

Energie  
Klimaatkansenkaart Gelderland  
V1 maart 2024



## Belangrijkste conclusies Energie

Dit document vormt een uitgebreide uitwerking van de geïdentificeerde potentie van klimaatoplossingen binnen het domein Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur). Een beknopte samenvatting van de belangrijkste resultaten & conclusies is hier gegeven.

Belangrijkste resultaten & conclusies vanuit de analyse:

- **Kansrijke oplossingen:** in totaal zijn er zeven kansrijke oplossingen geïdentificeerd binnen het domein Energie (op gebied van grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur): Zon op dak, Wind op land, Zon op land, Kernenergie, Diepe geothermie, Aquathermie en Spreiding energieconsumptie. Gezamenlijk hebben zij een totale potentie van **3267 kton CO2-eq vermijding** in het scenario 'Raming' en **5143 kton CO2-eq vermijding** in het scenario 'Ambitieuw', betreffende de vermeden CO2-eq emissies van elektriciteitsverbruik in provincie Gelderland.
- **De klimaatoplossingen met het grootste reductiepotentieel ('Ambitieuw'):**
  - 1.) Zon op dak met 1632 kton CO2-eq. reductie
  - 2.) Wind op land met 1385 kton CO2-eq. reductie
  - 3.) Zon op land met 1069 kton CO2-eq. reductie

Op het gebied van de **energietransitie** ligt de focus op het behalen van de RES-doelstellingen, maar er zijn risico's, zoals de capaciteit op het net. Het netwerk lijkt de grote toename aan elektriciteit (zowel vraag als aanbod) nog niet aan te kunnen. In het ambitieuze scenario wordt het totale aanbod aan elektriciteit met 25% verhoogd ten opzichte van het RES-bod, mogelijk gemaakt door innovatie en efficiëntieverbeteringen van windturbines en zonnepanelen, zoals het combineren van water, natuur en zonne-energie voor verbeterde koeling. Denk daarbij aan het combineren van oplossingen in de ruimte zoals het toepassen van circa 1.550 hectare aan zonnepanelen op daken van de circa 8.000 hectare in Gelderland dat bestemd is als bedrijventerrein. Voor een totaal van 200 windmolens kan er in combinatie met 9.000 ha aan landbouw energie worden geproduceerd, dit is minder dan 5% van de beschikbare landbouwgrond in de provincie. Oplossingen zoals netflexibiliteit kunnen bijdragen aan significante reductie van emissies zonder uitbreiding van het net; een flexibele consumptie tot wel 30% staat ongeveer gelijk aan de potentiële impact van een kerncentrale.

# 1. Introductie Energie

Energie (grootschalige elektriciteit en energie-infrastructuur) is verantwoordelijk voor ongeveer 20% van de globale impact op het milieu. In Nederland wordt het containerbegrip 'duurzaamheid' vaak geassocieerd met energie en wordt er vooral ingezoomd op de technologische veranderingen die plaatsvinden. Bewustzijn over het eigen handelen in relatie tot energie is er vaak nog te weinig, want er valt veel winst te behalen door het verminderen en verder slim optimaliseren van energieverbruik. Dit door bijvoorbeeld voornamelijk energie te gebruiken op momenten dat er in overvloed (hernieuwbare) energie beschikbaar is (zie bijvoorbeeld [energieweerbericht.nl](http://energieweerbericht.nl)) en dat het op die momenten wordt opgeslagen voor de toekomst<sup>4</sup>.

Het gebruiken van elektriciteit kost energie en datzelfde geldt voor het opslaan en transporteren ervan. Door bewuster om te gaan met elektriciteit en energie kan daarom een belangrijke bijdrage geleverd worden aan de optimalisatie hiervan. Daarmee wordt het domein Energie een 'enabler' voor de andere domeinen (Gebouwde omgeving, Industrie, Landbouw en landgebruik en Mobiliteit). In de uitwerking van het domein Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur) worden alleen emissies en oplossingen meegenomen die gaan over opwekking. Emissies die ontstaan bij het gebruik van elektriciteit zijn meegenomen in de andere domeinen.

## **Afbakening Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur)**

Het domein Energie (grootschalige elektriciteitsopwekking en energie-infrastructuur) is vormgegeven naar de klimaattafel Elektriciteit van de Rijksoverheid zoals opgenomen in het klimaatakkoord<sup>5</sup>. De emissies van het domein Energie zijn afkomstig van de opwekking van elektriciteit en warmte. WKK-installaties die eigendom zijn van andere bedrijven worden meegenomen in de sectoren waar ze zich bevinden. Bepaalde industriële activiteiten die internationaal onder de energiesector vallen, zoals raffinaderijen, worden in het Nederlandse Klimaatakkoord onder de sector industrie geplaatst en vallen daarom niet binnen deze uitwerking.

Het domein Energie heeft een sterk verband met de klimaat domeinen 'Gebouwde omgeving' en 'Mobiliteit'. Zo zijn zonnepanelen op daken een (kleinschalige) oplossing vanuit het domein Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur). Deze moeten geplaatst worden op daken van woningen en utiliteitsgebouwen, waar deze elektriciteit benut wordt door steeds meer warmtepompen die geïnstalleerd worden in de gebouwde omgeving. Ook in het domein Mobiliteit wordt de opgewekte elektriciteit benut voor het opladen van een toenemend aantal elektrische auto's, en vormen deze auto's een buffer om pieken en dalen in de opwekking op te vangen. Voor een meer integrale blik op het domein Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur), is het van belang de andere domeinen ook te lezen.

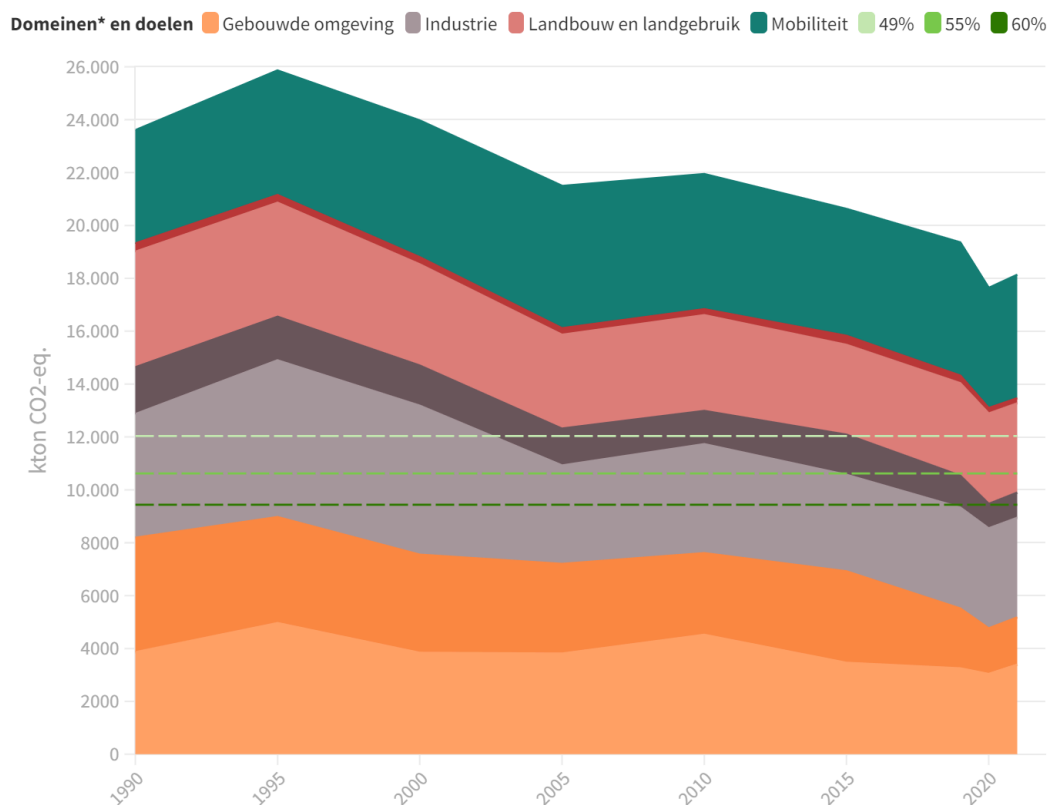
Box 2. Toelichting afbakening domein 'Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur)'.

