark | 5,5 | Fiscaal aanmoedigen nieuwverkoop |
| Industrie | | |
| Elektrificatie | 64 | Routekaart Elektrificatie in de industrie (TNO et al 2021) |
| Procesoptimalisatie | 29 | 6-25 studie (RHDHV en PDC 2020) en CES-en (PBL 2021) |

2.2 Resultaat energieverbruik kosteneffectieve invulling klimaatdoelstelling

Na berekening met het OPERA-model van een invulling van de klimaatdoelstelling tegen de laagst mogelijke nationale kosten, hebben we berekend wat die invulling van het energiesysteem betekent voor het energieverbruik.

We hanteren daarbij de definities uit de herziene EED voor de berekening van dat energieverbruik:

- Het finaal energieverbruik is het energieverbruik van eindverbruikers in de gebouwde omgeving, landbouw, industrie en mobiliteit, inclusief internationale luchtvaart. In het finaal energieverbruik wordt het non-energetisch verbruik in industrie voor gebruik als grondstof in productieprocessen en het gebruik van omgevingswarmte door warmtepompen niet meegenomen. Elektriciteitsproductie met zonnepanelen “achter de meter” telt als besparing op finaal energieverbruik.
- Het primair energieverbruik is gelijk aan het finaal energieverbruik plus het eigen verbruik en de omzettings- en distributieverliezen in de energiesector. De energiesector bestaat uit de (centrale en decentrale) elektriciteitsproductie, de raffinaderijen, de hoogovens, de sector waterbedrijven en afvalbeheer, de olie- en gaswinning en stadsverwarming.

Deze definities wijken af van de gebruikte definities in de nationale energiestatistiek van CBS en de definitie van energieverbruik volgens de huidige EED uit de KEV 2021 en KEV 2022. In het voorstel voor herziening van de EED wordt de berekening van het energieverbruik aangepast. De aanpassing houdt in dat het eigen verbruik van hoogovens en het energieverbruik in hoogovens voor de omzetting van steenkool en cokes in hoogovengas en waterstof niet meer wordt meegenomen in het finaal energieverbruik maar wel bij het primair energieverbruik.

De berekening van het OPERA-model van een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling resulteert in een finaal energieverbruik van 1663 PJ. Dat is minder dan het finaal energieverbruik in de KEV 2021, maar meer dan de doelstelling uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel (Tabel 2.5). Vanwege de onzekerheid over het toekomstig importsaldo en de binnenlandse productie van elektriciteit is het primair verbruik in de KEV 2021 en KEV 2022 vermeld als bandbreedte.

De berekening van het OPERA-model van een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling resulteert in een primair energieverbruik van 2133 PJ. Dat is minder dan het primair energieverbruik in de KEV 2021, maar meer dan de doelstelling uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel (Tabel 2.6).

Tabel 2.6 Finaal energieverbruik in 2030 als resultaat van de OPERA-berekening met kosteneffectieve invulling klimaatdoel vergeleken met de doelstelling en de KEV 2021

| | Finaal energieverbruik 2030 [PJ] |
|---|-------------------------------------|
| KEV 2021 | 1883 |
| OPERA-berekening met kosteneffectieve invulling klimaatdoelstelling | 1663 |
| Voorstel EC herziening EED (artikel 4 9% besparing) | 1650 |
| Voorstel EC herziening EED (artikel 4 13% besparing) | 1580 |

Tabel 2.7 Primair energieverbruik in 2030 als resultaat van de OPERA-berekening met kosteneffectieve invulling klimaatdoel vergeleken met de doelstelling en de KEV 2021

| | Finaal energieverbruik 2030 [PJ] |
|--|--|
| KEV 2021 | 2296-2338 |
| OPERA-berekening met kosteneffectieve invulling klimaatdoelstelling | 2133 |
| Voorstel EC herziening EED (artikel 4 9% besparing) | 2006 |
| Voorstel EC herziening EED (artikel 4 13% besparing) | 1923 |

2.3 Conclusies

Met de berekening in dit hoofdstuk kunnen we de eerste onderzoeksvraag beantwoorden. Een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling in 2030 is niet voldoende om de besparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel te realiseren. De energiebesparingsdoelen uit de voorstellen van de Europese Commissie voor de herziene EED en REPowerEU zijn ambitieuzer in de vermindering van het energieverbruik dan nodig is voor de klimaatdoelstelling. In Hoofdstuk 3 zullen we daarom nieuwe berekeningen doen met het OPERA-model waarin we naast het klimaatdoel ook een subdoel voor energiebesparing toevoegen. We kiezen daarbij voor het primair energieverbruiksdoel uit het herziene EED- en het REPowerEU voorstel, omdat daar de grootste beleidsopgave ligt.

3 Berekeningen met subdoel energiebesparing

Uit de berekeningen met het OPERA-model in Hoofdstuk 2 blijkt dat een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling niet voldoende is om de energiebesparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel te realiseren. In dit hoofdstuk schetsen we de resultaten van de berekeningen met het OPERA-model waarbij we naast het klimaatdoel ook een doelstelling voor het primair energieverbruik als randvoorwaarde meegeven. We kiezen daarbij voor het primair energieverbruiksdoel uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel, omdat daar de grootste beleidsopgave ligt. De verwachting is dat als het doel voor vermindering van primair energieverbruik wordt gerealiseerd, ook het doel voor vermindering van finaal energieverbruik wordt gehaald. Andersom is dat niet het geval.

Eerst beschrijven we de resultaten op nationaal niveau en de verdeling naar sectoren (Paragraaf 3.1), daarna zoomen we in op de verschillende sectoren en op welke manier extra energiebesparing kan worden gerealiseerd (Paragraaf 3.2). In Paragraaf 3.3 worden de resultaten voor hernieuwbare energie toegelicht. Vervolgens bespreken we de resultaten van gevoeligheidsanalyses die zijn uitgevoerd waarmee is onderzocht hoe robuust de verdeling van de besparingsdoelstelling naar sectoren is (Paragraaf 3.4). In Paragraaf 3.5 gaan we in op de systeemkosten. Dit hoofdstuk eindigt met conclusies (Paragraaf 3.6) en discussie (Paragraaf 3.7). Op basis van de berekeningen in dit hoofdstuk geven we in Hoofdstuk 4 een advies over een nationaal subdoel energiebesparing.

3.1 Resultaten OPERA-berekening met besparingsdoel naast klimaatdoel

In Tabel 3.1 vergelijken we de resultaten voor het energieverbruik tussen de berekening met het OPERA-model met alleen een klimaatdoel en de berekeningen met het OPERA-model waarin naast het klimaatdoel ook een besparingsdoel is toegevoegd. Ter vergelijking is ook het energieverbruik in 2019 en in 2030 volgens de KEV 2021 in de tabel opgenomen. Bewust kiezen we voor 2019 omdat in de jaren 2020 en 2021 het energieverbruik in de sector mobiliteit ongewoon laag was vanwege coronamaatregelen.

De OPERA-berekening met naast een klimaatdoel ook een besparingsdoelstelling voldoet aan de doelen voor vermindering van het energieverbruik. Het doel voor vermindering van primair energieverbruik is als randvoorwaarde aan de OPERA-berekening toegevoegd. Het doel voor vermindering van het finaal energieverbruik – een berekeningsresultaat – wordt ook ruim gehaald. Het finaal energieverbruik in de OPERA-berekening met een besparingsdoel volgens het herziene EED-voorstel is 1596 PJ, terwijl de doelstelling 1650 PJ is. Het finaal energieverbruik in de OPERA-berekening met een besparingsdoel volgens het REPowerEU-voorstel is 1552 PJ, terwijl de doelstelling 1580 PJ is.

