



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Potentieel Analyse Warmte & Koude 2024

Een beoordeling van het potentieel voor een efficiënte
warmte- en koude voorziening in Nederland

>> *Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal ondernemen*

Inhoud

1	Inleiding	4
	Aanleiding	4
	Leeswijzer	4

Deel I

2	Huidige warmte- en koude voorziening	6
2.1	Vraag naar warmte en koude	6
	Ruim de helft finaal energieverbruik voor warmte	6
	Totaal energieverbruik voor ruimtekouling	8
2.2	Aanbod van warmte- en koude	8
	Warmte grotendeels afkomstig uit de verbranding van aardgas	8
	Gebouwde omgeving	9
	Nijverheid	10
	Landbouw	11
2.3	Installaties met (potentiële) levering van (rest)warmte- of koude	12
	Thermische energieopwekkingsinstallaties (meer dan 50 MWth)	12
	Installaties voor warmtekrachtkoppeling	12
	Installaties voor warmtekrachtkoppeling van meer dan 20 MWe	13
	Afvalverbrandingsinstallaties	14
	Installaties voor hernieuwbare energie (meer dan 20 MWth)	14
	Industriële stoomnetten	15
2.4	Stadsverwarming- en koeling	15
	Grote en kleine stadsverwarmingsnetten	15
	Aandeel hernieuwbare energie in grote stadsverwarmingsnetten	17
2.5	Ruimtelijke verdeling warmte- en koeling vraag	18
3	Verwachte warmte- koude voorziening	25
3.1	Verwachte ontwikkelingen gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning	25
3.2	Vraag naar warmte en koude	25
3.3	Aanbod van warmte- en koude	26
	Aandeel aardgas daalt, aandeel hernieuwbare warmte bijna verdubbeld	26
	Stijging van elektriciteitsverbruik voor warmte	26
	Warmtelevering stadsverwarming in 2030 voor helft hernieuwbaar	27
3.4	Aanvullende informatie gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning 2023	27

Deel II

4	Doelstellingen ten aanzien van warmte- en koude	29
4.1	Nationale klimaatdoelen en bijdrage aan Europese klimaat- en energiedoelen	29
4.2	Sectorale streefwaarden en mijlpalen	30

5	Beleidsmaatregelen ten aanzien van warmte- en koude	31
5.1	Nationaal klimaat- en energiebeleid	31
5.2	Generieke beleidsmaatregelen	31
5.3	Beleid gebouwde omgeving	31
	1. De gebiedsgerichte aanpak van de warmtetransitie	32
	2. De individuele koop- en huurwoningen	32
	3. De aanpak voor utiliteitsgebouwen (bedrijfsmatig en maatschappelijk)	32
	4. Bronnen en infrastructuur (voor het ontwikkelen van duurzame bronnen en het versnellen van de uitrol van warmtenetten)	32
	5. Innovatie in de bouw	32
5.4	Beleid industrie	33
	Nationale CO ₂ -heffing (CO ₂ minimumprijs)	34
	Energiebesparingsplicht	34
	Maatwerkafspraken grootste industriële uitstoters	34
	Subsidiereregelingen	34
5.5	Beleid glastuinbouw	34

Deel III

6	Analyse potentieel voor efficiënte verwarming en koeling	37
6.1	Potentieel in de gebouwde omgeving	37
	Kosten en CO ₂ -emissies	39
	Startanalyse op lokaal niveau	40
6.2	Potentieel in de industrie	41
	Investeringen	42
6.3	Potentieel in de glastuinbouw	42

Deel IV

7	Mogelijke nieuwe strategieën en beleidsmaatregelen	45
7.1	Nationaal Plan Energiesysteem	45
7.2	Sectorale ontwikkelingsrichtingen in het NPE	47
	Gewenste ontwikkelrichtingen voor de gebouwde omgeving	47
	Gewenste ontwikkelrichtingen voor de industrie	47
	Gewenste ontwikkelrichtingen voor de glastuinbouw	48
	Bronnen	49

1 Inleiding

Aanleiding

Lidstaten dienen volgens artikel 25 van de herziene Europese Energie Efficiency richtlijn EU/2023/1791 (hierna de 'EED') een uitgebreide beoordeling van het energie-efficiëntiepotentieel voor verwarming en koeling te maken. De eerste beoordeling is in 2015 opgeleverd, de tweede in 2020¹. In 2024 moet een nieuwe beoordeling worden ingediend, als onderdeel van de INEK-planningscyclus. Ook worden er meer gedetailleerde gegevens gevraagd (met name rond warmtenetten). Daarnaast stelt de herschikking een aantal extra eisen ten aanzien van de aanpak (zoals stakeholder participatie en rekening houden met het EEst principe). Ook in de 2023 geamendeerde Hernieuwbare Energie Richtlijn (EU/2023/2413) wordt om een beoordeling van het potentieel van hernieuwbare warmtebronnen en het gebruik van restwarmte gevraagd (zie artikel 23). Nederland geeft met de voorliggende Potentieel Analyse Warmte & Koude (hierna 'PA W&K') invulling aan deze vereisten.

De PA W&K geeft inzicht in de huidige en verwachte warmte- en koudevoorziening in Nederland, het economische potentieel dat er is om dat verder te verduurzamen en welk beleid Nederland daarop voert.

Het vertrekpunt voor de analyse wordt gevormd door het huidige Nederlandse klimaat- en energiebeleid en de daarvoor uitgevoerde analyses. Daarmee geeft deze beoordeling inzicht in de wijze waarop Nederland de warmte- en koudevoorziening verduurzaamt;

De analyse maakt verder zoveel mogelijk gebruik van beschikbare gegevens die aansluiten bij officiële statistieken van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en de analyses van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL); tenzij anders vermeld wordt daarbij gebruik gemaakt van de voor Nederland gebruikelijke definities².

Leeswijzer

De opbouw van de PA W&K volgt de indeling van bijlage X van de herziene EED. In deel I wordt de huidige warmte- koudevoorziening beschreven (hoofdstuk twee) en wat de verwachtingen tot en met 2030 zijn bij uitvoering van het huidige beleid (hoofdstuk drie). In deel II worden de huidige doelstellingen en bijdragen ten aanzien van warmte en koude beschreven (hoofdstuk vier) en welke beleidsmaatregelen worden uitgevoerd en/of zijn voorzien (hoofdstuk 5). In deel III wordt het potentieel voor het verduurzamen van de warmte- en koudevoorziening beschreven (hoofdstuk 6). In deel IV wordt, ten slotte, de mogelijke nieuwe strategieën en beleidsmaatregelen beschreven om dat potentieel te realiseren (hoofdstuk 7).

¹ https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heating-and-cooling_en#comprehensive-assessments-on-efficient-heating-and-cooling.

² De in deze beoordeling getoonde energiecijfers wijken dus af van de cijfers van Eurostat. Het energieverbruik volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek kijkt af bijvoorbeeld af ten aanzien van de behandeling van niet-verkochte warmte van WKK's. CBS telt het nuttige warmte verbruik, ook het deel dat niet is verkocht, wel mee als verbruik. Eurostat telt dat niet als verbruik, maar kent een gedeelte van de inzet van aardgas door WKK's met niet verkochte warmte toe aan finaal energieverbruik.

Deel I

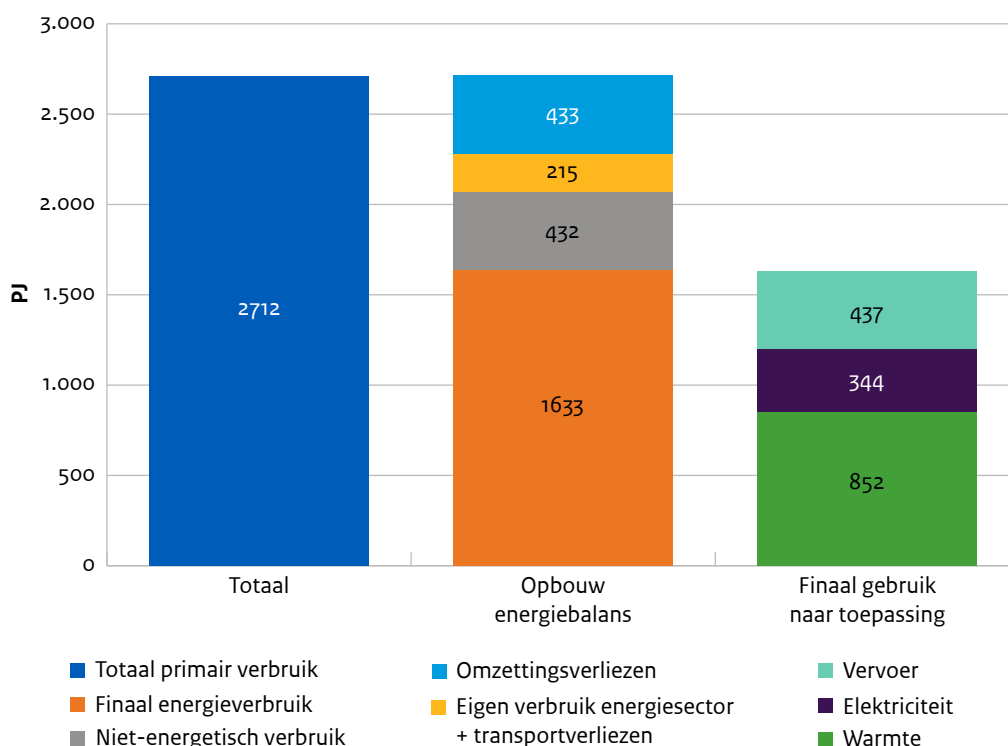
2 Huidige warmte- en koude voorziening

2.1 Vraag naar warmte en koude

Ruim de helft finaal energieverbruik voor warmte

Het totale primaire energieverbruik in Nederland in 2022 bedraagt ruim 2.700 petajoule (CBS, 2023a). Daarvan wordt 1.633 petajoule voor energetische doeleinden gebruikt bij eindverbruikers: industrie, verkeer en vervoer, huishoudens, diensten en landbouw. De rest bestaat uit omzettingsverliezen, eigen verbruik van de energiesector en non energetisch verbruik van primaire energiedragers. Van het finale energieverbruik werd in 2022 ruim de helft gebruikt voor warmte, ruim een kwart voor vervoer en de rest, ongeveer 20%, voor toepassingen met elektriciteit (anders dan warmte en vervoer) (zie Figuur 2.1). Het totale finale energieverbruik voor warmte is ongeveer 852 petajoule.