Figuur 1 betreft een weergave van de totale CO<sub>2</sub> emissies in provincie Gelderland vanaf 1990 tot en met 2020. Sinds 2015 is er sprake van een afname in emissies, echter zijn de 49%, 55% en 60% doelstellingen nog ver uit zicht. Van origine was de nationale doelstelling het behalen van 49% vermijding in emissies.

<sup>4</sup> [Energy Central - Study on energy storage](#)

<sup>5</sup> [Elektriciteit \(grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur\) | Klimaatakkoord](#)

De 55% emissie vermindering is in lijn met het Fit for 55 Europese doel en is het streven vanuit het Rijk om 60% uitstoot te reduceren ten opzichte van 1990. De provincie committeert zich aan deze doelstelling.<sup>6</sup> De provincie Gelderland staat voor de uitdaging om 55% van alle broeikasgassen (CO<sub>2</sub>-equivalenten) te reduceren t.o.v. het basisjaar 1990. Volgens het Gelders klimaatplan betekent dit een opgave om de jaarlijkse uitstoot van 23,6 mton CO<sub>2</sub>-eq in 1990 terug te brengen naar een jaarlijkse uitstoot van 10,6 mton CO<sub>2</sub>-eq. Volgens de meest recente analyse van emissieregistratie bedraagt de huidige emissie in de provincie 18,1 mton CO<sub>2</sub>-eq., daarmee is de doelstelling van 1990 ver uit zicht en dient er gewerkt te worden aan klimaatoplossingen binnen de vijf domeinen om minimaal 7,5 mton CO<sub>2</sub>-eq te reduceren.



\*De donkerdere kleuren tonen de Scope 2-emissies (gerelateerd aan elektriciteitsverbruik) van elk domein.

Figuur 1: Provincie Gelderland totale emissies 1990 - 2021 (Emissieregistratie, 2023). Door op deze figuur te klikken is het interactief online te zien. De lijnen van 49%,55% en 60% vinden hun oorsprong in de nationale politiek (49% klimaatplan 2021-2030, 55%-60% aanvullend maatregelenpakket 2023).

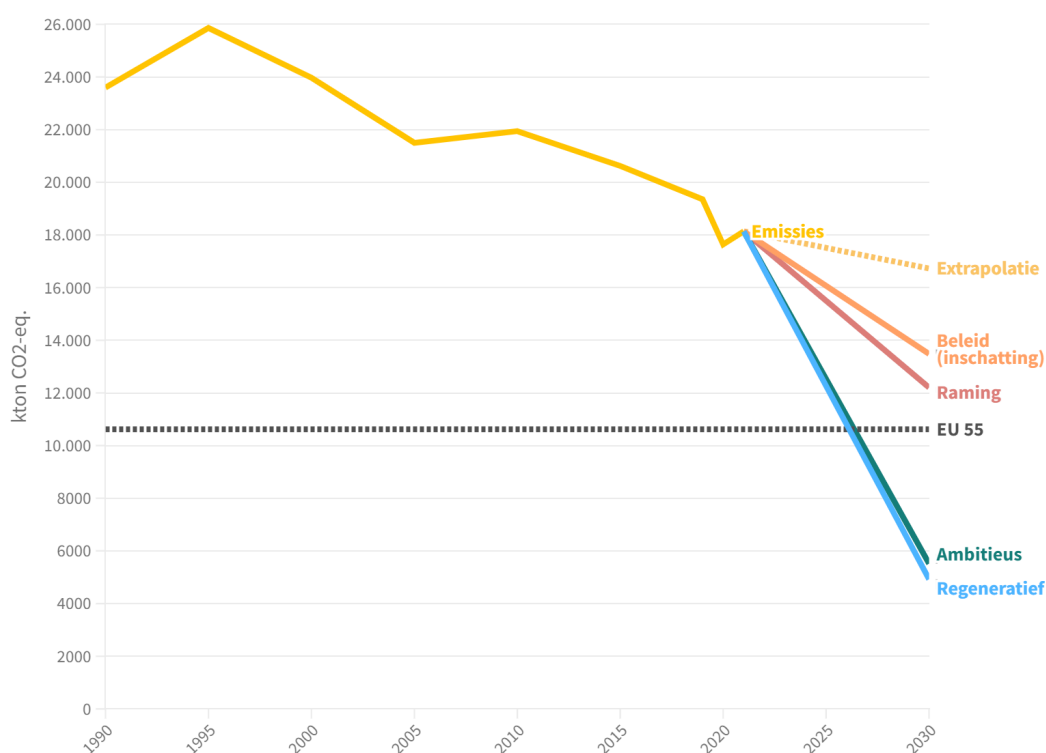
Figuur 2 laat zien welke potentie er is geïdentificeerd om deze emissies te reduceren in relatie tot de verschillende scenario's. Het is hierbij van belang op de merken dat dit een optelsom betreft van:

1. Directe emissiereductie, bijvoorbeeld door over te stappen op hernieuwbare brandstoffen, waardoor emissies van verbranding van fossiele brandstoffen worden vermeden.

<sup>6</sup> [Voortgang klimaatdoelen | Klimaatverandering | Rijksoverheid.nl](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatdoelen)

- Indirecte emissiereductie door reductie emissies van buiten de provincie Gelderland, bijvoorbeeld doordat er minder ingekochte elektriciteit uit fossiele bronnen afkomstig van andere regio's buiten de provincie is verbruikt binnen de grenzen van Gelderland.

Als alle mogelijkheden die nu zichtbaar zijn op de Klimaatkansenkaart worden benut, zou er een CO<sub>2</sub>-eq uitstootreductie van maar liefst 77% (t.o.v. 1990) mogelijk zijn. Daarnaast is er nog een potentieel van circa 2% extra reductie wanneer het regeneratieve scenario ook wordt uitgevoerd. Dit impliceert echter dat alle maatregelen tijdig worden geïmplementeerd, wat helaas niet altijd haalbaar zal zijn vanwege mogelijke vertragingen en uitdagingen die kunnen ontstaan bij dergelijke omvangrijke maatschappelijke en economische veranderingen, zoals onvoorziene grootschalige omstandigheden.

