



Onderwerp                   consultatie Energievisie  
Datum                        07-05-2024  
Documentnummer         UTSP-279699493-52920  
Telefoonnummer         +31615684712  
E-mailadres               jurrian.meeter@provincie-utrecht.nl  
Domein/opgave           SLO  
Team                        PL1

Geachte meneer / mevrouw,

De provincie is een consultatie gestart over de Energievisie. De laatste maanden heeft de provincie Utrecht in overleg met haar partners gewerkt aan het in verschillende stappen tot stand brengen van deze Energievisie. Het proces om de Energievisie op te stellen is beschreven in de [startnotitie](#). Deze Energievisie willen we nu graag als werkversie aan u voorleggen. Daarbij willen we u vragen om voor 7 juni te reageren doormiddel van het sturen van een mail naar [jurrian.meeter@provincie-utrecht.nl](mailto:jurrian.meeter@provincie-utrecht.nl). Uw reactie is vormvrij maar zal openbaar worden gemaakt. De beantwoording vanuit de provincie zal plaatsvinden in de vorm van een nota van beantwoording.

De Energievisie heeft tot doel het energiesysteem van 2050 te beschrijven met daarbij ook een blik op de jaren 2030 en 2040. Daarbij is het belangrijkste doel om in 2040 een klimaatneutrale energievoorziening te hebben als provincie Utrecht. De Energievisie biedt inzichten die input vormen voor de PMIEK, de omgevingsvisie en het programma Energietransitie van de provincie. Andere overheden kunnen de Energievisie gebruiken in de beleidsvorming rond onderwerpen die de energietransitie raken. Vanuit de Rijksoverheid is aangegeven dat de verschillende provinciale Energievisies een plek zullen krijgen in de volgende versie van het NPE. De Energievisie is daarmee een inspiratiedocument voor andere documenten. Het zijn deze documenten die de input van de Energievisie verder brengen die directe werking in de provincie hebben.

#### *Beschrijving documenten waarvoor de Energievisie input is*

De P-MIEK is het Provinciale Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat. De P-MIEK biedt inzicht in de benodigde energie-infrastructuur voor de provincie. De P-MIEK zal gebruik maken van de inzichten van de Energievisie om op basis daarvan een indicatie te geven van wat er nodig is aan infrastructuur. Deze inzichten vormen input voor de investeringsplannen van de netbeheerders. De P-MIEK biedt geen handelingsperspectief voor de korte termijn (en dus ook niet voor netcongestie), maar kijkt naar de benodigde ontwikkelingen in het energiesysteem op de lange termijn (t/m 2050).

De Omgevingsvisie gaat gewijzigd worden. Voor deze wijziging is de Energievisie een bouwsteen. Op basis van de Omgevingsvisie wordt ook de Omgevingsverordening gewijzigd. De Omgevingsvisie is zelfbindend voor de provincie en de Omgevingsverordening heeft externe werking en bevat alle provinciale regels voor de fysieke leefomgeving.

Het programma Energietransitie omschrijft de acties en ambities van de provincie om de provinciale rol in de energietransitie vorm te geven. In het programma wordt omschreven wat we willen dat de provinciale organisatie gaat doen om de energietransitie mede vorm te geven.

*Vervolg*

Op basis van de reactie van u en van anderen zal de Energievisie verder worden afgerond. We hopen daarom veel inzichten van u te mogen ontvangen. We verwachten voor de zomer de Energievisie te hebben afgerond. Deze zal dan naar Provinciale Staten worden gestuurd met daarbij onder andere de nota van beantwoording waarin is aangegeven hoe uw reactie en de reactie van anderen is verwerkt in de versie van de Energievisie die aan Provinciale Staten wordt voorgelegd. Provinciale Staten zal de Energievisie naar verwachting op 25 september bespreken.

Hoogachtend,  
Gedeputeerde Staten van Utrecht,



Voorzitter,  
mr. J.H. Oosters



Secretaris,  
mr. drs. A.G. Knol-van Leeuwen



Dit is een werkversie die enkel bedoeld is voor de consultatie van interne en externe stakeholders. Deze versie is niet definitief en Gedeputeerde Staten dient zich nog definitief uit te spreken over de inhoud van deze Energievisie

# Energievisie provincie Utrecht

## Inhoud

Inleiding .....	3
1. Wat is een energiesysteem.....	4
2. Hoe ziet het energiesysteem eruit in 2050.....	4
3. Leidende Principes.....	7
4. Structurerende keuzes.....	10
4.1 Keuzes uit het landelijk beleid .....	10
4.2 Structurerende keuzes volgend uit deze visie .....	10
5. Randvoorwaarden tot stand komen Energiesysteem van de toekomst.....	13
6. Energiemix in 2030, 2040 en 2050 .....	14
6.1 Beeld van het energiesysteem in 2030.....	15
6.2 Beeld van het energiesysteem in 2040.....	16
6.3 Beeld van het Energiesysteem in 2050.....	17
A. Nationale en Europese kaders voor beleid.....	19
A.1 Nationaal beleid .....	19
A.1.1 Hoofdkeuzes NPE .....	20
A.1.2. Energiedragers in het NPE.....	20
A.1.3. Transitiepaden gebruikssectoren .....	23
A.1.3. De maatschappelijke kant van het energiesysteem .....	24
A.2 Europees beleid.....	25
A.2.1. Europese interne energiemarkt .....	26
A.2.2. beprijzen CO <sub>2</sub> uitstoot .....	26
A.2.3. Normeren van het energiesysteem.....	27
A.2.4. REPowerEU.....	27
A.2.5. Sociaal klimaatfonds.....	27
A.2.6. Energiegemeenschappen .....	28
B. Energieopwekking en -opslag.....	29
B.1 Elektriciteit .....	29
B.1.1 Netcongestie.....	29
B.1.2. Elektriciteitsopwekking .....	31
B.1.3 Elektriciteitsopslag .....	32
B.2 Duurzame koolstof .....	33
B.3. Warmte.....	35
B.3.1. Individuele oplossingen.....	35
B.3.2. Collectieve oplossingen.....	37
B.3.3. Warmtebuffering .....	40

B.4. Waterstof.....	40
C. De energiegebruikende sectoren .....	43
C.1. Gebouwde Omgeving.....	43
C.1.1. Bespaarmogelijkheden gebouwde omgeving .....	43
C.1.2. Transitiepaden warmtevraag gebouwde omgeving .....	45
C.1.3. Transitiepad bedrijventerreinen.....	47
C.1.4. Transitiepad nieuwbouw .....	49
C.1.5. Gebouwde omgeving in het Energiesysteem .....	49
C.2 Mobiliteit.....	50
C.2.1 Bespaarmogelijkheden mobiliteitssector.....	50
C.2.2. Transitiepaden mobiliteit .....	50
C.2.3. Mobiliteit in het energiesysteem .....	51
C.3. Industrie .....	53
C.3.1. Besparingsmogelijkheden industrie .....	53
C.3.2. Transitiepaden industrie.....	53
C.3.3. Industrie in het Energiesysteem .....	53
C.4. Landbouw.....	54
C.4.1. Bespaarmogelijkheden landbouwsector.....	54
C.4.2. Transitiepaden landbouwsector .....	54
C.4.3. Landbouw in het Energiesysteem .....	54

## Leeswijzer

De Energievisie heeft tot doel een beeld te geven van het Energiesysteem van de toekomst. In navolging van het Nationaal Plan Energiesysteem gebeurt dat in verschillende delen. In het eerste deel wordt de kern van de Energievisie gegeven. Deze bestaat uit een behandeling van wat het energiesysteem inhoudt, de Leidende Principes die voor deze Energievisie zijn vastgesteld, de Structurerende Keuzes die uit deze Energievisie volgen en een weergave van de berekening de omvang van het Energiesysteem in 2030, 2040 en 2050. De andere drie delen geven de onderbouwing voor het eerste deel. In deel A. worden nationale en Europese kaders geschetst. In deel B wordt de opwekking en opslag van de vier modaliteiten van duurzame energie behandeld. In de deel C worden de gebruikende sectoren behandeld op basis van de indeling van de klimaattafels.

Daarmee zijn de gemaakte keuzes in het eerste deel maar beperkt te begrijpen zonder de achterliggende delen A, B en C te lezen. A, B en C zijn dan ook geen bijlagen maar integrale delen van de Energievisie.

## Inleiding

Voor u ligt de Energievisie. In deze Energievisie wordt geschetst hoe het energiesysteem van de provincie Utrecht zich, naar verwachting, ontwikkelt tot 2050. Daarbij is er ook aandacht voor 2030 en 2040. Er wordt niet ingegaan op de rol die de provincie Utrecht als organisatie zal nemen in het tot stand komen van dit Energiesysteem. Wel wordt benoemd welke randvoorwaarden nodig zijn om het energiesysteem tot stand te brengen.

Het huidige energiesysteem is, ondanks alle inzet om te verduurzamen, nog steeds grotendeels gebaseerd op fossiele energie. Op basis van Europees beleid en het klimaatakkoord kan de provincie Utrecht niet blijven vertrouwen op fossiele energie. Verder gebruik maken van fossiele brandstof zorgt immers dat de schade aan het klimaat alleen maar toeneemt. Daarnaast zal fossiele energie, vanwege toenemende winningskosten, internationale instabiliteit en de introductie van EU-ETS 2 (het breder toepassen van emissiehandel) de komende tijd steeds duurder worden. Daarmee is een op fossiele energie gebaseerd energiesysteem niet alleen schadelijk en onwenselijk maar komt ook de betaalbaarheid van een fossiel systeem in toenemende mate onder druk te staan.

Als meest competitieve regio van Europa heeft de provincie een verantwoordelijkheid om versneld in te zetten op de noodzakelijke verandering van het energiesysteem. Daarin is ook geen keuze: mondiale, Europese en nationale ontwikkelingen zorgen dat het energiesysteem zal veranderen. De leveringszekerheid en beschikbaarheid van energie komt in het geding als we ons daar niet op voorbereiden. Daarnaast biedt deze transitie ook voordelen. Door hier nu in te investeren, kan de provincie Utrecht helpen (maatschappelijke) innovaties tot stand te brengen die later een economische meerwaarde bieden. Daarnaast worden we minder afhankelijk van geopolitiek, worden we gezonder doordat er minder fijnstof in de lucht komt en bereiden we ons voor op een toekomst zonder fossiele brandstof. De technische oplossingen hiervoor zijn voor een belangrijk deel beschikbaar maar dienen vaak nog doorontwikkeld te worden. Het implementeren van deze oplossingen is nog een grote uitdaging. Naast de reeds genoemde positieve effecten op de gezondheid van de verbetering van de luchtkwaliteit, moet wel rekening gehouden worden met de (mogelijke) effecten op gezondheid van opslag en transport van duurzaam opgewekte energie.

De transitie richting een nieuw, slimmer energiesysteem is zeker niet makkelijk. Gezien het belang van energie voor de economie, heeft het wijzigen van de kosten van energie, financieel of organisatorisch, een grote impact op de maatschappij. Deze Energievisie gaat over die impact en hoe deze impact te beperken door het slim inrichten van het energiesysteem. Deze Energievisie pretendeert niet het definitieve antwoord te hebben, zij wordt immers om de vier jaar herzien, maar biedt wel handvatten om te sturen richting een klimaatneutraal energiesysteem. Dat sturen gebeurt maar heel beperkt door de provincie Utrecht. Andere overheden en organisaties zijn op veel vlakken primair verantwoordelijk. Deze Energievisie heeft de ambitie richting te geven aan de energietransitie in de provincie Utrecht. Zowel voor de provinciale organisatie zelf, als voor andere organisaties zoals gemeenten, bedrijven, maatschappelijke organisaties, inwoners en netwerkbedrijven.

Hoewel er nog onzekerheden zijn, is het belangrijk om een toekomstbeeld te schetsen om beleid te kunnen maken voor een robuust energiesysteem in de toekomst. Dit beeld is de basis voor het Provinciale Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (P-MIEK). Het P-MIEK geeft de concrete energie-infrastructureurprojecten weer die nodig zijn om het energiesysteem voor de toekomst tot stand te brengen. Het P-MIEK wordt deels parallel aan deze Energievisie opgesteld. De Energievisie is ook de basis voor de Energieparagraaf in de Omgevingsvisie. Daarnaast wordt er gewerkt aan een programma Energietransitie. Daarvoor is deze Energievisie ook input.



De Energievisie is opgesteld door de provincie Utrecht in samenspraak met de partijen die in de provincie de Energy Board vormen. Dit zijn Stedin en Tennet als netwerkbeheerders, vertegenwoordigers van de drie RES-regio's en de gemeenten Utrecht en Amersfoort. Daarnaast is input gevraagd aan verschillende partijen, waaronder gemeenten en waterschappen, belangenorganisaties en bedrijven. Verder hebben er op verschillende deelthema's expertsessies plaatsgevonden en zijn er warmteateliers georganiseerd met gemeenten en andere partners. De leidende principes zijn met een internetconsultatie getoetst bij inwoners. Daarbij is er zowel een open uitvraag gedaan waar alle inwoners van de provincie op konden reageren als dat er gebruik is gemaakt van een betaald panel en is er gerichte uitvraag gedaan bij stakeholders zoals gemeenten, netwerkbeheerders en maatschappelijke organisatie. Daarmee is deze Energievisie een document geworden dat is opgesteld door de provincie Utrecht maar waarvoor veel meer partijen en mensen input hebben geleverd.

De Energievisie van de provincie Utrecht is onderdeel van een bredere landelijke aanpak waarin Energievisies worden opgesteld als onderlegger voor P-MIEKs. Alle provincies zijn daar mee bezig. Het P-MIEK benoemt concrete energie-infrastructuurprojecten die een belangrijke rol gaan krijgen om het energiesysteem van de toekomst vorm te geven. De P-MIEK zal worden gebruikt om maatschappelijke belangen af te wegen bij het opstellen van de investeringsplannen van de netbeheerders.

Het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) dient als basis voor de Energievisie van de provincie Utrecht. Het NPE is op haar beurt gebaseerd op het Europees beleid en het beleid van de verschillende overheden van Nederland. De verwachting is dat de Energievisie om de vier jaar herzien zal worden. Het NPE wordt om de vijf jaar herzien. Beide zijn echter levende documenten die concreet doorwerken in ander beleid.

## 1. Wat is een energiesysteem

Een energiesysteem omvat de hele energie-waardeketen, dus alles wat nodig is om energie van opwek naar gebruik te brengen, en heeft zowel een technische, economische, juridische, milieukundige en sociale dimensie (definitie Topsector Energie). Energie is de basis van het economisch systeem en essentieel om te kunnen werken, eten, reizen en leven. Daarmee is het energiesysteem één van de fundamenteën van onze maatschappij.

In deze Energievisie wordt zowel de opwekkant als de gebruikerskant van het energiesysteem bekeken vanuit het systeem dat vraag en aanbod koppelt. Bij de opwekkant wordt energie bekeken vanuit vier energieketens; elektriciteit, warmte, koolstof en waterstof. Deze indeling is conform de indeling van het NPE. Onderdeel van de opwekkant is in deze Energievisie ook de opslag, distributie, conversie en teruglevering van energie.

Voor de gebruikerskant beschrijft deze Energievisie het gebruik van energie vanuit de vier klimaattafels die gaan over gebruik: de gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie en landbouw. Op basis van de beschrijving van de energieketens en van de gebruiksketens trekt de Energievisie conclusies over het energiesysteem van de toekomst en doet richtinggevende uitspraken.

## 2. Hoe ziet het energiesysteem eruit in 2050

In 2050 is conform de Europese afspraken, afscheid genomen van fossiele brandstoffen. De verwachting van het NPE is dat elektriciteit de ruggengraat wordt van het nieuwe energiesysteem. Het NPE verwacht daarbij dat in 2050 90% van de elektriciteitsopwekking in Nederland gebeurt met windmolens en zonnepanelen. Het energiesysteem zal veranderen van een centraal naar een gemixt systeem, zowel centraal en decentraal, waarbij de vraag naar energie veel flexibeler wordt en beter is afgestemd op het aanbod van energie.

In deze energievisie vertalen we deze visie voor de provincie Utrecht. Ook in de provincie Utrecht zal het energiesysteem zowel centraal als decentraal worden ingericht, waarbij energie zoveel mogelijk lokaal opwekt en gebruikt wordt. Daarnaast is het van belang de energievraag te flexibiliseren en de energieopslag te maximaliseren. Voor de provincie Utrecht verwachten we dat ongeveer 70% van de energievraag met behulp van elektriciteit wordt ingevuld.

Doordat veel elektriciteit zal worden opgewekt met windmolens, zowel op zee als op land, en zonnepanelen, is het schijnen van de zon en het waaien van de wind een belangrijke bepaler van de beschikbaarheid, en daarmee prijs, van elektriciteit. Het is belangrijk dat deze prijsprikkel effect heeft op het gedrag van organisaties en mensen. Door mensen actief te wijzen op de effecten van weerverwachtingen op energieprijzen en -beschikbaarheid, krijgen mensen de mogelijkheid hun energiegebruik aan te passen aan de beschikbaarheid van energie. Dit is belangrijk om evenwicht te brengen in het energiesysteem. Het is echter effectiever om mensen ook onbewust bezig te laten zijn met het balanceren van het energiesysteem. Dit kan met slimme mechanismes. De warmte van de koeling in de supermarkt wordt bijvoorbeeld gebruikt om het kantoor te verwarmen, de lokale buurtbaterij slaat overtollige zonne-energie op of de koelkast thuis is zo ingeregeld dat hij overdag net wat kouder staat om in de avondspits geen stroom nodig te hebben. Op allerlei manieren wordt geheel automatisch de vraag naar elektriciteit zo veel mogelijk afgestemd op de opwek- en transportcapaciteit.

Natuurlijk is de elektriciteitsvraag niet geheel stuurbaar. Wanneer iemand snel zijn auto moet opladen, dan moet het mogelijk zijn om deze energievraag voorrang te geven. Daarom moet er voldoende energieopslagvermogen zijn om ook bij beperkte beschikbaarheid te kunnen voldoen aan zo'n elektriciteitsvraag. Dat gebeurt door de verschillende vormen van energieopslag slim op elkaar af te stemmen. Met slimme algoritmes worden flexibele elektriciteitsvraag en flexibele opwek op elkaar afgestemd om lokaal balans te bewaren.

Energie wordt op veel manieren opgeslagen, in de vorm van elektriciteit, warmte en waterstof. Bij elektriciteit en warmte gaat het om opslag voor de korte termijn en als seizoensopslag. Waterstof kan gebruikt worden als seizoensopslag, systeemreserve en als energiedrager voor direct gebruik. Seizoensopslag is nodig omdat er in de zomer vaak overvloedig zonne-energie beschikbaar is, maar dat in de winter er periodes kunnen zijn met weinig zon- en windenergie. Dan is het belangrijk dat er lange termijn energiereserve is om te voorkomen dat er energie-gebreken ontstaan. In de toekomst zijn dit soort momenten vermoedelijk goed te voorspellen en door actief te wijzen op het nadere van een opwek-luwe periode kan energiegebruik kortstondig sterk afnemen, zeker met een goede prijsprikkel. Seizoensopslag is dus regelbaar vermogen om opwek-luwe periodes op te vangen.

De provincie Utrecht streeft ernaar om minstens energieneutraal te zijn voor het energiegebruik in de gebouwde omgeving. Daarmee wordt dus alle energie voor de gebouwde omgeving op het grondgebied van de provincie opgewekt of geproduceerd. Veel gemeenten hebben de mogelijkheid om volledig energieneutraal te zijn of zelfs energiepositief te worden. Dat is ook noodzakelijk wil de provincie het doel, om voldoende energie op te wekken om de gebouwde omgeving van energie te voorzien, halen. In 2040 wil de provincie een klimaatneutrale energievoorziening hebben, waarbij het energiesysteem geen extra klimaatopwarming veroorzaakt. Daarnaast is het doel zo veel mogelijk lokaal en regionaal energievraag en -aanbod in te balans brengen, maar volledig energieneutraal zal op het schaalniveau van de provincie, door de bevolkingsdichtheid van deze provincie, niet lukken.

Voor een belangrijk deel van de overige energievraag zal de provincie terugvallen op opwek van duurzame energie op de Noordzee en elders. Die afhankelijkheid maakt echter ook kwetsbaar. Daarom is er door inwoners, maatschappelijke organisaties en bedrijven ook in opslag en flexibele



energieopwekking geïnvesteerd. Door deze opslag en opwek decentraal te organiseren, wordt vraag en aanbod zoveel mogelijk lokaal in balans gebracht. Dat kan met thuis-, wijk- en systeembatterijen. Daarbij is ook een rol voor de batterijen van elektrische auto's als elektriciteitsopslag als de auto niet wordt gebruikt.

Voor warmte geldt de noodzaak van lokale opwek, vanwege de lastige transporteerbaarheid van warmte, des te meer. Dat vraagt wel om een brede uitrol van warmtenetten om warmte te distribueren. Dat kan met grootschalige warmtenetten, maar ook kleine warmtenetten zijn een goede oplossing om kleine warmtebronnen breder in te zetten. Daarbij kunnen warmtenetten ook organisch groeien. Hoge temperatuur warmtenetten zijn minder efficiënt dan lage temperatuur netwerken omdat er meer energie verloren gaat en er meer buisisolatie nodig is. Door betere gebouwisolatie kunnen warmtenetten lagere temperaturen hebben.

Energiecoöperaties krijgen een belangrijke rol in het lokaal in evenwicht brengen van energievraag, -aanbod en -opslag. Ze zorgen voor lagere energieprijzen voor hun leden en coördineren met slimme algoritmes de decentrale opwek binnen het werkingsgebied van energiecoöperaties. Op die manier voorkomt de energiecoöperatie dat overtollig opgewekte energie verloren gaat, dure energie gekocht moet worden en er nodeloos van energietransportcapaciteit gebruik gemaakt wordt. Ook nemen energiecoöperaties een rol in het slim inrichten van energieconvertingopties. Door elektriciteit op te slaan in de vorm van warmte of waterstof als er veel energie wordt opgewekt, kan de elektriciteit worden gebruikt als het later op duurdere momenten nodig is. Ook zorgen ze daarmee dat er zo veel mogelijk lokaal opgewekte energie lokaal gebruikt wordt. Bij bedrijventerreinen kunnen parkmanagement-organisaties of andere samenwerkingsvormen van bedrijven een soortgelijke rol nemen in het lokaal in balans brengen van energievraag en -aanbod, het coördineren van energieconversie en het ervoor zorgen dat energie niet nodeloos verloren gaat.

Een belangrijk vraagstuk in de energietransitie is de wijze waarop woningen worden verwarmd. Met het opwarmen van het klimaat zal ook zal ook koelen een steeds groter vraagstuk worden. Voor beide opgaven is het belangrijk dat in 2050 woningen zo optimaal mogelijk geïsoleerd zijn.

#### **Verwachtingen weer 2050 (KNMI)**

Het KNMI heeft vier scenario's gemaakt voor de weersverwachting voor 2050 en 2100. Afhankelijk van het scenario zal de gemiddelde temperatuur van de huidige 10,5°C in 2050 tussen de 0,9°C en 1,6°C stijgen. Die stijging betekent bijvoorbeeld ook dat het aantal tropische dagen zal stijgen, van het gemiddelde 5 per jaar in De Bilt zal het naar verwachting in 2050 naar 8,5 tot 13 tropische dagen per jaar stijgen. In 2100 zal dat overigens stijgen tot maximaal 35 tropische dagen per jaar. Het aantal dagen met een gemiddelde temperatuur onder de nul zal zakken van 53 dagen nu naar tussen de 40 en 30 dagen per jaar in 2050.

Indien de golfstroom echter stilvalt, dan zou volgens het KNMI uiteindelijk de gemiddelde temperatuur in Nederland 7°C kunnen dalen. Dat zou een fors effect hebben op de energievraag voor warmte.

In de doorrekening gaan we uit van bestaande klimaatscenario's, niet het wegvallen van de golfstroom.

Om te zorgen dat de kans op energiearmoede minder groot wordt, zijn energietarieven voor consumenten gestaffeld. Consumenten die weinig energie gebruiken, betalen beduidend minder terwijl de prijs per energie-eenheid bij veel gebruik voor consumenten veel hoger ligt. Voor bedrijven zal dit anders zijn.