Figuur 2.1 Opbouw energieverbruik 2022³



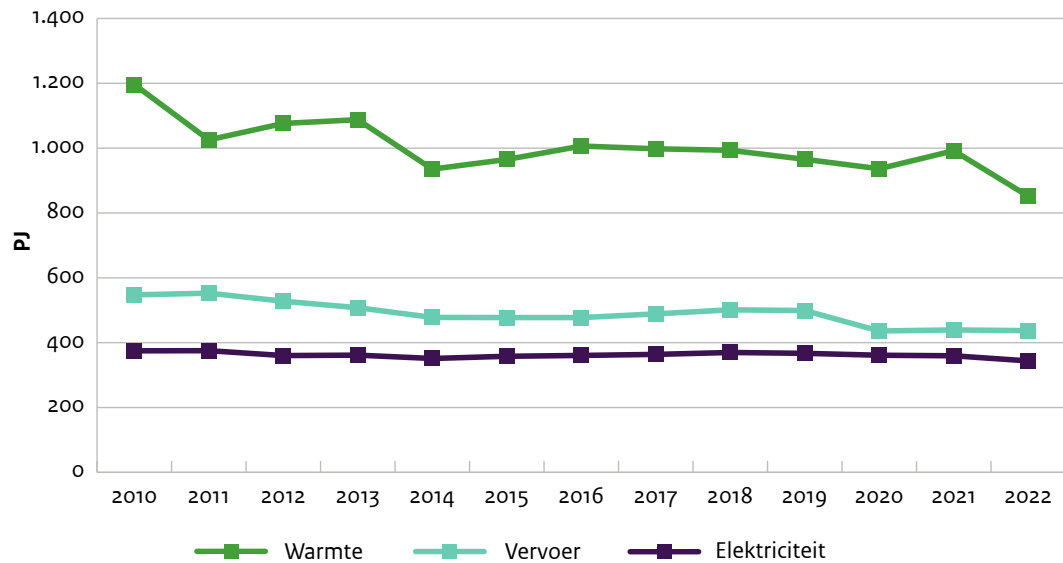
Bron: CBS (2023a⁴).

De variatie in de tijd van de bijdrage van warmte aan het finaal energieverbruik wordt op een termijn van enkele jaren vooral beïnvloed door het weer (zie Figuur 2.2). In het koude jaar 2010 werd 56% van het finaal verbruik van energie benut voor warmte. Vanaf 2010 is wel een trend zichtbaar naar relatief minder energie voor warmte en vervoer en relatief meer voor elektrische toepassingen.

³ Er zijn een aantal keuzes gemaakt bij het afleiden van dit figuur uit de CBS Energiebalans: Het finaal energieverbruik voor vervoer is inclusief het energieverbruik van mobiele werktuigen en het finaal verbruik voor elektriciteit is exclusief het elektriciteitsverbruik voor vervoer en het elektriciteitsverbruik voor warmte bij huishoudens.

⁴ De uit deze bron genoemde energieverbruiken voor 2022 zijn op basis van voorlopige statistieken.

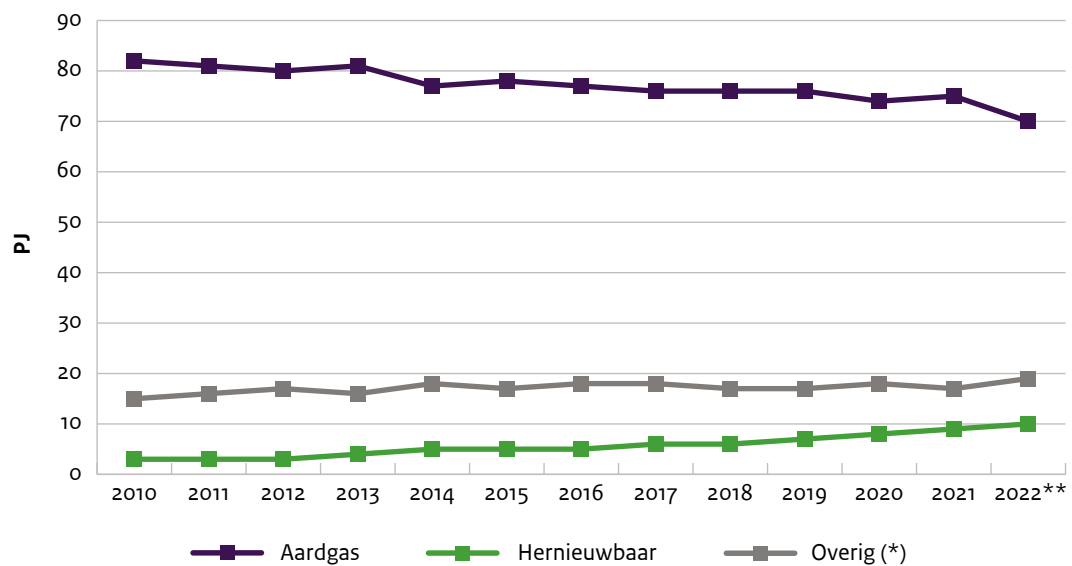
Figuur 2.2 Finaal energieverbruik naar toepassing.



Bron: CBS (2023a).

Ongeveer de helft van het finaal energieverbruik voor warmte in 2022 is energieverbruik in de gebouwde omgeving (huishoudens 35% en diensten 15%), 40% in de nijverheid en 10% in de landbouw (zie Figuur 2.3).

Figuur 2.3 Finaal energieverbruik voor warmte naar sector⁵



Bron: CBS (2023a).

⁵ In plaats van de sector Industrie wordt hier Nijverheid gebruikt. Het verschil is dat in de Nijverheid hoogovens niet zijn meegenomen. Hoogovens vallen onder de energiesector en kennen volgens internationale afspraken per definitie geen finaal energieverbruik.

Totaal energieverbruik voor ruimtekooling

WKO-systemen en koudnetten leveren vooral koude aan de dienstensector. Naar schatting gaat het in de gehele dienstensector momenteel om 7 PJ elektriciteitsverbruik voor ruimtekooling (TNO, 2023).

In de gebouwde omgeving is nog niet veel bekend over het gebruik van koelsystemen, zoals airco's, om aan de koudevraag te voldoen. Wel is een sterke toename te zien in de aantallen opgestelde lucht-luchtwarmtepompen (vaste of split-unit airco's; zie Tabel 2.1). In 2022 had 13% van de huishoudens een vaste airco en 13% een mobiele airco (TNO, 2023).

Tabel 2.1 Aantallen en thermisch vermogen van lucht-lucht warmtepompen in de gebouwde omgeving 2022*

		Opgestelde lucht-lucht warmtepompen einde van jaar (aantallen)	Opgesteld thermisch vermogen einde jaar (in MWth)
Woningen	2018	154.015	753
	2019	231.025	1.143
	2020	507.249	2.347
	2021	760.434	3.495
	2022*	1.046.351	4.788
Utiliteitsgebouwen, kassen en stallen	2018	254.761	2.276
	2019	298.512	2.584
	2020	339.377	2.926
	2021	382.776	3.271
	2022*	400.890	3.613
Totaal	2018	408.776	3.029
	2019	529.537	3.727
	2020	846.626	5.273
	2021	1.143.210	6.767
	2022*	1.447.241	8.401

* Voorlopige statistieken.

Bron: CBS (2023b).

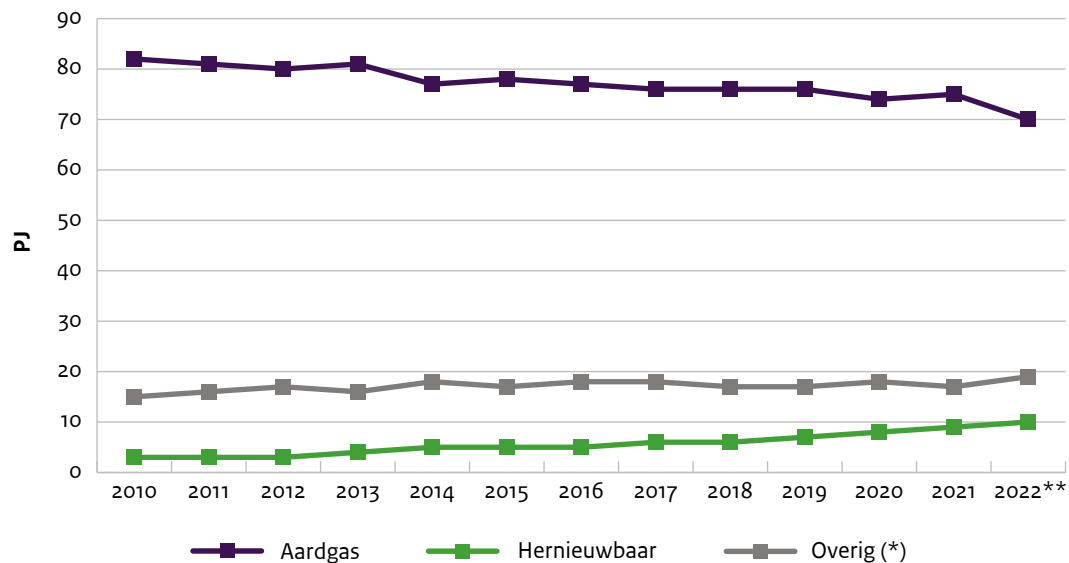
2.2 Aanbod van warmte- en koude

Warmte grotendeels afkomstig uit de verbranding van aardgas

Het finaal energieverbruik voor warmte is in 2022 voor 70% afkomstig uit de verbranding van aardgas (Figuur 2.4). Het gaat dan voor een groot deel om het verbranden van aardgas in warmteketels voor eigen verbruik, maar ook om warmte afkomstig uit warmtekrachtinstallaties van de warmteverbruiker of van derden.