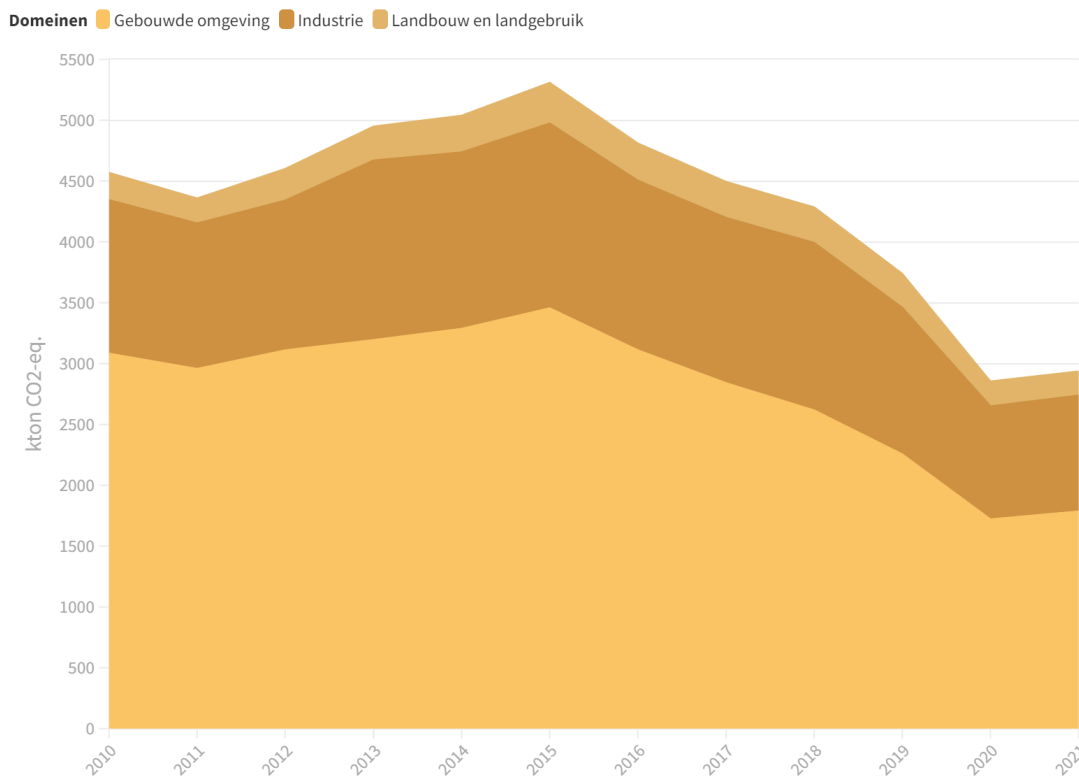


Figuur 2: Vermijdingslijnen van CO<sub>2</sub>-eq. emissies van de verschillende scenario's.  
Door op deze figuur te klikken is het interactief online te zien.

## 1.1 Context provincie Gelderland Energie

De provincie Gelderland kent, sinds de sloop van de kolen-/biomassa-gestookte elektriciteitscentrale in Nijmegen in 2015, geen kolen- of gascentrales die de energie opwekken. Dit heeft als gevolg dat er binnen Gelderland geen winst te behalen is met het verminderen van de uitstoot wat betreft de opwekking van elektriciteit. Gelderland gebruikt echter nog wel veel energie die afkomstig is uit kolen- of gascentrales. De regio is dus importeur van elektriciteit uit andere regio's en is daarmee verantwoordelijk voor emissies buiten de eigen regio.

Het recente nieuws voor het openbaar maken van het bestemmingsplan voor een gascentrale in het Nijmeegse industrieterrein, kan in deze context niet over het hoofd worden gezien. Eventuele invloed op de broeikasemissies en verhoudingen in de duurzame en fossiele energieopwekking, zijn in dit onderzoek niet meegenomen. Het wordt aangeraden alert te blijven op de doelstellingen en opwek van fossiele energie te voorkomen, dan wel te beperken door middel van het opstellen van strenge voorwaarden waar de centrale aan moet voldoen zoals de garantie in 2040 voor 100% draaien op groene waterstof, anders raakt de doelstelling ver uit zicht in 2050 en is het werk tot en met 2030 niet effectief genoeg.



Figuur 3: Provincie Gelderland emissies elektriciteitsverbruik per domein 2010 - 2021 (Klimaatmonitor, 2023). Door op deze figuur te klikken is het interactief online te zien.

Binnen de RES Regio's wordt ingezet op grootschalige lokale opwekking van hernieuwbare elektriciteit. Dit zal zorgen voor een verschuiving van geïmporteerde elektriciteit van buiten de regio, naar lokale opwek voor de eigen behoefte. Windenergie en optimalisatie van het elektriciteitsnetwerk en netcongestie hebben daarbij bijzondere aandacht, net als het slimmer opwekken van elektriciteit dichterbij de uiteindelijke gebruiker.

Figuur 3 is een weergave van de indirecte emissies afkomstig van geïmporteerd elektriciteitsverbruik uit andere regio's. Deze emissies zijn verdeeld over de domeinen en illustreren daarmee een verbruiksbenadering van emissies. De totale potentiële CO<sub>2</sub>-vermindering door het toepassen van verschillende oplossingen heeft hiermee een grotere impact dan dat er emissies zijn binnen de

provinciegrenzen door het opwekken van elektriciteit en warmte. Zo draagt het toepassen van meer hernieuwbare energie niet alleen bij aan het vervangen van energiecentrales, maar ook aan de elektrificatie van de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld omdat huishoudens of industrie CV-ketels vervangen voor warmtepompen of andere elektrische toepassingen om in de behoefte naar warmte te voorzien. Daarmee draagt het vergroten van de capaciteit voor duurzame opwek bij aan het verduurzamen van alle domeinen en emissies afkomstig van deze domeinen.

Er zijn in totaal zeven oplossingen verkend voor het domein Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur): Zon op dak, Zon op land, Wind op land, Kernenergie, Diepte geothermie, Aquathermie en Spreiding energieconsumptie. Gezamenlijk hebben de oplossingen een potentie om een reductie op de CO<sub>2</sub>-uitstoot te realiseren van tussen de 3,3 en 5,1 mton in 2030 (bepaling van potentie is na te gaan in de klimaat kanskaart). Om binnen het domein Energie werkelijk deze potentie te behalen, is het van belang dat de huidige ambities rondom duurzame opwek energie en verlening van vergunningen hiervoor worden gestimuleerd, in de gebouwde omgeving gewerkt wordt aan elektrificatie en isolatie en er een toename aan elektrisch vervoer is als vervanging voor niet hernieuwbare brandstoffen<sup>7</sup>.

## 1.2 Beleid, programma's en doelstellingen kader

In het kader<sup>8</sup> zijn de doelstellingen en ambities van de EU, de nationale overheid en de provincies samengevat met betrekking tot het domein 'Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur)'. Dit betreft een samenvatting van de huidige beleidsdoelstellingen (PU - NL - EU), die dienen een totaalbeeld te geven waaraan de oplossingen relateren.

Hier is al veel regulering m.b.t. elektriciteitsopwek van kracht, waarbij er vaak verbanden worden gelegd tussen de nationale emissiedoelstellingen en de regionale doelstellingen. Dit is een niet uitputtende lijst, er zijn op alle niveaus (internationaal, Europees, nationaal en regionaal) nog andere relevante doelstellingen die niet genoemd worden.

### *Provincie Gelderland*

- **Omgevingsvisie Gaaf Gelderland:** De focus ligt op grensoverschrijdende ontwikkelingen. Het energievraagstuk, kwetsbare biodiversiteit, verdere verstedelijking in combinatie met krimp, toenemende mobiliteit op de weg en in de lucht, digitalisering en internationalisering.
  - 2030: minimaal 55% van het elektriciteitsgebruik in de provincie Gelderland wordt hernieuwbaar opgewekt. De energievoorziening is afkomstig uit duurzame bronnen op

---

<sup>7</sup> Additioneel zullen de belangrijkste variabelen voor de domeinen Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur), Mobiliteit en Gebouwde omgeving in ETM worden gemodelleerd ter validatie.