Realisatie van het besparingsdoel resulteert in een broeikasgasemissie die lager is dan het klimaatdoel voor 2030 van 94,9 megaton en 58% emissiereductie t.o.v. 1990: bij het herziene EED besparingsdoel is de broeikasgasemissie 93,9 megaton en 59% emissiereductie en bij REPowerEU 88,5 megaton en 61% emissiereductie.

Rechts in Tabel 3.1 wordt per sector het verschil met de KEV 2021 vermeld. In Paragraaf 3.2 zoomen we verder in op deze verschillen om te begrijpen waar het extra besparingspotentieel vandaan komt.

Tabel 3.1 Energieverbruik verschillende sectoren in 2019 en in 2030 volgens KEV 2021 en de OPERA berekeningen

| Energieverbruik [PJ] | 2019 | 2030 KEV 2021 | 2030 OPERA- berekening alleen klimaatdoel | 2030 OPERA- berekening inclusief besparingsdoel herziene EED* | 2030 OPERA- berekening inclusief besparingsdoel REPowerEU* | Vershil klimaatdoel t.o.v. KEV 2021 | Vershil herziene EED t.o.v. KEV 2021 | Vershil REPowerEU t.o.v. KEV 2021 |
|---|-------------|------------------|---|--|---|--|---|--|
| Gebouwde omgeving | 643 | 567 | 464 | 435 | 420 | -103 | -132 | -147 |
| Landbouw | 147 | 146 | 131 | 128 | 120 | -15 | -18 | -27 |
| Mobiliteit | 513 | 460 | 410 | 393 | 379 | -50 | -67 | -81 |
| Industrie | 542 | 510 | 457 | 439 | 433 | -53 | -71 | -76 |
| Luchtvaart | 166 | 201 | 201 | 201 | 201 | 0 | 0 | 0 |
| Totaal finaal energieverbruik | 2011 | 1883 | 1663 | 1596 | 1552 | -220 | -287 | -331 |
| Eigen verbruik en omzettingsverliezen energiesector | 651 | 427 | 470 | 410 | 371 | +43 | -17 | -56 |
| Totaal primair verbruik | 2662 | 2310 | 2133 | 2006* | 1923* | -177 | -304 | -387 |

* Extra doelstelling opgelegd aan het OPERA-model

3.2 Besparingsmaatregelen in verschillende sectoren

In deze paragraaf duiden we de verschillen in energieverbruik per sector in 2030 tussen de OPERA-berekeningen en de KEV 2021.

Gebouwde omgeving

Het lagere energieverbruik in de sector gebouwde omgeving in de OPERA berekeningen ten opzichte van de KEV 2021 komt door extra na-isolatie van bestaande woningen en gebouwen, extra warmtepompen, zuinig stookgedrag en extra zonnestroom (Tabel 3.2). Om de besparingsdoelen te halen wordt extra zonnestroom ingezet en bij de ambitieuzere doelen voor REPowerEU ook meer na-isolatie dan bij het herziene EED-voorstel.

Tabel 3.2 Inzet besparingsmaatregelen in de sector gebouwde omgeving

| Besparingsmaatregel | OPERA-berekening alleen klimaatdoel [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA-berekening inclusief besparingsdoel herziene EED [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA-berekening inclusief besparingsdoel REPowerEU [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] |
|---|---|--|---|
| Extra na-isolatie | -23 | -23 | -39 |
| Extra warmtepompen | -32 | -32 | -31 |
| Inregelen installaties utiliteitsgebouwen | -25 | -25 | -25 |
| Zuinig stoken woningen | -20 | -20 | -20 |
| Meer zonnestroom | 0 | -12 | -12 |
| Verlagen stooktemperatuur ketel woningen | -10 | -10 | -10 |
| Minder houtkachels | -4 | -4 | -5 |
| Overig | -11 | -6 | -5 |
| Totaal | -103 | -132 | -147 |

Landbouw

Het energieverbruik in de landbouw komt voornamelijk door glastuinbouw. De aanvullende besparing in de OPERA berekeningen komt ook uit die sector. De meeste aanvullende besparing komt van maatregelen die besparen op de warmtevraag in kassen: isolerende schermen, nieuwbouwkassen, energie-extensievere teeltwijze (Het Nieuwe Telen) en selectief ventileren. Bij de ambitieuzere doelen voor REPowerEU past ook meer elektriciteitsbesparing o.a. door LED-verlichting (Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Inzet besparingsmaatregelen in de sector landbouw

| Besparingsmaatregel | OPERA- berekening alleen klimaatdoel [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA- berekening inclusief besparingsdoel herziene EED [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA- berekening inclusief besparingsdoel REPowerEU [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] |
|--|---|--|---|
| Besparing op warmtevraag door schermen, nieuwbouwkassen, Het Nieuwe Telen, selectief ventileren | -16 | -16 | -17 |
| Besparing op elektriciteitsvraag door LED-verlichting, efficiency distributie, voeding, koelwater, meet- en regelsoftware | -1 | -1 | -9 |
| Overig | +2 | -1 | -1 |
| Totaal | -15 | -18 | -27 |

Mobiliteit

Het grootste deel van het aanvullend besparingspotentieel in de sector mobiliteit komt van elektrische, hybride en waterstofvoertuigen door de verjonging van het wagenpark te bevorderen. (Tabel 3.4). Daarnaast is er potentieel door ook in de avond en nacht 100 km/u op snelwegen te rijden. Fiscaal kan ook de aankoop van lichtere nieuwe fossiele auto's en de aankoop van een personenauto i.p.v. een bestelauto worden gestimuleerd. De post "overig" betreft o.a. efficiëntere binnenvaartschepen en elektrische bussen. Betalen naar gebruik (de "kilometerheffing") en mensen stimuleren het openbaar vervoer of de fiets te nemen in plaats van de auto is niet in deze OPERA-berekeningen meegenomen.

Tabel 3.4 Inzet besparingsmaatregelen in de sector mobiliteit

| Besparingsmaatregel | OPERA berekening alleen klimaatdoel [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA berekening inclusief besparingsdoel herziene EED [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA berekening inclusief besparingsdoel REPowerEU [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] |
|--|--|---|--|
| Meer hybride en elektrische personenauto's | -31 | -31 | -38 |
| Meer elektrische en H ₂ -vrachtwagens | -3 | -3 | -10 |
| Meer hybride en elektrische bestelbusjes | -6 | -6 | -6 |
| 100 km/u in de avond en nacht | -3,5 | -3,5 | -3,5 |
| Personenauto i.p.v. bestelauto | -1,5 | -1,5 | -1,5 |
| Verjonging wagenpark | -5 | -5 | -5 |
| Nieuwere auto's met lager gewicht | -7 | -7 | -7 |
| Overig | +7 | -10 | -10 |
| Totaal | -50 | -67 | -81 |

Industrie

Het grootste deel van de aanvullend besparing in de OPERA berekeningen in de sector industrie komt van de keuze voor efficiëntere processen, besparing op warmtevraag en elektriciteitsvraag door procesoptimalisatie, restwarmtebenutting van naastgelegen industrie en elektrificatie (Tabel 3.5). Een belangrijke maatregel is de keuze voor een efficiënter proces, zoals bijvoorbeeld: chloorproductie via zero-gap membraan elektrolyse, glasproductie met efficiëntere ovens, aluminium productie via reductie van aluminium oxide met behulp van koolstof⁹ (geen elektrolyse nodig) en zout productie via mechanische damp recompressie. In de OPERA-berekening met alleen een klimaatdoel wordt CO₂-afvang en -opslag (CCS) in de industrie maximaal ingezet voor 9,7 megaton (9,2 megaton in de KEV 2021). In de berekeningen met een besparingsdoel wordt minder CCS ingezet: 6,2 megaton bij het besparingsdoel uit het herziene EED-voorstel en 7,9 megaton bij REPowerEU. Uit de gevoeligheidsanalyses blijkt de inzet van CCS gevoelig voor energieprijzen en kosten van besparingsmaatregelen, de inzet varieert tussen de 5 en 8 megaton.