Hernieuwbare energie is in 2022 goed voor 10% en overige energiedragers, zoals restgassen uit aardolie en steenkool, zijn goed voor 19%.

Figuur 2.4 Finaal verbruik warmte naar primaire energiebron (aandelen).⁶



* Vooral restgassen uit olie en kolen en ook niet biogeen afval

** Voorlopige statistieken

Bron: CBS (2023a).

Vooral in grote kantoorgebouwen en ziekenhuizen wordt ook gekoeld via warmteopslag systemen. De totale onttrekking van koude uit de bodem (welke gelijk is aan de afgevoerde warmte) via WKO-systemen was in de periode 2020-2022 ongeveer 2,4 petajoule per jaar (CBS, 2023c).

Gebouwde omgeving

Het finaal energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving bestaat voor een groot deel uit het verbranden van aardgas in verwarmingsketels en kachels (zie Tabel 2.2). De bijdrage uit biomassa is ongeveer 4% en betreft met name het houtverbruik van huishoudens en kent een onzekerheid van 30% (CBS, 2023d). De aangekochte warmte en zelf opgewekte WKK-warmte betreft vooral de warmte uit stadsverwarming.

Het elektriciteitsverbruik voor warmte betreft het elektriciteitsverbruik voor warmtepompen, maar ook het elektriciteitsverbruik van de pompen van de cv-ketels en elektrische warmteboilers. Warmtepompen onttrekken warmte uit de omgeving (bodem, water of buitenlucht) voor verwarming van gebouwen. De onttrokken warmte uit de omgeving door warmtepompen vertoont een structurele stijging die de laatste jaren versnelt, vooral bij woningen (CBS, 2023b). Ruim 25% van het aardgasverbruik van huishoudens wordt gebruikt voor de bereiding van warm tapwater. Koken verbruikt relatief weinig aardgas, circa 2%.

⁶ Het aandeel hernieuwbare energie in de warmtevoorziening in Figuur 2.4 wijkt af van dit aandeel zoals berekend in het kader van de EU Richtlijn Hernieuwbare Energie zoals af te leiden uit deze Tabel: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/84917NED/table?dl=9Fq32> Dat komt door methodeversillen zoals uitgelegd in de Warmtemonitor 2019 (CBS en TNO, 2020). Voor 2021 en 2022 speelt daarnaast dat voor de EU Richtlijn Hernieuwbare Energie duurzaamheidscriteria gelden voor vaste biomassa en biogas waardoor een deel van de in 2021 en 2022 verbruikte biomassa voor warmte niet meetelt voor deze richtlijn.

Tabel 2.2 Finaal energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving 2022* in petajoule

	Woningen	Diensten	Totaal ¹
Aardoliegrondstoffen en producten	2	1	2
Aardgas ²	237	92	330
Aardgas voor ruimteverwarming	172	.	.
Aardgas voor warm tapwater	60	.	.
Aardgas voor koken	5	.	.
Zonne-energie	1	0	1
Biomassa	16	1	18
Aangekochte warmte plus zelf opgewekte wkk-warmte	11	9	19
Aangekochte warmte ³	11	8	19
Zelf opgewekte wkk warmte	0	1	1
Elektriciteit voor warmte totaal	13	5	18
Elektriciteit voor warmtepompen	6	5	11
Elektriciteit voor elektrische warmteboilers	3	.	.
Elektrische radiatoren en elektrische vloerverwarming	0	.	.
Elektriciteit voor pompen verwarmingsketels	4	.	.
Onttrokken warmte uit omgeving door warmtepompen	11	9	20
Totaal	291	116	408

* Voorlopige statistieken

- Niet bekend

Bron: CBS (2024).

¹ Berekend zonder het elektriciteitsverbruik voor warmte bij de diensten

² Inclusief aardgas voor blokverwarming

³ Vooral warmte uit warmtenetten

Nijverheid

Het finaal energieverbruik voor warmte in de nijverheid verandert van jaar tot jaar als gevolg van conjunctuur en onderhoud of storingen bij grote installaties. Ook in de nijverheid is het verbranden van aardgas in ketels voor eigen verbruik de belangrijkste bron van verwarming (zie Tabel 2.3). Echter, andere bronnen hebben relatief een groter aandeel in het finaal energieverbruik dan bij huishoudens. De petrochemische industrie verbrandt veel olierestgassen en de nijverheid gebruikt veel stoom die zelf wordt opgewekt in WKK-installaties of aangekocht van energiebedrijven (of joint-ventures), andere bedrijven of afvalverbrandingsinstallaties. De laatste jaren zijn veel joint-ventures opgeheven en zijn de betreffende installaties overgenomen door de nijverheid waardoor het finaal energieverbruik van stoom uit eigen WKK's weer stijgt. Het verbruik van kolen- en kolenproducten is stabiel en betreft vooral het verbranden van kolenrestgassen in de staalindustrie.

Tabel 2.3 Finaal energieverbruik voor warmte in de nijverheid in petajoule

	2018	2019	2020	2021	2022*
Kool en koolproducten	17	14.5	13.1	13	15.2
Aardoliegrondstoffen en producten	115.7	105.8	113.5	108.8	102.3
Aardgas	180.4	178.4	164.4	174.1	146.3
Biomassa	5.9	4.9	4.4	4.2	4.5
Aangekochte warmte plus zelf opgewekte wkk warmte	90.4	93.8	96.5	96.4	91.6
Aangekochte warmte	81.9	70.6	59.9	61	57
Zelf opgewekte wkk warmte	8.5	23.2	36.6	35.4	34.6
Elektriciteit voor warmte	.	.	.	.	.
Niet biogeen afval en stoom uit chemische processen	0.8	0.7	0.6	0.1	0.1
Totaal	410.2	398.1	392.5	396.6	360

* Voorlopige statistieken

- Niet bekend

Bron: CBS (2024).

Landbouw

De grootste warmtevraag binnen de sector landbouw is in de glastuinbouw. Het finaal energieverbruik voor warmte in de landbouw bestaat in 2022 ongeveer voor de helft uit warmte uit eigen aardgasgestookte WKK-installaties en voor 25% uit het verbranden van aardgas in warmteketels (Tabel 2.4). De jaarlijkse inzet van deze installaties hangt voor een belangrijk deel af van de marktprijzen voor elektriciteit en aardgas. De laatste twee jaar is marktsituatie voor elektriciteitsproductie uit aardgas gunstig, wat zich vertaalt in een hoge inzet van de aardgasgestookte WKK in de landbouw.

Aardwarmte en biomassaketels leveren een groeiende bijdrage aan de warmtevoorziening. In 2022 was het aandeel van deze hernieuwbare bronnen gegroeid tot boven de 12%. Een beperkt aantal tuinders is aangesloten op stadsverwarming, onder andere op het Rotterdamse net (B3-hoek) en het Warmtenet Breda-Tilburg.

De totale vraag naar warmte beweegt ook mee met de temperaturen in het stookseizoen, al is de temperatuurafhankelijkheid minder sterk dan in de gebouwde omgeving. Wat niet in deze Tabel staat is de warmte die vrijkomt bij de belichting van de kassen. Deze wordt niet geteld als finaal energieverbruik voor warmte, omdat belichting het primaire doel is. Echter, de lampen geven ook veel warmte af.

Tabel 2.4 Finaal energieverbruik voor warmte in de landbouw in petajoule

	2018	2019	2020	2021	2022*
Aardoliegrondstoffen en producten	1	1.1	1.1	1.4	1.6
Aardgas	46.1	38.2	35.4	31.4	20.7
Aardwarmte	3.7	5.6	6.2	6.3	6.8
Biomassa	4.4	5.1	5.9	6.5	6
Aangekochte warmte plus zelf opgewekte wkk warmte	47.8	51.4	50.5	55.2	40.6
Aangekochte warmte	3.5	3.5	3.3	3.6	3.6
zelf opgewekte wkk warmte	44.3	47.9	47.2	51.6	37
Onttrokken warmte uit omgeving door warmtepompen	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Elektriciteit voor warmte totaal	.	.	.	.	.
Elektriciteit voor warmte warmtepompen	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Elektriciteit voor warmte overig	.	.	.	.	.
Totaal	103.4	101.6	99.3	101.2	76.1

* Voorlopige statistieken

- Niet bekend

Bron: CBS (2024).

2.3 Installaties met (potentiële) levering van (rest)warmte- of koude

In de vorige paragraaf zijn de energietechnieken genoemd die worden ingezet voor de levering van warmte. Ook is aangegeven dat er (rest)warmte wordt aangekocht. Deze paragraaf geeft een overzicht van verschillende typen thermische installaties die (rest)warmte- of koude leveren of (na aanpassing) zouden kunnen leveren.

Thermische energieopwekkingsinstallaties (meer dan 50 MWth)

De WarmteAtlas Nederland is een digitale, geografische kaart met daarop aangegeven warmteaanbod en –vraag in Nederland. Volgens de Warmteatlas zijn er in 2022 266 grote stookinstallaties in Nederland met een thermisch vermogen groter dan 50 MW, zoals bedoeld in de Europese richtlijn 2001/80/EG (zie Tabel 2.5). Een grafisch overzicht van alle individuele grote stookinstallaties is te vinden op de Warmteatlas (zie paragraaf 2.5).

Tabel 2.5 Grote stookinstallaties met een vermogen van meer dan 50 MWth (in 2022)

Sectoren	Aantal	Cumulatief vermogen (MWth)
Elektriciteitsproductie	70	36.109
Transmissie en distributie van elektriciteit en aardgas	30	4.064
Chemie en overige industrie	117	15.397
Staalindustrie	6	606
Raffinaderijen	43	5.828
Totalen	266	62.004

Bron: Warmteatlas.