<sup>8</sup> Beleid, regelgeving en uitvoeringsprogramma's zijn aan verandering onderhevig, het moment dat onderstaande is omschreven is Februari 2024.

het eigen grondgebied. Daarbij zijn de duurzame energiebronnen met oog voor de Gelderlandse kwaliteiten gerealiseerd en draagt de inpassing ervan zo veel mogelijk bij aan andere doelen.

- 2030: de provincie Gelderland heeft samen met partners haar bijdrage geleverd aan de Regionale Energiestrategieën om aan de afspraken in het Nationaal Klimaatakkoord te voldoen.
- 2030: geschikte daken worden zo veel als mogelijk benut voor energieopwekking en/of klimaatadaptatie.
- 2050: de provincie Gelderland is zo spoedig mogelijk en uiterlijk in 2050 CO<sub>2</sub>-neutraal.
- **Gelders Energieakkoord & Regionale Energiestrategieën (RES'en):** hierin spreken gemeenten en provincie de inzet op de opwekking van hernieuwbare energie af. In 2024 wordt het originele bod van de RES door de betrokken regio's herijkt.

#### *Actuele ontwikkelingen provincie Gelderland*

- In de tussenbalans is vastgesteld dat er met de huidige uitvoering van de zes Gelderlandse RES'en tot op heden onvoldoende is om tijdig de doelstellingen te behalen en aanvullende inzet van de RES-partners daarom noodzakelijk is.
- De provincie Gelderland heeft met de RES-regio's ingeschat dat 3.4 TWh aan zonne- en windenergie realistisch is in 2030 (waarvan de provincie Gelderland streeft naar 2,07 TWh wind in 2030)<sup>9</sup>. De ambitie ligt hoger met 6,5 TWh aan duurzame energie. Er is momenteel een versnelling nodig omdat er slechts 2057 MW<sup>10</sup> aan duurzaam opgesteld vermogen is, wat 1.774 TWh aan hernieuwbare elektriciteit heeft opgeleverd.
- De warmte transitie gaat niet snel genoeg. Het kost gemeenten bij de ontwikkelingsfase te veel geld en het brengt risico's met zich mee. Het recent in leven geroepen Gelders Warmte Infrabedrijf (GWIB) kan gemeenten ondersteuning bieden bij deze ontwikkeling.
- Er is richting 2050 significante groei nodig van de duurzame opwek in de provincie, maar er zijn enkele knelpunten:
  - Problematiek omtrent net congestie (zowel aanbod als afname) neemt toe, vooral door sterke groei van zonne-energie. Netverzwaring is nodig, flexibiliteit wordt belangrijker.
  - Er ontstaat steeds meer ongebruikte elektriciteit of energie overschotten door het gebrek aan conversie- en opslagmogelijkheden.
  - Er zijn aanzienlijke aanpassingen nodig aan de infrastructuur voor gas en warmte en koude opslag.
  - Ruimtelijke inpassing, zowel boven- als ondergronds, is een aandachtspunt (denk aan het Natura2000 gebied de Veluwe)

#### *Programma's Nederland*

---

<sup>9</sup> Plan-MER voor windbeleid en RES provincie Gelderland, februari 2023

<sup>10</sup> CBS Hernieuwbare energie; zonnestroom, wind, 2021

- Vanuit het Klimaatakkoord bestaan diverse beleidsprogramma's ter stimulering van duurzame elektriciteitsopwekking. Met de Regionale Energiestrategieën wordt op decentraal niveau invulling gegeven aan deze ambities.
- IBO: voorstellen om het klimaatbeleid aan te scherpen met een brede set aan maatregelen, zodat het kabinet de ambities voor 2030 kan realiseren.

#### *Doelstellingen opwekking elektriciteit Nederland*

- Het aandeel duurzame energie in de energiemix zal vergroten naar 70% in 2030.
- In 2030 vermindert de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 49% ten opzichte van 1990, aangescherpt vanuit de Klimaatwet tot 55%, waarbij beleid zich richt op de hogere opgave van 60%.

#### Europese Unie

- Europese klimaatwet, waarbij het doel van 55% vermindering ten opzichte van 1990 staat. Klimaatneutraliteit uiterlijk in 2050 en netto negatief daarna.

Naast de doelstellingen op het gebied van Elektriciteit (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur) zijn er nog andere beleidsdoelstellingen die geraakt worden door dit domein. Zo hebben veel provincies als doelstelling om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen en de luchtkwaliteit te verbeteren. Daarnaast zijn er doelstellingen op het gebied van ruimtelijke ordening en het behoud van natuur en landschap. Op nationaal niveau zijn er doelstellingen op het gebied van duurzame mobiliteit en circulaire economie.

Op Europees niveau zijn er doelstellingen op het gebied van energie-efficiëntie en het verminderen van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. Al deze beleidsdoelstellingen zijn met elkaar verbonden en hebben invloed op elkaar.

## 2. Resultaten Energie

### 2.1 Potentieel te vermijden emissies in relatie tot beleidsdoelstellingen

Zoals omschreven in 1.2 zijn er vanuit het huidige beleid van de RES regio's in de provincie Gelderland voor Zon op dak, Zon op Land en Wind op land goed voor in totaal 3.046 kton CO<sub>2</sub>-eq reductie (zie tabel 3 en figuur 4). Voor Spreiding energieconsumptie is dit complex, doch eventueel kansrijk om concreet beleid voor te ontwikkelen. Voor aquathermie en geothermie zijn er specifieke wensen benoemd, echter worden er nog weinig concrete maatregelen genoemd waarvoor aanleiding is te verwachten dat de reductiepotentieel verankerd zit in beleid.

In het scenario 'Raming' zijn alle verwachte vermindering emissies opgenomen die ofwel door actief beleid gehaald kunnen worden, of door recente marktontwikkelingen. In het scenario 'Ambitieuw' zijn hier extra ambities aan toegevoegd, bijvoorbeeld omdat dit in andere regio's haalbaar wordt geacht of door het inzetten op een versnelling van huidig beleid gehaald kan worden. In totaal is er een reductiepotentieel verkend tussen de 3.267 en 5.143 kton CO<sub>2</sub>-eq. Daarmee dragen het beleid en de aanvullende kansen bij aan het behalen van de klimaatdoelstellingen. In de bijlage Methodologische onderbouwing elektriciteit is gespecificeerd hoe de scenario's per oplossing tot stand zijn gekomen.

Oplossingen provincie Gelderland	Kiloton CO <sub>2</sub> -eq.	
	Potentieel vermindering 'Raming' <sup>11</sup>	Potentieel vermindering 'Ambitieuw'
Zon op dak	1306	1632
Wind op land	885	1385
Zon op land	855	1069
Kernenergie	0	614
Diepe geothermie	75	151
Aquathermie	75	150
Spreiding energieconsumptie	71	143
<b>Totaal</b>	<b>3267</b>	<b>5143</b>

Tabel 3: Potentie vermeden emissies domein Energie in 2030

In het bod van de RES regio's is aanvullend verkend wat er aan potentie voor opwek in de regio mogelijk is, in het scenario 'Ambitieuw' is deze aanvullende verkenning aan potentie opgenomen, daarnaast is gekeken naar het effect indien deze ambities met 25% worden verhoogd. Dit kan door het toenemen van efficiëntie van deze systemen, maar ook door een toegenomen realisatie. Voor daadwerkelijke realisatie

<sup>11</sup> Voor methodologische onderbouwing van vermindering emissies berekening zie bijlage Elektriciteit (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur).

dient er een nog hogere verkenning voor grootschalige energieopwek plaats te vinden, omdat een groot aandeel van projecten in de verkennende fase niet doorgaat. Dit is van toepassing op de oplossingen: Zon op dak, Zon op land en Wind op land. De oplossing 'kleine installaties Zon op dak' is niet toegevoegd aan het domein, het betreft hier kleinschalige opwek onder de 15 kWp zoals op daken van woningen van particuliere huishoudens.