Tabel 3.5 Inzet besparingsmaatregelen in sector industrie

| Besparingsmaatregel | OPERA berekening alleen klimaatdoel [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA berekening inclusief besparingsdoel herziene EED [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA berekening inclusief besparingsdoel REPowerEU [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] |
|----------------------------------|---|--|---|
| Efficiëntere processen | -6 | -6 | -20 |
| Besparing warmtevraag | -15 | -15 | -15 |
| Restwarmtebenutting | -7 | -7 | -10 |
| Besparing elektriciteitsverbruik | -8 | -8 | -8 |
| Minder CCS | 0 | -19 | -8 |
| Elektrische boilers | -5 | -5 | -6 |
| Warmtepompen | -6 | -6 | -6 |
| Geothermie | -2 | -2 | -2 |
| Overig | -4 | -3 | 0 |
| Totaal | -53 | -71 | -76 |

Luchtvaart

Er zijn weinig besparingsmaatregelen die een substantieel effect hebben op het energieverbruik van de luchtvaart, het meeste effect heeft het aantal vluchten.

Belangrijk om op te merken is dat in de KEV 2022 wordt uitgegaan van 490 duizend vluchten in 2030, in de KEV 2021 waren dat er 670 duizend. Door de combinatie van een hogere vliegbelasting, hogere ETS-prijzen, minder gratis ETS-rechten, de verplichte inzet van hernieuwbare brandstoffen en de hoge olieprijs stijgt de prijs van vliegen. Dit beperkt de verwachte groei van de luchtvaart. Voor 2030 worden 84 miljoen passagiers op de zes luchthavens van nationaal belang verwacht, iets meer dan de 81 miljoen in 2019. Door de inzet van grotere vliegtuigen kan dat met minder vluchten. Het energieverbruik in 2030 is daardoor in de KEV 2022 159 PJ en dus 42 PJ lager dan in de KEV 2021. Om consistent te zijn met andere inputvariabelen en ons niet "rijk te rekenen" is uitgegaan van het aantal vluchten en

energieverbruik van de luchtvaart in 2030 uit de KEV2021. In de gevoeligheidsanalyse hebben we dat wel meegenomen. Uiteindelijk is het een politieke keuze op welke streefwaarde voor het energieverbruik van de luchtvaart wordt ingezet.

Energiesector

Eigenverbruik en omzettings- en distributieverliezen in de energiesector in 2030 bestaan uit omzettingsverliezen in raffinaderijen, (centrale en decentrale) elektriciteitsproductie, hoogovens, waterbedrijven en afvalbeheer (o.a. afvalverbrandingsinstallaties), aardgas- en oliewinning en stadsverwarming en verliezen bij transport van elektriciteit en warmte.

We zien de volgende ontwikkelingen in de OPERA-berekeningen(Tabel 3.6):

- In de OPERA-berekeningen zien we meer omzettingsverliezen in raffinaderijen door productie van biobrandstoffen dan in de KEV 2021. Het OPERA-model gaat ervan uit dat alle biobrandstoffen voor binnenlandse verbruik in Nederland geproduceerd worden, maar in de praktijk is ook import mogelijk.
- In de OPERA-berekeningen zien we door meer hernieuwbare elektriciteitsproductie met wind en zon minder omzettingsverlies in de elektriciteitsproductie dan in de KEV 2021. Tegelijkertijd is er in de OPERA-berekeningen meer elektriciteitsproductie vanwege een toenemende elektrificatie.
- In de OPERA-berekeningen zien we minder olie-en gaswinning dan in de KEV 2021 en meer import van deze energiedragers als gevolg van de optimalisatie. Daardoor daalt het omzettingsverlies van winningsbedrijven van 30 PJ in 2030 in de KEV 2021 naar circa 3 PJ bij de berekening met een besparingsdoel.
- De hoeveelheid warmtelevering via stadsverwarming in 2030 is in de OPERA berekeningen gelijk aan die in de KEV 2021. Dit is in het model meegegeven als minimum, meer stadsverwarming is niet kosteneffectief. De omzettingsverliezen in stadsverwarming zijn in de berekening met het besparingsdoel uit REPowerEU veel lager door veel meer warmteproductie uit aquathermie.
- Ook de omzettingsverliezen van decentrale WKK in industrie en landbouw voor netlevering is onderdeel van de energiesector. Die omzettingsverliezen stijgen door meer gebruik van WKK in de berekeningen met een energiebesparingsdoel.

Tabel 3.6 Verschillen eigenverbruik en omzettingsverliezen in de energiesector

| Subsector | OPERA- berekening alleen klimaatdoel [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA- berekening inclusief besparingsdoel herziene EED [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] | OPERA- berekening inclusief besparingsdoel REPowerEU [PJ besparing t.o.v. KEV 2021] |
|----------------------------------|--|--|---|
| Raffinaderijen | +115 | +61 | +47 |
| Elektriciteitsproductie | -51 | -61 | -81 |
| Hoogovens | -1 | -1 | -1 |
| Waterbedrijven en afvalbeheer | 0 | 0 | 0 |
| Olie- en gaswinning | -15 | -27 | -27 |
| Stadsverwarming | -1 | 0 | -10 |
| Overig (o.a. WKK) | -4 | +11 | +14 |
| Totaal | +44 | -16 | -56 |

3.3 Resultaten aandeel hernieuwbaar

Het is ook van belang te kijken naar de resultaten voor hernieuwbare energie in de OPERA-berekeningen, omdat de Europese Commissie in het Fit for 55-pakket ook een aanscherping van doelen voor hernieuwbare energie voorstelt.

In het Integraal Nationaal Energie en Klimaatplan 2021-2030 dat Nederland heeft ingediend bij de Europese Commissie, heeft Nederland vermeld te streven naar een aandeel hernieuwbare energie van minimaal 27% in het energieverbruik van 2030. In het Fit-for-55-pakket stelt de Europese Commissie voor om de doelstelling voor hernieuwbare energie op Europees niveau te verhogen van 32 naar 40 procent. De Europese Commissie rekent voor Nederland als een kosten-efficiënte bijdrage met een aandeel hernieuwbare energie van 36%. In het REPowerEU-plan om de Europese afhankelijkheid van energie uit Rusland te verminderen is voorgesteld het aandeel hernieuwbare energie in Europa verder te verhogen naar 45%. Voor Nederland zal dat zeker een aandeel hernieuwbaar van meer dan 40% betekenen.

De resultaten geven ook inzicht in het aandeel hernieuwbare energie voor een energiesysteem dat voldoet aan zowel de klimaatdoelstelling als de energieverbruiksdoelen. Op verzoek van EZK hebben we hierbij een vergelijking gemaakt met de KEV 2022-raming omdat deze een actueler beeld geeft van de verwachtingen rond hernieuwbare energie.