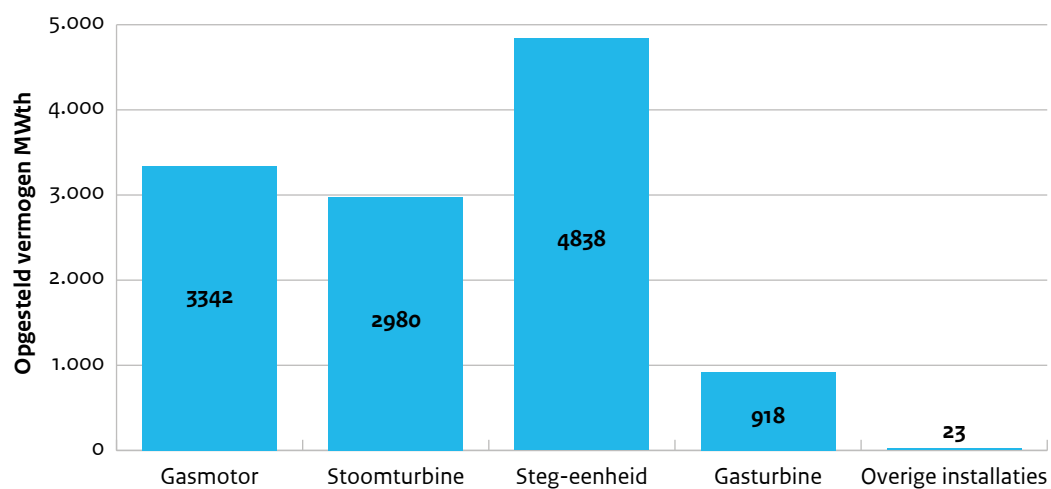
Installaties voor warmtekrachtkoppeling

Eind 2022 stonden er in totaal 2.936 WKK-installaties opgesteld met een gezamenlijk elektrisch vermogen van 12.101 MW (zie figuur 2.5). De meeste WKK-installaties (zo'n 2.500 gasmotoren) staan opgesteld in de glastuinbouwsector, met een gezamenlijk elektrisch vermogen van 3.084 MW. Deze WKK's worden hoofdzakelijk gebruikt voor het verwarmen van kassen en CO₂-bemesting en voor het produceren van elektriciteit voor groeilicht. Daarnaast wordt een groot deel van de elektriciteitsproductie terug geleverd aan het net.

In de industrie staat een gezamenlijke elektrische vermogen opgesteld van 2.241 MW, verdeeld over 103 installaties. Een kleine helft hiervan zijn gasturbines. In de industrie worden WKK's met name gebruikt voor het produceren van stoom. Daarnaast staan er 226 WKK-installaties in de dienstensector, voornamelijk gasmotoren, met een gezamenlijk elektrisch vermogen van 1.070 MW in 2022.

De WKK-installaties met de grootste vermogens zijn opgestelde centrales in de energiesector: 16 installaties (centrale productie), voornamelijk STEG-eenheden, met een gezamenlijk elektrisch vermogen van 4.979 MW. Deze centrales leveren vooral elektriciteit. Bij distributiebedrijven (decentrale productie) staan 86 installaties opgesteld met een elektrisch vermogen van 321 MW.

Figuur 2.5 Warmtekrachtkoppeling (WKK) installaties in 2022⁷.



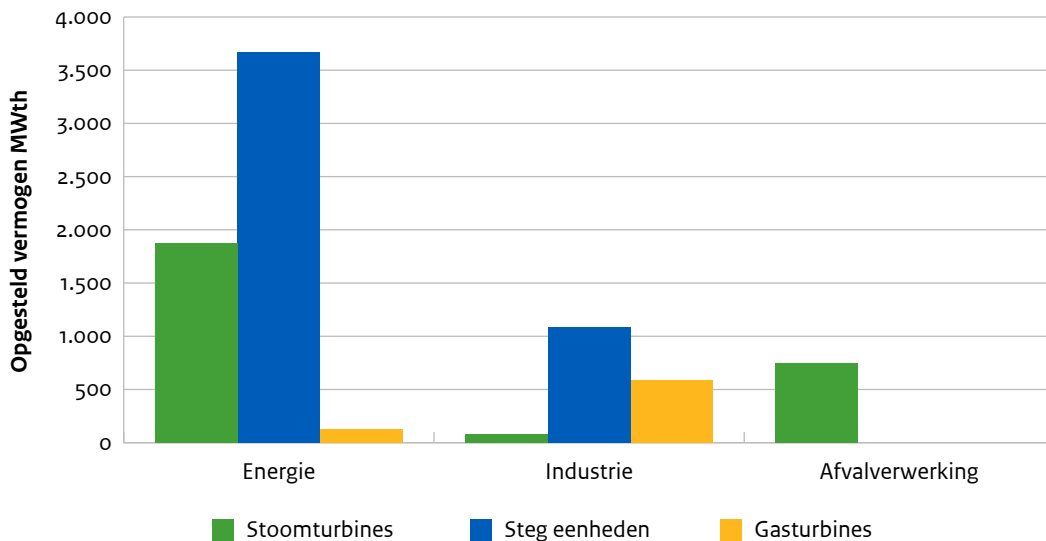
Bron: CBS (2023e).

Installaties voor warmtekrachtkoppeling van meer dan 20 MWe

Het opgestelde vermogen van grote WKK's met een elektrisch vermogen groter dan 20MWe bedroeg in 2022 op basis van voorlopige cijfers 8.168 MWe (zie figuur 2.6), verdeeld over 73 installaties. Het grootste deel van het vermogen is in eigendom van energiebedrijven.

⁷ Gebaseerd op voorlopige statistieken.

Figuur 2.6 Grote warmtekrachtkoppeling (WKK) installaties (>20 MWe) in 2022.



Bron: CBS (2023e), bewerkt door CBS.

Afvalverbrandingsinstallaties

In 2022 stonden er in Nederland 13 afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) opgesteld (RWS, 2024). Alle afvalverbrandingsinstallaties in Nederland wekken bij het verwerken van het afval energie op in de vorm van elektriciteit en/of warmte. In 2022 is 4.148 GWh aan elektriciteit door de AVI's geproduceerd, gemeten direct aan de turbines. Dit is 1% meer dan in 2021. Van de geproduceerde elektriciteit is ongeveer 80% aan het net of andere installaties buiten de AVI geleverd. De rest is bestemd voor eigen gebruik, vooral voor de rookgasreiniging.

Daarnaast is er door de AVI's 17,9 petajoule aan warmte extern geleverd. Dit is een afname van 2% ten opzichte van 2021. De temperatuur waarop deze warmte wordt geleverd is per installatie verschillend. Dit wordt bepaald door de vraag naar warmte in de buurt van de installatie. De geleverde warmte wordt gebruikt voor industriële processen, stadsverwarming of het verwarmen van kassen.

Afval dat verbrand wordt door afvalverbrandingsinstallaties is op energiebasis voor ongeveer de helft van biogene oorsprong (CBS, 2023f). Daarom telt ongeveer de helft van de energieproductie door afvalverbrandingsinstallaties als hernieuwbare energie. Deze installaties waren in 2022 goed voor 7% van het eindverbruik van hernieuwbare energie.

Installaties voor hernieuwbare energie (meer dan 20 MWth)

Ook thermische installaties voor hernieuwbare energie produceren warmte. Grootschalige hernieuwbare energieinstallaties worden in Nederland sinds 2008 gesubsidieerd door de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE) en opvolgers SDE+ en SDE++. In 2022 gaat het in totaal om 146 gerealiseerde installaties met een vermogen groter dan 20 MWth (zie Tabel 2.6) die een subsidie ontvangen.

Tabel 2.6 Hernieuwbare energie installaties gesubsidieerd door de SDE+ (meer dan 20 MWth) gerealiseerd tot en met 2022

	Aantal installaties	Cumulatief opgesteld vermogen (MWth)
Afval	10	772
Biomassa	12	759
Biomassa groot	6	1.277
Biomassa warmte	10	597
Geothermie warmte	14	397
Groen gas	5	119
Wind	41	2.232
Zon	48	1.944
Eindtotaal	146	8.097

Bron: RVO (peildatum januari 2024; alleen installaties met een vermogen groter dan 20 MWth).

Industriële stoomnetten

Een beperkt aantal installaties levert warmte in de vorm van stoom aan andere industriële installaties via een stoomnet. Stoomnetten bevinden zich bij grote industriële clusters in Nederland, zoals Chemelot in Geleen of het industriegebied bij Delfzijl. Ook in de Rotterdamse haven zijn een paar industrieclusters waar stoomuitwisseling plaats vindt. De totale levering van stoom via stoomnetten was 62 petajoule (CBS op basis van District Heating rapportage in het kader van EED aan Eurostat), wat meer is dan de levering van warm water via warmtenetten. Net als bij warmte voor de grote warmtenetten komt de meeste stoom uit WKK-installaties gestookt op fossiele brandstoffen, vaak aardgas maar soms ook restgassen.

2.4 Stadsverwarming- en koeling

Grote en kleine stadsverwarmingsnetten

In de monitoring van stadsverwarming en -koeling wordt onderscheid gemaakt naar grote middelgrote en kleine stadsverwarmingsnetten (RVO, 2023). Over grote stadsverwarmingsnetten zijn doorgaans meer gegevens beschikbaar. Grote stadsverwarmingsnetten hebben gebouwen als hoofdafnemer en leveren jaarlijks meer dan 150 TJ aan warmte aan eindverbruikers. De totale warmtelevering van de grote netten is ongeveer 10 keer zo groot als de warmtelevering van de kleine netten. Onder kleine warmtenetten verstaan we alle netten welke warmte leveren aan minder dan 500 aansluitingen. Middelgrote warmtenetten vormen de tussencategorie.

Tabel 2.7 toont het totale aantal aansluitingen (groot- en kleinverbruikers) en warmtelevering van de stadsverwarmingsnetten. In 2022 waren er voor grote stadsverwarmingsnetten 396 duizend aansluitingen en werd 19,2 petajoule warmte geleverd. De lagere warmtelevering in 2022 komt door een warme winter en extra besparing door de hoge energieprijzen. Ten opzichte van de vorige rapportage (gegevens 2019) is het aantal aansluitingen op warmtenetten en de geleverde warmte toegenomen. Dit komt niet alleen door een feitelijke groei in het aantal warmtenetten, maar er is ook een groot warmtenet bijgekomen in het overzicht. Bovendien zijn er voor kleine en middelgrote netten sinds 2021 gegevens beschikbaar. Voor de kleine netten zijn de meeste gegevens van vergunning houdende warmtebedrijven opgenomen in het overzicht.