Voor de oplossing Spreiding Energieconsumptie wordt ingezet op flexibel gebruik van elektriciteit. Door het verschuiven van energieverbruik in de daluren te stimuleren. Dit kan naast kostenbesparingen ook bijdragen aan de vermindering van CO2-emissies, zo blijkt uit een onderzoek in opdracht van NieuweStroom uitgevoerd door CE Delft in 2022.

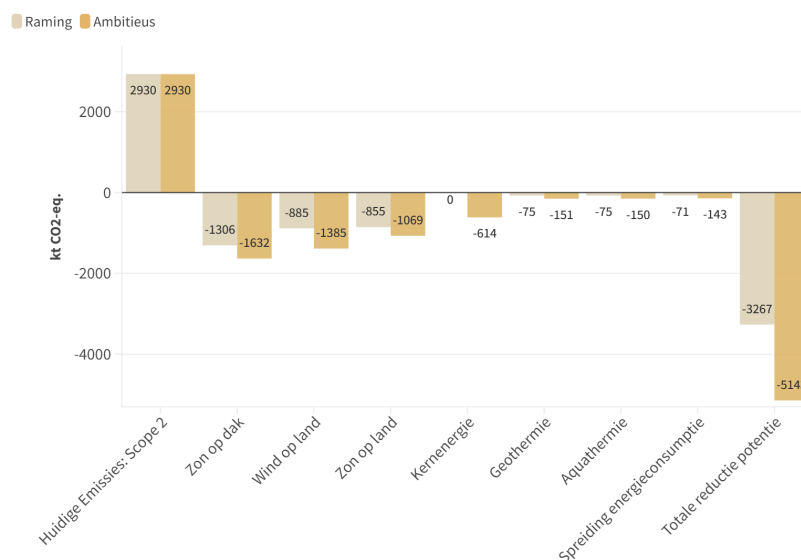
In Figuur 4 zijn de twee verminderingpotentieel scenario's weergegeven en afgezet tegen de huidige emissie (links) om een beeld te krijgen van de totale potentie van de genoemde klimaatoplossingen. In totaal zorgen de klimaatoplossingen voor meer emissie verminderingpotentieel dan de huidige uitstoot.

#### Waarom heeft het domein Energie meer emissiereductie dan werkelijke emissies

Ter verduidelijking van Figuur 4: meer opwek van hernieuwbare energie draagt bij aan een grote besparing op het totale CO2 verbruik binnen de provincie. Dit komt doordat hernieuwbare energie bijdraagt aan vermindering van emissies.

Omdat de provincie Gelderland een netto afnemer is van elektriciteit, wat inhoudt dat er uit andere gebieden elektriciteit wordt ingekocht, is de totale potentie tot vermindering hoger dan de emissies afkomstig uit de opwekking van elektriciteit enkel in de provincie zelf. De emissies afkomstig uit opwek in de provincie kunnen niet lager worden dan 0 omdat er dan sprake is van vastlegging.

Box 3. Toelichting negatieve emissies 'Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur)'.



Figuur 4: Potentieel vermindering 'Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur)' per oplossing. Door op deze figuur te klikken is het interactief online te zien.

**Let op! Dit figuur 4 niet zelfstandig interpreteren zonder inachtneming van box 3.**

Voor vrijwel alle oplossingen is er een extra potentie mogelijk tussen de scenario's 'Raming' en 'Ambitieu's': Zon op dak 327 kt CO<sub>2</sub>-eq, Zon op land 214 kt CO<sub>2</sub>-eq, Wind op land 500 kt CO<sub>2</sub>-eq, Spreiding energieconsumptie 72 kt CO<sub>2</sub>-eq, Geothermie 76 kt CO<sub>2</sub>-eq, Aquathermie 75 kt CO<sub>2</sub>-eq en voor kernenergie 614 kt CO<sub>2</sub>-eq. In totaal is er 1876 kt CO<sub>2</sub>-eq extra potentie in het scenario 'Ambitieu's'. In onderstaande tabel (4) is uitgewerkt hoe deze oplossingen, uitgezet in de tijd, uitgevoerd kunnen worden. Hierbij is er rekening gehouden met huidige ontwikkelingen zoals recente verkoopcijfers of andere (markt)data rondom deze oplossingen. De jaren die genoemd worden in onderstaande tabel zijn een inschatting op basis van huidige groei, ontwikkelingen op gebied van beleid en innovatie van oplossingen. Het zijn daarmee geen specifiek voor Gelderland geformuleerde doelstellingen maar een indicatie van wanneer in de tijd wat haalbaar zou kunnen zijn. Voor een onderbouwing hoe de uitwerking van de oplossingen en vermindering emissies bepaling tot stand is gekomen zie bijlage.

Oplossingen	Uitwerking Scenario's 'Raming' & 'Ambitieu's'
<b>Zon op dak</b>	Vanuit de RESsen zijn de aangewezen gebieden niet altijd bekend, wel is er veel potentie voor Zon op dak op zowel bedrijventerreinen als overheidsgebouwen. 'Raming' <ul style="list-style-type: none"> <li>● 400 hectare aanleg Zon op dak tot en met 2025</li> <li>● 800 hectare aanleg Zon op dak tot en met 2028</li> <li>● 1240 hectare totaal aanleg Zon op dak tot en met 2030</li> </ul> 'Ambitieu's' <ul style="list-style-type: none"> <li>● 500 hectare aanleg Zon op dak tot en met 2025</li> <li>● 1000 hectare aanleg Zon op dak tot en met 2028</li> <li>● 1550 hectare totaal aanleg Zon op dak tot en met 2030</li> </ul>
<b>Zon op land</b>	Vanuit de RESsen zijn de aangewezen gebieden niet altijd bekend, wel is er veel potentie voor Zon op land. 'Raming' <ul style="list-style-type: none"> <li>● 450 hectare zonnepark t.b.v. aanleg Zon op land tot en met 2025</li> <li>● 900 hectare zonnepark t.b.v. aanleg Zon op land tot en met 2028</li> <li>● 1385 hectare zonnepark t.b.v. totaal aanleg Zon op land tot en met 2030</li> </ul> 'Ambitieu's' <ul style="list-style-type: none"> <li>● 600 hectare zonnepark t.b.v. aanleg Zon op land tot en met 2025</li> <li>● 1200 hectare zonnepark t.b.v. aanleg Zon op land tot en met 2028</li> <li>● 1730 hectare zonnepark t.b.v. totaal aanleg Zon op land tot en met 2030</li> </ul>
<b>Wind op land</b>	'Raming' <ul style="list-style-type: none"> <li>● 15 windmolens (5,6 MW) tot en met 2025</li> <li>● 80 windmolens (5,6 MW) tot en met 2028</li> <li>● Circa 150 windmolens (5,6 MW) totaal tot en met 2030</li> </ul> 'Ambitieu's' <ul style="list-style-type: none"> <li>● 25 windmolens (5,6 MW) tot en met 2025</li> <li>● 120 windmolens (5,6 MW) tot en met 2028</li> <li>● Circa 200 windmolens (5,6 MW) totaal tot en met 2030</li> </ul>