Uit Tabel 3.7 blijkt dat bij een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling in 2030 het aandeel hernieuwbaar hoger is dan 40%. Door verdere aanscherping van de energiebesparingsdoelen bij REPowerEU zal het aandeel nog hoger kunnen zijn omdat het energieverbruik dan lager is (noemer-effect). Het resultaat ligt dan zelfs boven de EU doelstelling van 45% hernieuwbaar. Na Tabel 3.7 zoomen we in op verschillende hernieuwbare bronnen: wind op zee, wind op land, zonnestroom, aardwarmte, omgevingswarmte en biomassa.

Tabel 3.7 Resultaten hernieuwbaar voor OPERA berekeningen met alleen klimaatdoel of ook besparingsdoelen

| | 2021 CBS statistiek [PJ] | 2030 KEV 2022 [PJ] | 2030 OPERA berekening alleen klimaatdoel [PJ] | 2030 OPERA berekening inclusief besparingsdoel herziene EED [PJ] | 2030 OPERA berekening inclusief besparingsdoel REPowerEU [PJ] |
|---|--------------------------------|--------------------------|--|---|--|
| Waterkracht | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Wind op zee | 30,6 | 221,6 | 295,8 | 263,9 | 285,4 |
| Wind op land | 37,8 | 83,7 | 127,3 | 127,4 | 127,4 |
| Zonnestroom | 40,8 | 84,4 | 82,6 | 94,6 | 95,0 |
| Zonnewarmte | 1,2 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,4 |
| Aardwarmte | 6,2 | 16,0 | 39,0 | 35,0 | 37,7 |
| Omgevingswarmte | 15,9 | 38,2 | 56,7 | 69,3 | 86,1 |
| Afvalverbrandingsinstallaties | 18,3* | 15,2 | 14,3 | 14,3 | 14,3 |
| Meestook biomassa in centrales | 27,6* | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Biomassa WKK en ketels bedrijven | 30,9* | 35,6 | 42,0 | 86,1 | 118,6 |
| Houtkachels huishoudens | 16,2* | 16,1 | 16,4 | 4,2 | 0,2 |
| Biogas totaal | 15,0* | 17,5 | 36,9 | 16,1 | 22,0 |
| Vloeibare biotransportbrandstoffen | 27,7* | 46,7 | 64,4 | 45,0 | 41,8 |
| Totaal eindverbruik hernieuwbare energie | 269 | 577 | 777 | 757 | 830 |
| Totaal bruto energetisch verbruik | 2.010 | 1.878 | 1.857 | 1.801 | 1.777 |
| Aandeel hernieuwbare energie (%) | 13,4% | 30,7% | 41,8% | 42,0% | 46,7% |

* Bovenkant bandbreedte, ervan uitgaande dat alle biomassa als duurzaam gecertificeerd kan worden.

Wind op zee

We gaan uit van maximaal 17 GW wind op zee in 2030 overeenkomstig de voorgenomen uitgifte van kavels voor windparken op zee. De OPERA-berekening met alleen een klimaatdoel zet dat maximaal in. De KEV 2022 kijkt wel naar de precieze planning in de komende jaren en komt uit op 15,8 GW in 2030. De elektriciteitsproductie uit wind op zee is in OPERA ook hoger dan in de KEV 2022, omdat we in OPERA uitgaan van moderne windmolens met een hoger aantal vollasturen (stand van de techniek 2030). In de OPERA-berekeningen met energieverbruiksdoel is minder wind op zee nodig dan bij alleen een klimaatdoel, omdat het elektriciteitsverbruik lager is.

Wind op land

In de berekeningen met OPERA wordt voor wind op land een maximaal vermogen van 9,1 GW in 2030 aangehouden uit de RES-en. Dit wordt in alle OPERA berekeningen volledig ingezet. Het verschil met de KEV 2022 komt door meer opgesteld vermogen; de KEV 2022 gaat uit van 7,4 GW in 2030. Daarnaast worden in OPERA windmolens ingezet met een hogere efficiency (stand van de techniek 2030).

Zonnestroom

In de OPERA-berekeningen met energieverbruiksdoel wordt meer zonnestroom ingezet dan in de OPERA berekening met alleen een klimaatdoel, omdat daarmee het energieverbruik wordt verlaagd. De productie van zonnestroom “achter de meter” telt niet mee als finaal energieverbruik en vermijdt elektriciteitsproductie met gascentrales met meer omzettingsverliezen. We gaan uit van maximaal 30 GW zon-PV uit de RES-en voor grootschalige systemen, zoals zonneweides of op daken van bedrijfshallen en stallen. Het potentieel op daken van woningen wordt ingeschat op 13 GW. In alle berekeningen met OPERA wordt het potentieel bij woningen volledig benut, maar het grootschalige potentieel niet. De KEV 2022 gaat uit van 25,8 GW zonnepanelen in 2030. In de OPERA berekening met energieverbruiksdoel uit het REPowerEU-voorstel wordt 35 GW zonnepanelen ingezet. In de KEV 2022 wordt vastgehouden aan maximaal 35 TWh wind op land en grootschalige zonneprojecten omdat meer vermogen niet kan worden aangesloten op het elektriciteitsnet volgens de netbeheerders. In de OPERA-berekeningen is deze restrictie niet meegenomen.

Aardwarmte

In de OPERA-berekeningen wordt meer aardwarmte ingezet dan in de KEV 2022. Aardwarmte wordt in de KEV 2022 alleen voorzien in de glastuinbouw en stadsverwarming, maar OPERA berekent ook aardwarmte in de industrie. De berekeningen in OPERA blijven onder de 50 PJ als potentieel uit het Masterplan Aardwarmte.

Omgevingswarmte

In de OPERA-berekeningen worden veel meer warmtepompen ingezet dan in de KEV 2022. De KEV 2022 gaat uit van een trendmatige groei bij het huidige beleid door normering nieuwbouw, ISDE-subsidie en afspraken met woningcorporaties. Een normering van hybride warmtepompen bij ketelvervanging en aanvullende afspraken met woningcorporaties zitten niet in de KEV-raming. Het OPERA-model zet meer warmtepompen in naarmate het doel voor vermindering van energieverbruik ambitieuzer is, omdat warmtepompen leiden tot een lager finaal

energieverbruik. Bij het besparingsdoel uit REPowerEU zet het OPERA-model ruim 5 keer meer warmtepompen in de gebouwde omgeving en landbouw in dan in 2021. In 2021 stonden er 300.000 warmtepompen in woningen en 300.000 warmtepompen in andere gebouwen, dat is exclusief airco's.

Biomassa

We gaan in OPERA uit van een totaal biomassapotentieel van 146 PJ (binnenlands) en 155 PJ uit import op basis van PBL studies. Dit betreft o.a. hout, het biogene deel van afval, vergistbare biomassa en frituurvet. In de OPERA-berekeningen wordt dit potentieel (bijna) volledig benut. In de OPERA-berekeningen met een energiebesparingsdoel wordt minder biomassa ingezet in houtkachels bij huishoudens, voor de productie van biogas en voor de productie van biobrandstoffen in de transportsector dan bij alleen een klimaatdoel. In plaats daarvan wordt meer biomassa ingezet in WKK bij bedrijven. Dit draagt bij aan vermindering van het energieverbruik. Meestook van biomassa in centrales is in 2030 niet meer mogelijk door sluiting van kolencentrales.

3.4 Gevoeligheidsanalyses

De resultaten van de modelberekeningen zijn gevoelig voor wijzigingen van inputvariabelen. Er zijn enkele gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om na te gaan wat het effect is van de volgende veranderingen:

- Veranderingen van energieprijzen en kosten van energiebesparingsopties.
- Toevoegen van een doelstelling voor productie van groene waterstof.
- Verandering in het energieverbruik voor luchtvaart.