Organisaties, zoals bijvoorbeeld bedrijven, weten daarnaast dat ze bij gebrek aan opwek- of transportcapaciteit, kunnen worden afgeknepen vanwege hun non-firm aansluitovereenkomst (een non-firm aansluitovereenkomst is een overeenkomst waar geen leverzekerheid aan verbonden is). Op basis van een maatschappelijke afweging is daarnaast een energievolvergorde bepaald. Aansluitingen die vitaal zijn, krijgen altijd energie. Aansluitingen waarvan het uitvallen maar beperkt maatschappelijk effecten heeft, kunnen worden tijdelijk worden afgeknepen van een of meerdere energievormen. Door duidelijkheid over de volgorde waarop dit afknijpen zal plaatsvinden, weten organisaties waar ze aan toe zijn en kunnen zij zich voorbereiden op de situatie.

In de toekomst zijn afwegingen van het energiesysteem een belangrijk onderdeel van de ruimtelijke ordeningsbesluiten. Dit naast de belangen die nu al spelen in de ruimtelijke ordening, factoren zoals drukte in de ondergrond, bereikbaarheid, water, bodemkwaliteit, dubbel ruimtegebruik, biodiversiteit, gezondheid, veiligheid en overige ruimtelijke kwaliteit van de leefomgeving. Door energie ook een belangrijke rol te geven in de ruimtelijke ordening wordt er gestuurd op het zo goed mogelijk op elkaar afstemmen van gebruiksprofielen, zodat er minder grote pieken aan energievraag ontstaan. Daarnaast is het belangrijk om lokaal slimme warmtesystemen tot stand te brengen waarbij ontwikkelingen die veel restwarmte produceren worden geprogrammeerd nabij ontwikkelingen met een grote warmtevraag. Hiermee is het inrichten van het energiesysteem een belangrijk uitgangspunt van ruimtelijke planning geworden. Daarbij wordt gestuurd op het zo goed mogelijk gebruiken van alle opwekbare energie binnen de ontwikkelingen en het beperken van energiegebruik als transport en -opwekcapaciteit schaars is.

Daarnaast komen er, deels rond transformatorstations, energielandschappen waar lokale opwek en opslag plaatsvindt. Voor de productie van waterstof en het omzetten van waterstof in warmte en elektriciteit is een plek nabij een warmtenet met warmtebuffering passender. Op die manier kan de warmte die vrijkomt bij de conversie van elektriciteit naar waterstof en van waterstof naar elektriciteit (en warmte) direct worden gebruikt voor het warmtenet.

### 3. Leidende Principes

De Leidende Principes van deze Energievisie geven richting aan de inrichting van het energiesysteem van de provincie Utrecht. Ze zijn opgesteld doormiddel van een ambtelijke ronde met stakeholders en daarna doormiddel van een internetconsultatie getoetst. De Leidende Principes zijn in onderstaande vorm door Provinciale Staten vastgesteld op 20 maart 2024.

De Leidende Principes dragen bij aan de ambitie van de provincie Utrecht om in 2040 een klimaatneutrale energievoorziening te hebben en om zo spoedig mogelijk, maar uiterlijk in 2050, een klimaatneutrale provincie te zijn.

#### *Benutten*

#### **De duurzame energiebronnen in de provincie Utrecht worden optimaal benut.**

Het grondgebied van de provincie Utrecht is dichtbevolkt. We hebben maar beperkte ruimte om energie op te wekken (dit geldt voor zowel elektriciteit uit zon en wind, als warmte en andere energiedragers). We kunnen daarom als provincie niet energieneutraal worden (zelfvoorzienend op het vlak van energie, waarbij alle energie die gebruikt wordt op het grondgebied van de provincie wordt opgewekt), maar streven er wel naar om de energiebronnen die we hebben zo goed mogelijk te benutten. Dat betekent dat we zoeken naar zo veel mogelijk manieren om energie duurzaam op te wekken.

### **De energiebesparingsmogelijkheden worden optimaal benut.**

Energie besparen geldt al lang als belangrijk doel in de energietransitie. Meer besparen betekent minder behoefte aan (duurzame) energie. Dit geldt voor elektriciteit, warmte of gas. Hiervoor is gedragsverandering van groot belang, naast het doorvoeren van technische aanpassingen (bv. isolatie of aanwezigheidsdetectoren) en verdere innovatie. Het zijn daarnaast vooral de individuele keuzes van burgers, bedrijven, overheden en andere organisaties die ervoor moeten zorgen dat we gezamenlijk minder energie gebruiken. Keuzes waar overheden vaak geen zeggenschap over hebben, maar die wel kunnen worden gestimuleerd. De energietransitie is ook een maatschappelijke transitie die voor iedereen financieel mogelijk moet zijn. Dat vraagt grote investeringen in isolatie en nieuwe apparatuur.

#### *Gebruiken*

### **Energie is in voldoende mate beschikbaar en betaalbaar voor alle inwoners, maatschappelijke organisaties en bedrijven.**

Voor economische en maatschappelijke ontwikkelingen is energie nodig. Er moet dus voldoende energie beschikbaar zijn en de prijs van energie mag geen bron van armoede zijn. Tegelijkertijd zal via prijsprikkels ook gewenst gedrag tot stand moeten worden gebracht, bijvoorbeeld om minder energie te gebruiken op momenten dat er onvoldoende energie of transportcapaciteit beschikbaar is. In het geval van energieschaarste zal er middels een integrale maatschappelijke analyse bepaald worden wie met voorrang energie krijgt.

### **Innovaties en experimenten krijgen een belangrijke rol in de energietransitie.**

De komende tijd zijn er veel innovaties te verwachten. Die zijn nodig om de energietransitie met de laagst mogelijk kosten tot stand te brengen. Een deel zal technisch innovaties betreffen, zoals het incrementeel verbeteren van energieopslagtechnieken, energievraag-aansturingssystematieken of het uitvinden van een radicale ontdekking zoals supergeleiding op kamertemperatuur, en een deel betreft sociale innovaties, zoals nieuwe samenwerkingsverbanden of contractvormen. Er zijn veel innovaties nodig om het nieuwe energiesysteem tot stand te brengen en daar is ruimte voor in deze visie.

#### *Verbinden*

### **Er wordt gestreefd naar de laagste maatschappelijke kosten bij de transitie naar duurzame energie.**

Energie is niet gratis. Als alle kosten van het huidige fossiele energiesysteem worden meegenomen, is het erg kostbaar. Voor veel hernieuwbare, niet-fossiele energie geldt dat de kosten van het gebruik beduidend lager zijn, maar er veel investeringen nodig zijn om ze tot stand te brengen. Er zijn ook veel kosten gemoeid met het tot stand brengen van de energie-infrastructuur, of dit nu voor warmte, elektriciteit of waterstof is. De komende decennia vraagt het energiesysteem grote investeringen. Die kosten moeten worden betaald en dus door de maatschappij worden gedragen. Onder de maatschappelijke kosten verstaan we kosten van gebruik (brandstoffen, exploitatie, e.d.), kosten als gevolg van investeringen (zoals kapitaalkosten van duurzame opwek, opslag, infra etc.) maar ook kosten van milieu en andere externe effecten en risico's, inclusief de kosten voor volgende generaties. We streven ernaar om de maatschappelijke kosten zo laag mogelijk te houden.

**De transitie naar een duurzame energievoorziening wordt zo veel mogelijk gecombineerd met andere opgaven.**

De provincie Utrecht staat voor een breed scala aan transities. Deze transities zijn noodzakelijk om te voorkomen dat de toekomst te zwaar belast wordt doordat maatschappelijke kosten in ons economisch systeem vaak niet worden doorberekend. Daarom is het streven om de kosten van het energiesysteem niet af te wentelen op de toekomst of op andere delen van de wereld. De inhoud van de Energievisie zal afgestemd worden met andere provinciale opgaven, zoals de natuurinclusieve energietransitie, woningbouw, of de klimaataanpak “naar netto nul”.

**Bij het inrichten van het energiesysteem wordt uitgegaan van het bredere nationale, Europese en mondiale energiesysteem.**

De provincie Utrecht is geen eiland. Het energiesysteem van de provincie is verbonden met een breder nationaal, Europees en mondiaal energiesysteem. Het inrichten van het energiesysteem van de provincie Utrecht gebeurt in afstemming met de inrichting van energiesystemen om ons heen. Ook omdat de provincie niet zelfvoorzienend zal worden op het vlak van energie. Daarnaast dient het nationale en Europese beleidskader als kader voor het provinciale energiesysteem.

**Uitgangspunt is zo veel mogelijk lokaal eigenaarschap van de energievoorziening, met minimaal 50% lokaal eigenaarschap bij opwek.**

Om inspraak van inwoners over de energie-infrastructuur en hernieuwbare energiebronnen te borgen, streven we naar zo veel mogelijk lokaal zeggenschap en eigenaarschap. Voor elektriciteitsopwekking geldt hierbij zelfs de norm van minimaal 50% lokaal eigendom. Dit versterkt de verbondenheid met en het draagvlak voor duurzame energie. Dat kan bijvoorbeeld via coöperaties en verenigingen of via eigendom in publieke handen. Dit maakt het mogelijk om mensen die de lasten ondervinden van de energievoorziening ook van de lusten te profiteren.

**Om het draagvlak te vergroten wordt ingezet op het waarborgen van de gezondheid van de Utrechtse inwoners en het minimaliseren van negatieve impact op de leefomgeving.**

Draagvlak is een belangrijke voorwaarde voor het tot stand brengen van de energietransitie en het komen tot een nieuw energiesysteem. Daarom blijft voor de provincie Utrecht het streven naar een gezonde en veilige leefomgeving centraal staan. Het wegnemen van de vervuiling die gepaard gaat met het gebruik van fossiele brandstoffen is daarin al een belangrijke eerste stap. Daarbij is het voorkomen van een negatieve impact op de leefomgeving van groot belang.

**Bij het ontwerpen van het energiesysteem wordt nadrukkelijk rekening gehouden met ruimtelijke kwaliteit, beleving van het landschap en een zorgvuldige ruimtelijke verdeling van energievraag en -opwek in het landelijk en stedelijk gebied, waarbij opwek zoveel mogelijk plaatsvindt nabij het gebruik.**

De provincie Utrecht kent veel landschappelijke kernkwaliteiten en het beleid van de provincie is om deze te behouden voor de toekomst. In het energiesysteem is het daarbij belangrijk om de ruimtelijke inpassing van energieopwekking, -opslag en -vraag goed te borgen. Om ervoor te zorgen dat energieopwekking plaatsvindt nabij energiegebruik is het belangrijk om de verdeling van opwekcapaciteit tussen landelijk en stedelijk gebied goed te monitoren. Sommige functies passen beter in landelijk of stedelijk gebied. Zo veel mogelijk moet er gestreefd worden naar een zorgvuldige ruimtelijke verdeling van energievraag en -opwek waarbij overal een goede ruimtelijke inpassing nodig is.

## 4. Structurerende keuzes

Uit bovenstaande en uit hetgeen in deel A, B en C is gesteld volgen de onderstaande structurerende keuzes voor deze energievisie. Structurerende keuzes vormen de afdronk van deze visie. Ze hebben daarbij geen directe zeggingskracht. Ze geven wel aan welke kant het energiesysteem van de provincie Utrecht uit zou moeten gaan om tot een energiesysteem te komen dat toekomstbestendig is en zullen in andere stukken verder worden uitgewerkt.

### 4.1 Keuzes uit het landelijk beleid

De onderstaande structurerende keuzes volgen uit het NPE en zullen daarmee ook van toepassing zijn op de provincie.

- Energie besparen is een belangrijke hoeksteen van het energiebeleid.
- Inzet op vergaande isolatie is een belangrijke opgave.
- Elektriciteit wordt de ruggengraat van het energiesysteem.
- Waterstof zal een rol spelen bij de seizoensopslag van energie, het opwekken van hoge temperaturen voor industriële processen, het leveren van piekwarmte in de gebouwde omgeving en het aandrijven van zware mobiliteit. Voor overige toepassingen is waterstof niet efficiënt.
- Duurzame koolstoffen dienen op termijn alleen als energiebron voor het opvangen van piekvraag bij weinig opwekcapaciteit, bij de totstandbrenging van negatieve CO<sub>2</sub>-emissies en voor zeer zwaar transport waar waterstof geen oplossing is. Het kabinet zet in op maximaal ontsluiten van aanbod aan duurzame koolstofdragers.
- Sterke inzet op de opschaling van warmtenetten met duurzame warmtebronnen, met zo goed mogelijke benutting van lokale bronnen en zo beperkt mogelijke behoefte aan systemische energiedragers (elektriciteit, waterstof en koolstofdragers). Inzet op de doorontwikkeling en opschaling van warmteopslag (met name seizoensopslag). Voor huidige warmtenetten worden fossiele bronnen vervangen door duurzame bronnen.
- In het Nationaal Plan Energietransitie wordt tussen 2030 en 2050 twee keer meer wind op land opgewekt en drie keer meer zonne-energie.

### 4.2 Structurerende keuzes volgend uit deze visie

De onderstaande structurerende keuzes volgen uit deze visie en zijn deels een uitwerking van het landelijke beleid en vloeien voort uit de Leidende Principes, de specifieke situatie van de provincie en zijn verder toegelicht en onderbouwt in onderdeel B en C van deze visie.

- Isolatie en energie besparen dienen sterk aangemoedigd te worden door inwoners, organisaties en bedrijven te helpen met het verminderen van energiegebruik. Dit kan ook door dringender te sturen op minder energiegebruik. Daarbij is het doel om energiegebruik met 1,5% per jaar terug te dringen.
- De provincie Utrecht zal minstens zelfvoorzienend zijn voor de energievraag uit de gebouwde omgeving. Daarom inzet op het uitbreiden van lokale de opwekcapaciteit.
- Om het energiesysteem robuust te maken is het belangrijk om maximaal in te zetten op:
  - Het verminderen van energiegebruik:
    - Door elektrificatie, met daarbij wel aandacht voor wat het elektriciteitssysteem aankan als piekvraag.

- Door het zo snel mogelijk isoleren van gebouwen naar de nieuwe Rijksstandaard voor isolatie.
  - Door het flexibiliseren van de elektriciteitsvraag, waarbij zowel gestreefd wordt naar het verminderen van elektriciteitsvraag bij gebrek aan opwek- en transportcapaciteit als naar het opslaan van elektriciteit als er veel opwek is. Dit opslaan kan in batterijen of door het te transformeren naar waterstof of warmte en deze energievorm op te slaan.
- Het vergroten van de decentrale energieopslag en -opwek:
  - Met als doel in 2050 voldoende energie lokaal op te wekken in de provincie om minstens de gebouwde omgeving van energie te voorzien. Dit betreft alle vormen van energie, dus ook warmte.
  - Waarbij een goede balans wordt nagestreefd tussen de hoeveelheid opgewekte windenergie en zonne-energie waarbij rekening wordt gehouden met ruimtelijke kwaliteit.
  - Waarbij het aanbevelingswaardig is om zo veel mogelijk opslagcapaciteit te koppelen aan opweklocaties en te “cable poolen” bij zon- en windopweklocaties.
  - Waarbij wordt ingezet op kleinschalige flexibele energie-opwek door bijvoorbeeld warmtekrachtkoppelingen (WKK) en brandstofcellen.
- Kies waar mogelijk voor warmtenetten als de maatschappelijke kosten van een collectieve warmteoplossing niet significant afwijken van een individuele oplossing. Zowel kleine als grote warmtenetten laten meer warmtebuffering toe en bieden de mogelijkheid lokale warmtebronnen in te zetten. De gemeenten zijn aan zet om warmtenetten mogelijk te maken en zouden voor alle wijken waar de maatschappelijke kosten van een collectief systeem niet significant afwijken moeten motiveren als er niet gekozen wordt voor een collectieve warmteoplossing. De randvoorwaarden voor warmtenetten moeten dan wel op orde zijn. Het is belangrijk hier snel duidelijkheid over te bieden aan de inwoners van de provincie. De startanalyse van het Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) (update eind 2024) is hier een goede aanleiding voor.
- Voor warmtenetten geldt de volgende preferente inzet van warmtebronnen:
  - Restwarmte
  - Aardwarmte/geothermie en zonnethermie
  - Aquathermie en bodemwarmte
  - Overige bronnen van warmte (biomassa of elektrische warmte opwek).
- Daar waar individuele warmteoplossingen worden gekozen, is een invulling die minder piekvermogen aan elektriciteit vraagt en stuurbaar is te prefereren. Dat geldt ook voor (kleine) collectieve warmteoplossingen met een elektrische warmtebron.
- Duurzame koolstoffen dienen op termijn alleen als energiedrager voor:
  - Het opvangen van piekvraag bij weinig opwekcapaciteit.
  - Piekwarmtevraag voor warmtenetten of monumentale gebouwen die beperkt isoleerbaar zijn.
  - Het aandrijven van mobiliteit waar andere oplossingen niet voor voldoen.
  - hybride warmtepompen, deze zijn tot 2030 een goede manier om piekbelasting op het elektriciteitsnet te beperken.

Ook in de provincie Utrecht zal er biogas en biomassa worden geproduceerd, maar wel enkel uit duurzame bronnen.

- Waterstof zal in de provincie Utrecht alleen een rol spelen bij (in volgorde van wenselijkheid):
  - Balans in het energiesysteem, bijvoorbeeld gascentrales op Lage Weide door middel van gascentrales en seizoensopslag van energie.
  - Het opwekken van hoge temperaturen voor industriële processen.
  - Het leveren van piekwarmte voor warmtenetten.
  - Het aandrijven van mobiliteit.

In de provincie zal er decentraal groene waterstof worden geproduceerd, bij voorkeur op locaties waar restwarmte in warmtenetten kan worden ingevoerd en waar vraag naar waterstof is en/of waterstof kan worden getransporteerd of opgeslagen en daarna ingezet.

- Door met bedrijven, andere organisaties en inwoners gezamenlijk het lokale energiesysteem te herontwerpen in energiehubs kunnen energiekosten omlaag en wordt het energiesysteem robuuster. Dit kan door:
  - In te zetten op het maximaal gebruiken van lokale energie-opwekmogelijkheden.
  - Het verzorgen van lokale energieopslagmogelijkheden.
  - De conversie van lokaal opgewekte elektriciteit in waterstof en warmte.
  - Gebruik en productie zoveel mogelijk te combineren in tijd en plaats.

Voor bestaande en nieuwe bedrijventerreinen zou het goed zijn om zo snel mogelijk tot een breed gedragen herontwerp van het energiesysteem te komen.

- Binnen de integrale afweging bij ruimtelijke planvorming moet er meer aandacht zijn voor energie, waarbij:
  - Bij het maken van ruimtelijke plannen wordt gekeken naar de piekbelasting op het net en hoe deze kan worden geminimaliseerd door bijvoorbeeld:
    - Het warmteplan onderdeel te maken van het ruimtelijke plan. Waarbij bijvoorbeeld de aanleg van een bronnet wenselijker is dan het gebruik van lucht-lucht warmtepompen.
    - Buffermogelijkheden voor energie in te plannen.
    - Elektriciteit opwek onderdeel te maken van het ruimtelijk plan.
  - Voor ruimtelijke activiteiten die in potentie een grote bron van restwarmte zijn (bv waterstofinfrastructuur, datacentra of grootschalige koeling) wordt gestreefd naar invoeren van restwarmte in een warmtenet.
  - Industriële processen die gekenmerkt worden door een hoge warmtevraag moeten daar gepland worden waar waterstof beschikbaar is als hoge temperatuuropwekker.
- Voor het tot stand brengen van een slim energiesysteem dienen:
  - De meetbaarheid en aanstuurbaarheid van het energiesysteem sterk verbeterd te worden door slimme algoritmes.
  - Vehicle-to-grid oplossingen breed te worden uitgerold.
  - Oplaadpalen netbewust te worden.
  - Energieopslag en -conversie netbewust plaats te vinden door automatische systemen.
  - Nieuwe contractvormen, verdienmodellen en communicatiestandaarden tot stand te worden gebracht waardoor energiegebruik beter afgestemd is op energieopwekking en -transportcapaciteit.



- Prijsprikkels die netbewust gebruik stimuleren een grotere rol te krijgen.
- Energieopwekking en warmteoplossingen zouden zoveel mogelijk lokaal eigendom moeten zijn. Daarbij geldt:
  - Voor nieuwe elektriciteitsopwekking en warmtenetten een minimum van 50% lokaal of publiek eigendom.
  - Dat lokaal eigendom zowel eigendom van energiecoöperaties als overheden en overheidsbedrijven kan inhouden.

Dit versterkt de lokale zeggenschap en daarmee het draagvlak van de energietransitie.

- Voor de inzet van Small Modular Reactors (SMR) geldt dat:
  - De SMR geen bron van extra netcongestie mag worden. Voldoende netcapaciteit op de locatie is daarmee randvoorwaardelijk.
  - Er duidelijkheid moet zijn over juridische en financiële voorwaarden en verdeling van risico's tussen eigenaren en de verschillende overheden.
  - Er een mogelijkheid moet zijn de SMR als warmtebron in te zetten.
  - Voor opwek een minimum van 50% lokaal eigendom als Leidend Principe is vastgesteld.

De provincie volgt de ontwikkeling van SMR's. De komende vier jaar ligt inzet op de bouw van een SMR niet voor de hand. Zodra het concept SMR zich in de praktijk heeft bewezen, kan in een volgende Energievisie op basis van de ontwikkelingen worden besloten al dan niet in te zetten op één of meerdere SMR's.

## 5. Randvoorwaarden tot stand komen Energiesysteem van de toekomst

Om tot het energiesysteem van de toekomst te komen is het belangrijk dat er voldoende draagvlak is voor het bereiken van de transitie. Er wordt veel van mensen gevraagd en de steun die er voor de transitie is dient versterkt. Daarom is het belangrijk de noodzaak van de energietransitie uit te leggen en mensen mee te nemen waarom bepaalde ontwikkelingen nodig zijn. Daarbij zal steun voor ontwikkelingen die een negatieve impact hebben op de leefwereld van mensen misschien lastig zijn, maar acceptatie kan vergroot worden door eerlijk te zijn, impact te minimaliseren en de voordelen van het nieuwe systeem voor gebruikers te maximaliseren. In alle overheidslagen zal gewerkt moeten worden aan draagvlak.

Voor het energiesysteem van de toekomst is meer ruimte nodig om de noodzakelijke uitbreiding van bestaande en nieuwe onderdelen mogelijk te maken. Dit vraagt om een zorgvuldige inpassing waarbij rekening wordt gehouden met de belangen van het landschap, gezondheid en natuur. Hiervoor zal een nieuwe vorm van energieplanologie moeten komen. Overheden hebben een rol om binnen de ruimtelijke planvorming snel voldoende ruimte te reserveren voor het energiesysteem en gezamenlijk energieplanologie vorm te geven.

De energietransitie kenmerkt zich door een grote mate van investeringen. Er moet immers een nieuw energiesysteem worden gebouwd. Daarbij is het urgent dat de noodzakelijke middelen voor het aanleggen van warmtenetten worden georganiseerd. Dit is voor een belangrijk deel het noodzakelijke kapitaal, maar ook uitvoeringskracht is belangrijk. Voor uitvoeringskracht is het vinden van voldoende mensen lastig. Gemeenten moeten hierbij worden geholpen door het Rijk en de provincie.

Het organiseren van de expertise, organisatiekracht en middelen is een breder vraagstuk. Dit geldt ook voor de missie om het lokaal energiesystemen te herontwerpen. Vaak zijn daarbij de uiteindelijke

kosten van het energiesysteem lager, maar daarvoor moet er wel samenwerking worden georganiseerd en dat kan alleen met een duidelijk en goed doordacht plan. Bij het herontwerpen van een lokaal energiesysteem is er vaak een flinke kapitaalinvestering nodig waarbij de rentestand een belemmerende factor kan zijn. Gemeenten, provincie en Rijk kunnen samen met parkmanagementorganisaties van bedrijventerreinen en energiecoöperaties helpen lokale energiesystemen opnieuw te ontwerpen.

Een belangrijk vraagstuk in de energietransitie is de noodzaak het elektriciteitsnet uit te breiden. De verwachting is dat de elektriciteitsvraag in de provincie Utrecht zal toenemen van 5,25 TWh in 2022 naar 14 TWh in 2050 waarbij het elektriciteitsnetwerk zal moeten worden verdubbeld. Dat vraagt veel, aan kapitaal, ruimte en uitvoeringskracht. Het zal ook betekenen dat de netwerkkosten van de elektriciteitsrekening zullen stijgen. Netwerkbedrijven zullen de komende decennia moeten blijven investeren in de capaciteit van het elektriciteitsnetwerk.