<b>Spreiding energie-consumptie</b>	<p>'Raming'</p> <p>Jaarlijks een gemiddelde toename van circa 0,7% van het totale energieverbruik dat flexibel geconsumeerd wordt binnen de gehele provincie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Per jaar 0,7% elektriciteit dat flexibel geconsumeerd wordt</li> <li>• 5% van het elektriciteitsverbruik wordt tot en met 2030 flexibel geconsumeerd</li> </ul> <p>'Ambitieu'</p> <p>Jaarlijks een gemiddelde toename van circa 1,4% van het totale energieverbruik dat flexibel geconsumeerd wordt binnen de gehele provincie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Per jaar 1,4% elektriciteit dat flexibel geconsumeerd wordt</li> <li>• 10% van het elektriciteitsverbruik wordt tot en met 2030 flexibel geconsumeerd</li> </ul>
<b>Geothermie</b>	<p>'Raming'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tot en met 2026 wordt op 1 locatie geothermie gerealiseerd</li> <li>• Tot en met 2028 worden op 2 locaties geothermie gerealiseerd</li> <li>• Tot en met 2030 wordt op 3 locaties geothermie gerealiseerd (261 TJ per locatie gemiddeld)</li> </ul> <p>'Ambitieu'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tot en met 2026 wordt op 1 locatie geothermie gerealiseerd</li> <li>• Tot en met 2028 worden op 3 locaties geothermie gerealiseerd</li> <li>• Tot en met 2030 wordt op 6 locaties geothermie gerealiseerd (261 TJ per locatie gemiddeld)</li> </ul>
<b>Aquathermie</b>	<p>'Raming'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jaarlijks worden vanaf 2026 circa 10.000 woningen op een warmtenet aangesloten middels aquathermie</li> <li>• Tot en met 2030 worden 50.000 woningen aangesloten op warmtevoorziening middels aquathermie</li> </ul> <p>'Ambitieu'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jaarlijks worden vanaf 2026 circa 20.000 woningen op een warmtenet aangesloten middels aquathermie</li> <li>• Tot en met 2030 worden 100.000 woningen aangesloten op warmtevoorziening middels aquathermie</li> </ul>
<b>Kernenergie</b>	<p>'Raming'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realisatie van een SMR kerncentrale is in het scenario raming niet haalbaar</li> </ul> <p>'Ambitieu'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er wordt tot en met 2030 in totaal 1 SMR gebouwd met 520 MW thermisch en 200 MW elektrisch vermogen</li> </ul>

Tabel 4: Uitwerking jaarlijkse doelstellingen per oplossing scenario 'Raming' & 'Ambitieu' domein Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur).

### **Planetaire grenzen**

De klimaatproblematiek en specifieke klimaatoplossingen in de provincie Gelderland zullen altijd in het perspectief moeten worden geplaatst van planetaire grenzen, ofwel het idee dat sommige grondstoffen of elementen al verder dan onze planetaire grenzen zijn verbruikt, of dat ik de toekomst snel zullen worden. Hierbij zijn er verschillende strategieën in herverdeling van schaarse materialen en consumptie, zoals bijvoorbeeld gebaseerd op gebruik in het verleden, of evenredig recht per capita. De provincie Gelderland kan intern sessies organiseren om zo de relatie tussen het implementeren van de klimaatoplossingen, overshoot en de gevolgen daarvan in het licht te brengen.

Box 4: Toelichting planetaire grenzen

### **Toelichting Jevons paradox**

Het Jevons Paradox is een economisch fenomeen waarbij een toename in de efficiëntie van het gebruik van een hulpbron, zoals energie, kan leiden tot een toename van het totale verbruik ervan. Dit komt doordat lagere kosten van efficiënter gebruik het verbruik aantrekkelijker maken en mensen meer gaan verbruiken.

Een praktisch voorbeeld is het gebruik van energiezuinige LED-lampen. Hoewel het gebruik van LED-lampen tot een vermindering van energieverbruik per lamp kan leiden, kan het resulteren in meer lampen per huishouden, omdat het gebruik van licht door de lagere kosten van LED-lampen aantrekkelijker wordt.

De risico's van het Jevons Paradox op de energietransitie zijn dat investeringen in energie-efficiëntie en hernieuwbare energiebronnen niet tot de verwachte vermindering van de uitstoot van broeikasgassen leiden als gevolg van het hogere totale verbruik. Om deze risico's te verminderen, moeten beleidsmakers ervoor zorgen dat energie-efficiëntie- en hernieuwbare energie-investeringen gepaard gaan met stimuleringsmaatregelen om het totale energieverbruik te verminderen.

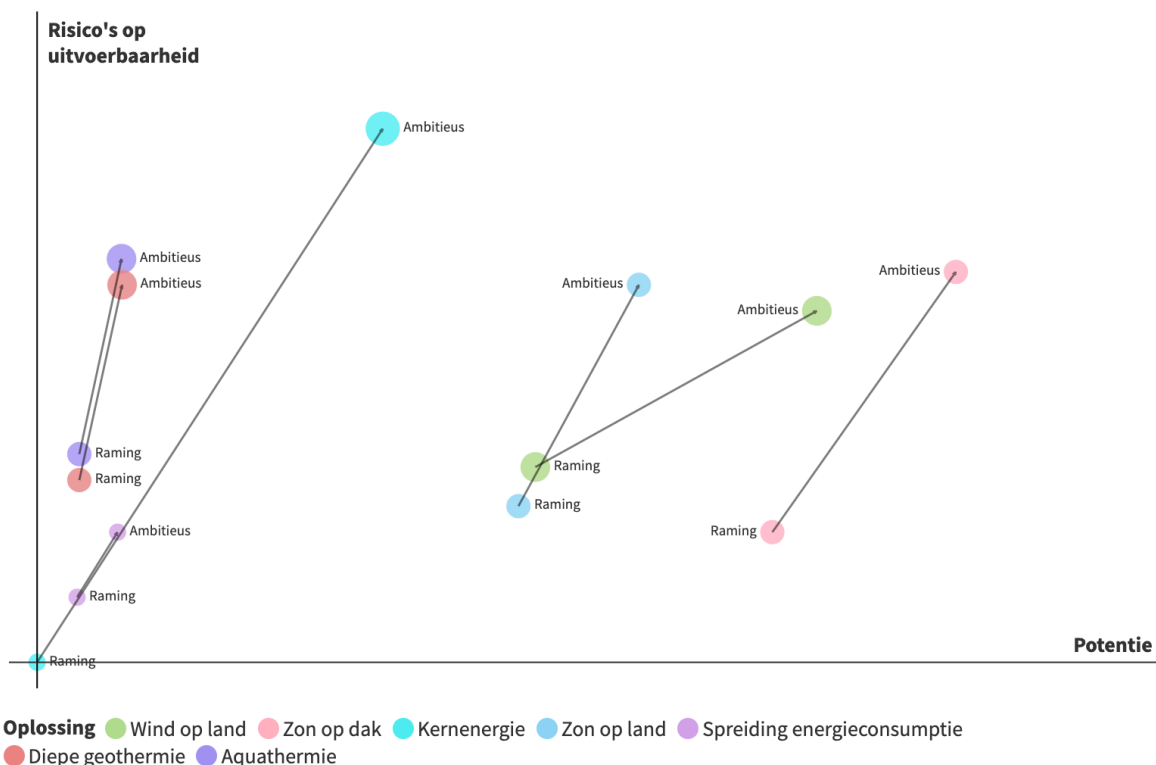
Box 5. Toelichting risico 'Jevons Paradox'

## 2.2 Haalbaarheidsanalyse Energie

In de focusmatrix (figuur 5) wordt weergegeven wat voor de verschillende scenario's van de oplossingen de potentie is (reductie CO2-eq-uitstoot) i.r.t. risico's en prijs per ton CO2-eq per oplossing.