Tabel 2.7 Overzicht totale aantal aansluitingen en warmtelevering van de stadsverwarmingsnetten⁸

Warmtenet	Monitorwarmte (× 1.000 aansluitingen)	Duurzaamheids- rapportage RVO (× 1.000 aansluitingen)				Monitorwarmte (PJ)	Duurzaamheids- rapportage RVO (PJ)				Warmteleverancier
		2019	2020	2021	2022		2019	2020	2021	2022	
Utrecht-Nieuwegein	54,4	54,0	55,5	56,5	2,9	2,8	3,2	2,6	Eneco		
Rotterdam (Eneco)	55,9	53,0	56,0	59,5	3,4	3,1	3,5	2,8	Eneco		
Rotterdam (VF)		6,2	7,0	7,7		0,3	0,3	0,3	Vattenfall		
B3-Hoek	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6	1,4	1,4	0,8	Eneco		
Den Haag	6,6	7,3	7,9	8,0	1,1	1,1	1,2	1,0	Eneco		
Ypenburg	10,2	10,1	10,3	10,3	0,3	0,3	0,4	0,3	Eneco		
Amsterdam Zuid- en Oost incl. Amstelveen (Eneco)	25	0,9	1,0	1,0	1,8	0,1	0,1	0,1	Eneco		
Amsterdam Zuid- en Oost incl. Amstelveen (VF)		29,2	29,3	30,1		1,9	2,2	1,9	Vattenfall		
Amsterdam Noord- en West	17,4	19,8	22,3	24,9	1	1,0	1,2	1,1	Westpoort Warmte		
Almere	52,4	53,0	53,5	54,3	1,9	1,8	2,1	1,8	Vattenfall		
Lelystad	4,8	4,8	4,8	4,9	0,2	0,2	0,2	0,2	Vattenfall		
Leidse regio	9,3	9,7	9,9	10,2	0,7	0,7	0,7	0,6	Vattenfall		
Arnhem, Duiven en Westervoort	15,7	16,3	16,6	17,1	0,7	0,7	0,8	0,7	Vattenfall		
Nijmegen Waalsprong	6,3	6,7	7,3	8,1	0,2	0,2	0,2	0,2	Vattenfall		
Warmtenet Midden-en West-Brabant	35,7	40,8	41,8	42,4	2,4	2,6	2,9	2,2	Ennatuurlijk		
Enschede	5	9,1	9,2	9,2	0,5	0,5	0,6	0,5	Ennatuurlijk		
Helmond	6,4	6,4	6,4	6,4	0,3	0,2	0,3	0,2	Ennatuurlijk		
Eindhoven Strijp	2,6	3,0	4,2	4,1	0,2	0,2	0,3	0,2	Ennatuurlijk		
Alkmaar	5,7	6,5	7,3	8,2	0,4	0,4	0,5	0,4	HVC		
Purmerend	26,9	27,3	27,9	27,9	0,8	0,8	0,9	0,8	SVP		
Dordrecht	*	1,7	2,0	2,0	*	0,2	0,2	0,2	HVC		
Warmtenet Ede	*	*	*	2,8	*	*	*	0,3	Warmtebedrijf Ede		
Totaal grote netten	340,4	365,8	380,3	395,6	20,4	20,4	23,3	19,2			
Totaal middelgrote netten	*	*	26,0	55,5	*	*	1,5	1,5			
Totaal kleine netten	*	*	31,5	40,7	*	*	1,6	1,4			
Totaal	*	*	437,8	491,8	*	*	26,4	22,1			

Bron: RVO (2023).

⁸ Gegevens 2019 volgens rapport Monitoring warmte 2019 van CBS/TNO. Gegevens 2020-2022 volgen de duurzaamheidsrapportages warmtenetten. Gegevens kleine - en middelgrote netten alleen beschikbaar vanaf 2021. Grote netten zijn netten met meer dan 150 TJ aan warmtelevering. Kleine netten zijn netten met minder dan 500 aansluitingen. Middelgrote netten zitten tussen de grote en kleine netten in.

Tabel 2.8 Duurzaamheid van grote stadsverwarmingsnetten

	CO ₂ -emissie (kg/GJth)	Warmte-verlies	Aandeel hernieuwbare energie	Aandeel restwarmte
Gewogen gemiddelde grote netten 2020	23,4	27%	37%	8%
Gewogen gemiddelde grote netten 2021	21,9	23%	38%	10%
Gewogen gemiddelde grote netten 2022	21,6	26%	38%	9%

Bron: RVO (2023).

Aandeel hernieuwbare energie in grote stadsverwarmingsnetten

Het aandeel hernieuwbare warmte bij grote warmtenetten is gestegen van 16% in 2016 (CBS en TNO, 2020) naar 38% in 2022 (RVO, 2023). Dit komt door een toename in de inzet van biomassa en warmte uit afvalverbrandingsinstallaties.

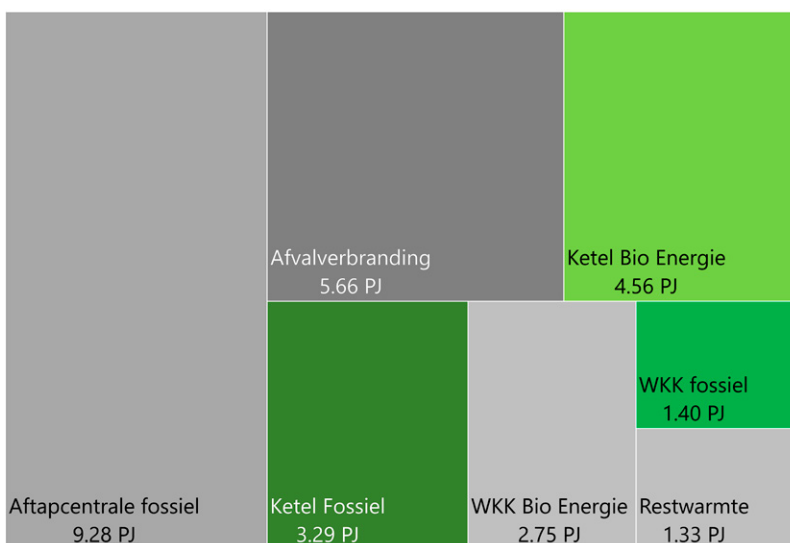
Tabel 2.9 Ontwikkeling aandeel hernieuwbaar en restwarmte

	Hernieuwbaar	Restwarmte
2020	36,50%	8,10%
2021	38,50%	9,70%
2022	38,00%	8,10%

Bron: RVO (2023).

In het aanbod van warmte zijn hoog rendement WKK-centrales op fossiele brandstoffen dominant. Wel wordt de bijdrage van deze centrales langzaam minder. De inzet van biomassa groeit niet meer, omdat er geen subsidie meer is voor nieuwe installaties. Er is ook veel weerstand tegen het stoken van biomassa. De bestaande installaties blijven nog wel warmte produceren.

Figuur 2.7 Bronnen grote en middelgrote warmtenetten



Bron: RVO (2023).

2.5 Ruimtelijke verdeling warmte- en koeling vraag

De WarmteAtlas Nederland⁹ van het Nationaal Expertisecentrum Warmte (NEW) is een digitale, geografische kaart met daarop aangegeven het (potentiële) warmte en koeling aanbod en vraag in Nederland. Deze atlas heeft als doel om marktpartijen en regio's inzicht te geven in de mogelijkheden voor de verduurzaming van het verwarmen van met name gebouwen en kassen. De WarmteAtlas wordt normaal gesproken jaarlijks geactualiseerd zodra nieuwe gegevens beschikbaar zijn. Zodra nieuwe gegevens beschikbaar komen, in het kader van het VIVET (Verbeterde Informatie Voorziening Energie Transitie)-programma dat streeft naar de verbetering van de informatievoorziening van de energietransitie¹⁰, of anderszins nieuwe 'open' (warmte) databronnen, worden deze ook beschikbaar gesteld.

Aan de vraagkant geeft de kaart een overzicht van de huidige warmtevraag van huishoudens, industrie, glastuinbouw en utiliteitsbouw, gebaseerd op diverse (meestal openbare) bronnen¹¹:

- Locatie gegevens over gebouwen en huizen komt uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) van het Kadaster¹²;
- De warmtevraag van woningen per buurt zijn op basis van het aardgasgebruik van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS);
- De ligging van grote gebouwen en kassen die geschikt zijn voor geothermie en warmte-koude opslag is gebaseerd op topografische kaarten (TopNL van het Kadaster¹³) en het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN)¹⁴;
- De warmtevraag van kassen wordt ingeschat op basis van kasoppervlakte afkomstig van CBS en RVO;
- De ligging van industriële installaties (LCP) is afkomstig uit het European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR);
- De energie vraag van de industrie wordt ingeschat op basis van de CO₂-emissie (volgens de Emissieregistratie van het RIVM¹⁵) en de gemiddelde energie mix van de sector (volgens CBS).

Aan de aanbodkant worden (potentiële) geschikte locaties van diepe geothermie, WKO, biomassa en restwarmte getoond.

- Potentiële voor warmte-koude opslag (met warmtepompen) zijn gebaseerd op de bodemgegevens van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI)¹⁶ en grondwaterstandgegevens van TNO (REGIS II)¹⁷.
- Potentiële voor aardwarmte (geothermie) zonder warmtepomp zijn gebaseerd op gegevens van de geologische dienst van TNO (ThermoGis)¹⁸ en met behulp van gegevens die op basis van de mijnbouw wet worden verzameld door TNO.
- Het (potentieel) voor restwarmte in de Warmteatlas is afkomstig van:
 - Restwarmte grote bedrijven voor direct gebruik is gebaseerd op gegevens van gemeenten en provincies die zij verzamelen op basis van de Wet Milieubeheer;
 - Restwarmte datacentra met warmtepompen is verzameld door een adviesbureau¹⁹ en de Dutch Data Center Association (DDA);
 - Condens warmte potentieel uit koelinstallaties met warmtepomp is ingeschat voor de voedselverwerkende industrie, slachthuizen, vrieshuizen en supermarkten; voor bedrijven met meer dan 10 medewerkers volgens de KVK;
 - Restwarmte afvalwater zuiveringsinstallaties met warmtepomp is bepaald door Unie van Waterschappen (UvW).