Om het energiesysteem van de provincie Utrecht in balans te houden is flexibele grootschalige opwek binnen de provincie nodig. Binnen het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) is er een aftakking van het waterstofnetwerk naar Lage Weide ingetekend om daar gascentrales van waterstof te voorzien. De provincie heeft deze aftakking nodig om voldoende flexibele opwek binnen de provinciegrenzen mogelijk te maken. Het Rijk en de Gasunie moeten deze, conform het PEH aanleggen.

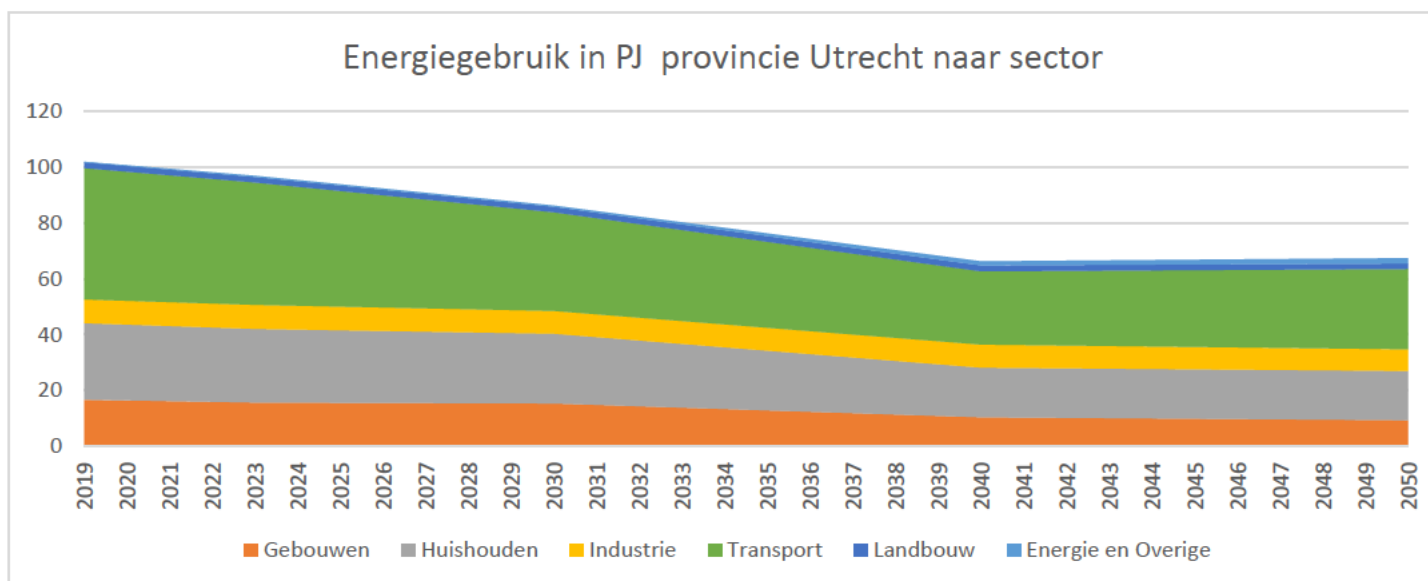
Om het energiesysteem van de toekomst tot stand te brengen is het belangrijk dat er standaarden komen om de communicatie tussen de verschillende onderdelen van het energiesysteem vorm te geven. Die standaarden dienen niet alleen tot stand te komen, maar ook verplicht te worden. Bijvoorbeeld voor Vehicle-to-Grids toepassingen is het belangrijk dat het zo snel mogelijk verplicht wordt voor elektrische autofabrikanten om het ontladen van de autobatterij technisch mogelijk te maken. Dit vraagt duidelijke keuzes van de Europese Commissie om deze standaarden in Europa vast te stellen.

## 6. Energiemix in 2030, 2040 en 2050

Om een beeld te krijgen van hoe de energiemix van de toekomst er uit ziet zijn de principes van deze Energievisie ingevoerd in het Energietransitiemodel (ETM) van Quintel. Dat geeft de mogelijkheid om transitiepaden en energiemixen uit te tekenen. Het is een modelmatige benadering van de uitgesproken verwachtingen in deze Energievisie en hebben maar beperkte waarde omdat uiteindelijk de energietransitie te veelomvattend en te onvoorspelbaar is om goed te voorspellen.

Het ETM bevat al veel informatie over het energiesysteem van de provincie Utrecht. Daar is door Quintel op basis van de verwachtingen van de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) voor 2030 en het Integrale energiesysteemverkenning 2030-2050 (I13050) nationale scenario voor 2040 en 2050 een basis scenario voor de provincie bij ontworpen. Het nationale scenario van de I13050 is een van vier scenario's die in de I13050 wordt behandeld en is het meest in lijn met het beeld uit het NPE. Het KEV is een nationale studie van het PBL, het I13050 is een nationale studie van de gezamenlijke netbeheerders.

In het ETM zijn door de provincie in samenspraak met anderen kengetallen voor de provincie Utrecht ingevoerd en verwachtingen op basis van de Energievisie verwerkt. Daarnaast is een check gedaan of er tussen de verwachtingen van de KEV en de I13050 nog onverklaarbare verschillen qua toekomstscenario's waren. Dat biedt de volgende uitkomst:



Figuur 1: verwachte ontwikkeling in de omvang van het energiesysteem in sectoren onderverdeeld (1 PJ is 0,278 TWh)

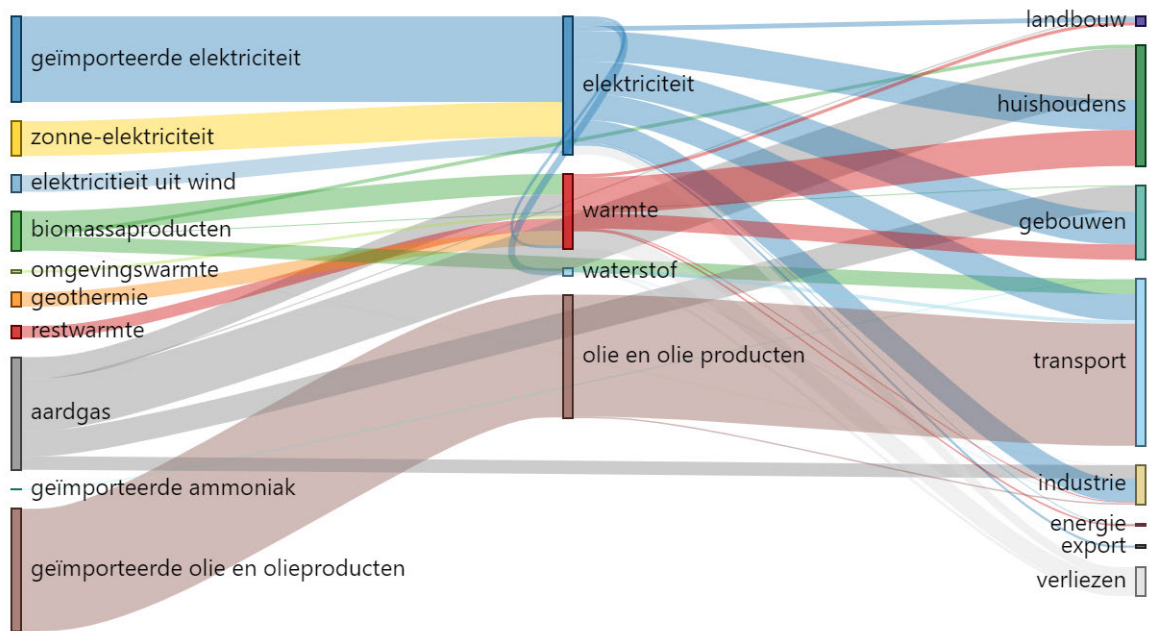
In bovenstaande afbeelding wordt de ontwikkeling van de energievraag voor de verschillende sectoren in de provincie Utrecht getoond. Daarbij wordt uitgegaan van het uitgangspunt dat in 2040 het Energiesysteem van de provincie Utrecht CO<sub>2</sub> vrij is. Dat betekent dat er voor die tijd een grote besparing van energievraag tot stand moet komen. De daling van energiegebruik in 2040 komt tot stand via energiebesparing doormiddel van bijvoorbeeld isolatie en doordat elektrificatie ook vaak energiebesparing oplevert. Richting 2050 treedt er een lichte groei op in het energiegebruik omdat de bevolking en het aantal woningen groeit wat de verdere daling van het energiegebruik per inwoner tenietdoet. Verdere economische groei gaat ook gepaard met een groei van energiegebruik.

### 6.1 Beeld van het energiesysteem in 2030

Voor 2030 is, zoals hierboven beschreven, de KEV als basis gebruikt en niet het I13050. Dit omdat de KEV een beter beeld geeft van het Nederlandse energiebeleid en niet uitgaat van scenario's zoals het I13050. Daardoor is er een heldere verwachting die vertaald is naar de Utrechtse situatie. Op basis daarvan wordt de onderstaande energiemix verwacht voor de provincie Utrecht.

Daarop is te zien dat op verschillende wijzen het energiesysteem verduurzaamd is. Ten eerste is er minder energie nodig in het systeem omdat het energiegebruik is afgenomen. Ten tweede is, zoals te zien is in het energiebeeld van 2030 in figuur 2, de elektriciteitsmix in 2030 verduurzaamd omdat er meer duurzame energie in de provincie Utrecht wordt opgewekt (1,99 TWh zonne-energie en 0,96 TWh windenergie, dit is meer dan het RES bod omdat er ook kleinschalige zon op dak wordt meegerekend die voor het RES bod niet geldt).. Ook wordt er meer biomassa bijgemengd in zowel het gasnet als in fossiele brandstoffen voor transport, wat ook een verbetering van de duurzaamheid van het Utrechtse energiesysteem te weeg brengt.

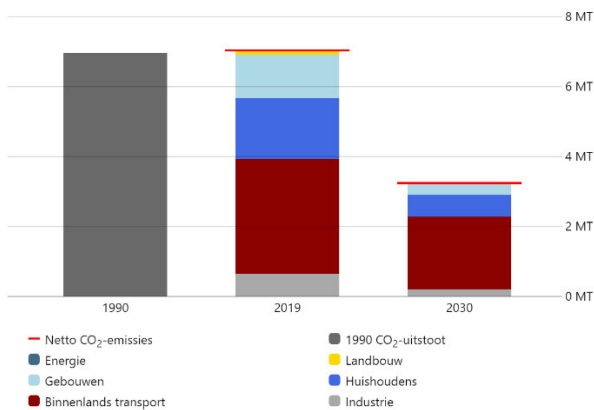
## Overzicht energiestromen



Figuur 2: verwachte energiemix voor 2030 op basis van de vertaling van de KEV voor de provincie Utrecht aangepast op basis van deze Energievisie.

Het effect is dat de uitstoot van CO<sub>2</sub> 2030 reeds 55% daalt vergeleken met 1990. Het nationale doel voor 2030 is om 55% minder CO<sub>2</sub> uit te stoten dan in 1990.

### CO<sub>2</sub>-emissies

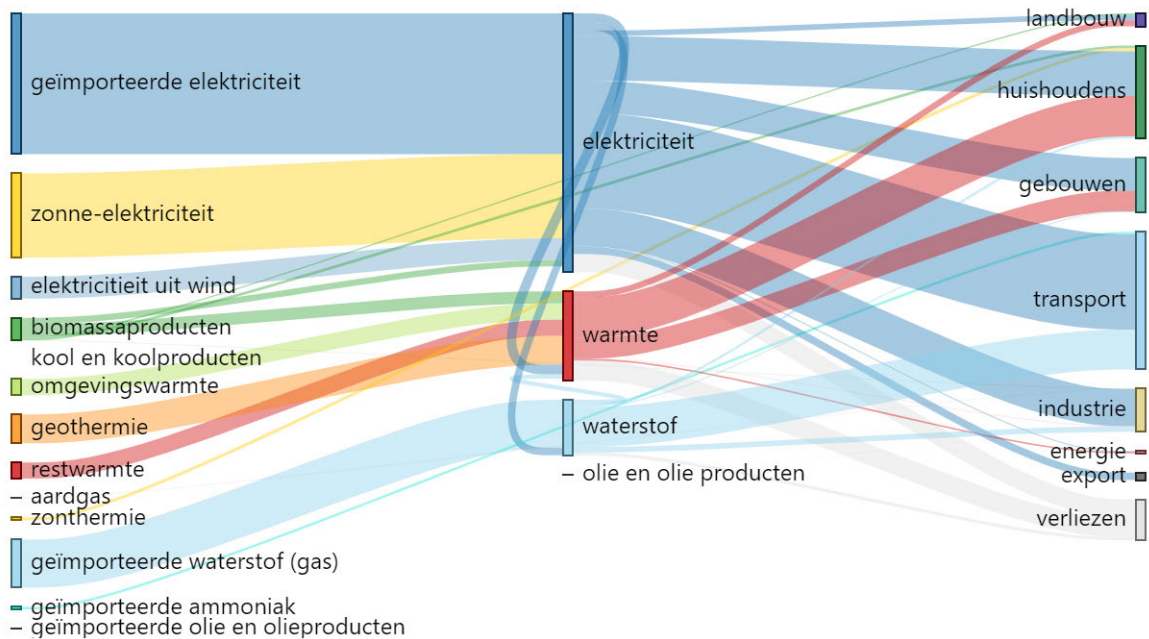


Figuur 3: CO<sub>2</sub>-emissies in 2030 in de Provincie Utrecht op basis van de verwachtingen uit het ETM.

### 6.2 Beeld van het energiesysteem in 2040

Voor 2040 is, conform de ambitie van de provincie Utrecht, uitgegaan van een klimaatneutraal energiesysteem. Dit betekent overigens niet dat er geen CO<sub>2</sub> uitstoot meer is, maar dat er door het energiesysteem geen nieuwe CO<sub>2</sub> aan het klimaat worden toegevoegd. Dat levert de onderstaande energiemix op.

## Overzicht energiestromen



Figuur 4: de energiemix zoals deze in 2040 verwacht wordt

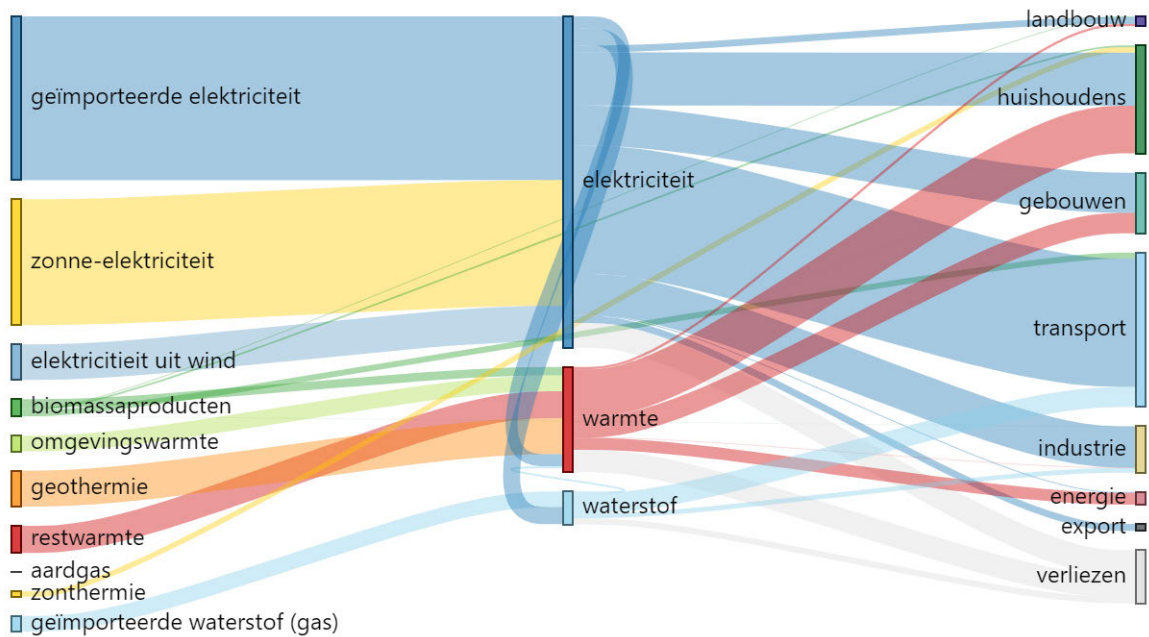
Hierbij is de mate waarin duurzame energie wordt opgewekt behoorlijk toegenomen (4,44 TWh zonne-energie en 1,15 TWh windenergie). Tegelijkertijd is er minder gebruik van biomassa. De aanname is dat de bestaande warmtenetten die nu in veel gevallen met biomassa worden verwarmd naar andere warmtebronnen uitwijken. Daarnaast zal de bijmengverplichting voor het gasnet en voor fossiele brandstoffen vervallen. Deze bijmengverplichtingen zijn bedoeld om de productie van duurzame koolstoffen aan te jagen, maar in 2040 zijn de in Nederland geproduceerde duurzame koolstoffen niet langer gebruikt voor bijmenging. In dit model wordt aangenomen dat geothermie een bron is die in de provincie Utrecht is in te zetten. Indien dit niet het geval is, zullen andere warmtebronnen moeten worden gezocht.

### 6.3 Beeld van het Energiesysteem in 2050

Voor 2050 wordt er uitgegaan van een verdere ontwikkeling conform de richting die voor 2040 was geschetst. De mate waarin er in de provincie Utrecht elektriciteit duurzaam wordt opgewekt neemt toe (6,06 TWh zonne-energie en 1,52 TWh windenergie) en ook de productie van waterstof neemt toe. Verder nemen richting 2050 het aantal inwoners en huizen in de provincie Utrecht toe. Dat vraagt meer energie zoals ook al bleek in figuur 1.



## Overzicht energiestromen



Figuur 5: de energiemix zoals deze in 2050 verwacht wordt

Op basis van dit beeld dient het elektriciteitssysteem verder te worden uitgebreid. Uit het ETM model komen de volgende waarden voor de omvang van het elektriciteitssysteem. Dit is overigens maar een beperkte analyse omdat er bijvoorbeeld geen rekening wordt gehouden met de mogelijkheid van Tennet en Stedin om het netwerk anders en beter in te richten.

## Elektriciteitsnetwerk capaciteit en pieken

	Huidige piekbelasting (MW)	Huidige bruikbare netcapaciteit (MW)	Toekomstige piekbelasting (MW)	Toekomstige bruikbare netcapaciteit (MW)	Uit te breiden netcapaciteit (MW)
<b>LS net</b>	705.67	940.89	1,772	1,772.31	831.42
<b>LS MS transformator</b>	705.67	940.89	1,772	1,772.31	831.42
<b>MS net</b>	803.04	1,070.72	2,119.78	2,119.92	1,049
<b>MS HS transformator</b>	803.04	1,070.72	2,119.78	2,119.92	1,049
<b>HS net</b>	964	1,284.93	2,440.34	2,440.53	1,156
<b>Interconnectienet</b>	-	60,000	2,030.19	60,000	0
<b>Net op zee</b>	-	0	0	0	0

Tabel 1: de verwachtingen voor de noodzakelijke omvang van het elektriciteitsnetwerk in 2050.

## A. Nationale en Europese kaders voor beleid

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het nationale en het Europese beleid wat de basis vormt voor het tot stand brengen van deze Energievisie.

### A.1 Nationaal beleid

Het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) beschrijft de ontwikkeling van het Nederlands energiesysteem naar een klimaatneutrale samenleving. In het NPE staat een langetermijnvisie voor het energiesysteem in 2050. Vanuit het nationale einddoel, een klimaatneutrale samenleving in 2050 is terug geredeneerd welke stappen nu nodig zijn om daar te komen. De Rijksoverheid ziet hier noodzaak voor een meer sturende rol op het gebied van energieaanbod, infrastructuur, ruimte, verdeling en besparing. Aan de hand van vijf hoofdkeuzes en visies op de rol van elektriciteit, waterstof, koolstof en warmte wordt een route geschetst naar het energiesysteem van de toekomst. Het hoofddocument van het NPE is aangeboden met een vijftal verdiepingsdocumenten. Dit hoofdstuk heeft als doel een beeld te schetsen van het NPE, maar zal niet compleet zijn gegeven de omvang van het NPE. Voor verdieping en volledigheid is het raadzaam het NPE te raadplegen.



### A.1.1 Hoofdkeuzes NPE

Zoals deze Energievisie Leidende Principes heeft, heeft het NPE hoofdkeuzes die doorwerken in de zes documenten waaruit het NPE bestaat.



Figuur 6: Ontwikkelpaden energieketens uit het NPE

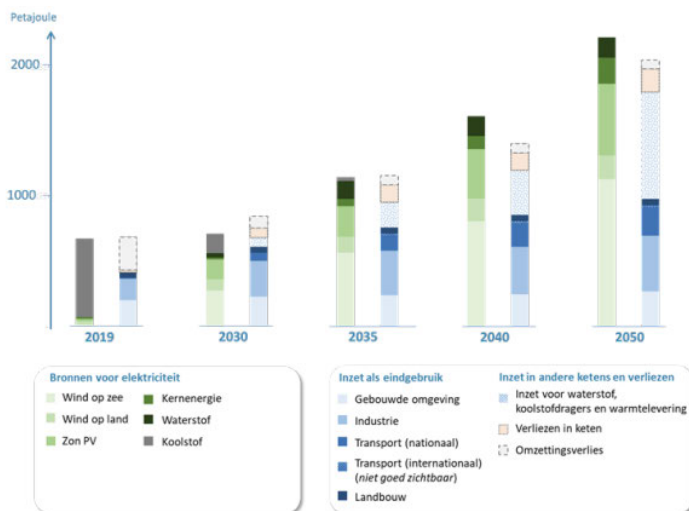
### A.1.2. Energiedragers in het NPE

Naast de vijf hoofdkeuzes presenteert het NPE ook een visie op een viertal elementen uit het energiesysteem: elektriciteit, waterstof, koolstof en warmte. Deze visie betreft een eindbeeld voor 2050.

#### A.1.2.1. Elektriciteit

Elektriciteit wordt gezien als ruggengraat van het energiesysteem. Het verbruik van elektriciteit zal zeer sterk toenemen om op een duurzame manier te kunnen verwarmen, transporteren en produceren. Het kabinet hanteert een doelstelling voor een CO<sub>2</sub>-vrij elektriciteitssysteem in 2035. Dat betekent dat alle elektriciteit afkomstig is uit hernieuwbare bronnen of kernenergie. Om dit mogelijk te maken wordt er maximaal ingezet op het opschalen van opwekking van diverse bronnen: wind op zee & land, zon op dak en land en zal er meer kernenergie opgewekt worden. Randvoorwaardelijk aan deze transitie is het tijdig (mee) ontwikkelen van de infrastructuur: van hoogspanningsleidingen op zee tot transformatorhuisjes in de wijk. Figuur 7 geeft weer hoe de

toename van het verwachte elektriciteitsverbruik er uit gaat zien. Op korte termijn wordt een groot deel van de toename in elektriciteitsvraag verwacht in de industrie en transportsector. Vanaf 2030 gaat de inzet van energie voor andere ketens, zoals waterstof en warmte, een aanzienlijk deel van de elektriciteitsbehoefte bepalen.



Figuur 7: Ontwikkeling van het energiesysteem uit NPE verdiepingsdocument B

Opwek: tabel 2 geeft richtwaardes voor de ontwikkeling van vraag naar en aanbod van elektriciteit. Tot 2030 is door middel van de Regionale Energie Strategieën (RES) bepaald hoeveel energie opgewekt zal worden in Nederland uit zon en wind op land. Dat betekent dat voor de periode vanaf 2030 tot 2050 er nog een grote opgave voor duurzame opwek overblijft. De hoeveelheid energie geproduceerd uit zonne-energie zal in deze periode moeten verdrievoudigen en de energieproductie uit wind op land zal verdubbelen.