Focuspunten met een laag risico kunnen worden aangemerkt als 'Laaghangend fruit', waarbij en emissies gereduceerd kunnen worden met relatief weinig risico's, dit geldt zowel voor oplossingen met een grote mate van potentie als oplossingen die een kleinere hoeveelheid aan emissies reduceren. Aanvullend zijn er ook focuspunten voor oplossingen om vanuit het scenario 'Raming' op te schalen naar het scenario 'Ambitieuw', wat gepaard kan gaan met hogere complexiteit. Voor deze oplossingen kan een meer actieve invulling van de rol van de provincie bijdragen aan het behalen van een grotere potentie.

In de onderstaande figuur is te zien dat er veel laaghangend fruit is, waarbij de oplossingen 'Kleinschalige installaties zon op dak', 'Spreiding energieconsumptie' en 'Groen gas' duidelijk naar voren komen als oplossingen waarbij de kosten per kton CO2 relatief laag uitvallen en er in het scenario 'Ambitieuw' veel extra potentie is.



Figuur 5: Voorbeeld analyse kansen matrix oplossingen domein Energie (grootschalige energieopwekking en energie-infrastructuur).

De energietransitie is in volle gang in Gelderland. De provincie streeft naar een duurzame energievoorziening in 2030, met als doel de RES-doelstellingen te behalen. Dit betekent dat er de

komende jaren veel zal veranderen in de manier waarop we energie opwekken en gebruiken. Er zijn echter ook risico's. De huidige netcapaciteit is ontoereikend voor de toenemende hoeveelheid duurzame energie, wat kan leiden tot congestie op het net. Vergunningverlening Trajecten kunnen langdurig en complex zijn, wat vertraging en extra kosten met zich meebrengt. Bovendien is er maatschappelijke weerstand tegen de plaatsing van windturbines en zonneparken.

De provincie kan een belangrijke rol spelen bij het adresseren van deze risico's en het benutten van de kansen. Door regie te pakken, bijvoorbeeld d.m.v. het aanwijzen van locaties voor grootschalige opwek, coördinerend tussen de regio's en gemeenten ondersteunen met het versoepelen en versnellen van vergunningverlening.

Parkmanagement organisaties en ondernemersverenigingen hebben behoefte aan ondersteuning zoals het coördineren van initiatieven zoals energiecoöperaties die zich richten op decentrale energieopslagsystemen, in samenwerking met netbeheerders, om de infrastructuur voor elektriciteit te verbeteren op bedrijventerreinen. Samenwerking met gemeenten ter stimulering dat bedrijven op bedrijventerreinen energieverbruik gegevens gaan delen en hun productieprocessen hierop aanpassen (relatie tot gebouwde omgeving en industrie), hiervoor kan worden samengewerkt met de Energy Board.

Met name ook op gebied van educatie is nodig dat er wordt samengewerkt met HBO en MBO instellingen om zo ook de transitie na 2030 te borgen. Er is een grootschalig tekort aan banen in de aanleg van duurzame elektriciteitsvoorzieningen, dit kan enkel met het vergroten van de instroom van afgestudeerden, arbeidsmigratie of automatisering worden opgelost.

De provincie heeft ook een belangrijke rol op het inzetten voor functiemenging zoals het stimuleren van biodiversiteitprogramma's op land voor grootschalige wind- en zonneparken te initiëren. Daarnaast dient onderzocht te worden wat de lange termijn effecten zijn van systemische keuzes die vandaag worden gemaakt voor het energiesysteem van de toekomst. Kernenergie is een onomkeerbare keuze met een zeer lange aanloop tijd, ook in relatie tot toekomstige afbraak. Zon-, windenergie en slimme technologieën die zich richten op net-flexibiliteit en energieopslag ontwikkelen zich in een razendsnel tempo. Deze oplossingen zijn modulair en kunnen op lange termijn ook weer vervangen worden.

### 3. Conclusies Energie

In dit hoofdstuk wordt de samenhang van de besproken resultaten geduid in een aantal conclusies.

Energie is een basisvoorwaarde voor de menselijke samenleving. De transitie van fossiel naar hernieuwbaar is daarom zeer fundamenteel. In het voorkomen van de uitstoot van energieopwekking (kolencentrales), en verbranding voor warmte (industrie) en transport (verbrandingsmotor) zit een groot deel van de klimaatoplossing. Energie maakt vrijwel alle activiteiten mogelijk, en is daarom ook intensief verknoopt met alle andere domeinen.

De Regionale Energie Strategieën (RES) geven goede resultaten, maar de capaciteit van het elektriciteitsnet blijft nog achter. Spreiding van energieconsumptie is daarom juist in deze fase van de transitie belangrijk. Vraagsturing en batterijopslag, bijvoorbeeld in het groeiende elektrische wagenpark, nemen geleidelijk de rol van buffer over, waardoor een robuust schoon energiesysteem ontstaat.

Windparken en zonneweides wekken weerstand op. Het is cruciaal om de direct belanghebbenden mede-eigenaar te maken door hen in de winst te laten delen. Hier moet hard gewerkt worden; om in 2030 resultaten te behalen moeten de meeste vergunningen eind 2025 worden verleend.

Bij particulieren en bedrijven kan nu direct op vraagsturing worden ingezet, omdat energiecontracten met vrijwel live energieprijzen voorhanden zijn. ICT-innovatie op dit gebied kan omarmd worden; de (prijs) data is beschikbaar, veel apparaten en processen kunnen flexibel aan- en uitgeschakeld worden (van opladen van auto's tot koelcellen en verwarmings processen), waardoor het energienet nu beter benut kan worden en bij groei op piekmomenten voldoende stroom afgenomen kan worden. Vraagsturing en opslag zullen de energieprijs doen dalen. Snel inregelen van deze systemen zal, vanwege deze prijsdaling, het draagvlak voor de energietransitie verder versterken.

De warmtevraag is een belangrijk deel van het energiegebruik. Geo- en aquathermie bieden nog veel ruimte voor ontwikkeling, zowel voor het winnen van warmte als voor (seizoens)opslag. Kernenergie kan een onderdeel van de energiemix zijn, maar alleen als de prijs in de buurt komt van het zon-wind-opslag systeem. Vanwege de veiligheidsaspecten en grote kapitaaluitgaven is dit onzeker, ook omdat de prijs van zon, wind en opslag structureel daalt en het einde van de daling nog niet in zicht is.