⁹ <https://www.warmteatlas.nl/>.

¹⁰ <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2019/14/vivet-betere-informatievoorziening-energietransitie>.

¹¹ Zie voor de gebruikte bronnen de WarmteAtlasCatalogus: <https://rvo-nl.github.io/EnergieCatalogus/>.

¹² <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag>.

¹³ <https://www.kadaster.nl/zakelijk/producten/geo-informatie/topnl>.

¹⁴ <https://www.ahn.nl/>.

¹⁵ <https://www.emissieregistratie.nl/data/overzichtstabellen-lucht>.

¹⁶ <http://www.nhi.nu/nl/index.php/data>.

¹⁷ <https://www.dinoloket.nl/regis-ii-het-hydrogeologische-model>.

¹⁸ <https://www.thermogis.nl>.

¹⁹ <https://www.pb7.nl/>.

Hieronder volgen enkele illustratieve voorbeeld van kaarten over de warmtevraag en potentieel aanbod uit de WarmteAtlas:

Figuur 2.8 Gebieden met woningen en kassen in 2021



Bron: WarmteAtlas.

Figuur 2.9 Gebieden met bedrijventerreinen in 2021



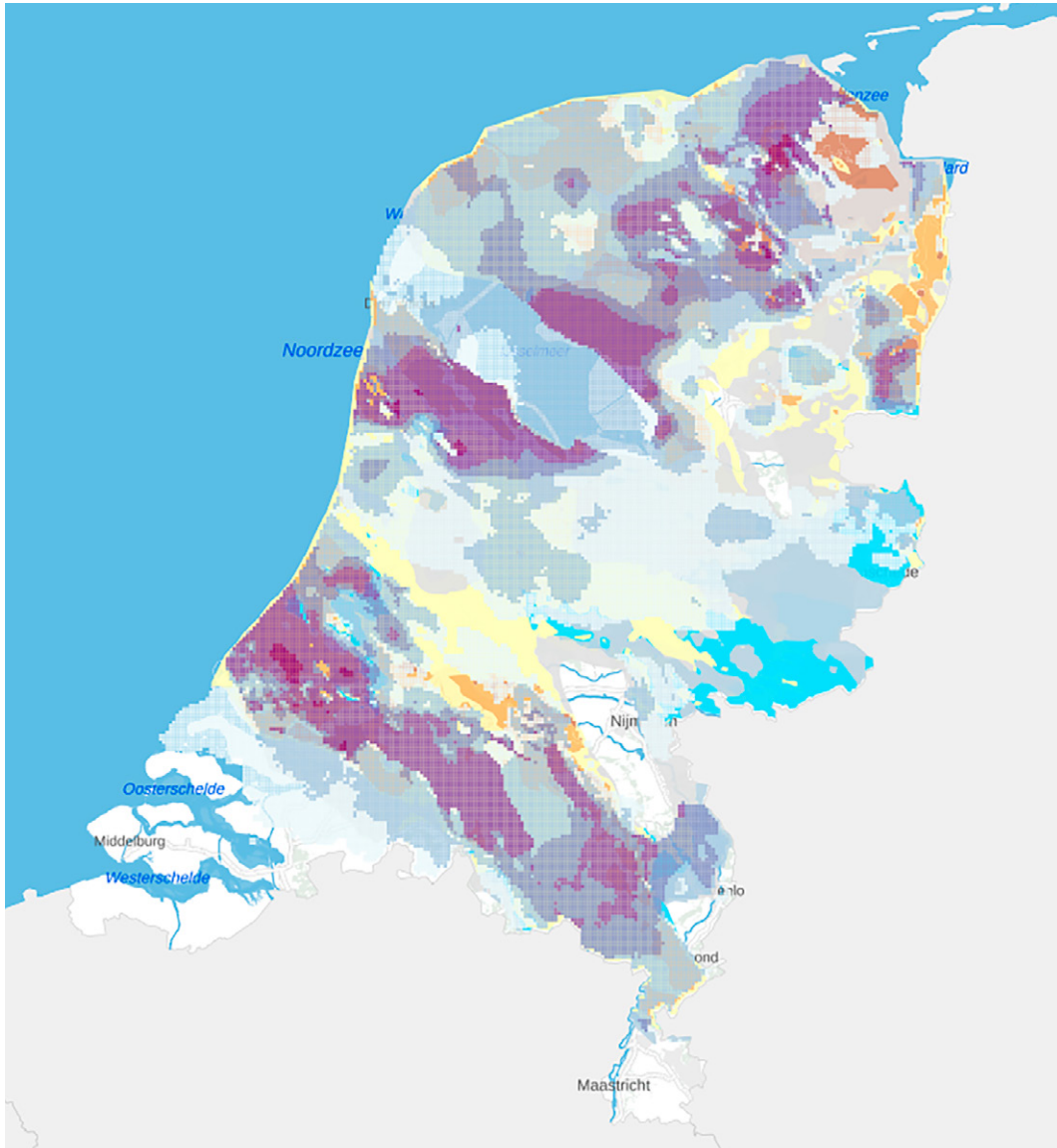
Bron: WarmteAtlas.

Figuur 2.10 Grote stookinstallaties met een vermogen van meer dan 50 MWth in 2022



Bron: WarmteAtlas.

Figuur 2.11 Potentieel voor geothermie; “P50Vermogen” geeft de kans van 50% op het genoemde vermogen aan



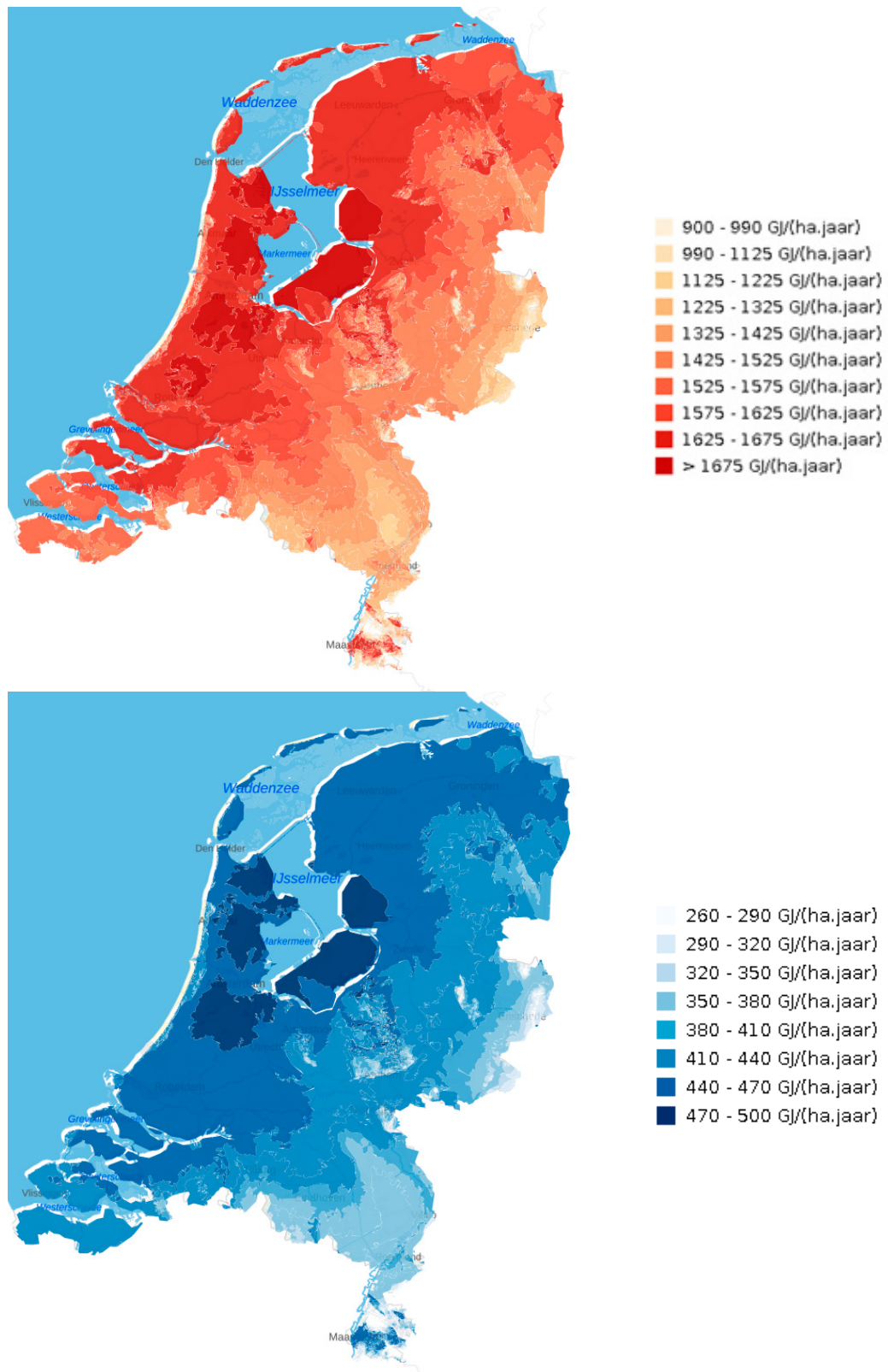
AardwarmteP50Vermogen

- 0-1 MWth per doublet (450 ha)
- 1,5 MWth per doublet (450 ha)
- 5-10 MWth per doublet (450 ha)
- 10-30 MWth per doublet (450 ha)
- > 30 MWth per doublet (450 ha)