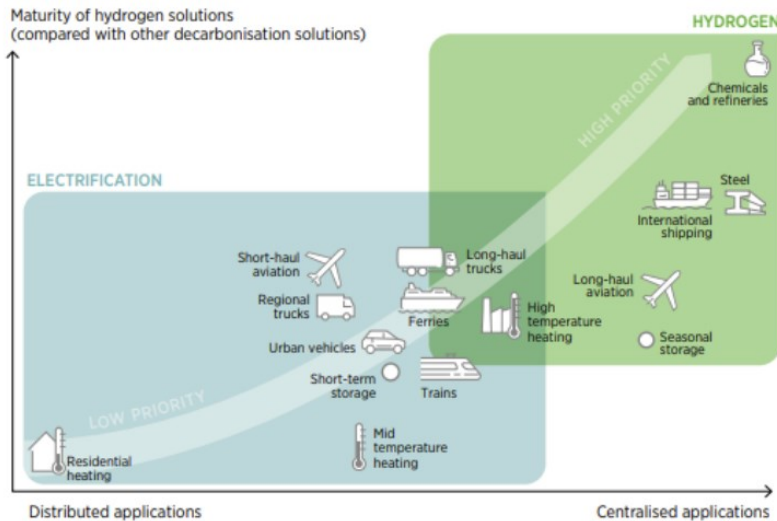
TWh per jaar	2021	2030	2035	2050
<b>Totaal finale vraag</b>	<b>104</b>	<b>171</b>	<b>192</b>	<b>273</b>
Industrie	36	78	95	120
Gebouwde omgeving	56	63	67	74
Mobiliteit	2	17	36	65
Landbouw	10	13	14	14
<b>Totaal primair aanbod</b>	<b>131</b>	<b>187</b>	<b>271</b>	<b>556</b>
Wind op zee	19	95	158	315
Wind op land	15	24	34	50
Zon totaal	11	43	65	135
Kernenergie	4	4	16	56
Biograndstoffen	11	4	0	0
Aardgas	56	17	0	0
Kolen	15	0	0	0

Tabel 1: Richtwaarden voor vraag naar en aanbod van energie. Uit NPE verdiepingsdocument B

Flexibiliteit: Omdat de productie van elektriciteit in de toekomst meer weersafhankelijk wordt, terwijl het stroomnet in balans moet blijven, zijn er flexibiliteitsopties nodig. Dit kan gaan om grofweg vier categorieën: 1. Vraagsturing met bijvoorbeeld prijsprikkels of conversie naar andere energiedragers. 2. CO<sub>2</sub>-vrij regelbaar productievermogen, zoals met waterstof in gascentrales en curtailment (afschakelen van zonnepalen/windmolens bij aanbodpiek). 3. Opslag van elektriciteit in batterijen. 4. Interconnectie: balans op het net hoeft niet in Nederland gerealiseerd te worden, overschotten in Nederland kunnen gebruikt worden in het buitenland en omgekeerd.

### A.1.2.2 Waterstof

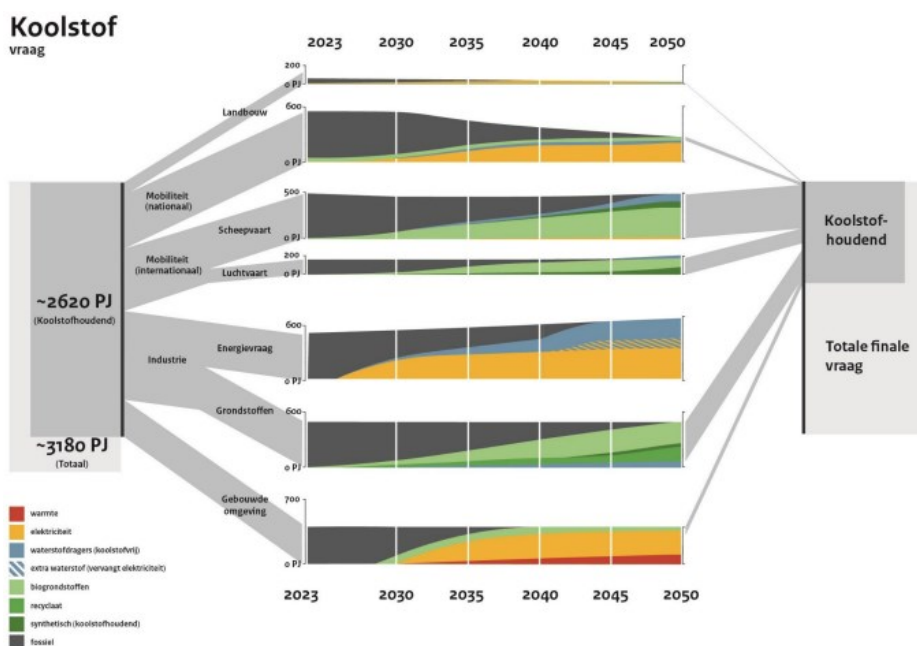
Waterstof krijgt een cruciale rol voor de industrie, op plekken waar zeer veel warmte nodig is. Daarnaast kan waterstof een oplossing bieden voor (zwaar) transport over lange afstanden over de weg, water en via de lucht. Waterstof kan een belangrijke rol gaan spelen omdat het flexibiliteit biedt aan het energiesysteem. Het omzetten van overtollige groene energie in waterstof op zonnige dagen met veel wind, in combinatie met opslag in bijvoorbeeld oude gasvelden, kan in de winter gebruikt worden als piekvoorziening op koude dagen, waar de opwek van groene energie tegenvalt.



Figuur 8: waterstofladder. Bron: IRENA (2022) *Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor*

### A.1.2.3. Koolstof

Koolstof, nu nog primair fossiel maar straks duurzame koolstof zoals biomassa, blijft nodig. Voor veel toepassingen bestaan in de toekomst koolstofvrije alternatieven. Maar door de behoefte aan brandstoffen met hoge energiedichtheid in de lucht- en zeevaart en de behoefte aan koolstof voor de productie van chemicaliën en materialen, blijft er ook in de toekomst behoefte aan koolstofdragers. De hoeveelheid duurzame koolstof zal beperkt zijn en dus ingezet worden waar alternatieven technisch moeilijk toepasbaar of economisch onrendabel zijn. Naast het gebruik van koolstof, zal actieve verwijdering van koolstof uit de atmosfeer of het afvangen tijdens verbrandingsprocessen een bijdrage leveren het realiseren van klimaatneutraliteit in 2050. Dat gebeurt door het compenseren van emissies die moeilijk te reduceren zijn, zoals methaanemissies in de landbouw. Op korte termijn kan het ook ingezet worden voor emissies die in de toekomst wel vermeden kunnen worden (bijvoorbeeld bij de productie van blauwe waterstof). Tot slot is koolstofverwijdering op de lange termijn (na 2050) onvermijdelijk om na verwachte overschrijding de opwarming weer terug te brengen tot 1,5 graden.



Figuur 9: indicatieve ontwikkeling van finale vraag naar koolstof 2023 - 2050. Bron: NPE verdiepingdocument B

#### A.1.2.4. Warmte

Warmte wordt in de toekomst voor een aanzienlijk deel geproduceerd uit duurzame bronnen. Warmte wordt zowel op collectief niveau geproduceerd en gedistribueerd via warmtenetten als op individueel niveau middels warmtepompen. Het ontwikkelpad voor de warmteketen in het NPE richt zich primair op de ontwikkeling van collectieve warmtevoorzieningen in de gebouwde omgeving en de glastuinbouw. Warmtenetten zullen in een aanzienlijk deel van de warmtevraag voldoen, omdat deze bij uitstek geschikt zijn voor het gebruik van duurzame bronnen als geo- & aquathermie en restwarmte. Deze bronnen van duurzame warmte bieden mogelijkheden om te diversifiëren in de Nederlandse energiemix en verlagen de druk op een steeds weersafhankelijker elektriciteitssysteem. De verwachting is dat in de gebouwde omgeving van de totale netto warmte vraag van 370 PJ, warmtenetten tussen de 62 en 172 PJ aan warmte kunnen leveren. Hierbij is al rekening gehouden met energieverliezen en een piekvoorziening. Naast de warmtevraag kunnen (zeer) lage temperatuur warmtenetten ook een oplossing bieden voor de koudevraag, die richting 2050 zal toenemen.

De slimme inzet van lokale warmtebronnen zorgt verder voor een grotere autonomie en stabielere energieprijzen. Naast het gebruiken van duurzame bronnen, bieden warmtenetten de mogelijkheid om uitgebreid te worden met warmteopslag. Hiermee kunnen bronnen beter gebruikt worden, ook op momenten dat de warmtevraag klein is. Daarnaast verlaagt dit de piekvraag naar warmte draagt het bij aan het voorkomen van netcongestie.

#### A.1.3. Transitiepaden gebruikssectoren

In het NPE worden ook transitiepaden geschetst voor de gebruikssectoren gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie en landbouw. Dit zijn de sectoren zoals ook benoemd in het klimaatakkoord exclusief elektriciteit, omdat voor de elektriciteitsproductie al is besproken hoe in deze sector wordt toegewerkt naar emissievrije opwek. De transitiepaden van de gebruikssectoren zijn sterk verweven met de energieketens: de ontwikkeling van de energieketens is een voorwaarde voor transitie in de gebruikssectoren en andersom dienen gebruikssectoren ook 'klaar' te zijn om over te schakelen naar duurzame energiebronnen.

#### *A.1.3.1. Gebouwde omgeving*

De sector gebouwde omgeving betreft het energieverbruik in gebouwen, met de focus op de warmte- en koudebehoefte en het elektriciteitsverbruik voor apparaten en verlichting. In bestaande bouw wordt ingezet op vraagbeperking middels isolatie, energiezuinig gedrag en verbeterde energie-efficiëntie van apparatuur. Nieuwbouw zal niet meer worden aangesloten op aardgas. De energie voor de warmte- en koudebehoefte wordt geleverd in de vorm van elektriciteit of warmte (bijv. via een warmtenet of WKO-opslag), of via duurzaam gas. Waar mogelijk zal gebruik gemaakt worden van bestaande warmtebronnen, met een belangrijke rol voor warmte-opslag als buffer voor het energiesysteem.

#### *A.1.3.2. Mobiliteit*

De sector mobiliteit omvat het wegverkeer, binnen-, zee- & luchtvaart en het vervoer per spoor. Ieder van deze sectoren zal de overstap maken van fossiele naar duurzame energiedragers, al zijn de transitiepaden afhankelijk van de beschikbaarheid van geschikte alternatieven, die per deelsector verschillen. Personenauto's en het OV zullen op relatief korte termijn elektrificeren terwijl de internationale scheep- en luchtvaart een meer geleidelijk transitiepad zullen volgen, waarbij biobrandstoffen en synthetische brandstoffen een grotere rol gaan spelen. Voor vrachtvervoer en mobiele werktuigen (bouwmaterieel, landbouwvoertuigen) geldt: elektrisch waar mogelijk, waterstof waar noodzakelijk. Biobrandstoffen kunnen, zeker in de overgangsfase, een grote bijdrage leveren aan emissiereductie.

#### *A.1.3.3 Industrie*

De belangrijkste sectoren in de Nederlandse industrie zijn de chemie, raffinage, staal- en kunstmestproductie. De productie van hernieuwbare koolstoffen is van belang voor verduurzaming van de chemie en raffinage. De productie van groene waterstof is cruciaal om groen staal en kunstmest te kunnen produceren. Industriële restwarmte is een hernieuwbare warmtebron die soms een industriële toepassing kan krijgen, maar vaak als warmtebron voor een warmtenet kan dienen. De transitie van de industrie is afhankelijk van de productie van hernieuwbare elektriciteit voor direct gebruik en de productie van waterstof en ammoniak, maar ook van duurzame koolstoffen.

#### *A.1.3.4. Landbouw*

De afbakening van de sector landbouw in het klimaatakkoord zorgt ervoor dat 90% van het energieverbruik plaatsvindt in de deelsector van de glastuinbouw, met name om de kassen te verwarmen. De overige 10% wordt in de veehouderij en akkerbouw gebruikt, voor het verwarmen en koelen van stallen en het telen drogen en bewaren van gewassen. Zowel de brandstof voor de visserij als voor landbouwvoertuigen worden meegenomen in de mobiliteit, waarbij voor landbouwvoertuigen hetzelfde geldt als voor bouwmaterieel: elektrisch waar mogelijk, waterstof waar nodig.

#### *A.1.3. De maatschappelijke kant van het energiesysteem*

De energietransitie gaat verder dan een technische verandering, het is ook een transitie van een economisch en een sociaal systeem. De afbreuk van het oude energiesysteem zal leiden tot verlies van banen in fossiele sectoren. Tegelijkertijd biedt de energietransitie juist weer werkgelegenheid op nieuwe plekken, waar hernieuwbare energie wordt opgewekt, geïnstalleerd en gebruikt. Daarnaast zorgt een veranderend energiesysteem ook voor veranderend gedrag: wisselvalligheid in opwek van energie heeft zijn weerslag op de prijs van energie, wat voor burgers en bedrijven een prikkel bij uitstek is die leidt tot gedragsverandering.

Iedereen krijgt te maken met de energietransitie. Niet iedereen heeft de middelen, mogelijkheden of motivatie om op eigen kracht mee te gaan in deze transitie. Hiermee ontstaat het risico dat er



groepen burgers, bedrijven en instellingen zijn die geconfronteerd worden met de lasten van de energietransitie, terwijl de lusten terecht komen bij groepen die wel energie besparen, opwekken en isoleren. Inzet op actieve participatie op nationaal en decentraal niveau kan bijdragen aan rechtvaardig en inclusief beleid, waarbij de lasten en lusten van de energietransitie beter worden verdeeld. Het is belangrijk dat participatietrajecten meer dan alleen de 'usual suspects' aanspreken (middelbare leeftijd, man). Veel burgers hebben het gevoel dat 'mensen zoals wij' niet worden gehoord. In de 'Kabinetsvisie op burgerbetrokkenheid bij de energietransitie' wordt de beleidsinzet op participatie uitgebreid toegelicht. Naast deelname in de beleidsvorming is het van belang dat er ook een helder handelingsperspectief wordt gegeven. Begrijpelijke informatie, die aansluit bij de leefwereld van mensen is een belangrijk fundament voor het bieden van handelingsperspectief. In het rapport *Ongelijke toegang tot de energietransitie* benoemt de Nationale Ombudsman dat informatie over de opties voor verduurzaming en overheidshulp voor veel burgers niet toegankelijk, vindbaar of leesbaar is. Toegankelijkheid is niet alleen bij informatie een probleem: subsidies worden soms pas uitgekeerd wanneer de investering eerst voorgefinancierd is.

#### *A.1.3.1. Voorwaarden van het energiesysteem*

De energietransitie is ook een transitie van grondstoffen. Enerzijds wordt het gebruik van fossiele bronnen als steenkool, aardolie en aardgas afgebouwd. Anderzijds groeit de behoefte aan schaarse mineralen als koper, kobalt en lithium. De winning van deze mineralen - die cruciaal zijn voor een schoon energiesysteem- is niet zonder risico's op schade voor het milieu, met name in andere landen. Om onbedoelde negatieve effecten van de energietransitie tegen te gaan zal ook de productieketen van groene energie(technologie) circulair en duurzaam moeten worden ingericht.

Veiligheid is een belangrijk thema in het energiesysteem van de toekomst, met het oog op gezondheid én geopolitieke ontwikkelingen. Hernieuwbare energie moet worden opgewekt in een gezonde leefomgeving en hoe meer eigen opwek, hoe minder afhankelijk van energie-import en dus meer autonomie. Tegelijkertijd is het van belang om vitale infrastructuur te ontwikkelen op een manier waarbij de weerbaarheid van de operationele techniek, informatietechniek en fysieke infrastructuur gewaarborgd wordt.

Andere belangrijke randvoorwaarden in het energiesysteem zijn *ruimte, financiering, innovatie, de arbeidsmarkt en digitalisering*. Het is van belang om de ruimtelijke omvang van het energiesysteem waar mogelijk te beperken. Tegelijkertijd zal in ruimtelijk beleid het energiesysteem een factor van belang worden, vergelijkbaar met mobiliteit: welke ontwikkelingen zijn op deze plek mogelijk, gegeven het energiesysteem. Wat betreft financiering zet het kabinet in op twee sporen: 1. Versterken van publieke én private financiering van de energie transitie en 2. Vergroening van de financiële sector. Innovatie moet bijdragen aan betaalbaarheid en haalbaarheid van de energietransitie en het bereiken van klimaatneutraliteit, bijvoorbeeld met verbeterde technologie voor elektrolyse en negatieve emissies. Waar de energietransitie veel baankansen biedt, is de krappe arbeidsmarkt, zeker voor technisch geschoold personeel, een uitdaging. Om dit tegen te gaan, is het van belang om de instroom in het technisch onderwijs te verhogen, in te zetten op omscholing en arbeidsproductiviteitsgroei. Tot slot is digitalisering een mogelijke oplossingsrichting binnen de energietransitie: slimme warmtepompen of laadpalen kunnen het stroomnet ontlasten en inzicht in energieprofielen kan bedrijven helpen hun systeem te optimaliseren. Goed beveiligde digitale infrastructuur is noodzakelijk om de vruchten van digitalisering te kunnen plukken.

## *A.2 Europees beleid*

Het Nederlandse energiesysteem is sterk verbonden met het Europees energiesysteem. Op Europees niveau zijn doelstellingen vastgelegd op het gebied van klimaat en energiebeleid, die ook voor Nederland leidend zijn. Deze doelstellingen zijn te vinden in het Fit for 55- pakket, bedoeld om de

klimaatdoelstelling van 55% CO<sub>2</sub> emissiereductie in 2030 te behalen en de EU in 2050 uiteindelijk klimaatneutraal te maken. Om deze ambitie te realiseren op een kosteneffectieve en rechtvaardige manier wordt gebruik gemaakt van een aantal brede én sectorspecifieke instrumenten. In dit hoofdstuk wordt het Europees beleidskader geschetst, met allereerst aandacht voor de Europese interne Energiemarkt, vervolgens worden normerende en beprijzende instrumenten besproken en daarna wordt ook aandacht besteed aan het sociaal klimaatfonds en energiemeenschappen binnen de Europese context.

#### A.2.1. Europese interne energiemarkt

Onder vrij verkeer van goederen en diensten valt ook energie. Op Europees niveau bestaan er verschillende vormen van regulering en richtlijnen over de interne markt voor energie om de interne energiemarkt te versterken. Dit is van belang voor Europese producenten en consumenten omdat een sterk verbonden energiesysteem bijdraagt aan de robuustheid en flexibiliteit van het energiesysteem, lagere energieprijzen en verduurzaming bevordert. Een goed verbonden en functionerende Europese energiemarkt zorgt ervoor dat Nederland in de toekomst tijdelijke overschotten van windenergie op de Noordzee kan verkopen en, op het moment dat er weinig binnenlands aanbod is, voordelig energie kan worden ingekocht op plekken waar wél energie over is.

#### A.2.2. beprijzen CO<sub>2</sub> uitstoot

Het belangrijkste instrument in de EU om tot emissiereductie te komen is het EU ETS (European Union Emission Trading Scheme), het Europees Emissiehandelssysteem. Dit omvat zo'n 10.000 bedrijven die verantwoordelijk zijn voor 45% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de EU. Dit systeem bestaat sinds 2005, maar wordt met regelmaat aangepast om de effectiviteit te vergroten. Het EU ETS richt zich op de energie-intensieve sectoren: energie-opwek, energie-intensieve industrie (bijv. olieraffinaderijen, staal-, cement-, glas- en papierindustrie) en de commerciële luchtvaart binnen de EU. Het EU ETS functioneert als een systeem voor verhandelbare emissierechten binnen een vooraf bepaald plafond. Ieder 'recht' komt overeen met de uitstoot van 1 ton CO<sub>2</sub> en doordat het totaal aantal rechten (het plafond) in de markt jaarlijks afneemt ontstaat er een prikkel om CO<sub>2</sub>-uitstoot te beperken. Emissierechten worden immers schaars en dus duurder, waardoor investering in emissiebeperking relatief voordeliger wordt. Vanaf 2021 neemt het aantal emissierechten jaarlijks met 2,2% af. Het doel van het EU ETS is om ervoor te zorgen dat de emissies binnen de deelnemende sectoren in 2030 62% lager liggen dan in 2005.

In 2023 heeft de Europese Commissie het ETS<sub>2</sub> gepresenteerd, dit is een nieuw emissiehandelssysteem, naast het bestaande ETS. Het ETS<sub>2</sub> richt zich op de uitstoot van CO<sub>2</sub> in de gebouwde omgeving, wegtransport en kleinere industrie en zal in 2027 in werking treden. In tegenstelling tot het 'gewone' ETS, zal het ETS<sub>2</sub> zich niet richten op de eindgebruiker maar juist op distribuerende partijen. Zo komt de administratieve last niet bij huishoudens of automobilisten te liggen. Het plafond zal geleidelijk afgebouwd worden zodat de emissies binnen deze sectoren in 2030 42% lager liggen dan in 2005.

Om te voorkomen dat deze emissiehandelssystemen leiden tot een concurrentienadeel voor de Europese industrie zijn er verschillende instrumenten die moeten zorgen voor een zachte overgang van een koolstof gedreven economie naar hernieuwbare energie. Voor grootverbruikers worden er gratis emissierechten uitgegeven om verplaatsing van emissies te voorkomen. Ook het aantal gratis emissierechten neemt jaarlijks af. Er bestaat ook een marktreserve aan emissierechten die beschikbaar kunnen komen wanneer de prijs van deze rechten te snel stijgt, Zo blijven de economische prikkel om te verduurzamen voorspelbaar en haalbaar.



Naast maatregelen om te voorkomen dat emissies weglekken en bedrijven zich verplaatsen naar buiten de EU, wordt er ook gewerkt aan een koolstofheffing voor producenten van buiten de EU. Dit gebeurt middels het CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism). Hiermee wordt het verschil in koolstof beprijzing tussen Europese en niet-Europese producenten verrekend. Vanwege de complexiteit van het CBAM wordt het vooralsnog alleen ingezet op energie-intensieve sectoren met een hoog weglekrisico: cement, ijzer en staal, aluminium, kunstmest, elektriciteit en grijze waterstof. Vanaf 2023 wordt er geleidelijk gewerkt aan de implementatie van het CBAM dat vanaf 2026 volledig werkzaam moet zijn.

### A.2.3. Normeren van het energiesysteem

Vanuit de EU zijn er ook verschillende richtlijnen waarmee een duurzaam energiesysteem samen met de lidstaten wordt vormgegeven. Europese richtlijnen gelden als een resultaatverplichting, waarbij lidstaten een zekere mate van vrijheid hebben om implementatie vorm te geven.

De *hernieuwbare energierichtlijn* is in 2009 voor het eerst geïntroduceerd en onderweg meermaals aangescherpt tot een doelstelling voor 2030: tenminste 42,5% van de gebruikte energie moet duurzaam zijn opgewekt maar het streven is om de 45% te halen. Naast de opwek van hernieuwbare energie heeft energiebesparing een centrale rol in het Europees energiebeleid. Dit komt onder andere terug in de *Energie-efficiëntie richtlijn*. Deze is in 2012 gepresenteerd en ook meermaals aangescherpt. Het doel is om in 2030 32,5% minder energie te gebruiken in de Europese Unie. De EU hanteert het principe 'energie-efficiëntie eerst' waarmee het besparen van energie de hoogste prioriteit krijgt omdat dit de makkelijkste manier is om uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

De energie-efficiëntie richtlijn is in Nederland het meest bekend in de vorm van de energiebesparingsplicht: bedrijven en instellingen vanaf een bepaalde grote worden verplicht om alle energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd van vijf jaar of minder uit te voeren. Ook moeten alle kantoorpanden in Nederland sinds januari 2023 ten minste energielabel C hebben. Daarnaast geldt er voor overheden een voorbeeldfunctie met strengere energiebesparingsdoelstellingen.

### A.2.4. REPowerEU

In 2022 is met het voorstel REPowerEU een plan gemaakt om -in reactie op de oorlog in Oekraïne- nog sneller van (Russisch) gas af te gaan en over te schakelen op hernieuwbare energiebronnen. Dit heeft o.a. geleid tot een aanscherping van de hernieuwbare energierichtlijn en de energie-efficiëntie richtlijn en er wordt nog meer dan voorheen ingezet op brondiversificatie. Om dit te realiseren heeft de Europese Unie een zonne-energie strategie gepubliceerd. Hierin is onder andere de eis opgenomen dat alle publieke gebouwen in de toekomst moeten worden voorzien van zonnepanelen. Ook voor windenergie is er een actieplan gepubliceerd om versneld tot extra opwek te komen, o.a. door betere vergunningsprocedures, geschoolde werknemers en betere toegang tot financiering.