Ook is het effect van verandering in de energievraag beoordeeld.

Energieprijzen en kosten energiebesparingsopties

Voor de subdoelen voor energiebesparing volgens het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel zijn berekeningen gemaakt met:

- hogere energieprijzen volgens het hoge prijsscenario uit de KEV 2022 (PBL, 2022) in combinatie met 20% lagere investeringskosten besparingsmaatregelen.
- lagere energieprijzen volgens het lage prijsscenario uit de KEV 2022 (PBL, 2022) in combinatie met 20% hogere investeringskosten besparingsmaatregelen.

Tabel 3.8 laat zien dat de uitkomsten voor de verdeling van het energieverbruik over de sectoren bij deze gevoeligheidsanalyses maar beperkt verschuiven ten opzichte van de basisberekening (minder dan 10 PJ). Deze resultaten laten zien dat de verdeling van het energieverbruik over sectoren robuust is voor verandering van twee belangrijke onzekerheden: de energieprijzen en de kosten van energiebesparing. Dit komt doordat in de OPERA berekeningen de klimaatdoelstelling is meegenomen als restemissies per sector, de speelruimte is daardoor al beperkt.

Tabel 3.8 Gevoeligheidsanalyse bij verandering van energieprijzen en kosten besparingsmaatregelen in PJ

HPLK = hoge energieprijzen en lage kosten energiebesparingsopties

LPHK = lage energieprijzen en hoge kosten energiebesparingsopties

| | EED [PJ] | EED HPLK [PJ] | EED LPHK [PJ] | Vershil LPHK [PJ] | Vershil HPLK [PJ] |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Gebouwde omgeving | 435 | 432 | 428 | -2 | -7 |
| Landbouw | 128 | 128 | 128 | 0 | 0 |
| Mobiliteit | 393 | 393 | 401 | 0 | 8 |
| Industrie | 439 | 440 | 441 | 1 | 2 |
| Luchtvaart | 201 | 201 | 201 | 0 | 0 |
| Totaal finaal verbruik | 1596 | 1595 | 1600 | -1 | 4 |
| Energiesector | 410 | 411 | 406 | 1 | -4 |
| Totaal primair verbruik | 2006 | 2006 | 2006 | 0 | 0 |
| | REPowerEU [PJ] | REPowerEU HPLK [PJ] | REPowerEU LPHK [PJ] | Vershil LPHK [PJ] | Vershil HPLK [PJ] |
| Gebouwde omgeving | 420 | 414 | 426 | -6 | 7 |
| Landbouw | 120 | 119 | 120 | -1 | 0 |
| Mobiliteit | 379 | 385 | 370 | 6 | -9 |
| Industrie | 433 | 435 | 432 | 1 | -1 |
| Luchtvaart | 201 | 201 | 201 | 0 | 0 |
| Totaal finaal verbruik | 1553 | 1553 | 1549 | 0 | -4 |
| Energiesector | 370 | 370 | 374 | 0 | 4 |
| Totaal primair verbruik | 1923 | 1923 | 1923 | 0 | 0 |

Uit de gevoeligheidsanalyses blijkt dat de inzet van CCS enigszins gevoelig is voor de verandering van de energieprijzen en de kosten van besparingsmaatregelen. Bij een kosteneffectieve invulling van de klimaatdoelstelling en een subdoel voor energiebesparing bedraagt de inzet van CCS in 2030 6,2 megaton bij het herziene EED-voorstel en 7,9 megaton bij het REPowerEU-voorstel. Bij hoge energieprijzen en lage kosten voor energiebesparingsmaatregelen is dat respectievelijk 6,9 en 8,6 megaton en bij lage energieprijzen en hoge kosten voor energiebesparingsmaatregelen resp. 5,0 en 6,2 megaton.

Waterstof

De Europese Commissie heeft in de herziening van de Renewable Energy Directive (RED) een doelstelling voor waterstof voorgesteld waarbij 50% van het waterstofgebruik in de industrie afkomstig moet zijn uit hernieuwbare energiebronnen (groene waterstof). Met een extra modelberekening is onderzocht wat het effect is van het toevoegen van een doel voor groene waterstof in 2030. Deze verplichting komt volgens CE Delft en TNO (2022) uit op circa 80 PJ extra vraag aan groene waterstof, uitgaande van het huidige waterstofgebruik in de industrie en 2,6% van het energieverbruik in de transportsector. Als de helft van deze groene waterstof in Nederland wordt geproduceerd en de andere helft wordt geïmporteerd kunnen gelijktijdig de doelstellingen voor reductie van broeikasgasemissies en energieverbruik in 2030 worden gehaald. De

omzettingsverliezen in de energiesector nemen echter toe waardoor extra besparing bij finaal energieverbruik nodig is (Tabel 3.9). Als deze groene waterstof geheel in Nederland moet worden geproduceerd is er onvoldoende energiebesparingspotentieel voorhanden om de toegenomen omzettingsverliezen in de energiesector te compenseren.

Tabel 3.9 Energieverbruik 2030 uit berekening OPERA model met klimaatdoel en subdoelen primair energieverbruik voor herziene EED en REPowerEU plus een doelstelling voor 50% groen waterstofgebruik in de industrie

| Energieverbruik 2030 (petajoule) | | |
|---|--|--|
| | Klimaatdoel met subdoel herziene EED en 50% groene waterstofgebruik industrie waarvan helft import | Klimaatdoel met subdoel REPowerEU en 50% groene waterstofgebruik industrie, waarvan helft import |
| Gebouwde omgeving | 428 | 415 |
| Landbouw | 128 | 119 |
| Mobiliteit | 389 | 370 |
| Industrie | 437 | 429 |
| Luchtvaart | 201 | 201 |
| Totaal finaal energieverbruik | 1583 | 1534 |
| Eigen verbruik en omzettingsverliezen energiesector | 423 | 389 |
| Totaal primair verbruik | 2006 | 1923 |

Hoe tellen we waterstof mee in de energieverbruikscijfers? Door het toenemende belang van waterstof voor de energietransitie is in Europa afgesproken waterstof als energiedrager op te gaan nemen in de energiestatistiek. Het opnemen van waterstof in de energiebalans is voor 2022 op vrijwillige basis; vanaf 2024 wordt het verplicht. Eurostat moet daarvoor de definities nog uitwerken. In dit rapport hebben we in het energieverbruik waterstof als energiedrager meegenomen. Daarbij gaan we ervan uit dat waterstofproductie wordt gezien als energie-omzetting, waardoor het aardgasverbruik voor steam methane reforming en elektriciteitsverbruik voor elektrolyse meetellen bij primair verbruik en niet bij finaal verbruik. Alleen het energetische verbruik van waterstof door eindverbruikers (zoals industrie) voor ondervuring telt mee bij finaal energieverbruik, het non-energetische verbruik van waterstof bij industrie als tussenproduct in een productieproces blijft buiten beschouwing.

Luchtvaart

Door een minder aantal vluchten in 2030, zoals geraamd in de KEV 2022, zal het energieverbruik voor de luchtvaart in 2030 zo'n 42 PJ lager zijn dan in KEV 2021. Een extra modelberekening laat zien dat, bij een gelijkblijvend primair energieverbruik, door een lager energieverbruik van de luchtvaart het finale energieverbruik van de overige sectoren hoger kan zijn (zo'n 6-9 PJ per sector) en ook de omzettingsverliezen in de energiesector.