Aardwarmte

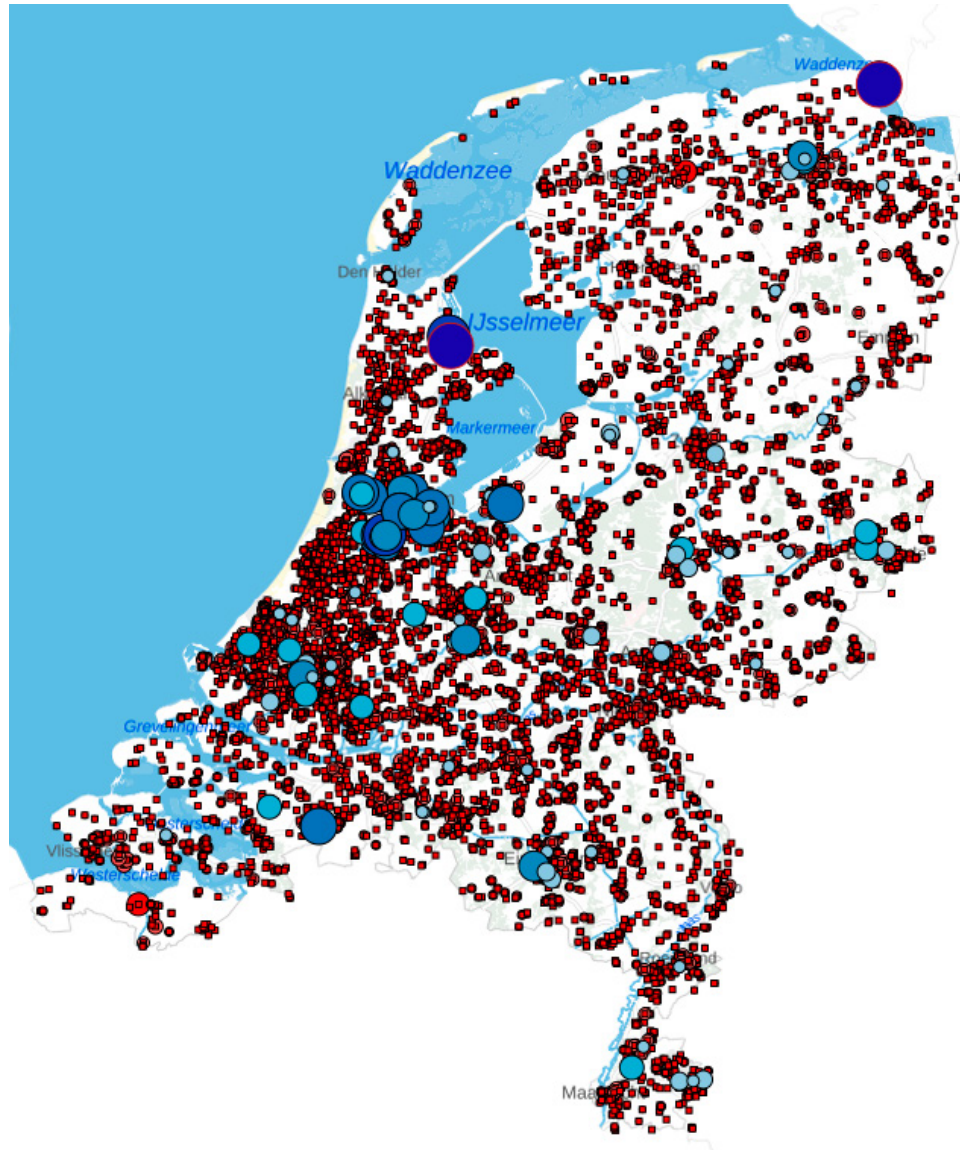
- Potentieel: <30% kans op ≥ 5 MWth vermogen, Temp $>45^{\circ}\text{C}$
- Potentieel: 30-50% kans op ≥ 5 MWth vermogen, Temp $>45^{\circ}\text{C}$
- Potentieel: $>50\%$ kans op ≥ 5 MWth vermogen, Temp $>45^{\circ}\text{C}$
- Ongunstig: Afzonderlijke aquifers > 10 m dik, Temp $<45^{\circ}\text{C}$
- Ongunstig: Afzonderlijke aquifers < 10 m dik, Temp $<45^{\circ}\text{C}$
- Ongunstig: Afzonderlijke aquifers < 10 m dik, Temp $>45^{\circ}\text{C}$

Figuur 2.12 Potentieel voor gesloten WKO warmte- en koudeopslag



Bron: WarmteAtlas.

Figuur 2.13 Potentieel voor restwarmte uit Datacentra (Lage Temperatuur) en bronnen geïdentificeerd in de Startanalyse van het Expertise Centrum Warmte (Lage en Midden Temperatuur)



- | LT DataCentraWarmte | Warmtebronnen startanalyse ECW |
|---------------------|--------------------------------|
| ○ <0,6 GWh/jr. | ○ < 1 MWth |
| ○ 0,6-3,0 GWh/jr. | ○ 1-10 MWth |
| ○ 3-6 GWh/jr. | ○ 10-100 MWth |
| ○ 6-15 GWh/jr. | ○ 100-500 MWth |
| ○ 15-30 GWh/jr. | ○ > 500 MWth |
| ○ 30-120 GWh/jr. | ■ ? MWth |
| ○ 120-290 GWh/jr. | |
| ○ >290 GWh/jr. | |
| ● niet bekend | |

Bron: WarmteAtlas.

3 Verwachte warmte- koude voorziening

3.1 Verwachte ontwikkelingen gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning

Dit hoofdstuk beschrijft de verwachte vraag naar warmte en de energievoorziening die daarvoor nodig is op de basis van de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022 (PBL, 2022) van het Planbureau van de Leefomgeving (PBL). De KEV beschrijft zowel de realisaties (vanaf 2000) als de verwachte ontwikkelingen rond energie en broeikasgasemissies tot en met 2040. De geschetste ontwikkelingen bevatten echter inherente onzekerheden, bijvoorbeeld rond de ontwikkeling van de prijzen van energiedragers en CO₂-emissierechten, onzekerheden over de gevolgen van beleid en de interactie met buitenlandse energiemarkten. Daarom worden rond de belangrijkste parameters bandbreedtes gegeven die deze onzekerheden reflecteren.

De verwachte ontwikkelingen worden geraamd op basis van inzichten die per 1 mei 2022 beschikbaar waren, zoals verwachtingen over economische en sectorale ontwikkelingen, technologische ontwikkelingen, energie- en CO₂-prijzen en het (destijds) vastgestelde en voorgenomen beleid²⁰. De KEV uit 2023 was hiervoor niet goed bruikbaar, omdat die KEV maar beperkt ingaat op de warmtevoorziening als geheel. Wel wordt er op basis van de KEV2023 ingegaan op het aandeel hernieuwbare warmte.

Er is één belangrijk onderscheid met betrekking tot de statistieken gerapporteerd in paragraaf 2.1 en 2.2 en de onderstaande gerapporteerde cijfers in paragraaf 3.2 en 3.3. De raffinaderijen, winning van olie en gas, cokesfabrieken en hoogovens vallen binnen de energiestatistieken bij de energiesector en hebben vanwege internationale afspraken geen finaal energieverbruik. Dit is de aanpak zoals gerapporteerd in hoofdstuk twee. Echter, in de KEV 2022 (en die van 2023) is het eigen verbruik van de hoogovens bij de nijverheid meegenomen vanwege de berekeningen van broeikasemissies. Om consistentie met de KEV-ramingen te behouden is in paragraaf 3.2 en 3.3 gekozen om de statistieken voor 2021 volgens de KEV te rapporteren. Ter referentie, het eigen verbruik van hoogovens was 12,2 petajoule in 2021 en 9,4 petajoule in 2022 (op basis van voorlopige statistieken)²¹.

3.2 Vraag naar warmte en koude

Momenteel wordt ruim de helft van het finaal energieverbruik gebruikt voor warmte (zie paragraaf 2.1). Bijna de helft van het finaal energiegebruik voor warmte wordt gebruikt in de gebouwde omgeving, ruim 40% in de industrie en 10% in de landbouw. Deze verhouding in het finaal energiegebruik voor warmte verandert naar verwachting nauwelijks tot 2030. In 2021 bedroeg het finaal energieverbruik voor warmte 960 petajoule en dit daalt in de raming met vastgesteld beleid naar 833 petajoule in 2030, exclusief het elektriciteitsverbruik voor warmte (PBL, 2022).

²⁰ In bijlage 2 is een volledig overzicht van welke beleidsmaatregelen zijn meegenomen in de projectie met vastgesteld en voorgenomen beleid (aangegeven met "WAM"). Een uitgebreide toelichting hoe beleid is meegenomen in de projectie kan worden gevonden in de bijlage van de KEV 2022: <https://www.pbl.nl/publicaties/beleidsoverzicht-en-factsheets-beleidsinstrumenten-o>.

²¹ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?dl=A4484>.

Tabel 3.1 Finaal energetisch verbruik voor warmte²² (temperatuurgecorrigeerd) per sector voor vastgesteld en voorgenomen beleid (in petajoule)

	2021*	2025	2030	2040
Totaal	960	876	838	833
Nijverheid ²³	388	392	370	391
Gebouwde omgeving	464	400	388	362
Landbouw	100	78	74	73
Waterbedrijven en afvalbeheer	7	6	7	7

*Voorlopige statistieken

Bron: PBL (2022).

3.3 Aanbod van warmte- en koude

Aandeel aardgas daalt, aandeel hernieuwbare warmte bijna verdubbeld

Het finaal energieverbruik voor warmte is in 2021 voor circa 70% (700 petajoule) afkomstig uit aardgas. Dit aandeel daalt in 2030 in de raming naar ongeveer 60% (500 petajoule) door meer gebruik van hernieuwbare energie en elektriciteit. Het gaat dan voor een groot deel om het verbranden van aardgas in ketels voor eigen verbruik, maar ook om warmte afkomstig uit warmtekracht- installaties van de warmteverbruiker of van derden.