### A.2.5. Sociaal klimaatfonds

Naast het ETS2 is gelijktijdig het sociaal klimaatfonds in het leven geroepen. Om te voorkomen dat een extra belasting op fossiele brandstoffen voor huishoudens, transport en kleine industrie leidt tot een toename van energie- of vervoersarmoede zal het sociaal klimaatfonds ondersteuning bieden aan kwetsbare groepen om tot een rechtvaardige energietransitie te komen. Voorbeelden van ondersteuning waar het sociaal klimaatfonds voor ingezet kan worden zijn:

- Tijdelijke verlaging van energiebelasting op transport & verwarmingsbrandstoffen;
- Stimuleren van renovatie, isolatie en opwek van energie in de gebouwde omgeving;
- Stimuleren van overschakelen van particulier naar openbaar vervoer, fiets en deelmobiliteit;

- Ondersteunen van de ontwikkeling van een tweedehandsmarkt voor elektrische voertuigen.

Het sociaal klimaatfonds zal voor een groot deel betaald worden uit de veiling van emissierechten (zowel ETS als ETS2) en 25% cofinanciering vanuit de lidstaten.

#### A.2.6. Energiegemeenschappen

Op verschillende plaatsen in het Europees energiebeleid komen lokale energiegemeenschappen aan bod. Energiegemeenschappen zijn belangrijke partijen om draagvlak te vergroten en private financiering in de energietransitie te versnellen. Door burgers en bedrijven instaat te stellen lokaal energie op te wekken, komen ook de baten van de energietransitie sneller bij hen terecht. Zo kunnen energiegemeenschappen bijdragen aan lagere energierekeningen, het verminderen van energiearmoede en bijdragen aan lokale, groene werkgelegenheid. Dit is ook binnen het Europees juridisch kader georganiseerd. Zo geeft de *richtlijn op gemeenschappelijke regels voor de interne elektriciteitsmarkt* ruimte aan burgers of bedrijven om (individueel of collectief) actief te worden in de energiemarkt. Dit kan gaan om de productie of consumptie van energie, door energie te delen of juist flexibiliteit aan te bieden. Ook de herziene *hernieuwbare energierichtlijn* versterkt de rol van directe consumptie en energiegemeenschappen. Lidstaten moeten ondersteuning bieden aan energiegemeenschappen en ervoor zorgen dat deze gelijkwaardige toegang tot de energiemarkt krijgen als grote partijen.

## B. Energieopwekking en-opslag

In deze Energievisie is er, conform het NPE, een onderscheid gemaakt tussen vier energieketens: elektriciteit, warmte, koolstofdragers en waterstof. Binnen elk van de ketens bestaan verschillende mogelijkheden wat betreft de opwek, opslag en transporteerbaarheid van energie. De ketens zijn niet opzichzelfstaand, er zijn allerlei uitwisselmogelijkheden tussen deze ketens. Een van de doelen van de Energievisie is om de samenhang tussen deze ketens te duiden en te bespreken. In dit hoofdstuk zullen de verschillende energieproductieketens en de mogelijkheid om energie op te slaan besproken worden.

Bij het bespreken van energie zijn er twee grootheden van belang. Het gebruikt vermogen in megawatt (MW), en het totale verbruik in megawattuur of petajoule (MWh of PJ). Daarnaast is voor het energiesysteem ook het gebruikt vermogen in de piek belangrijk omdat dit de dimensie van het systeem bepaalt. Door energie te besparen en door te sturen op het flexibiliseren van de energievraag, kan de piekvraag worden teruggebracht. Er moet voldoende opwek- of opslagvermogen zijn om aan de piekvraag te voldoen. Een energiesysteem moet namelijk balans hebben tussen vraag en aanbod en die vraag en aanbod moeten via een distributienetwerk met elkaar verbonden zijn. In de provincie Utrecht werd in 2022 voor 26,12 TWh aan energie gebruikt (bron Regionale Klimaatmonitor).

### B.1 Elektriciteit

Elektriciteit gaat de ruggengraat worden van het nieuwe energiesysteem. Het is als energievorm makkelijk te transporteren, breed inzetbaar en redelijk makkelijk op te slaan. Het NPE stelt dat het elektriciteitssysteem vanaf 2035 CO<sub>2</sub>-vrij moet zijn. Dat vraagt nog veel capaciteit voor duurzame opwek in Nederland.

In de provincie werd in 2022 5,25 TWh elektriciteit gebruikt. Die hoeveelheid gaat sterk groeien omdat warmteopwekking en mobiliteit deels gaan elektrificeren en omdat de economie vermoedelijk blijft groeien. Elektrificatie is qua energiegebruik efficiënter omdat het voor zowel elektrische mobiliteit als elektrische warmteopwekking efficiënter is dan het equivalente proces op basis van fossiele energie. Aan de extra elektriciteitsvraag moet wel voldaan worden.

#### B.1.1 Netcongestie

Elektriciteit laat zich als energievorm goed verplaatsen. Het netwerk om elektriciteit te verplaatsen is onderverdeeld in netwerkvlakken met verschillende spanningsniveaus. Elk netwerkvlak heeft een eigen maximaal piekvermogen dat afhankelijk is van de capaciteit van de kabels en het transformatorstation naar het bovenliggende netwerkvlak.

Het uitbreiden van een elektriciteitsnetwerk kost veel tijd. Daarom maken netwerkbeheerders berekeningen van de verwachte netwerkcapaciteitsbehoefte in de toekomst. Dit gebeurt op basis van scenario's die gevoed worden door de waarneembare ontwikkelingen in de maatschappij. Daarbij maken netbeheerders een inschatting of de behoefte aan transportcapaciteit past op het netwerk.

Netcongestie betekent niet dat het net momenteel vol is, het is een reactie op het feit dat de groei van de pieken van elektriciteitsopwekking en -gebruik sneller gaat dan het elektriciteitsnet kan worden uitgebreid. De huidige netcongestie is ontstaan omdat er veel meer duurzame stroom wordt opgewekt, de elektrificatie van het energiesysteem een grote vlucht heeft genomen en netwerkbeheerders geen mogelijkheid zien om de netwerkcapaciteit uit te breiden voordat de grenzen worden bereikt van wat het elektriciteitsstelsel aankan qua te transporteren elektriciteitsvermogen. Als er te groot vermogen moet worden getransporteerd, dan kan dit het systeem beschadigen, bijvoorbeeld doordat transformatoren doorbranden. Op welk moment die schade optreedt laat zich lastig voorspellen. Netwerkbeheerders weten wel welke belasting veilig is voor het netwerk. Dat zijn gegevens met een veiligheidsmarge, maar het is belangrijk die marge aan te houden om te voorkomen dat er storingen optreden.

De capaciteit van het elektriciteitsnetwerk verschilt per netvlak, waarbij een netvlak wordt gedefinieerd als het gebied dat wordt bedient met een hoogspanningstransformator. Er wordt nu hard gewerkt om de omvang van het huidige netwerk te vergroten in 2030. Het is de verwachting dat ook daarna het uitbreiden van het elektriciteitsnetwerk nodig blijft.

De andere kant van de medaille is dat netcongestie als probleem vermindert wanneer de groei van de piek van elektriciteitsopwekking en -gebruik kan worden beperkt. Voor elektriciteitsopwekking is bij de ontwikkeling van zonnepanelen gezorgd dat de omvormer automatisch uitvalt als de spanning in het netwerk te veel afwijkt van 230 volt. Pieken van elektriciteitsgebruik beperken kan doordat:

- Er minder elektriciteit wordt gebruikt, er andere energievormen worden ingezet dan elektriciteit;
- Het gebruik van elektriciteit beter verdeeld wordt over de dag;
- Een deel van de vraag naar elektriciteit stopgezet wordt tijdens pieken waarin er te weinig transportcapaciteit is; en
- Er slim gebruikgemaakt wordt van lokale energieopslag en -opwekking om bij piekvraag binnen het netvlak voldoende elektriciteit aan te bieden.

Dit zijn allemaal ook oplossingen die kunnen helpen om het energiesysteem robuust genoeg te maken om de weersafhankelijkheid van elektriciteitsopwekking op te vangen. Daarvoor is meer flexibiliteit, een breder pallet aan energievormen en energievraagsturing ook van groot belang. Daarom zijn investeringen om op systeemniveau netcongestie te beperken ook investeringen in het energiesysteem van de toekomst.

Het profiel van energiegebruik op het Stedin-netwerk is relatief voorspelbaar. De vraag naar elektriciteit piekt in het algemeen tussen 16.00 uur en 20.00 uur omdat mensen thuiskomen, de woning gaan verwarmen en de elektrische auto aansluiten. Na die tijd is er weer voldoende capaciteit op het netwerk beschikbaar. Voor het Tennet-netwerk, dat het Stedin-netwerk van elektriciteit voorziet, is netcongestie minder voorspelbaar. Netcongestie op het Tennet-netwerk kan ook ontstaan doordat er stroom van buiten de provincie door de provincie getransporteerd wordt. Extra elektriciteitsvraag in de provincie kan dan niet bediend worden. De transportbehoefte op het Tennet-netwerk is niet cyclisch, maar afhankelijk van andere factoren (primair grootschalige opwek op de Noordzee en Flevoland). Daarmee is het sturen op Tennet-netcongestie veel moeilijker. De afhankelijkheid van het Tennet-netwerk is alleen te beperken door lokale elektriciteitsopwekking en -opslag te maximaliseren en de energievraag te flexibiliseren.

Om de afhankelijkheid van de nationale elektriciteitsinfrastructuur te beperken is er veel lokale elektriciteitsopwekking en -opslag nodig en moet de energievraag geflexibiliseerd.

### B.1.2. Elektriciteitsopwekking

Tot medio 2050 worden er drie belangrijke bronnen van elektriciteitsopwekking in de provincie Utrecht verwacht: zonne-energie, windenergie en de gascentrale die in het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) staat geprojecteerd als eindpunt van een aftakking van het waterstofnetwerk. Vanuit het Rijk is tot op heden nog geen duidelijkheid gekomen over deze aftakking maar het tot stand brengen van regelbaar vermogen is essentieel voor het Utrechtse energiesysteem. Door op netvlakniveau voldoende flexibele opwekkingscapaciteit, bijvoorbeeld generatoren op duurzame gassen, te organiseren, voorkomen we dat er in de toekomst lokaal elektriciteitsgebrek ontstaat doordat er te weinig transportcapaciteit is. Zonne- en windenergie hebben de laatste decennia een prijsdaling gekend waardoor ze zeer concurrerend zijn met traditionele elektriciteitsbronnen als gascentrales. Het lastige van deze twee elektriciteitsbronnen is dat ze sterk weersafhankelijk zijn. Zonne-energie is merendeels ruim aanwezig gedurende de zomerdagen en windenergie op winderige dagen. Daarbij is er wel een zekere mate van complementariteit tussen wind en zon. Meestal is er wel één van beide energiebronnen beschikbaar. De fluctuaties van opwek zijn echter nog steeds groot. Die fluctuaties treden in de dag en tussen dagen en maanden op. Dat maakt het lastig om te zorgen dat er altijd een balans is tussen vraag en aanbod van energie. En daarom is het belangrijk dat er voldoende opslagcapaciteit is om energie op te slaan, flexibel opwekcapaciteit om lokaal energie te produceren en dat er voldoende flexibele vraag, bijvoorbeeld in de vorm van elektrolyzers, aanwezig is om energie te verwerken. Om te voorkomen dat er een te groot beroep wordt gedaan op bovenliggende netvlakken, zou dit decentraal gedistribueerd moeten worden op netvlakniveau. Bijvoorbeeld door energielandschappen te plannen naast transformatorstations. Hierdoor is er ook grond beschikbaar om transformatorstations uit te breiden als dat in de toekomst nodig is.

Voor de periode tot 2030 is er op basis van de drie Regionale Energie Strategieën een grootschalige duurzame opwek van 2.4 TWh met behulp van zonnepanelen en windmolens te verwachten. Na 2030 is er nog geen duidelijkheid over wat er aan grootschalige duurzame opwek in de provincie Utrecht te verwachten is. Daar zal in de RES-regio's nog het gesprek over gevoerd worden. Wel is duidelijk wat de potentie is van zon op dak. Er kan in principe voor 3,9 TWh aan zonnepanelen op daken in de provincie Utrecht worden gelegd, waarvan 0,9 TWh al is gelegd. De kans is klein dat het maximale potentieel op daken gehaald gaat worden. Daarom gaan we uit van een potentieel van 1,9 TWh op daken. Het NPE verwacht dat er in 2050 in Nederland een factor 3 meer zon op land en een factor 2 meer wind op land zal worden opgewekt. Op dit moment moet nog gekeken worden in hoeverre de provincie Utrecht een even grote toename van duurzame opwek waar kan maken. In paragraaf 6 wordt uitgegaan van de factor 2 voor wind en de factor 3 voor zon.

Voor het ruimtelijk inplannen van energieopwekkingscapaciteit is het belangrijk om er rekening mee te houden dat zonne-energie een grotere impact heeft op het elektriciteitsnet dan windenergie. De opwekcapaciteit van zonnepanelen is meer geconcentreerd in opwekpieken. Daarnaast is voor het energiesysteem het 'cable poolen', waarbij zonnepanelen en windmolens gezamenlijk van dezelfde kabel gebruik maken, effectiever dan separate opweklocaties. Dit versterkt ook de businesscase om batterijvermogen te plaatsen bij een opweklocatie. Rekening houden met een zorgvuldige ruimtelijke verdeling van energievraag en -opwek in het landelijk en stedelijk gebied, waarbij opwek zoveel

mogelijk plaatsvindt nabij het gebruik, voorkomt dat hogere netwerkvlakken aangesproken moeten worden, wat voor het energiesysteem efficiënter is. De eigenschappen van opwek moeten dit wel mogelijk maken. Stringente regels voor opwek, zoals de afstandsnorm voor windmolens en de voorkeursvolgorde voor zonne-energie (zonneladder), waarbij zon op land beperkt mogelijk wordt, beperken de mogelijkheid om als provincie een groter deel van onze energiebehoefte zelf op te wekken. Voor de inpassing van gebieden voor de opwek van zonne- en windenergie is zorgvuldige ruimtelijke inpassing nodig. Hierbij moet voldoende rekening gehouden worden met onder andere gezondheid (leefomgeving), natuur en inpassing in het landschap. Daarnaast is minimaal 50% lokaal eigendom bij deze ontwikkelingen het uitgangspunt.

In potentie zou het mogelijk zijn om met kleine modulaire kernreactoren (SMR's) in de provincie Utrecht elektriciteit (en warmte) op te wekken. Het is wel sterk de vraag of er in de provincie een plek te vinden is die ruimtelijk aanvaardbaar is. Daarnaast is kernenergie in zijn aard meer een zogeheten 'base-load' opwekker, terwijl de provincie primair meer flexibel opwekvermogen nodig gaat hebben. De kleine modulaire kernreactoren (SMR) die in een ver stadium van ontwikkeling zijn, hebben een vermogen dat erg groot is voor het Utrechtse energiesysteem. Daar komt het dilemma bij dat er een betrouwbare bron van koelwater aanwezig moet zijn. Daarnaast is er op dit moment nog veel onduidelijk over de prijs en het juridisch kader voor SMR's. De verwachting is dat zonne-energie en/of windenergie een groot deel van het jaar goedkoper is dan kernenergie. Als er geen kernenergie geproduceerd wordt, blijven de kapitaallasten wel doorlopen. Er moet duidelijkheid zijn waar dat risico komt te liggen. Daardoor is het lastig is om te stellen of een SMR past bij het energiesysteem dat wordt gekenmerkt door laagste maatschappelijke kosten. De belofte van de ontwikkeling van SMR's schuilt in het modulair vormgeven van de reactoren. SMR's zijn kleine reactoren die het efficiëntieverlies van hun geringe omvang (grotere kerncentrales zijn ipso factor efficiënter dan kleine) in theorie compenseren door een efficiënter bouwproces doordat er meer gebouwd worden op een modulaire wijze. In de praktijk moet nog blijken of dit geëffectueerd wordt.

Het is daarom aan te bevelen de ontwikkeling te volgen richting het opstellen van een volgende Energievisie. Voor andere potentiële nucleaire ontwikkelingen in de vorm van fusie of thoriumreactoren geldt dit nog sterker.

Pas als er meer duidelijk is over de voorwaarden van nieuwe (kleine) nucleaire reactoren kan in de volgende energievisie een keuze worden gemaakt over de rol in het Utrechtse Energiesysteem van 2050.

### B.1.3 Elektriciteitsopslag

Batterijen spelen een positieve rol bij het beschikbaar houden van elektriciteit voor het moment dat er te weinig opwekcapaciteit is en zij kunnen een positieve rol spelen bij het verminderen van netcongestie. In 2022 was er 185 MWh aan batterijvermogen beschikbaar in Nederland. Onduidelijk is hoeveel daarvan in de provincie Utrecht aanwezig is maar het beeld is dat dit beperkt is.

De technologische ontwikkelingen voor batterijtechnologie gaan snel. Op dit moment wordt er vooral gebruik gemaakt van batterijen op lithiumbasis omdat zij snel kunnen laden en ontladen, en daarmee vraagpieken goed kunnen opvangen. Deze technologie leent zich echter primair voor korte-termijnopslag. Op termijn zijn er verschillende andere batterijtechnologieën om elektrische stroom voor korte of lange termijn op te slaan. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van natrium-ionbatterijen, flowbatterijen, luchtdruk baterijen en bevroren-lucht baterijen. Deze laatste drie baterijvormen gaan nu nog wel gepaard met een groot energieverlies bij laden en ontladen. Er zijn, mede uit oogpunt van circulariteit, ook mogelijkheden om batterijen te hergebruiken als systeembatterij. Daarnaast is het ook mogelijk om overtollige elektrische energie om te zetten in een

andere vorm van energie, warmte of waterstof. Om het energiesysteem in de toekomst stabiel te houden, moeten we maximaal inzetten op opslag van energie.

Batterijen kunnen zowel een positieve als een negatieve rol spelen bij congestiemanagement. Als batterijen gaan laden terwijl er al te veel elektriciteitstransport plaatsvindt, neemt de congestie door batterijen toe. Een batterij kan helpen om te voorkomen dat een elektriciteitsvraag het hoger liggende netwerk belast of voorkomen dat overtollige opgewekte elektriciteit het hoger liggende elektriciteitsnet bereikt. Opgemerkt moet worden dat batterijen groot moeten zijn om echt een impact te hebben op het verminderen van congestie. Om batterijen een positieve rol te laten spelen in het verminderen van netcongestie dienen de marktregels voor congestiemanagement te worden aangepast. Ook is het belangrijk om ruimtelijk te sturen op de plaatsing van batterijen zodat ze daadwerkelijk helpen om netcongestie te verminderen. Er moet ook gewerkt worden aan nieuwe contractvormen tussen de netbeheerder en batterijexploitanten om te borgen dat batterijen congestie niet versterken.

Op netvlakniveau is voor systeemstabilisatie in 2050 decentrale elektriciteitsopwekking, -opslag en elektrolyzers nodig.

Batterijen van elektrische auto's kunnen door bi-directioneel te laden ook als batterij dienen. Daarmee kunnen elektrische auto's in geval van energiegebrek (ofwel door gebrek aan opwekcapaciteit of door gebrek aan transportcapaciteit) elektriciteit aan het net te leveren. Dit wordt Vehicle-to-Grid-levering genoemd, ofwel V2G. Dit vraagt wel om een geschikt laadpunt en een geschikt voertuig. De gemeente Utrecht heeft een uitgebreid netwerk van bi-directionele laadpalen en ook elders in de provincie zijn er laadpalen die bi-directioneel laden mogelijk maken. Bi-directioneel laden kan op dit moment nog slechts bij enkele auto's. In de gemeente Utrecht is veel ervaring opgedaan met bi-directioneel laden. Daarbij is gebleken dat bi-directioneel laden geen negatief effect heeft op de levensduur van de autobatterij, mits de auto niet onder een bepaald percentage wordt ontladen (de accu moet tussen de 20% en maximaal 80% geladen blijven om degradatie van de accu te voorkomen).

Gecoördineerde lokale elektriciteitsopslag om op een slimme manier afhankelijkheid van het hoogspanningsnet te verminderen is noodzakelijk voor het energiesysteem van de toekomst.

De provincie is voor een belangrijk deel van haar import van energie afhankelijk van de 380KVd hoogspanningslijn en het hoogspanningsstation bij Breukelen Kortrijk. Met de totstandkoming van de pocketstructuur binnen het Tennet-hoogspanningsnet, waarmee de netcapaciteit wordt vergroot, wordt de afhankelijkheid van het hoogspanningsstation Breukelen Kortrijk alleen maar groter. Daarmee is het verminderen van de afhankelijkheid van het hoogspanningsstation bij Breukelen Kortrijk van groot belang. Ook bij andere transformatorstations zou het goed zijn om opslagcapaciteit binnen het netvlak tot stand te brengen om afhankelijkheid van het bovenliggende netvlak te verminderen. Dit zou ook vorm kunnen krijgen door het centraal coördineren van kleine batterijen. Verschillende bedrijven richten zich hier al op en dat kan helpen netcongestie te verminderen.

## B.2 Duurzame koolstof

Op dit moment zijn fossiele koolstoffen (aardgas en aardolieproducten) de belangrijkste bron van energie binnen ons energiesysteem, zowel voor de opwek van warmte als in de vorm van brandstoffen voor mobiliteit. In 2022 werd er voor 9,7 TWh aan aardgas gebruikt in de provincie en voor 10,1 TWh aan energie in verkeer en vervoer. Er is daarnaast een kleine rol voor duurzame



koolstoffen in het energiesysteem, primair voor de productie van groengas en bij de verbranding van laagwaardige houtachtige biomassa voor warmteproductie. In het klimaatneutrale energiesysteem van de toekomst zal de inzet van koolstoffen voor energie worden beperkt. Er blijft echter wel een rol in het energiesysteem voor duurzame koolstoffen terwijl fossiele koolstoffen worden uitgefaseerd.

Met de term duurzame koolstoffen worden verschillende materialen bedoeld. Sommige biomassa zoals afval uit de voedings- en genotmiddelenindustrie (VGI) en groente-, fruit- en tuinafval (GFT) en mest uit de veehouderij, laat zich vergisten tot biogas dat op te wekken is tot groen gas.

Laagwaardige houtachtigen, zoals snoeihout, en grassen zijn vormen van droge biomassa die zich lastig laten vergisten maar wel kunnen worden verbrand om als energiebron te worden ingezet. Andere vormen van duurzame koolstoffen zijn gerecyclede koolstoffen (bijvoorbeeld gerecyclede kunststoffen zoals plastic die niet voor energieproductie zullen worden ingezet) en synthetische brandstoffen. In de provincie wordt biomassa in de vorm van houtachtige biomassa gebruikt in biomassacentrales en in de vorm van groengas via het reguliere gasnet. Verder worden er biobrandstoffen gebruikt (primair door het bijmengen bij benzine) maar er worden geen biobrandstoffen geproduceerd. Een deel van de verzamelde biomassa in de provincie, bijvoorbeeld gebruikte oliën en vetten, wordt gebruikt voor de productie van biobrandstof elders.

De provincie heeft op basis van een onderzoek van 2020 voldoende biomassa beschikbaar om voor 0,778 TWh aan bio-energie op te wekken.

Biomassa groep	Aanbod in kton/jaar	Bio-energie in TJ	Bio-energie vorm
Houtachtige biomassa	20	174	Verbranden, warmte
Huishoudelijk afval	(356)	(890)	Export, energieproductie elders
Groente-, fruit- en tuin afval	180	289	Vergisten, gasmotor WKK of W
Dierlijke mest	2.869	1.607	Vergisten, gasmotor WKK of W
Bermgras	82	355	Vergisten, gasmotor WKK of W
RWZI slib	22 kton DS	100	Vergisten, gasmotor WKK of W
VGI afval	142	278	Vergisten, gasmotor WKK of W
<b>Totaal</b>	<b>3.315 kton/jaar</b>	<b>2.803</b>	<b>Exclusief huishoudelijk afval</b>
<b>Totaal, afgerond</b>	<b>3,3 miljoen ton</b>	<b>2,8 PJ</b>	

Tabel 3 Bio-energiepotentieel uit de provincie Utrecht uit Bio-energie in de provincie Utrecht, RoyalHaskoningDHV, 16-12-2020

Tabel 3 geeft aan wat er beschikbaar is als biomassa voor bio-energie. Er is meer biomassa in de provincie, maar dat is van hoogwaardige kwaliteit. Gebruik voor andere doeleinden, zoals bijvoorbeeld bouwhout, ligt daarom meer voor de hand.