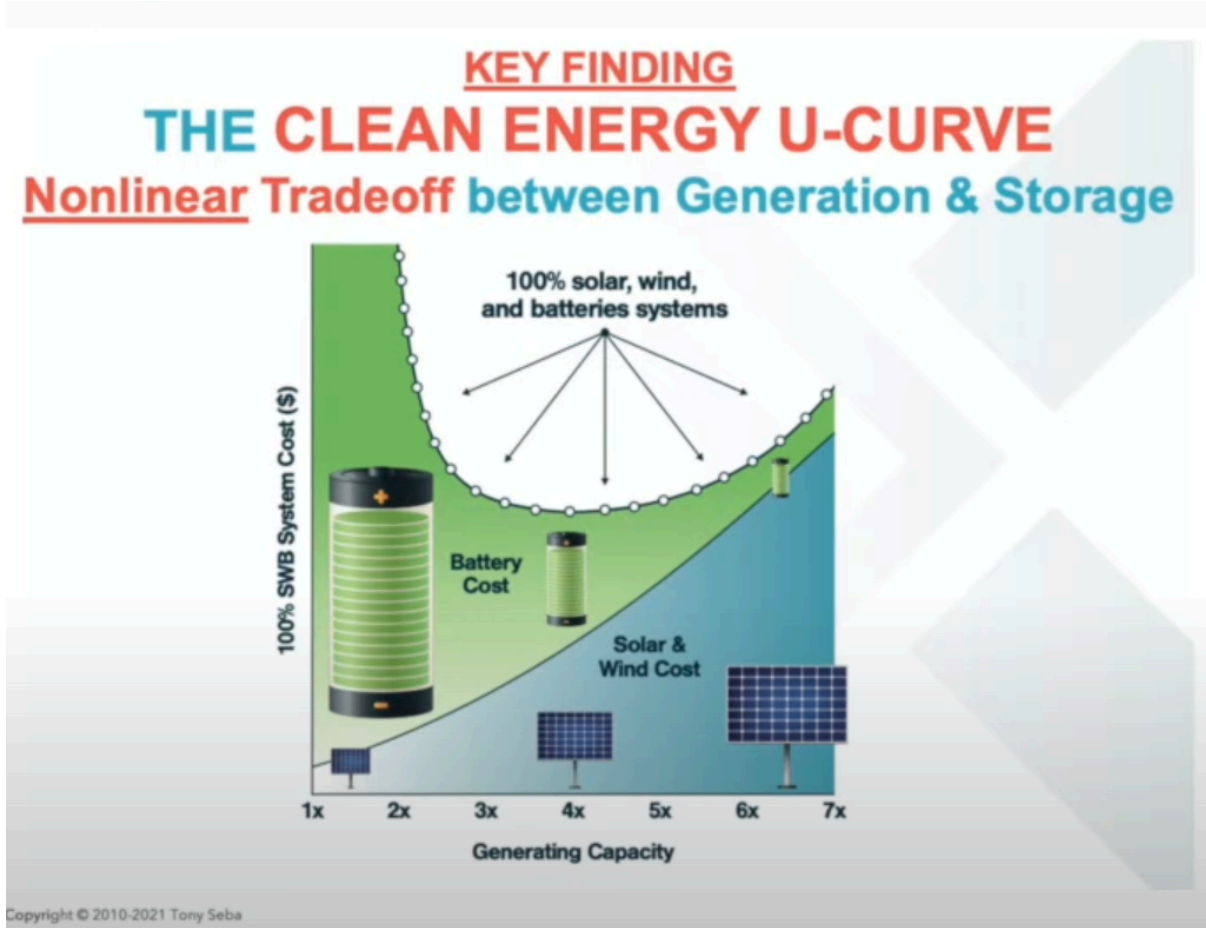
#### **Innovatie, inspiratie en transitieversnellers**

Stroom uit zonnepanelen en windmolens is gemiddeld wereldwijd goedkoper<sup>12</sup> dan *elke* andere energiebron. De transitieversneller zit in zowel het doorzetten van de prijsdaling van wind en zon, als ook

---

<sup>12</sup> <https://www.theguardian.com/environment/2021/jun/23/most-new-wind-solar-projects-cheaper-than-coal-report>

het doorzetten van de prijsdaling van batterijopslag (zie ook transitieversneller domein Mobiliteit). Energieopslag heeft dankzij automatisering twee belangrijke vormen: batterijen en het slim aan- en uitschakelen van apparaten en processen. Een stabiel en goedkoop energiesysteem op basis van zon, wind en opslag heeft hierdoor maar enkele dagen batterijopslag nodig (en dus geen seizoensopslag). Zo'n systeem heeft bovendien een groot deel van het jaar overcapaciteit, waardoor stroom vaak goedkoop en overvloedig beschikbaar is (figuur 6)



Figuur 6: De optimalisatie van een energiesysteem op basis van zon, wind en batterijen levert met slechts een paar dagen opslag niet alleen stabiel en goedkoop stroom, maar heeft een groot deel van de tijd veel overcapaciteit, wat de prijs blijvend laag houdt.

Bron: [RethinkX 2020](#).

## 4. Transitiebeeld Energie

*Transitiebeelden bieden alle betrokkenen inspiratie en houvast. De beelden zullen zich blijven aanpassen tijdens de diepe maatschappelijke transitie, maar tussentijds worden contouren zichtbaar.*

Een transitiebeeld dat zich aftekent in het energiesysteem: **Er altijd en goedkoop elektriciteit beschikbaar; zonnepanelen en windmolens geven niet altijd stroom, maar door batterijopslag in vooral elektrische auto's en het slim aan- en uitzetten van apparaten en processen worden pieken en dalen opgevangen.** Samen met warmte uit water en de bodem dekt dit onze energiebehoefte.

Transitietips om dit beeld te realiseren:

- Koop groene stroom in.
- Het reduceren van de energievraag is de belangrijkste motor voor positieve impact. Dit bespaart direct geld voor consumenten en bedrijven.
- Wantrouw iedereen die zegt dat de zon niet altijd schijnt en de wind niet altijd waait. Dit klopt theoretisch, maar in de praktijk worden slimme wind-zon-opslag systemen al heel snel robuust.<sup>13</sup>
- Gedragsverandering kan worden bereikt door gebruik van energiecontracten met realtime energieprijzen, en initiatieven zoals het energieweerbericht, waardoor consumenten en bedrijven energie kunnen gebruiken als het aanbod hoog is en de prijs dus laag. De bufferopslag-capaciteit van het energiesysteem is in potentie groot. Het grote merendeel van de huizen en industriële processen, en het opladen van auto's, kan door slim te *timen* pieken opvangen. Breidt het zogenaamde 'peak-shaving' (pieken in de opwek opvangen) daarom uit tot het optimaal opvangen van pieken en dalen door aan- en uitschakelen van zoveel mogelijk verbruik.
- Maak bij nieuwe wind- en zonprojecten omwonenden en andere direct belanghebbenden mede-eigenaar of gebruik andere constructies zodat zij ook financieel meeprofiteren. Dit kan via lokale energiecoöperaties of buurtfondsen, en verhoogt de acceptatie.
- Deel kennis, begin zelf en in de provinciale organisatie. Inspireer anderen in je omgeving om hun gedrag aan te passen, dat zorgt voor een grote impact. Bijvoorbeeld door als collega's van de provincie in de eigen woon- en leefomgeving op te treden als energiecoach, initiatieven voor Earth overshoot day te organiseren of binnen de muren van het provinciehuis energiebesparingstips zichtbaar te maken.

---

<sup>13</sup> Kijk bijvoorbeeld bij de regionale energiehub [ECW Energy](#) in Middenmeer. Directeur Robert Kielstra laat overtuigend zien hoe 'een tomaat' (de energievraag van de kassen) een batterij is, doordat deze energievraag uitstekend is af te stemmen op het aanbod.