Energievraag

In de OPERA berekeningen is de verwachte warmte- en elektriciteitsvraag van eindgebruikers en fysieke productie in de industrie in 2030 gebaseerd op de KEV 2021, omdat bij de start van de berekeningen cijfers uit de KEV 2022 nog niet beschikbaar waren. Veranderingen in de projectie van de energievraag hebben een direct effect op het realiseren van het energiebesparingsdoel. De KEV 2022 projecteert een energievraag in 2030, exclusief luchtvaart, die per saldo 36 PJ lager ligt dan in de KEV 2021. De energievraag in de gebouwde omgeving, landbouw en mobiliteit is lager, maar die van industrie iets hoger. Een lagere energievraag komt onder meer voort uit een grotere inzet van duurzame technologieën, zoals warmtepompen en elektrische voertuigen, maar ook uit gedragsverandering door hogere energieprijzen (zuiniger stookgedrag, verandering van teeltwijze bij de glastuinbouw). In de KEV 2022 raming is verondersteld dat al een deel van het mogelijke besparingspotentieel ten opzichte van de KEV 2021 door de hoge energieprijzen wordt gerealiseerd.

Tabel 3.10 Energieverbruik 2030 volgens KEV 2021 en KEV 2022

| | Energieverbruik 2030 | Energieverbruik 2030 |
|---|----------------------|----------------------|
| | KEV 2021 | KEV 2022 |
| | [PJ] | [PJ] |
| Gebouwde omgeving | 567 | 550 |
| Landbouw | 146 | 111 |
| Mobiliteit | 460 | 457 |
| Industrie | 510 | 526 |
| Luchtvaart | 201 | 159 |
| Totaal finaal energieverbruik | 1883 | 1805 |
| Eigen verbruik en omzettingsverliezen energiesector | 427 | 428 |
| Totaal primair verbruik | 2310 | 2233 |

3.5 Systeemkosten

Een subdoel voor energiebesparing naast de klimaatdoelstelling leidt tot hogere systeemkosten. De systeemkosten bestaan uit kapitaalskosten van investeringen, operationele kosten en kosten voor de inkoop van fossiele energie en biomassa. De totale systeemkosten zullen 1,8 miljard euro per jaar hoger zijn bij het besparingsdoel uit het herziene EED-voorstel dan bij een kosteneffectieve invulling van het klimaatdoel, en bij het besparingsdoel uit het REPowerEU-voorstel zelfs 9,5 miljard euro per jaar hoger. Dat is een flink bedrag, maar ter vergelijking is het goed te bedenken dat de uitgaven in de SDE++ subsidieregeling ook 3,2 miljard euro per jaar zijn.

Om naast emissiereductie ook een lager energieverbruik te realiseren zullen duurzame technologieën ruimer moeten worden ingezet en ook technologieën waarvan de kosten relatief hoog zijn. Dit leidt tot hogere systeemkosten. In de hogere systeemkosten zitten hogere kapitaals- en operationele kosten vanwege meer investeringen (in bijvoorbeeld warmtepompen en isolatie), maar ook extra baten door meer energiebesparing en lagere kapitaals- en operationele kosten in

infrastructuur door een lagere energievraag. Ook zijn er baten vanwege minder kapitaals- en operationele kosten in energieproductie. De aardgasvraag daalt waardoor minder aardgas hoeft te worden geïmporteerd; die baten zitten al in de baten van energiebesparing. In de OPERA-berekeningen met een energiebesparingsdoel is minder wind op zee nodig dan bij alleen een klimaatdoel omdat het elektriciteitsverbruik lager is.

Investerings in duurzame technieken moeten sowieso gedaan worden voor de omschakeling van een fossiel naar een klimaatneutraal energiesysteem. Denk aan investeringen in elektriciteitsproductie met wind en zon, na-isolatie, warmtepompen, besparingsopties in de glastuinbouw, elektrische auto's, procesoptimalisatie in de industrie en keuzes voor efficiëntere productieprocessen. Het realiseren van een emissiedoel én energiebesparingsdoel in 2030 leidt tot een versnelde omschakeling maar ook tot hogere systeemkosten op korte termijn. De hogere systeemkosten zijn kosten die anders later in de periode tot 2050 ook hadden moeten worden gemaakt. De versnelling zelf kan kostenreductie positief beïnvloeden waardoor systeemkosten op langere termijn lager zijn.

De systeemkosten kunnen worden verlaagd door beleid dat zich richt op vermindering van de energievraag: anders reizen (minder vluchten, minder autokilometers, meer reizen met openbaar vervoer en de fiets, minder vrachtvervoer over de weg en meer over het water), minder warm stoken van woningen en gebouwen. De gevoeligheidsanalyse met minder vluchten en een lager energieverbruik in de luchtvaart (Paragraaf 3.4) laat zien dat de systeemkosten daarmee 5 miljard lager zijn dan de basisberekening met het besparingsdoel uit het REPowerEU-voorstel.

3.6 Conclusies

Op basis van de berekeningen met het OPERA-model aan een kosteneffectieve invulling van het klimaatdoel, inclusief een subdoel voor energiebesparing, trekken we de volgende conclusies:

- Er is voldoende besparingspotentieel om de besparingsdoelen uit het herziene EED en REPowerEU-voorstel te realiseren.
- Om de besparingsdoelen voor primair energieverbruik te realiseren is meer finale besparing nodig dan het finale besparingsdoel vereist.
- De doelen uit het herziene EED en REPowerEU-voorstel voor vermindering van het energieverbruik zijn zo streng dat het huidige nationale klimaatdoel ruim wordt gehaald. De broeikasgasemissies in 2030 zijn in de OPERA-berekening met het besparingsdoel uit het herziene EED voorstel 93,9 megaton ton en met het besparingsdoel uit het REPowerEU voorstel 88,5 megaton, terwijl het klimaatdoel 94,9 megaton bedraagt.
- Realisatie van besparingsdoelen helpt om een hoger aandeel hernieuwbaar te realiseren.
- Realisatie van besparingsdoelen vereist een iets andere manier van emissiereductie:
 - Meer nadruk op energievraagvermindering en efficiencyverbetering.
 - Meer elektrificatie en daardoor is meer hernieuwbare elektriciteitsopwekking nodig.
 - Iets minder CCS, biobrandstoffen en groen gas.

3.7 Discussie

Bij de analyses en conclusies moeten enkele kanttekeningen worden geplaatst:

- In de uitgevoerde modelanalyses ligt de nadruk vooral op energiebesparing door toepassing van fysieke maatregelen (bijv. efficiëntere technieken, isolatie). Zuinig stookgedrag is wel mee genomen maar meer gebruik van de trein of minder vliegen niet. Gedragsverandering kan ook een bijdrage leveren aan een lager energieverbruik. De energiebesparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel vragen om duurdere emissiereductieopties en leiden tot meer emissiereductie dan nodig voor de klimaatdoelstelling van 55% en de kosten van het energiesysteem nemen toe. De systeemkosten kunnen worden verlaagd door volumebeleid dat stuurt op vraagvermindering, zoals bijvoorbeeld minder vluchten, minder autokilometers, minder stoken en door het sturen op minder energie-intensieve activiteiten (zoals energiezuinigere teelten in de glastuinbouw).
- Met het introduceren van een aantal nieuwe technologieën, die nodig zijn voor het realiseren van de emissiedoelstelling op lange termijn, ontstaan extra conversieverliezen, zoals bij groene waterstofproductie via elektrolyse en bij technieken voor productie van groen gas en biobrandstoffen. Ook bij CO₂-afvang en opslag (CCS) neemt het energieverbruik in de energiesector toe. Doordat binnenlandse productie van biobrandstoffen en groene waterstof gepaard gaat met conversieverliezen, leidt sturing op het primaire energieverbruik mogelijk tot meer import van biobrandstoffen en groene waterstof. In onderhandelingen over de besparingsdoelen uit het herziene EED- en het REPowerEU-voorstel kan dit als argument worden gebruikt om een lidstaat meer ruimte te geven voor een hoger primair energieverbruik, wanneer het meer energieverbruik heeft door eigen productie van biobrandstoffen en groene waterstof. Ook kan het een argument zijn om een besparingsdoel op finaal energieverbruik meer als leidend te nemen in plaats van een besparingsdoel op primair energieverbruik.
- Voor het realiseren van het energiebesparingsdoel worden meer elektrische warmtepompen en elektrische auto's ingezet, omdat die efficiënter zijn dan gebruik van groen gas in CV-ketels of biobrandstoffen in auto's met verbrandingsmotoren. In de industrie worden naast elektrische warmtepompen ook elektrische boilers toegepast. De extra elektriciteitsvraag die hierdoor ontstaat wordt bij voorkeur ingevuld met meer elektriciteit uit wind en zon. Voor deze elektrificatie is uitbreiding van de capaciteit van het elektriciteitsnet nodig.
- Investerings in duurzame technieken moeten sowieso gedaan worden voor de omschakeling van een fossiel naar een klimaatneutraal energiesysteem. Denk aan investeringen in elektriciteitsproductie met wind en zon, na-isolatie, warmtepompen, besparingsopties in de glastuinbouw, elektrische auto's, procesoptimalisatie in de industrie en keuzes voor efficiëntere productieprocessen. Het realiseren van een emissiedoel én energiebesparingsdoel in 2030 leidt tot een versnelde omschakeling maar ook tot hogere systeemkosten op korte termijn tot 2030. De hogere systeemkosten zijn kosten die anders later in de periode tot 2050 ook hadden moeten worden gemaakt. De versnelling zelf kan kostenreductie positief beïnvloeden waardoor systeemkosten op langere termijn lager zijn.

4 Advies subdoel energiebesparing

In dit hoofdstuk geeft TNO advies over een subdoel energiebesparing. Eerst beschrijven we de argumenten voor een subdoel energiebesparing (Paragraaf 4.1), vervolgens geven we aan hoe een subdoel eruit kan zien (Paragraaf 4.2) en tenslotte geven we advies over de verdeling naar sectoren (Paragraaf 4.3) Tot slot doen we aanbevelingen over beleidsinstrumenten dat kan helpen om extra energiebesparing te realiseren (Paragraaf 4.4).

4.1 Wat zijn argumenten voor een subdoel energiebesparing?

Er zijn meerdere argumenten voor een subdoel energiebesparing:

- De besparingsdoelen voor primair energieverbruik in het herziene EED en REPowerEU-voorstel worden naar verwachting met alleen het huidige klimaatdoel niet gehaald. Een nationale subdoel voor energiebesparing moet gebaseerd worden op de Europese doelen en niet op de huidige nationale klimaatambities.
- Besparing op energieverbruik helpt de afhankelijkheid van import van energiedragers te verminderen en draagt zo bij aan leveringszekerheid.
- Besparing op energieverbruik helpt de energierekening van huishoudens en bedrijven te verlagen.
- Een lagere energievraag maakt het eenvoudiger de energievraag hernieuwbaar in te vullen en is daarmee ook van belang voor de transitie naar een emissieneutraal energiesysteem in 2050.
- Een subdoel voor energiebesparing geeft sturing aan de manier van emissiereductie en helpt prioriteit te geven aan beleidsinstrumenten die energiebesparing stimuleren.

4.2 Hoe ziet een subdoel energiebesparing eruit?

Op basis van de resultaten van berekeningen met het OPERA-model adviseren we voor een nationaal subdoel energiebesparing aan te sluiten bij de Europese besparingsdoelen voor primair energieverbruik uit het herziene EED- of het REPowerEU-voorstel, want die zijn ambitieuzer dan de besparingsdoelen voor finaal energieverbruik.

Dat is een aanbeveling als antwoord op de onderzoeksvraag welk nationaal subdoel zekerheid biedt voor het realiseren van Europese doelen. In de onderhandelingen tussen de lidstaten, de Europese Commissie en het Europese parlement over de besparingsdoelen wordt nog gesproken over een bindend of indicatief karakter van de doelen op lidstaat niveau. Een uitkomst van de onderhandelingen zou kunnen zijn dat het doel voor besparing op finaal energieverbruik bindend is voor de lidstaten en het doel voor besparing op primair energieverbruik indicatief, vanwege het verhoging effect van de energietransitie op omzettingsverliezen in de energiesector. De uitkomst van de onderhandelingen kan aanleiding zijn een andere beleidskeuze te maken voor een nationaal subdoel energiebesparing. EZK heeft gevraagd hoe een besparingsdoel het beste geformuleerd kan worden: als absoluut doel in petajoules of relatief als percentage van een referentieverbruik?

Omdat de doelen voor de EED en REPowerEU zijn geformuleerd als absolute verbruiksniveaus verdient het de voorkeur om ook voor Nederland een doel in absolute energieverbruikstermen te formuleren in petajoule energieverbruik in plaats van een relatieve doelstelling ten opzichte van een referentiedoelstelling of een historisch jaar. De verwachting voor het energieverbruik in 2030 uit een referentiescenario kan snel achterhaald zijn en ook de statistiek over het energieverbruik in historische jaren kan worden herzien. Monitoring van een absoluut doel kan plaatsvinden op basis van statistiek van CBS en de KEV-raming van PBL.

4.3 Hoe kunnen we een subdoel energiebesparing verdelen naar sectoren?

Onze aanbeveling is de streefwaarden voor het energieverbruik per sector te baseren op de berekening met het OPERA-model waarin rekening is gehouden met extra omzettingsverlies door extra groene waterstofproductie in de industrie uit Paragraaf 3.4 van dit rapport. De verdeling wordt van het energieverbruik over sectoren is dan zoals weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Aanbeveling verdeling doelstelling energieverbruik naar sectoren

| | Doelstelling herziene EED [PJ] | Doelstelling REPowerEU [PJ] |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| Gebouwde omgeving | 428 | 415 |
| Landbouw | 128 | 119 |
| Mobiliteit | 389 | 370 |
| Industrie | 437 | 429 |
| Luchtvaart | 201 | 201 |
| Totaal finaal energieverbruik | 1583 | 1534 |
| Eigen verbruik en omzettingsverliezen energiesector | 423 | 389 |
| Totaal primair verbruik | 2006 | 1923 |

4.4 Welk beleid helpt extra besparing te realiseren?

In deze paragraaf bespreken we het type beleidsmaatregelen per sector dat kan helpen extra besparing te realiseren. In Tabel 4.2 vatten we de beleidsadviezen samen.