Een groot deel van deze bio-energie wordt al gewonnen, bijvoorbeeld door bestaande biovergisters en winning bij Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Ook kent de provincie reeds een aantal biomassacentrales waar houtachtige biomassa wordt verbrand.

Het NPE is helder over haar visie op de inzet van koolstoffen. Het kabinet zet in op de maximalisering van de productie van groene energie, onder meer door het introduceren van een bijmengverplichting van groen gas. Op termijn (richting 2050) zijn koolstoffen echter bedoeld voor sectoren waar de rol van duurzame koolstof onvermijdelijk is: internationale mobiliteit, voor niet-energetische



toepassingen als grondstof in de (chemische) industrie en voor het tot stand brengen van negatieve emissies. Voor binnenlandse mobiliteit, landbouw en in de gebouwde omgeving moet de inzet zo veel mogelijk worden geminimaliseerd. Dat betekent dat deze Energievisie groen gas na 2040 niet als een kernonderdeel van het warmtesysteem ziet.

Wel is het voor de periode voor 2040 een basis voor het diversifiëren van het energiesysteem met bijvoorbeeld hybride warmtepompen, waardoor aard- en groengas een rol blijft spelen in de warmtetransitie. Door na 2030 geen nieuwe hybride warmtepompen meer te plaatsen kan richting 2040 het gebruik ervan worden afgebouwd. In lijn met de NPE ziet deze Energievisie de rol van duurzame koolstoffen op termijn alleen als energiebron voor het opvangen van een piekvraag bij weinig opwekcapaciteit, bij de totstandbrenging van negatieve CO<sub>2</sub>-transport waar waterstof geen oplossing is.

De rol van duurzame koolstoffen is op termijn alleen als energiebron voor het opvangen van piekvraag bij weinig opwekcapaciteit, bij de totstandbrenging van negatieve CO<sub>2</sub>-emissies en voor zeer zwaar transport waar waterstof geen oplossing is.

### B.3. Warmte

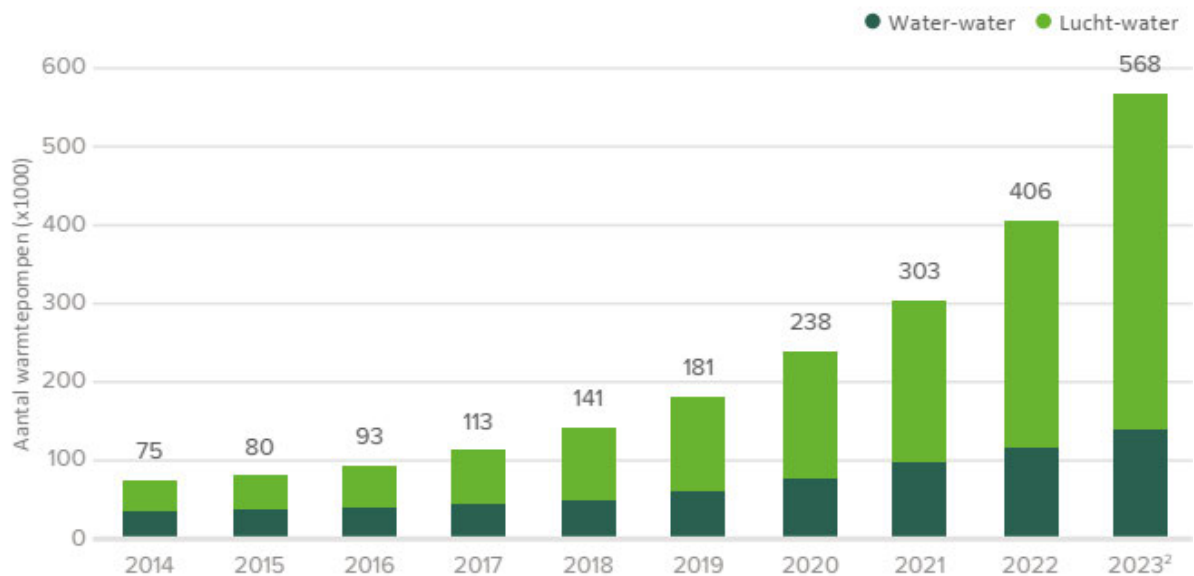
Warmte wordt gedefinieerd als de warmteoplossingen die gebruikt worden om gebouwen te verwarmen. Er is voor 9,7 TWh aan aardgas gebruikt in de provincie Utrecht in 2022, een groot deel daarvan was voor warmte. Daarnaast is er voor 1,8 TWh aan stadswarmte gebruikt in 2022. In 2021 werd er daarnaast 0,45 TWh aan duurzame warmte, niet zijnde stadswarmte, gebruikt. Sinds 1 juli 2018 is nieuwbouw aardgasvrij en vanaf 2026 is een hybride warmtepomp de standaard voor het verwarmen van woningen. Vanaf dat moment is het alleen onder specifieke omstandigheden toegestaan een nieuwe hr-ketel te installeren om een woning alleen op gas te verwarmen.

Er zijn ruwweg twee vormen van warmteoplossingen: collectieve en individuele oplossingen. Een deel van deze oplossingen is ook in staat om gebouwen te koelen. Met het warmer worden van het klimaat wordt koelen een steeds grotere opgave.

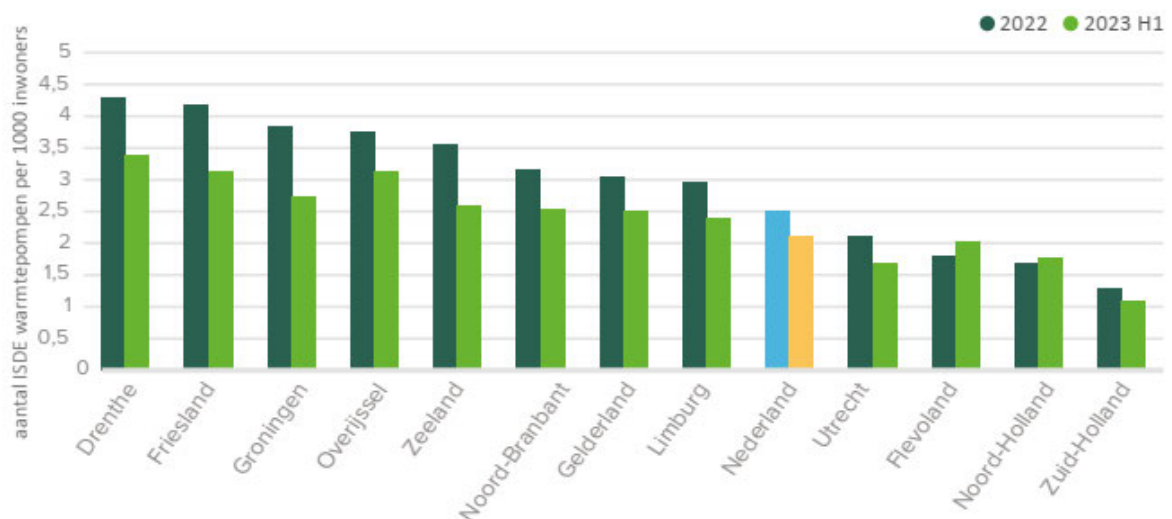
#### B.3.1. Individuele oplossingen

Individuele oplossingen zijn gebouwgebonden oplossingen waarbij binnen het gebouw warmte wordt opgewekt. Dit betreft momenteel primair gasketels, maar zal zich ontwikkelen naar warmtepompen en hybride warmtepompen. Verder kan er ook gebruik worden gemaakt van een biomassaketel (meestal op basis van pellets) en zonneboilers. Voor de provincie Utrecht is er bij het opstellen van deze Energievisie geen data gevonden over het gebruik van biomassaketels en zonneboilers, maar het beeld is dat de toepassing hiervan minimaal is.

Voor warmtepompen is er een duidelijke groei in Nederland, al betreft het nog steeds een beperkt deel van de bouwvoorraad (in totaal zijn er ongeveer 8 miljoen gebouwen in Nederland).



Figuur 10 Prognose aantal opgestelde warmtepompen in Nederland (bron Nationaal warmtepomp Trendrapport 2024)



Figuur 11 Aantal nieuwe warmtepompen per 1000 inwoners (bron Nationaal warmtepomp Trendrapport 2024)

Dit is niet gelijk verdeeld over alle provincies. De provincie Utrecht loopt achter op het landelijke gemiddelde, vermoedelijk omdat hier meer onduidelijkheid is over de uiteindelijke warmteoplossing dan in landelijk gebied. Tegelijkertijd neemt het aantal warmtepompen wel toe, al zijn recent berichten dat de groei van de verkoop van warmtepompen afvlakt. De groei van de verkoop van warmtepompen gaat ten koste van het aantal verkochte gasketels. Ongeveer de helft van de warmtepompen die in bestaande bouw zijn geïnstalleerd is een hybride warmtepomp, waardoor een deel van de gasvraag in de nabije toekomst blijft.

Warmtepompen werken efficiënt omdat ze warmte uit de omgeving gebruiken om warmte in het gebouw af te geven. De efficiency van een warmtepomp wordt gemeten in de COP (Coëfficiënt of Performance). Dit getal geeft aan hoeveel energie er nodig is om warmte-energie op te wekken. Voor gasketels ligt deze COP rond de 0,9. Dat betekent dat 90% van de energie in het gas wordt omgezet in warmte-energie. Een moderne warmtepomp heeft een COP die beduidend hoger ligt. Bij een COP van 4 betekent dat bijvoorbeeld dat er per kWh elektriciteit 4 kWh warmte wordt afgegeven. De uiteindelijke COP hangt echter sterk af van het temperatuurverschil dat een warmtepomp moet overbruggen. Hoe kleiner dat verschil, hoe efficiënter de warmtepomp. Dat betekent dat een

warmtepomp efficiënter is als de gewenste eindtemperatuur niet te hoog is en de bron van de warmte niet te koud is. Hierdoor is een water-waterwarmtepomp (die warmte haalt uit water, bijvoorbeeld grondwater of oppervlaktewater) efficiënter dan een luchtwarmtepomp want de buitentemperatuur fluctueert meer.

Voor veel plekken, bijvoorbeeld in het landelijk gebied, in de provincie Utrecht zijn (hybride) warmtepompen de beste oplossing omdat een collectieve oplossing niet mogelijk is doordat de warmtevraag per hectare te klein is voor een rendabel warmtenet. Daarbij ziet deze Energievisie hybride warmtepompen, in navolging van de NPE, op termijn alleen als een eindoplossing als andere alternatieven niet redelijkerwijs haalbaar zijn. Op korte termijn zijn hybride warmtepompen een manier om te voorkomen dat er te eenzijdig op elektriciteit geleund wordt vóór er voldoende opwek, opslag en transportcapaciteit is om de provincie van elektriciteit te voorzien. Hybride warmtepompen vragen duurzame gassen die te beperkt beschikbaar zullen zijn vanaf 2040, en daarmee dus duur, om te worden ingezet voor het verwarmen van individuele woningen. Daarnaast vragen hybride warmtepompen het instandhouden van de gasinfrastructuur, wat extra kosten met zich meebrengt.

Hybride warmtepompen zijn een goede manier om te voorkomen dat er te zwaar geleund wordt op elektriciteit voor individuele warmteoplossingen maar zijn vanaf 2030 alleen een eindoplossing voor de warmtevoorziening van gebouwen als andere alternatieven niet redelijkerwijs haalbaar zijn doordat het gebouw slecht isoleerbaar is.

### B.3.2. Collectieve oplossingen

Bij collectieve oplossingen gaat het om warmtenetten (klein of groot) om buiten het gebouw opgewekte warmte te distribueren naar gebouwen. Warmtenetten zijn een logische oplossing als er veel warmtevraag is per hectare (wijken met een grote dichtheid, bijvoorbeeld door gestapelde bouw) en er een goede warmtebron in de buurt (te maken) is. De warmte uit een warmtenet kan op zichzelf voldoende zijn of het kan dat de warmte elektrisch moet worden opgewaardeerd. Het opwaarderen gaat in de regel met een warmtepomp.

Voor warmtenetten zijn er pompen nodig om de warmte (in de vorm van warm water) te distribueren. Daarmee vraagt het laten functioneren van een warmtenet elektriciteit. Deze elektriciteitsvraag is doorgaans wel veel lager dan bij individuele warmtepompen en de elektriciteit hoeft niet via het laagspanningsnet te worden gedistribueerd, wat het energiesysteem stabiel en goedkoper maakt. De keuze van de warmtebron voor een warmtenet is een belangrijke bepaler van de uiteindelijke elektriciteitsvraag.

Er zijn bij collectieve oplossingen verschillende varianten mogelijk. Het belangrijkste vraagstuk is op welke temperatuur de warmte wordt aangeleverd. Warmtenetten worden onderverdeeld in vier varianten:

- Hoge temperatuur (HT). Een HT-warmtenet levert warmte met een temperatuur van meer dan 75°C. Dit betekent dat slecht geïsoleerde gebouwen ook aangesloten kunnen worden, maar het vraagt ook een hoge temperatuur van de warmtebron om het systeem te voeden en een grondig geïsoleerd buizensysteem. Daarmee is aanleg en onderhoud duur en materiaal intensief.
- Midden temperatuur (MT). Een MT-warmtenet levert warmte met een temperatuur tussen de 55°C en 75°C. Doordat de temperatuur meer dan 55°C is, kan het direct worden gebruikt voor warm kraanwater. Met een MT-warmtenet hoeven gebouwen maar beperkt geïsoleerd te zijn. Afhankelijk van de temperatuur van het net kunnen gebouwen met energielabel D (bij hogere temperatuur) tot B (bij lagere temperatuur) goed verwarmd worden.

- Lage temperatuur (LT). Een LT-warmtenet levert warmte met een temperatuur tussen de 30°C en 55°C. Met deze temperaturen is er in het gebouw een separate oplossing nodig om warm water te genereren. Dat kan een boosterwarmtepomp of een e-boiler zijn. Een LT-warmtenet kan alleen als de gebouwen goed geïsoleerd zijn en zijn uitgerust met ofwel vloerverwarming ofwel lage-temperatuur radiatoren.
- Zeer lage temperatuur (ZLT), ook wel bronnet genoemd. Een ZLT-warmtenet levert warmte met een temperatuur tussen de 10°C en 30°C. Dat betekent dat in elk gebouw ook een warmtepomp aanwezig moet zijn om de temperatuur op voldoende niveau te krijgen om het gebouw te verwarmen (of, indien dit handiger is, een warmtepomp om voor meerdere gebouwen de temperatuur te verhogen buiten het gebouw waarmee een klein MT of HT warmtenet ontstaat). Tevens dient er een oplossing te zijn voor het opwekken van warm kraanwater. ZLT-warmtenetten zijn ook in staat om woningen te koelen.

In de provincie Utrecht zijn er momenteel meerdere warmtenetten, waarvan de grootste het warmtenet van Utrecht en Nieuwegein is. Daarnaast zijn er warmtenetten in Amersfoort, Houten en Veenendaal. Het grootste deel van de warmtenetten in de provincie Utrecht zijn HT-warmtenetten. Die warmtenetten worden momenteel door meerdere bronnen gevoed, maar in de meeste gevallen speelt biomassa een belangrijke rol. In de wijk De Mossen in Houten is ook een ZLT-net aangelegd waarmee warmte uit oppervlaktewater wordt gebruikt als duurzame bron om 425 woningen van warmte te voorzien. Daar waar aardgas nog een rol speelt als piekvraagleverancier voor warmtenetten of wanneer het warmtenet wil afstappen van biomassa als warmtebron, is er nog investering nodig in het verduurzamen van het warmtenet.

Voor warmtenetten is het belangrijk te beseffen dat het aanleggen van een warmtenet gepaard gaat met grote financiële en maatschappelijke kosten die, in tegenstelling tot de investeringen voor het elektriciteitsnet en het gasnet, niet gesocialiseerd worden. Daarbij zijn de kosten voor het aanleggen van een warmtenet hoog. Dat betreft dan voorbereidingskosten, graafkosten en materiaalkosten. De maatschappelijke kosten zitten in de overlast door de werkzaamheden en het feit dat een wijk die overgaat op een warmtenet overtuigd moet worden om deze overstap te doen. De vuistregel is dat binnen drie jaar tijd 70% van een wijk moet zijn overgestapt om de businesscase van een warmtenet rond te kunnen krijgen. Om dat te bereiken is een intensief voorlichtingstraject nodig. Het ingewikkelde daarbij is dat mensen moeten worden verleid om een nieuwe stap te zetten terwijl de mogelijkheid van het blijven verwarmen met gas open staat. Met de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransities (Wgiw) krijgen gemeenten de bevoegdheid om gebieden aan te wijzen die voor een bepaalde datum overgaan op een duurzaam alternatief ter vervanging van aardgas. Dan is voor de inwoners vanaf die datum de mogelijkheid om aardgas te gebruiken beëindigd.

Warmtenetten hebben een warmtebron nodig. Daarvoor zijn in de provincie Utrecht de volgende potentiële bronnen:

- Aardwarmte/geothermie. Aardwarmte wordt gewonnen uit heet water dat zich vanaf 500 meter diepte in de ondergrond bevindt. De aardwarmte-installatie pompt dit water omhoog; draagt de warmte via een warmtewisselaar over naar een warmtenet, waarna het afgekoelde water wordt teruggebracht in de ondergrond. Aardwarmteprojecten zijn op meer dan 20 locaties in Nederland gerealiseerd. In Utrecht nog niet. Dit heeft er mee te maken dat de kennis over de (diepe) ondergrond en daarmee de potentie van aardwarmte in de provincie Utrecht nog beperkt is. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen, worden in en nabij de provincie drie wetenschappelijke boringen uitgevoerd. Deze drie boringen geven naar verwachting veel aanvullende informatie over de diepe ondergrond en de potentie van aardwarmte in de diepere gesteentelagen. Met deze aanvullende informatie kan er met meer

zekerheid iets gezegd worden over de winbaarheid van aardwarmte. Verder moet er bij de verdere realisatie goed gekeken worden onder welke (ruimtelijke) voorwaarden aardwarmte mogelijk is. Het is belangrijk om effecten te voorkomen voor het grondwater waaruit drinkwater wordt gewonnen. Aardwarmte kan een belangrijke bron zijn voor de provincie Utrecht omdat er zeer veel warmte-energie mee gewonnen kan worden en het weinig aanvullende elektriciteit vraagt. Wel is de ontwikkeling en winning van aardwarmte kostbaar.

- **Aquathermie.** Aquathermie is de verzamelterm voor duurzaam verwarmen en koelen met water. De techniek benut beschikbare warmte en/of koude uit water. De bron van deze thermische energie is oppervlaktewater (TEO), afvalwater (TEA) of drinkwater (TED). Die warmte wordt met een warmtewisselaar gewonnen. Een warmtenet transporteert de warmte en koude van de bron naar de gebouwen om deze direct te verwarmen/koelen. Vaak is de beschikbare koude/warmte nodig in een ander seizoen dan dat deze beschikbaar is. In dat geval wordt koude/warmte opgeslagen via een open bodemenergiesysteem om het vervolgens in het juiste seizoen te kunnen gebruiken. Omdat oppervlaktewater in de provincie breed beschikbaar is, is dit een belangrijke potentiële bron voor warmtenetten. Het is overigens als bron niet geschikt voor HT-netten en bij MT-netten is de elektriciteitsvraag hoog. Daarmee is aquathermie in al haar vormen primair geschikt voor LT- of ZLT-warmtenetten. Daarnaast vraagt deze bron altijd een bepaalde mate van elektrische hulpenergie.
- **Biomassa.** Biomassa kan in haar verschillende vormen worden gebruikt als primaire- of als hulpenergiebron voor warmtenetten. Het gebruik van biomassa is in de omgevingsvisie aan voorwaarden verbonden en de omgevingsvisie wil op termijn de inzet minimaliseren. Biomassa met een vorm van Carbon Capture technologie zou een goede manier kunnen zijn om negatieve CO<sub>2</sub>-emissies tot stand te brengen, mits een goede oplossing wordt gevonden om de CO<sub>2</sub> op te slaan en de bron van biomassa duurzaam en gecertificeerd is. In de omgevingsverordening zijn er criteria opgenomen waar het gebruik van biomassa aan moet voldoen.
- **Restwarmte.** Veel industriële processen generen of vragen warmte. Deze warmte kan vaak worden gewonnen om een warmtenet te voeden. Dat kan zowel bij grote processen (bijvoorbeeld een glasfabriek, datacentrum of de waterstofinfrastructuur) als bij kleinere bronnen (bijvoorbeeld de koeling van een supermarkt). Veel van deze restwarmtebronnen worden momenteel niet gebruikt. Het inzetten van het maximaal gebruik van restwarmte is een belangrijke randvoorwaarde van een efficiënt energiesysteem. In de Wet Collectieve Warmte is wettelijk geregeld dat bedrijven om niet moeten meewerken aan het beschikbaar stellen van restwarmte, het zogenaamde ophaalrecht.
- **Overige bronnen.** De belangrijkste overige bron is een grootschalige warmtepomp waarbij centraal warmte worden gegenereerd, wat in veel gevallen efficiënter is dan individuele warmtepompen en alvast warmteopslag beter mogelijk maakt. Dit kan ook in de vorm van een e-boiler, die direct ook een warmtebuffer vormt. Ook zonne-thermie, waarbij ofwel uit zonne-energie elektriciteit en warmte wordt gewonnen of alleen warmte, is een bron voor warmtenetten. Daarbij is warmteopslag cruciaal.

Vanwege het streven naar een zo groot mogelijk aandeel opgewekte duurzame energie van eigen bodem moet alle duurzame warmtebronnen zo maximaal mogelijk worden benut.

### B.3.3. Warmtebuffering

Warmte wordt vooral in de winter gebruikt. Om ervoor te zorgen dat de warmte die in de zomer wordt opgewekt ook in de winter gebruikt kan worden, is warmteopslag nodig. Warmte kan onder andere worden opgeslagen in water, zout, lucht of gesteenten. Warmteopslag is bij uitstek lokaal, omdat bij transport veel warmte verloren gaat. Naast seizoensopslag is er ook kortetermijn-opslag om de piekwarmtevraag in de avond beter te kunnen spreiden over de dag of om de piekvraag op het elektriciteitsnet te vermijden.

Er zijn drie mogelijkheden om warmte op te slaan:

- In de ondergrond, in de vorm van een WKO-installatie. Daarbij is de vraag op welke temperatuur dit gebeurt. Een hogere temperatuur laat meer warmteopslag toe. Op dit moment is vooral opslag op temperaturen tot 25°C gangbaar.
- In buffervaten, ofwel in watervaten ofwel in steen. Dit is op dit moment vooral kleinschalig toepasbaar en meer geschikt voor kortstondige opslag.
- Chemisch, in bijvoorbeeld faseverandering van materialen. Hier zijn oplossingen op de markt, maar die zijn zeer kleinschalig.

Van deze oplossingen is op dit moment alleen opslaan in de ondergrond een daadwerkelijk volwassen oplossing die grootschalig wordt toegepast in Nederland. Ook in de provincie Utrecht wordt deze toegepast, waarbij het wel belangrijk is om de aard van de verschillende belangen in de ondergrond goed af te wegen. Bij waterwingebieden is het bijvoorbeeld niet toegestaan en ook de stroomrichting van ondergrondse waterstromen moet goed in kaart worden gebracht om de aanvaardbaarheid van ondergrondse opslag aan te tonen. Het is echter wel de beste manier om grootschalig warmte op te slaan en dat is nodig om warmte die in de zomer is opgewekt in de winter te kunnen inzetten. Het mogelijk maken van warmteopslag in de bodem is een belangrijke drager onder het ontwikkelen van warmtenetten en vooral onder het beter opvangen van de piek warmtevraag, en is daarmee randvoorwaardelijk voor het ontwikkelen van het energiesysteem van de toekomst. Een belangrijk vraagstuk daarbij is de temperatuur van de warmte die in de bodem wordt opgeslagen. Met een hoge temperatuur opslag (opslag met een temperatuur boven de 25°C) is meer warmte op te slaan. De effecten op de bodemgesteldheid moeten dan wel aanvaardbaar zijn en worden momenteel nog onderzocht.

Warmteopslag moet grootschalig worden opgepakt voor het beter opvangen van de piekwarmtevraag.

### B.4. Waterstof

In 2050 zal waterstof een belangrijke energiedrager vormen. Op dit moment kent de provincie Utrecht maar beperkte productie en gebruik van waterstof. Landelijk wordt waterstof vooral gebruikt voor industriële en chemische processen, bijvoorbeeld voor kunstmestproductie. In de toekomst zal waterstof in de provincie Utrecht vermoedelijk vooral gebruikt worden voor het leveren van seizoensopslag van energie, hoge temperaturen voor industriële processen en voor het aandrijven van mobiliteit. Ander gebruik is vaak niet efficiënt.

Op dit moment wordt waterstof primair geproduceerd door aardgas met stoomreforming om te zetten in waterstof en CO<sub>2</sub>, waarmee dus veel CO<sub>2</sub> vrijkomt (dit noemt men grijze waterstof). In principe kan die CO<sub>2</sub> worden afgevangen en worden opgeslagen. Er is discussie over hoe effectief dit proces is. Voor de provincie Utrecht is niet het beeld dat er voldoende vraag naar waterstof zal zijn om grootschalig waterstof met stoomreforming te produceren en dit is ook onwenselijk vanwege de CO<sub>2</sub> uitstoot die samengaat met stoomreforming. Het is ook mogelijk om waterstof door elektrolyse

te produceren. Hierbij wordt water door middel van elektrische stroom gesplitst in waterstof en zuurstof. Als dit met duurzame stroom gebeurt, wordt gesproken over groene waterstof.

In de toekomst worden drie grote bronnen van groene waterstof in Nederland verwacht:

- Import vanuit een Europees buisleidingennetwerk of via tankers in de vorm van ammoniak (RVO verwacht de eerste import van waterstof via ammoniak in 2027) of bevroren als vloeibaar waterstof,
- Grootschalige elektrolyse op zee of langs de kust waar elektriciteit opgewekt op de Noordzee wordt omgezet in waterstof en
- Lokale elektrolyse. Er komt een 2,1 MW-elektrolyser in Nieuwegein. In Woerden en Vianen en op Lage Weide wordt ook gedacht over het installeren van een elektrolyser.

De provincie Utrecht zal maar beperkt aangesloten zijn op het internationale waterstof-pijpnetwerk. Er is in het nationale Programma Energiehoofdstructuur (PEH) een aftakking van het waterstofnetwerk naar het bedrijventerrein Lage Weide voorzien om elektriciteitsopwekking met gascentrales daar mogelijk te maken. Onduidelijk is of deze aftakking er daadwerkelijk komt en hoe deze aftakking zal lopen.

Voor het overige zal de provincie in het komende decennia moeten vertrouwen op lokale elektrolyse van waterstof. Op termijn kan er mogelijk ook via rivierschepen ammoniak worden aangevoerd. Ammoniak wordt als methode benoemd om waterstof in vloeibare vorm te vervoeren. Ammoniak laat zich ontleden in waterstofgas en stikstofgas en is, ondanks de giftigheid van ammoniakgas die grootschalige ammoniaktransporten erg risicovol maken, makkelijker te hanteren dan waterstof. Waterstof is door de vluchtigheid van het gas en de noodzaak om het onder hoge druk te houden lastiger te hanteren.

Elektrolyse kent momenteel een efficiency van ongeveer 80%. Voor het overige wordt de elektriciteit omgezet in warmte. In principe zou een deel van deze warmte terug kunnen worden gewonnen als restwarmte. Voor grootschalige elektrolyse zou dit betekenen dat de locatie van de elektrolyzers invoeding in een warmtenet mogelijk moeten maken. Indien elektrolyse wordt gebruikt om overtollige stroom in waterstof om te zetten als seizoensreserve, dan is dat vermoedelijk op momenten dat de warmtebehoefte nauwelijks aanwezig is. Wel kan de restwarmte die bij elektrolyse ontstaat in bijvoorbeeld een WKO-installatie worden opgeslagen. De businesscase hiervoor moet nog wel blijken.

Waterstof als seizoensopslag van energie kan worden ingezet voor het leveren van warmte in de winter als de reguliere warmtebron niet voldoende warmte oplevert (piekwarmte). Omdat waterstof duur en schaars wordt, ligt inzet voor reguliere warmtevoorziening niet voor de hand. Waterstof kan ook via een brandstofcel, een waterstofgasturbine of een waterstof-WKK installatie worden omgezet naar elektriciteit (en warmte). Hierbij is sprake van een efficiency van 50%-70%.

Waterstofopslag gebeurt meestal onder hoge druk. Dat levert ook verlies op. Het transport van waterstof gaat ook gepaard met enig verlies, waardoor er in de literatuur vaak sprake is van een efficiency van 25%-50% bij het gebruik van waterstof als energiereserve. Veel van het verlies is echter in de vorm van warmte, dat in principe deels terug te winnen is, en hangt af van de inrichting van de keten en de mogelijkheid het aantal tussenstappen te minimaliseren. Ook gaat de ontwikkeling van zowel elektrolyzers als van brandstofcellen snel. De kans is groot dat er in de nabije toekomst met beide processen nog grote efficiëntiestappen gezet worden.



Voor de provincie Utrecht is het een uitdaging dat er weinig plekken zijn waar waterstofgas in de ondergrond kan worden opgeslagen, omdat er in de provincie weinig tot geen mijnbouw, zoutwinning of gaswinning is geweest. Dat maakt opslaglocaties vinden moeilijk. Waterstof kan fysiek opgeslagen worden als een (gecomprimeerd) gas, cryogene vloeistof of met behulp van andere materialen waaraan het tijdelijk gebonden kan worden. De eerste twee vormen, en met name gecomprimeerd gas, worden vandaag het meeste toegepast. Waterstof wordt dan opgeslagen in composiet hogedrukvaten van 200, 350 of 700 bar. Compressie is nodig om de benodigde ruimte te beperken. Nadeel is dat er door het comprimeren 10 tot 15% van de energie verloren gaat, afhankelijk van de gewenste druk. Daarnaast blijft er ook bij opslag onder druk een behoorlijk ruimtebeslag indien er grootschalig waterstof moet worden opgeslagen. Daarom ligt opslag in de ondergrond op plekken waar wel mijnbouw heeft plaatsgevonden meer voor de hand. In het PEH wordt bij Lage Weide een aftakking van de nationale waterstofbackbone aangekondigd. Opgewekte waterstof zou daar ingevoerd kunnen worden en elders worden ondergronds worden opgeslagen.

Waterstof zal een rol spelen bij de seizoensopslag van energie, het opwekken van hoge temperaturen voor industriële processen, het leveren van piekwarmte in de gebouwde omgeving en het aandrijven van zware mobiliteit. Voor overige toepassingen is voor waterstof geen rol.

## C. De energiegebruikende sectoren

In dit hoofdstuk worden op basis van de indeling van de klimaattafels de energiegebruikende sectoren besproken om op die wijze inzicht te verkrijgen in de transities van het energiegebruik van de toekomst.

### C.1. Gebouwde Omgeving

Met de term gebouwde omgeving verstaat deze Energievisie zowel woonwijken, utiliteitsbouw (zoals scholen en winkelcentra), kantoren als een groot deel van de bedrijventerreinen. Bij industrie kijkt deze energievisie alleen naar de echt grote energiegebruikers conform de definitie die bij de klimaattafels gebruikt wordt. In deze paragraaf wordt ook het vraagstuk van nieuwbouw behandeld, waaronder we zowel nieuwe woningen, utiliteitsbouw als bedrijven verstaan. De energievraag van nieuwbouw is, door nieuwe energienormen, beduidend lager dan van bestaande bouw. Bij nieuwbouw zijn er daarnaast veel meer mogelijkheden om vanaf de planvorming te sturen op het slim inrichten van het energiesysteem binnen die ruimtelijke ontwikkeling. In de provincie Utrecht is er een grote bouwopgave waarbij deze opgave nog moet worden ingepast in het energiesysteem.

De elektriciteitsvraag die in de gebouwde omgeving ontstaat door elektrisch vervoer blijft hier buiten beschouwing omdat deze bij de paragraaf over mobiliteit terugkomt. Voor het energiesysteem is de energievraag van elektrische voertuigen wel van belang omdat elektrische voertuigen voor een belangrijk deel zullen worden opgeladen door publieke en private laadpalen in de gebouwde omgeving.

#### C.1.1. Bespaarmogelijkheden gebouwde omgeving

Het energiegebruik in de gebouwde omgeving bestaat uit twee componenten. Het energiegebruik door de apparaten in het gebouw en het energiegebruik voor het koelen en verwarmen van gebouwen en het leveren van warm water. Er werd in 2022 in de gebouwde omgeving voor 4 TWh aan elektriciteit gebruikt en voor 7 TWh aan gas (dit gasgebruik is niet allemaal voor warmteopwekking) en voor 1,8 TWh aan stadswarmte. In 2021 werd er daarnaast 0,5 TWh aan duurzame warmte gebruikt, niet zijnde stadswarmte.

##### C.1.1.1. Bespaarmogelijkheden apparaten

Voor het beperken van het energiegebruik van apparaten in gebouwen is de provincie Utrecht sterk afhankelijk van de ontwikkeling in Europa. Europese regelgeving is sterk gericht op het beperken van energiegebruik door normering. Onderdeel daarvan is communicatie naar consumenten via de energielabels van apparaten. Dit zou het energiegebruik in de gebouwde omgeving moeten terugdringen. Tegelijkertijd wordt er door de toegenomen welvaart ook meer apparatuur in de gebouwde omgeving gebruikt. Daarom gaat veel onderzoek uit van een instandhouding van de huidige vraag naar energie voor de niet-warmte gerelateerde energievraag in de gebouwde omgeving.

Voor de niet-warmte gerelateerde energievraag zijn er twee mogelijke besparingsroutes. De technische, waarbij op Europees niveau reeds beleid is ingezet om apparatuur energiezuiniger te krijgen en om niet-zuinige apparaten door nieuwe, zuinigere apparaten te vervangen. Daarnaast is het een kwestie van gedragsverandering. Mensen moeten ervoor zorgen dat de consumptie van energie zo veel mogelijk beperkt wordt door niet-nodeloos apparaten aan te laten staan. Daar kan verdere bewustwording en een prijsprikkel werken.

### C.1.1.2. Energiebesparingsmogelijkheden warmtevraag

In de provincie Utrecht zijn veel gebouwen (nog) niet goed geïsoleerd. Daarbij is soms zelfs niet bekend wat de staat van isolatie van de woning is. Er is dus een kans dat er meer slecht geïsoleerde woningen zijn. Tegelijkertijd zit er een vertraging in het toekennen van energielabels. Doorgaans wordt een energielabel aangevraagd voorafgaande aan de verkoop van een gebouw, terwijl de koper vaak overgaat tot verbouwing waarbij geïsoleerd wordt. Bij verhuur werkt dit mechanisme maar beperkt, daar wordt vaak voorafgaand aan verhuur verbouwd.

In de gebouwde omgeving is bij veel woningen nog spraken van een slechte isolatie. Het energiegebruik van woningen wordt in labels gevangen:

G – Zeer hoog energieverbruik – >380 kWh per vierkante meter;  
F – Hoog energieverbruik – 335 < 380 kWh per vierkante meter;  
E – Redelijk hoog energieverbruik – 290 < 335 kWh per vierkante meter;  
D – Gemiddeld energieverbruik – 250 < 290 kWh per vierkante meter;  
C – Redelijk laag energieverbruik – 190 < 250 kWh per vierkante meter;  
B – Laag energieverbruik – 160 < 190 kWh per vierkante meter;  
A – Zeer laag energieverbruik – 105 < 160 kWh per vierkante meter;  
A+ – Zeer laag energieverbruik – 75 < 105 kWh per vierkante meter;  
A++ – Zeer laag energieverbruik – 50 < 75 kWh per vierkante meter;  
A+++ – Zeer laag energieverbruik – < 50 kWh per vierkante meter;  
A++++ – 0 kWh per vierkante meter.

Belangrijk is hierbij wel om aan te tekenen dat een A++++ woningen nog steeds impact heeft op het energienetwerk. Het energiegebruik van de woning wordt weggenomen door de opwek van de woning, doorgaans voor elektriciteit met zonnepalen. Dit levert in de zomer overtollige elektriciteit op en in de winter en nacht is er een vraag naar energie van buiten. In principe kan een woning worden gebouwd zonder dat er een energievraag is van buiten de woning, maar door de prijs van batterijen is dit erg duur en niet doelmatig.

Er zijn meerdere mogelijkheden om overheidshulp te krijgen bij isoleren. De praktijk is dat niet alle inwoners overgaan tot isolatie, zelfs als er vouchers beschikbaar zijn waarmee de kosten (grotendeels) elders worden neergelegd. Inwoners vinden de rompslomp beangstigend en, zeker als de bewoners van een woning op leeftijd zijn, is men niet altijd bereid om de overlast te aanvaarden. Daarom is bij de isolatieopgave ontzorgen belangrijk. Ook helpt het als positieve ervaringen van burens breder gedeeld worden. Een belangrijk element in het nemen van de stap om te verduurzamen zijn positieve ervaringen van bekende derden.

Het Nationaal Isolatie Programma stelt als doel om deze groep extra te ondersteunen en slecht geïsoleerde woningen zo snel mogelijk uit te faseren. Daarnaast ervaren veel bewoners die willen verduurzamen problemen bij het vinden van een startpunt. Sommigen zijn niet bekend met subsidiemogelijkheden, vinden deze ingewikkeld en onzeker, hebben wel spaargeld maar andere prioriteiten dan verduurzaming, of hebben moeite met lenen. Bovendien is het verduurzamen van een woning een complexe taak die voor bijna elke woning en bewoner een unieke uitdaging vormt. Technisch en financieel advies en begeleiding zijn nodig en gemeenten helpen hier doorgaans mee. Offertes zijn lastig te begrijpen en te vergelijken, waardoor het vinden van de juiste oplossing nog moeilijker wordt. Tot slot kampen veel woningeigenaren met problemen zoals een slechte fundering, asbest, vochtige kruipruimtes, koudebruggen en achterstallig onderhoud, waardoor verduurzaming

nog uitdagender wordt. Daarom is ondersteuning essentieel, zelfs als bewoners zelf aan de slag willen gaan.

Drie andere belangrijke partijen in de isolatieopgave zijn woningbouwcorporaties, andere verhuurders en VvE's. Voor de eerste twee geldt dat zij vanaf 2030 geen woningen met energielabel E, F of G mogen verhuren. Woningbouwcorporaties nemen daarnaast al een tijd een rol in het isoleren van hun woningbezit zodat hun bewoners lagere stookkosten hebben. Ook veel andere verhuurders doen dit, ook omdat het de verhuuropbrengsten doet stijgen. Tegelijkertijd is er bij veel verhuurders nog spraken van stilstand. VvE's hebben een eigen rol in het isoleren van woningen, een rol die ze niet altijd nemen omdat de belangen van de leden van een VvE niet altijd synchroon lopen.

Naast de warmtevraag geldt in de toekomst vermoedelijk ook de koudevraag. Als het klimaat opwarmt, zal dit een koudevraag opleveren. Deze koudevraag invullen met airconditioning gaat een impact hebben op de leefbaarheid van de stedelijke omgeving (hitte-eilanden) en is niet energie-efficiënt. Ook voor koude zijn er isolatiemaatregelen om te voorkomen dat woningen nodeloos opwarmen. Overheden ondersteunen isolatie voor het beperken van de warmtevraag, die deels ook effect heeft op de koudevraag, maar richten zich beperkt niet op het koudevraagstuk. In de toekomst wordt koude een groter vraagstuk. Daarbij zou het goed zou zijn de koudevraag via specifieke isolatiemaatregelen te beperken zodat die niet nodeloos via elektronisch actieve koeling gaat. Actieve koeling vindt weliswaar plaats in perioden dat er overdag veel zonne-energie voorradig is, maar het leidt tot ondoelmatig energiegebruik en gedurende nachten zullen mogelijk reserves moeten worden aangesproken.

Op dit moment is er zowel voor het beperken van energieconsumptie voor niet-warmte gerelateerde energievraag als voor warmte gerelateerde energievraag voor veel mensen nog een te kleine prikkel om energie te besparen. Voor beide geldt ook dat er een gedragscomponent is aan het beperken van de energievraag. Specifiek voor de warmtegerelateerde energievraag is er ook de isolatieopgave. Door te isoleren kan de energievraag sterker beperkt worden. Voor het energiesysteem van de toekomst is het beperken van de energievraag van groot belang.

Percentage gelabelde woningen met geldig energielabel - 2023 - Provincie Utrecht	
Woningen met energielabel A t/m A++++	39,8%
Woningen met energielabel B	15,2%
Woningen met energielabel C	23,1%
Woningen met energielabel D	9,3%
Woningen met energielabel E	5,6%
Woningen met energielabel F	3,7%
Woningen met energielabel G	3,2%
<b>60,5% van de woningen heeft een geldig energielabel</b>	

Tabel 4: Bron Klimaatmonitor

### C.1.2. Transitiepaden warmtevraag gebouwde omgeving

Zoals in paragraaf 3.3 is aangegeven, zijn er twee mogelijke routes om aan de warmtevraag te voldoen; de individuele en de collectieve oplossing. Welke oplossing gekozen wordt, hangt primair af van gemeenten (burgers kunnen bij elkaar komen om een collectieve warmteoplossing gezamenlijk mogelijk te maken, maar hier is doorgaans steun van de gemeente essentieel). Gemeenten beschrijven in de Transitievisie Warmte (TVW) en straks in het verplichte warmteprogramma onder de omgevingswet welke warmteoplossingen binnen de gemeente voor elke wijk gekozen wordt. Er is ook de mogelijkheid om aan te geven dat hier nog geen duidelijkheid over is. Veel TVW's richten zich

primair op de isolatieopgave en hebben nog maar beperkt keuzes gemaakt voor de warmteoplossing. In veel TVW's is alleen daar waar de businesscase zeer duidelijk was een keuze gemaakt, bijvoorbeeld doordat een goede warmtebron dicht bij een wijk met een grote dichtheid en warmtevraag ligt.

In de aanloop van het schrijven van deze Energievisie is met gemeenten een tweetal warmteateliers georganiseerd waarin meerdere scenario's voor de warmtetransitie de revue zijn gepasseerd.

	S1: max all-e	S2: TVW	S3: meer warmtenetten	S4: maximaal warmtenetten	S5: S3 zonder geothermie
Extra vermogen op LS netvlak	1.474 (+203)	1.271	1.150 (-121)	505 (-766)	1.171 (-100)
Direct extra vermogen op MS/HS netvlak (MW)*	36 (-15)	51	62 (+11)	81 (+30)	74 (+23)
Totaal extra vermogen op MS/HS netvlak (MW) **	1.215 (+147)	1.068	982 (-86)	485 (-583)	1.010 (-58)
Extra trafostations (middenspanningsruimtes)	2.948 (+407)	2.541	2.300 (-241)	1.010 (-1.531)	2.343 (-198)
Jaaropwek (GWh)	1.963 (+245)	1.718	1.576 (-142)	762 (-956)	1.620 (-98)
Extra opwek (aantal 6 MW windmolens)	99 (+12)	87	80 (-7)	38 (-49)	82 (-5)

In het derde scenario is er boven op de geplande warmtenetten in de TVW's (27% van de gebouwde omgeving) er in nog eens een extra 10% van de gebouwde omgeving met warmtenetten voorzien. Het scenario 4 wordt als niet realistisch gezien omdat daar te veel kosten mee gemoeid zijn. Daarmee zou inzetten op meer warmtenetten 110 MW minder piekvraag moeten opleveren, wat ruimte biedt voor ongeveer 50.000 extra woningen (Stedin gaat uit van een piekvraag van 15-25 MWp per 10.000 woningen).

Daarmee is er op dit moment weinig duidelijkheid over welke warmteoplossing gekozen gaat worden. De impact daarvan is groot.

Een keuze voor collectieve warmteoplossingen vraagt heel veel van gemeenten. Warmtenetten zijn lastig uit te rollen omdat de investeringslast fors is en inwoners overtuigd moeten worden om te participeren. Dit in een periode dat de financiering van gemeenten al onder druk staan. Het helpt niet dat warmtenetten bij veel mensen de vrees oproept dat kosten voor warmte zullen stijgen. Daarmee is er voor inwoners, behalve als ze hun hr-ketel moeten vervangen, geen financiële motivatie om over te stappen op een duurzaam alternatief. Een hoge gasprijs is een belangrijke motivator voor mensen om de overstap te maken naar de fossielvrije toekomst. Met de invoering van het Europese Emissie handelssysteem voor de gebouwde omgeving in 2027 (ETS 2) zal de gasprijs vermoedelijk oplopen omdat de prijs van de gekochte emissierechten verrekend wordt met de gasprijs die de consument betaald.

De kosten voor de individuele oplossing en voor de collectieve oplossing ontlopen elkaar in veel wijken maar beperkt. Bij het maken van studies om kosten tussen warmteoplossingen te maken, moeten veel aannames worden gedaan over de ontwikkeling van materiaalkosten, energieprijzen en rentelasten, waardoor een prijsverschil van 20% of minder wordt gezien als niet-significant vanwege de foutmarge. Dat betekent dat er op dat moment een veelheid van andere factoren relevant worden voor het kiezen van de warmteoplossing.

Vanuit het energiesysteem bekeken is vooral de noodzaak om energie op te slaan en het gebruiken van een veelheid aan warmtebronnen van belang. Met individuele warmteoplossingen is

warmteopslag beperkt mogelijk, en het is onmogelijk om restwarmte te gebruiken of andere warmtebronnen aan te spreken. Het benutten van lokale warmtebronnen zorgt ook, zoals in de NPE terecht benoemd, voor meer autonomie, stabielere energieprijzen en verlaging van de druk op de ruimte. Individuele oplossingen zijn voor minder daadkrachtige inwoners moeilijker te implementeren. Daarnaast is het ruimtebeslag van een warmtepomp groot voor kleine woningen. Een warmtepomp heeft vaak ook een negatief effect op de leefbaarheid door geluidsoverlast en hitte eilanden in de zomer. Dat pleit, vanuit het oogpunt van een efficiënt gebruik van energie-infrastructuur, ervoor om, waar mogelijk, te kiezen voor warmtenetten als de kosten van een collectieve oplossing niet significant afwijken van een individuele oplossing. De keuze is uiteindelijk aan gemeenten en de bewoners die een aanbod krijgen voor een warmtenet aansluiting.

De komende paar jaar zal er een keuze moeten worden gemaakt voor de warmteoplossing. Zonder keuze zal het aantal warmtepompen in buurten toenemen. Na de investering in een warmtepomp, waarvoor vaak ook de isolatie dient te worden verbeterend, is een warmtenet geen wenkend perspectief meer. Dan dient immers, via ofwel de vastrechtkosten of via de warmteprijs, de investering in het warmtenet te worden betaald. Daarom is het belangrijk dat er snel een keuze wordt gemaakt waar een warmtenet de passende warmteoplossing is. Het zou ook helpen als de Rijksoverheid enkel subsidies voor warmtepompen geeft als er zeker geen collectieve duurzame warmteoplossing met overheidsgeld zal worden aangelegd.

Kies waar mogelijk voor warmtenetten als de maatschappelijke kosten van een collectieve oplossing niet significant afwijken van een individuele oplossing. Het is belangrijk hier snel duidelijkheid over te bieden aan de inwoners van de provincie.

Indien er wordt gekozen voor een individuele oplossing, is het belangrijk om te kijken naar de aanstuurbaarheid van warmtepompen. Op dit moment is 17% van de geïnstalleerde warmtepompen direct of indirect verbonden met internet. Slechts 6% van de warmtepompen is niet te verbinden met internet. Dit biedt de mogelijkheid om warmtepompen slim aan te sturen, waarbij er gestuurd wordt op netbewust verwarmen van de woning. Om een warmtepomp goed te kunnen gebruiken, is een goede isolatie belangrijk. Daarmee is een woning met een warmtepomp een warmtebatterij. Dit vraagt nog wel veel technische uitwerking om tot standaarden en goede aansturingstrategieën te komen en er zal aanvullende regelgeving nodig zijn, maar kan op termijn een middel zijn om de impact van warmtepompen op het energiesysteem enigszins te kanaliseren.