Gebouwde omgeving: publiekscampagnes, normering, collectieve inkoop en oplossingen voor krapte arbeidsmarkt

In de sector gebouwde omgeving zit het besparingspotentieel in zuinig stoken, na-isolatie van bestaande woningen en gebouwen, en de toepassing van (hybride) warmtepompen en zonnepanelen. Zuinig stoken gaat niet alleen om de thermostaat een graadje lager zetten en de verwarming uit bij afwezigheid, maar ook om het verlagen van de aanvoertemperatuur van de CV-ketel van 80 naar 50 °C. Vanwege de hoge energieprijzen zijn er al publiekscampagnes via radio en TV. Daarin zou ook aandacht besteed kunnen worden aan het verlagen van de aanvoertemperatuur van de CV-ketel. Er kunnen ook afspraken gemaakt worden

met installateurs om bij onderhoud de verlaging van de temperatuur mee te nemen. In de utiliteitsbouw is nog veel energie te besparen met het beter inregelen van installaties, zoals via een weersafhankelijke en optimaliserende regeling, het voorkomen van ventilatie en verwarming buiten gebruikstijd en gelijktijdig koelen en verwarmen tegen gaan. Verhoging van het tempo van na-isolatie, uitrol van warmtepompen en zonnepanelen vraagt om regie en organisatie via woningcorporaties of collectieve inkoopacties. Voor de toepassing van (volledige elektrische of hybride) warmtepompen bestaat al het voornemen om via normering vanaf 2026 de toepassing ervan te versnellen. De uitrol wordt nu gehinderd door krapte op de arbeidsmarkt. Innovaties voor efficiëntere installatie, opleiding voor zij-instromers en loonpremies kunnen dat verhelpen. Hetzelfde geldt voor de toepassing van zonnepanelen.

Landbouw: energiebesparingsplicht, hogere energieprijzen, EG subsidieregeling

Het energiebesparingspotentieel in de landbouw kan worden gerealiseerd door de glastuinbouw ook onder de energiebesparingsplicht te laten vallen, hogere energieprijzen door minder energiebelastingvoordeel en subsidies vanuit de EG-regeling Energie-efficiëntie glastuinbouw.

Mobiliteit: fiscaal stimuleren elektrificatie en minder autokilometers

Het energiebesparingspotentieel in de mobiliteit kan worden gerealiseerd door het fiscaal of met subsidies stimuleren van nieuwe elektrische en hybride voertuigen, verjonging van het wagenpark en de aankoop van nieuwe auto's met een lager gewicht. Door meer elektrificatie zullen dan minder biobrandstoffen nodig zijn. Ook beleid dat zicht richt op minder autokilometers helpt het energieverbruik te verlagen, zoals bijvoorbeeld door Betalen naar gebruik (kilometerheffing) en andere maatregelen die overstap naar openbaar vervoer stimuleren.

Industrie: procesoptimalisatie, restwarmtebenutting en elektrificatie in energiebesparingsplicht en SDE++

Het besparingspotentieel in de industrie zit in de keuze voor een efficiënter proces, besparing op de warmte- en elektriciteitsvraag door procesoptimalisatie, restwarmtebenutting van naastgelegen bedrijven en elektrificatie. De keuze voor een efficiënter proces vraagt om onderzoek naar mogelijkheden en afspraken met specifieke bedrijven en branches. Procesoptimalisatie, benutting van de restwarmte van andere bedrijven en elektrificatie kan worden gestimuleerd door deze opties mee te nemen in de energiebesparingsplicht en zo nodig in de SDE++ regeling.

Luchtvaart: Minder vluchten door normering of beprijzing

De belangrijkste manier om het energieverbruik in de luchtvaart te verminderen is het aantal vluchten verminderen. De overheid kan dat stimuleren door normering van het aantal vluchten of het beprijzen van vliegtickets of brandstof.

Energiesector: Randvoorwaarden voor groei hernieuwbare elektriciteitsproductie

Om te besparen op omzettingsverliezen is het nodig volop in te zetten op meer hernieuwbare elektriciteitsproductie in samenhang met meer elektrificatie bij eindgebruikers. Dat kan door de uitrol van windparken op zee en de realisatie van wind- en zonne-energie op land in de RES-regio's. De rol van de overheid daarbij is de randvoorwaarden te scheppen die de uitrol mogelijk maakt, bijvoorbeeld door vergunningsprocedures te versnellen en netbeheerders te helpen netverzwaring te realiseren.

Tabel 4.2 Belangrijkste besparingsmaatregelen en beleidsmaatregelen

| Sector | Belangrijkste besparingsmaatregelen | Beleidsmaatregelen die helpen besparing te realiseren |
|--------------------------|---|---|
| Gebouwde omgeving | Zuinig stoken, verlagen keteltemperatuur, inregelen installaties ubouw, na-isolatie, elektrische warmtepompen en zonnepanelen. | Publiekscampagnes, verplicht energiebeheer ubouw, versnelling isolatieprogramma, normering (hybride) warmtepompen en zonnepanelen. |
| Landbouw | Besparing op energievraag glastuinbouw | Invoeren energiebesparingsplicht, afbouwen verlaagd EB-tarief en EB-vrijstelling gasinzet WKK, subsidies uit de EG-regeling. |
| Mobiliteit | Elektrische, hybride en waterstof voertuigen, minder autokilometers. | Fiscaal beleid en subsidies die aankoop elektrische, hybride en waterstof voertuigen stimuleren. Betalen naar gebruik (kilometerheffing). |
| Industrie | Keuze efficiëntere processen, besparing op warmtevraag en elektriciteitsvraag door procesoptimalisatie, restwarmtebenutting van naastgelegen industrie en elektrificatie. | Procesoptimalisatie, restwarmtebenutting en elektrificatie opnemen in energiebesparingsplicht en SDE++. Onderzoek naar en afspraken met industrie over efficiëntere processen. |
| Luchtvaart | Minder vluchten. | Normering (beperking) van het aantal vluchten, belasting op vliegtickets of brandstof vliegtuigen. |
| Energiesector | Hernieuwbare elektriciteitsproductie met zon en wind. | Randvoorwaarden creëren voor versnelling realisatie hernieuwbare elektriciteitsproductie, door bijvoorbeeld versnelling vergunningprocedures, netverzwaring. |

Referenties

CE Delft en TNO (2022): *50% green hydrogen for Dutch industry. Analysis of consequences draft RED3*, <https://ce.nl/publicaties/50-green-hydrogen-for-dutch-industry/>

EC (2021): Proposal for a directive of the European parliament and of the council on energy efficiency (recast): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0558&from=EN>

EC (2022): REPowerEU plan <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>

EZK (2022): Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat, <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/06/02/ontwerp-beleidsprogramma-klimaat>

PBL (2020) Advies uitfasering houtige biograndstoffen voor warmtetoepassingen, <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-advies-uitfasering-houtige-biograndstoffen-voor-warmtetoepassingen-4303.pdf>

PBL (2020) Beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa, <https://www.pbl.nl/publicaties/beschikbaarheid-en-toepassingsmogelijkheden-van-duurzame-biomassa-verslag-van-een-zoektocht-naar-gedeelde-feiten>

PBL (2021) Klimaat en energieverkenning 2021

<https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2021>

PBL (2021) Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021

<https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2021>

PBL (2021) Monitor RES 1.0 <https://www.pbl.nl/publicaties/monitor-res-1.0>

PBL (2022) Klimaat en energieverkenning 2022

<https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2022>

RHDHV en PDC (2020): Project 6-25 Technology Validation, https://www.6-25.nl/wp-content/uploads/2020/09/P6-25-Validation-Study_Final_RHDHV_PDC_01072020_2.pdf

Scheepers, M.J.J., Gamboa Palacios, S., Jegu, E., Pupo Nogueira, L.P., Rutten, L.W., van Stralen, J., Smekens, K.E.L. en West, K.J. TNO 2020 P10338; [Towards a sustainable energy system for the Netherlands in 2050](#);

TNO, DNV, MSG Sustainable Strategies en TKI Energie en Industrie (2021): *Elektrificatie: cruciaal voor een duurzame industrie*. Routekaart Elektrificatie in de industrie,

<https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Energie%20%26%20Industrie/Documenten/Routekaart%20Elektrificatie%20in%20de%20Industrie.pdf>