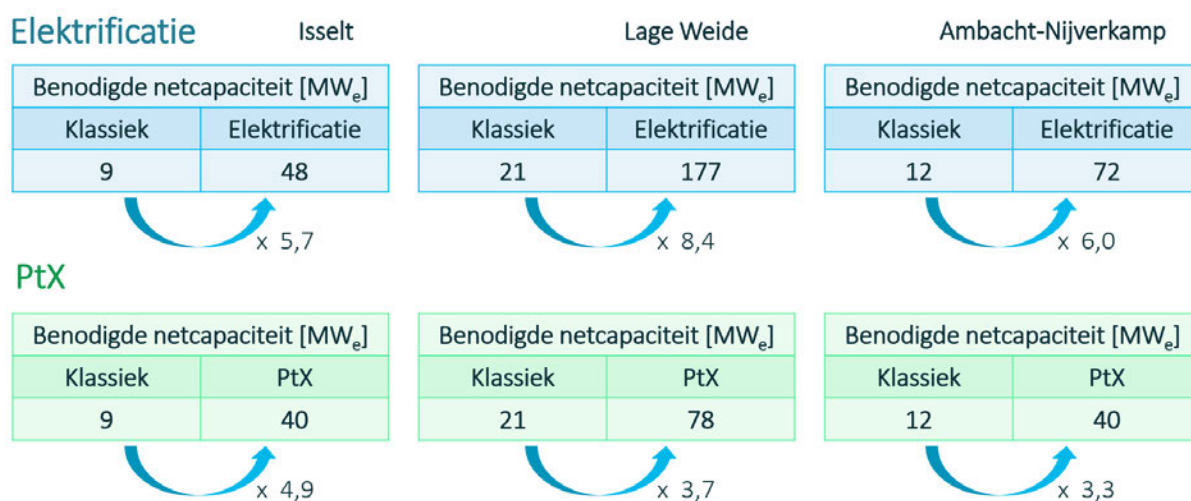
#### C.1.3. Transitiepad bedrijventerreinen

Voor bedrijventerreinen geldt dat er een sterke stijging van de piekvraag naar elektriciteit te verwachten is. Dat is overigens in veel van de literatuur ook omdat daarbij rekening wordt gehouden met de elektriciteitsvraag voor het opladen van voertuigen. Er wordt ook meer elektriciteitsvraag verwacht omdat er bij bedrijven niet alleen warmte wordt gebruikt voor gebouwverwarming maar ook voor proceswarmte. Dat vraagt vaak hogere temperaturen en daarmee meer energie. Deze stijgende elektrificatiebehoefte wordt momenteel maar zeer beperkt ingevuld omdat er netcongestie op grote aansluitingen is afgekondigd. De verwachting is dat dit in de toekomst wel grote effecten zal hebben op de elektriciteitsvraag in de provincie.



Voor bedrijventerreinen is er, afhankelijk van de ontwikkelgraad van het bedrijventerrein, mogelijkheid voor bedrijven om samen de impact op het energiesysteem te beperken door energievraag, -opwek en -opslag op elkaar af te stemmen en zo de piekvraag te verlagen.

KWR heeft een verkenning uitgevoerd naar de effecten van het verduurzamen van het energiesysteem bij drie grote bedrijventerreinen in de provincie Utrecht, te weten Lage Weide, Isselt en Ambacht-Nijverkamp. Door de lokaal opgewekte elektriciteit op het bedrijventerrein te gebruiken om het naar warmte of waterstof (power to X (PtX)) om te zetten en deze middelen te gebruiken om in de energiebehoefte van de bedrijventerreinen te voorzien, kon een groot deel van de verwachte elektriciteitsvraag worden beperkt. Hoewel er meer investeringen nodig waren om een gezamenlijk energiesysteem op te zetten, waren de uiteindelijke kosten lager dan als er enkel een simpele elektrificatie zou plaatsvinden.



Dit laat de mogelijkheid zien om lokaal bij bedrijventerreinen het energiesysteem zo in te richten dat door conversie van energiestromen en buffering minder piekvermogen nodig is en de kosten lager worden. Dit vraagt wel de aanleg van een warmtenet en veel gezamenlijke infrastructuur, zoals bijvoorbeeld een waterstofinfrastructuur.

De energievraag van bedrijven laat zich in sommige gevallen ook sturen. Een koelinstallatie kan bijvoorbeeld door voorafgaand aan een vraagpiek extra te koelen, afzien van energievraag in de piek. Indien bedrijven weten op welke momenten extra elektriciteitsvraag vermeden dient te worden, dan kunnen zij hierop inspelen. Dat kan wel alleen indien de informatie beschikbaar komt welke momenten dit zijn. Het zou daarbij helpen als er een prijsprikkel komt om energiegebruik op een elektriciteitspiek extra te belasten.

Plan het energiesysteem van bedrijventerreinen zo dat er maximaal wordt gestuurd op het beperken van de impact op het energiesysteem door energievraag, -opwek en -opslag op elkaar af te stemmen en zo de piekvraag te verlagen.

Voor het energiesysteem is het ook belangrijk dat er snel met non-firm aansluitovereenkomsten wordt gewerkt, waarbij bedrijven een aansluiting kunnen krijgen maar het risico lopen dat er bij netcongestie geen energie geleverd kan worden. In een energiesysteem waar veel opwekcapaciteit weersafhankelijk is en er bij gebrek aan opwek reservecapaciteit moet worden aangesproken (in de



vorm van moleculen, batterijen of op de internationale energiemarkt) is het belangrijk om ook de energievraag te kunnen terugbrengen. Daar zijn non-firm aansluitovereenkomsten met een duidelijke systematiek een goed middel voor om energiegebrek te verdelen. Daarbij moet nog wel een integrale maatschappelijke analyse plaatsvinden om te bepalen welke instanties zoals ziekenhuizen of scholen voorrang op energie moeten krijgen.

#### C.1.4. Transitiepad nieuwbouw

Bij nieuwbouw van woningen en bedrijven(terreinen) wordt het belangrijk om in een vroeg stadium op zoek te gaan naar manieren om de impact op het energiesysteem van de nieuwe ruimtelijke projecten te beperken. Dat kan door bij het aanleggen direct te kijken naar de warmteoplossing en hoe de piekbelasting van de nieuwe ontwikkeling zo klein mogelijk kan worden. In fase 1 van een bouwproject moet netcongestie al als risico worden meegenomen; de actuele status van de netcapaciteit moet als uitgangspunt worden genomen voor een impactanalyse. Hierna worden in fase 2 van een bouwproject verschillende (warmte-)oplossingen uitgewerkt in de haalbaarheidsstudie. Daarmee wordt duidelijk wat de (technisch, juridisch, organisatorisch) best haalbare oplossing is voor overgang naar de contracteringsfase. Dat vraagt bijvoorbeeld actief zoeken naar alternatieve warmtebronnen, opwek mogelijkheden en energiebuffercapaciteit binnen het plan. Daarmee is er dus snel al sprake van een warmtenet, waarbij gegeven de isolatienormen voor nieuwbouw een LT- of ZLT-warmtenet passend is. Hiervoor is het ook belangrijk om te kijken hoe de in te plannen utiliteitsbouw een rol kan spelen als warmtebron, bijvoorbeeld door het leveren van restwarmte aan een warmtenet. Ook is het belangrijk om bij de bouw al te kijken naar mogelijkheden van warmteopslag.

Bij het plannen van nieuwe bedrijventerreinen komt daar nog de mogelijkheid bij om te sturen op energieprofielencomptabiliteit. Is het bedrijventerrein zo te plannen dat niet alle bedrijven tegelijkertijd hun piekvermogen nodig hebben. Ook is het goed om bedrijfsactiviteiten die in potentie veel restwarmte opleveren alleen toe te staan op plekken waar deze restwarmte kan worden geleverd aan een warmtenet.

Voor alle nieuwbouw is het belangrijk dat de noodzakelijke installaties binnen de gebouwen maar beperkt extra piekvraag opleveren. In de toekomst zal anders gebouwd moeten worden, bijvoorbeeld installatie-arm of passief. Om dit mogelijk te maken vergt het aanpassingen in bijvoorbeeld het bouwbesluit.

Bij nieuwbouw wordt het belangrijk om in een vroeg stadium op zoek te gaan naar manieren om de impact op het energiesysteem van de nieuwe ruimtelijke projecten te beperken.

#### C.1.5. Gebouwde omgeving in het Energiesysteem

De gebouwde omgeving is in de provincie Utrecht de grootste energievrager. Tegelijkertijd zijn er veel opties om energieopwekking en -opslag in de gebouwde omgeving te maximaliseren en de energievraag, en zeker de piekvraag, te minimaliseren. Het slimmer inrichten van het energiesysteem in de gebouwde omgeving is voor de provincie Utrecht van groot belang bij het ontwerpen van het Energiesysteem. De keuze voor de warmteoplossing is daarbij van groot belang. Daar moet de komende tijd snel duidelijkheid over komen.

## C.2 Mobiliteit

De sector mobiliteit omvat het verkeer en vervoer over weg, water en over het spoor. Binnen de provincie rijden er vooral NS-treinen. Deze rijden sinds 2017 voor 100% op duurzame stroom en hebben daarmee geen transitieopgave. Dat geldt ook voor het OV-systeem dat conform de nieuwe concessie in 2028 volledig emissieloos moet zijn. De transitieopgave geldt zeker wel voor verkeer en vervoer over de weg en over het water.

### C.2.1 Bespaarmogelijkheden mobiliteitssector

De grootste inzet op het besparen van het energiegebruik in de mobiliteitssector is het toepassen van de trias mobilica: verminderen, veranderen en verschonen.

- Het verminderen richt zich op het vermijden van mobiliteit door minder vervoersbewegingen noodzakelijk te maken, bijvoorbeeld door op afstand te vergaderen of thuis te werken.
- Het veranderen richt zich op het minder energie-intensief maken van afgelegde kilometers. Voor personenvervoer kost actief transport (lopen of fietsen) het minst energie (en vermindert luchtverontreiniging en geluidhinder). Daarna komen, in oplopende volgorde, vormen van elektrisch fietsvervoer, openbaar vervoer en uiteindelijke automobilititeit, waarbij lichtere auto's minder energie kosten dan zwaardere auto's. Binnen de sector geldt het adagium om te streven naar de volgorde Stappen-Trappen-OV-Deelmobiliteit-Personenauto in de keuze voor modaliteit. Vervoer over water of over het spoor is minder energie-intensief dan vervoer over de weg.
- Verschonen richt zich op alle modaliteiten het verduurzamen van de energiebron achter de aandrijving van het vervoersmiddel. Elektrificatie van vervoer levert al een flinke besparing van benodigde energie op omdat elektrische aandrijving veel efficiënter is dan de brandstofmotor.

Het toepassen van de trias mobilica: verminderen, veranderen en verschonen is een belangrijke basis voor energiebesparing in het mobiliteitssysteem.

### C.2.2. Transitiepaden mobiliteit

Voor mobiliteit zijn er in de NPE drie mogelijke transitiepaden naar een duurzame mobiliteitssector. Elektrisch, duurzame koolstof (biofuels en e-fuels) en waterstof. Door RED3 (renewable energy directive 3), waardoor minstens 42,5% van de energievoorziening van Europa in 2030 duurzaam moet zijn, zal een grotere druk zijn op het bijmengen van biobrandstoffen in de bestaande brandstofstromen. Daarnaast zal er een versterkte elektrificatie zijn van mobiliteit. De snelheid van de elektrificatie is daarbij afhankelijk van het landelijke beleidskader. Kijkend naar de ontwikkelingen op dit moment, ligt het voor de hand dat elektriciteit de belangrijkste energiebron wordt voor mobiliteit.

Omdat de beschikbaarheid van duurzame koolstoffen beperkt is, is de verwachting dat het bijmengen van biobrandstoffen en e-fuels een tijdelijk oplossing zal zijn. Enkel voor een beperkt segment van de mobiliteitsketen waar andere oplossingen bijzonder lastig zijn, zullen duurzame koolstoffen op termijn de energiebron zijn. Voor bestelbussen en lichtere vrachtwagens zal er vanaf 2025 met het ingaan van zero-emissie zones - in onze provincie in Amersfoort en Utrecht - al een sterke prikkel zijn om te verduurzamen. Volgens de ingestelde regelgeving zullen alleen elektrische en waterstof-bedrijfsvoertuigen in de zero-emissie zone toegelaten worden. De verwachting is dat er na 2030 ook in andere gemeenten zero-emissie zones zullen volgen en bestaande emissie-zones ook voor personenvervoer zullen gaan gelden.

In de toekomst kan, zeker voor zware mobiliteit en (land)bouwmobiliteit, waterstof een belangrijke rol spelen in de energiemix voor mobiliteit. Er wordt momenteel door het Convenant waterstof in mobiliteit provincie Utrecht gewerkt aan een waterstof-ecosysteem in de provincie Utrecht.

Voor de binnenvaart is het nog onduidelijk welke energiebron op termijn toegepast gaat worden. Voor de provincie is dit een van de mobiliteitsmodaliteiten waar duurzame koolstoffen een eindoplossing kunnen zijn. Voor een ander deel is waterstof een belangrijke kanshebber als energiebron. De komende tijd komen de eerste door waterstof aangedreven schepen in de vaart. Indien batterijtechnologie zich voldoende ontwikkelt qua elektriciteitscapaciteit, gewicht en ruimtebeslag, zijn elektrische binnenvaartschepen ook een optie. Dit vraagt de ontwikkeling van walfaciliteiten voor duurzame binnenschepen.

Waterstof kan een belangrijke energiebron voor (zware) mobiliteit worden.

### C.2.3. Mobiliteit in het energiesysteem

Op termijn zal ook voor mobiliteit elektriciteit de ruggengraat worden van het energiesysteem. Dat vraagt veel van het energiesysteem. Veel voertuigen zullen daarbij op eigen terrein worden opgeladen, al zal een deel ook van publieke laadpalen gebruik maken. De impact van laadstations op bedrijventerreinen zal ook groot zijn. Veel bedrijventerreinen in de provincie Utrecht kenmerken zich door een groot aantal logistieke bedrijven en distributiecentra. Het wagenpark dat daarmee samenhangt zal voor een belangrijk deel elektrisch worden. Daarom wordt het aanstuurbaar maken (slim laden) van auto's, bestelbussen en vrachtwagens, zowel op de openbare weg als op eigen terrein, van groot belang voor het energiesysteem.

Daarnaast zullen er langs snelwegen en op strategische plekken in het wegensysteem ook snellaadstations komen. Deze snellaadstations hebben een hoge vermogensvraag. Deze kan oplopen tot 350 kW en de eerste 1MW lader laat naar verwachting niet lang op zich wachten. Als vrachttransport ook elektrisch aangedreven wordt, zal dat met grotere energievraag bij snellaadstations gepaard gaan. De impact hiervan op het elektriciteitssysteem is groot.

Zoals in paragraaf 3.1.3 aangegeven, kunnen de accu's van elektrische auto's een belangrijke vorm zijn van elektriciteitsopslag en ook gebruikt worden om congestie te verminderen. Het slim aansturen van het opladen van elektrische auto's en de ontwikkeling van vehicle-to-grid-potentieel is daarom belangrijk voor het energiesysteem.

Het potentieel van vehicle-to-grid (V2G) is de komende jaren beperkt omdat er nog weinig auto's zijn die over de technologie beschikken om ook energie te leveren aan het net. Eind 2024 is er naar verwachting een vloot van 500 deelauto's in gebruik in de gemeente Utrecht die een voorloper is op dit gebied. Inzet van auto's van particulieren zal naar verwachting nog enkele jaren op zich laten wachten.

De potentie van V2G kan pas echt worden ingezet als ook elektrische auto's in privébezit worden aangeboden als batterij. Daarbij is een barrière dat slechts een deel van de publieke en private laadpalen en elektrische auto's geschikt zijn voor V2G. Voor laadpalen is hierop te sturen, voor de elektrische auto's is het wachten op actie van producenten of regelgeving van de Europese Unie. Op termijn zal de potentie van V2G mogelijk afnemen doordat zelfsturende auto's zullen leiden tot minder auto's in privébezit en daarmee minder auto's die stil staan en beschikbaar zijn als batterij.

Vehicle-to-grid oplossingen en slim opladen bieden een goede basis om extra energieopslag en elektriciteitsvraagsturing tot stand te brengen.

Voor het energiesysteem is waterstof, ondanks de ondoelmatigheid van twee conversies en opslag onder hoge druk, een belangrijke oplossing. Door in te zetten op waterstof kunnen zowel elektriciteitsvraagpieken verminderd worden als elektriciteitsopwekkingspieken ingezet worden voor waterstofproductie. Daarnaast is het gebruik van waterstof in de mobiliteit een belangrijke drager van de businesscase voor waterstof als reserve-energiebron. Als elektrolyzers en compressors alleen in gebruik zijn als elektriciteit ruim voorradig is, dan dient de prijs per kilo waterstof voldoende hoog zijn om de businesscase rond te krijgen. Op dit moment is alleen de mobiliteitssector in beeld om deze meerprijs te betalen omdat waterstof daar kan concurreren met de energieprijzen die nu reeds betaald worden voor fossiele brandstoffen.

### C.3. Industrie

In deze Energievisie wordt industrie gedefinieerd conform de definitie van de Klimaattafels. Dat betekent dat enkel energie-intensieve bedrijven en instellingen binnen de definitie van industrie vallen. Er is weinig energie-intensieve industrie in de provincie Utrecht en daarmee speelt het een beperkte rol in het energiesysteem. Momenteel is de energievraag ongeveer 2,2 GWh en wordt vooral aardgas gebruikt. Omdat het slechts om een beperkt aantal bedrijven gaat, waarbij de verdeling van energievraag ook nog eens vertekend wordt doordat de glasfabriek in Leerdam verreweg de grootste energievraag heeft van alle industrie in de provincie Utrecht, is deze paragraaf beperkt van omvang.

#### C.3.1. Besparingsmogelijkheden industrie

Voor veel energie-intensieve bedrijven is te verwachten dat elektrificatie besparingsmogelijkheden biedt. Er is bij veel van de betrokken bedrijven echter nog geen definitieve keuze gemaakt voor het transitiepad dat zal worden ingezet om de productie fossielvrij te maken. Dat maakt het lastig om duidelijke uitspraken te doen over de besparingsmogelijkheden.

#### C.3.2. Transitiepaden industrie

Voor de transitiepaden zijn er ruwweg drie mogelijkheden, of een combinatie van deze mogelijkheden. Elektrificatie, waterstof of groen gas. Het is uiteindelijk aan het bedrijf zelf om te bepalen welke verduurzamingsroute ze kiezen. Vanuit de cluster 6 aanpak wordt momenteel verkend welke routes bedrijven daarbij kiezen en wat er nodig is om deze transitie tot stand te brengen.

#### C.3.3. Industrie in het Energiesysteem

Omdat industrie een kleine rol heeft in het energiesysteem, kan het ook maar beperkt worden ingezet als bron van restwarmte. Hierbij speelt mee dat een warmtenet beter niet te afhankelijk wordt van een bedrijf voor de warmtevoorziening omdat daarmee een verandering binnen het bedrijf, bijvoorbeeld een faillissement of een andere invulling van de bedrijfsactiviteiten, een grote impact heeft op de lokale warmtevoorziening. Tegelijkertijd is het wenselijk om warmte niet verloren te laten gaan waardoor het gebruik van restwarmte noodzakelijk is maar het warmtesysteem robuust genoeg moet zijn om met het wegvallen van warmtebronnen om te kunnen gaan.

Voor de proceswarmte die binnen industriële activiteiten noodzakelijk is, kunnen elektriciteit, indien de benodigde temperatuur niet te hoog is, of duurzame gassen (zoals waterstof of groengas) een bron zijn. Voor bestaande industriële bedrijven wordt het zoeken om deze relatief schaarse bronnen (waarbij voor elektriciteit vooral transportcapaciteit op korte termijn schaars is) beschikbaar te stellen. Voor nieuwe industriële bedrijven is het belangrijk dat bij het ruimtelijk inplannen van het bedrijf rekening wordt gehouden met de beschikbaarheid van waterstof op de vestigingslocatie en de mogelijkheid om restwarmte nuttig in te zetten. Daarmee zou, als het traject van de waterstof-aftakking naar de provincie Utrecht bekend is, dit aanleiding kunnen zijn voor het inrichten van een bedrijventerrein op dit traject voor hoge-temperatuurbedrijven waarvan de restwarmte elders inzetbaar is.

Voor nieuwe industriële bedrijven met een hoge warmtevraag is het belangrijk dat bij het ruimtelijk inplannen van het bedrijf rekening wordt gehouden met de beschikbaarheid van waterstof op de vestigingslocatie en de mogelijkheid om restwarmte nuttig in te zetten.

## C.4. Landbouw

De sector landbouw is, wat betreft het energieverbruik, een relatief kleine sector in de provincie Utrecht. Het energiegebruik van de sector was in 2020 iets meer dan 0,4 GWh. In de provincie Utrecht zijn er twee glastuinbouwgebieden (Harmelerwaard en polder Derde Bedijking bij Mijdrecht) die samen verantwoordelijk zijn voor een belangrijk deel van de energievraag van de landbouwsector. In de provincie Utrecht is de melkveehouderij de grootste sector binnen de landbouw, gevolgd door de overige graasdieren. Een deel hiervan is intensieve veehouderij. Deze is vooral in het oosten van de provincie te vinden. De provincie heeft ook veel fruitteelt, voornamelijk in het Kromme Rijngebied. Momenteel wordt er een nieuwe landbouw- en voedselvisie opgesteld.

### C.4.1. Bespaarmogelijkheden landbouwsector

Op termijn is het de verwachting dat de glastuinbouw in de Harmelerwaard gaat verdwijnen. Daarmee verdwijnt op dat moment een belangrijk deel van de energievraag van de landbouwsector. Er kan daarnaast bespaard worden door randapparatuur in de stallen en op de boerderij up-to-date te houden, maar het is onduidelijk wat het potentieel is van deze verduurzaming.

### C.4.2. Transitiepaden landbouwsector

De transitiepaden van de landbouwsector hangen voor een belangrijk deel af van de landbouw- en voedselvisie. Op dit moment heeft de landbouwsector veel potentie om energie op te wekken. Zowel door mest te laten vergisten tot groengas, als door zonnepanelen op daken van boerderijgebouwen of op landbouwgrond. De eiwittransitie kan op termijn zorgen dat er minder mest beschikbaar is om te vergisten en er minder staldaken zijn om zonne-energie mee op te wekken.

Veel boerderijen hebben te maken met een beperkte netcapaciteit en veel opwekcapaciteit in de vorm van zonnepanelen op de boerderijdaken en andere percelen. Hierdoor fluctueert de netspanning binnen het netvlak, waardoor omvormers van zonnepanelen tijdelijk uitgeschakeld worden (curtailen). Dit biedt de mogelijkheid om de zonnestroom die nu niet gebruikt kan worden op een andere manier in te zetten. Dat zou bijvoorbeeld naar een batterij kunnen of door omzetting naar waterstof. Een batterij blijkt in de praktijk weinig verschil te maken voor het curtailen van de zonnestroom, daarvoor is de capaciteit van batterijen doorgaans te klein. Waterstofproductie kan wel, en zou zelfs kunnen helpen om waterstofreactoren te tanken, maar op dit moment zijn de kosten voor de elektrolyser, de compressor en de opslag van waterstof te hoog om waterstofproductie op boerderijschaal interessant te maken. Dit kan veranderen door het dalen van de prijzen van de noodzakelijke apparatuur, samenwerking tussen boerderijen waardoor er schaalvoordelen zijn, of door het stijgen van andere energieprijzen in de toekomst.

In de toekomst zou de energievraag voor de landbouwsector kunnen stijgen door de toename van robotisering en het continue monitoren van gewassen. Het is moeilijk te kwantificeren of dit zich gaat voordoen en in welke mate dit een impact op het energiesysteem gaat hebben.

### C.4.3. Landbouw in het Energiesysteem

De landbouwsector is in de provincie Utrecht maar een beperkte energievrager, maar biedt wel veel opties om verschillende vormen van energie op te wekken. Daarbij is het belangrijk dat de noodzakelijke infrastructuur tot stand kan worden gebracht om deze opgewekte energie goed te gebruiken.