Hernieuwbare energie was in 2021 goed voor circa 8% (88 petajoule) van de warmtevoorziening. Dit aandeel hernieuwbare warmte stijgt in de KEV 2022 raming met voorgenomen beleid naar 14% (128 petajoule) in 2030²⁴. Dit betreft warmte uit biomassa, geothermie, aquathermie, zonthermie, omgevingswarmte (warmtepompen) en groen gas.

Het gebruik van overige energiedragers was in 2021 goed voor ongeveer een zesde deel van het finaal energieverbruik voor warmte. Dit betreft restgassen uit aardolie en steenkool, restwarmte die met behulp van warmtepompen in industriële processen wordt opgewaardeerd tot nuttige warmte, en het niet-biogene deel van afval. De bijdrage van deze overige energiedragers stijgt van 165 petajoule in 2021 naar circa 200 petajoule in 2030. In het finaal energieverbruik voor warmte ontbreekt waterstof, omdat waterstof in de KEV-raming wordt gebruikt als product in industriële processen en niet voor ondervuring.

Stijging van elektriciteitsverbruik voor warmte

Het elektriciteitsverbruik voor warmte stijgt door de toepassing van warmtepompen en elektrische boilers. Het elektriciteitsverbruik van warmtepompen in de gebouwde omgeving was in 2021 8,5 petajoule en stijgt naar 20 petajoule in 2030. Voor warmte in de industrie is de raming in 2030 een elektriciteitsverbruik van 18 petajoule, waarvan 10 petajoule voor warmtepompen en 8 petajoule voor elektrische boilers. In de landbouw wordt in 2030 een elektriciteitsverbruik van 1 petajoule voor geothermie verwacht.

De warmte uit warmtepompen in de gebouwde omgeving komt niet alleen uit de elektriciteit die deze verbruiken, maar vooral uit de warmte die ze uit de bodem of buitenlucht halen. Deze gewonnen warmte telt mee als hernieuwbare energie. In 2021 was dit 16 petajoule en volgens de raming stijgt dit naar 38 petajoule in 2030. Inclusief de warmte uit de bodem en buitenlucht stijgt het finaal energieverbruik van warmtepompen in 2030 naar 58 petajoule; dat is 15% van het totale finaal energieverbruik voor warmte in de gebouwde omgeving. Aardgas is ook in 2030 nog steeds de dominante energiedrager voor de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving.

²² Finaal energetisch verbruik exclusief elektriciteit en motorbrandstoffen.

²³ De raffinaderijen, winning van olie en gas, cokesfabrieken en hoogovens vallen binnen de energiestatistieken bij de energiesector en hebben vanwege internationale afspraken geen finaal energieverbruik. Echter, in de KEV is het eigen verbruik van de hoogovens ook bij de nijverheid meegenomen.

²⁴ In de KEV 2023 is deze raming geactualiseerd, zie onderstaande paragraaf 3.4.

Warmtelevering stadsverwarming in 2030 voor helft hernieuwbaar

De warmtelevering uit warmtenetten stijgt in de raming van voorgenomen beleid van circa 25 petajoule in 2021 naar 30 petajoule in 2030. Dat is alleen stadsverwarming en exclusief stoomlevering aan de industrie. De raming voor 2030 bestaat uit 18 petajoule warmtelevering aan huishoudens, 8 petajoule warmtelevering aan diensten en 3,5 petajoule warmtelevering aan landbouw. De toename van de warmtelevering aan de gebouwde omgeving is het gevolg van de beleidsmaatregelen aardgasvrije nieuwbouw, de Stimuleringsregeling aardgasvrije huurwoningen (SAH) en het Nationale Groeifondsvoorstel Nieuwe Warmte Nu! De omvang van deze warmtelevering is in Nederland beperkt, en bedraagt enkele procenten van het totaal finaal energieverbruik voor warmte.

Een steeds groter deel van de warmteproductie voor stadsverwarming komt uit hernieuwbare energie. In de raming stijgt het aandeel hernieuwbare energie in de warmteproductie van warmte-netten naar 51% in 2030 en het aandeel restwarmte naar 13%. De warmteproductie door afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) voor stadsverwarming blijft in de raming ongeveer constant op 4 petajoule, waarvan ongeveer de helft telt als hernieuwbare warmte. De warmteproductie uit biomassa voor warmtenetten stijgt naar 8 petajoule in 2030, de warmteproductie uit geothermie neemt in de raming toe naar circa 4 petajoule in 2030 en de warmteproductie uit aquathermie naar 2 petajoule. Verder is rekening gehouden met 0,7 petajoule warmtelevering uit warmte- en koudeopslag (WKO). Ook de warmtelevering met elektrische boilers neemt toe naar circa 3 petajoule in 2030. Samen is dat 20 petajoule hernieuwbare warmteproductie. Daarnaast neemt de levering toe van restwarmte uit de industrie aan warmtenetten, van circa 2 petajoule in 2020 naar circa 5 petajoule in 2030. In totaal gaat het dus om 25 petajoule warmteproductie zonder directe CO₂-emissie. Na aftrek van het warmteverlies in het net blijft hiervan circa 19 petajoule over voor levering aan eindverbruikers.

3.4 Aanvullende informatie gebaseerd op de Klimaat- en Energieverkenning 2023

In de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2023 zijn de ramingen voor hernieuwbare warmte geactualiseerd op basis van recente klimaatbeleidswijzigingen die een substantieel effect hebben op broeikasgasemissies, energiebesparing en hernieuwbare energie in 2030. Dat beleid omvat de extra klimaatmaatregelen waartoe is besloten in de Voorjaarsnota 2023 (EZK, 2023a), bestaande geagendeerde nationale klimaatbeleidsplannen en Europees beleid.

In de KEV 2022-raming stijgt het aandeel hernieuwbare warmte in de periode 2021-2030 met 0,5 tot 1,0 procentpunt per jaar. Door de extra klimaatplannen uit de Voorjaarsnota is dit in de KEV-2023 raming 0,9 tot 1,6 procentpunt per jaar (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Ramingen groei aandeel hernieuwbare warmte

	KEV 2022: raming 2030 met vastgesteld en voorgenomen beleid	KEV 2023: raming 2030 met vastgesteld, voorgenomen en geagendeerd beleid
Totaal gebruik hernieuwbare warmte (petajoule)	140 [120-155]	139-174
Totaal eindverbruik voor verwarming (petajoule)	964 [798-1005]	667-887
Aandeel hernieuwbare warmte (%)	15 [13-18]	17-24
Jaarlijkse groei t.o.v. 2020 (in procentpunt per jaar)	0,6 [0,5-1,0]	0,9-1,6

Bron: PBL (2023).

Belangrijk daarbij is de stimulering van (hybride) warmtepompen door normering van verwarmingsinstallaties. De besparing op energieverbruik voor warmte draagt ook bij aan een stijging van het aandeel hernieuwbare warmte, bijvoorbeeld via verduurzaming van huurwoningen en utiliteitsbouw met slechte energielabels.

Deel II

4 Doelstellingen ten aanzien van warmte- en koude

4.1 Nationale klimaatdoelen en bijdrage aan Europese klimaat- en energiedoelen

In de Nederlandse Klimaatwet zijn doelen gesteld ten aanzien van het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen (EZK, 2023b). Nederland moet in 2030 55% minder broeikasgassen uitstoten dan in 1990. Om dit doel met zekerheid te halen, is afgesproken om het beleid te richten op een hogere opgave van circa 60% in 2030 door in beleid rekening te houden met een ‘overprogrammering’ van maatregelen. Uiterlijk in 2050 dient de netto-uitstoot van broeikasgassen tot nul te zijn gereduceerd.

Het beleid is uitgewerkt in het Beleidsprogramma Klimaat dat in juni 2022 verscheen en het aanvullende beleidspakket uit april 2023 en april 2024 (“Voorjaarsbesluitvorming Klimaat 2023 en 2024”). Het Beleidsprogramma Klimaat is een aanvulling op het Klimaatplan uit 2020 dat werd gebaseerd op het Klimaatakkoord.

Op 16 mei 2024 hebben de fracties van PVV, VVD, NSC en BBB het Hoofdlijnenakkoord 2024 – 2028 gepresenteerd dat de basis zal zijn voor het mogelijke nieuwe kabinet.²⁵ De verdere uitwerking van dit Hoofdlijnenakkoord in een regeerprogramma zal op onderdelen leiden tot nieuw of aangepast beleid, dat in de plaats komt van het staand beleid zoals dat nu is beschreven in het INEK en dit Potentieel Analyse rapport. De impact van het Hoofdlijnenakkoord op het voorgenomen beleid dan wel ingezet beleid wordt door het Planbureau voor de Leefomgeving doorgerekend in de aankomende Klimaat- en Energieverkenning (KEV 2024). In de volgende INEK-voortgangsrapportage, waarvan publicatie voorzien is in maart 2025, zal een aanpassing van het beleid worden verwerkt.

Aangezien verwarming (en koeling) een belangrijke bijdrage levert aan de nationale CO₂-uitstoot (zie paragraaf 2.1), impliceren de gestelde klimaatdoelen vergaande verduurzaming van de warmte- en koude voorziening in Nederland. Conform Europese afspraken draagt Nederland ook bij aan de Europese klimaat- en energiedoelen voor 2030. Deze zijn beschreven in de definitieve update van het Integrale Nationale Energie- en Klimaatplan (INEK) dat Nederland in 2024 bij de Europese Commissie heeft ingediend (zie hoofdstuk twee van het INEK). Hieronder worden de belangrijkste doelen uit het INEK genoemd die relevant zijn voor de verduurzaming van het Nederlandse warmte- en koude verbruik:

1. De Europese Effort Sharing verordening (ESR) gaat over broeikasgasemissies in de sectoren gebouwde omgeving, mobiliteit, landbouw en lichte industrie. In de ESR zijn bindende jaarlijkse broeikasgas-emissiereductiedoelstellingen voor de lidstaten vastgesteld die gezamenlijk deze reductie verwezenlijken. De ESR kent een cumulatief emissiebudget voor de periode 2021-2030. Dit budget wordt op dit moment voor Nederland ingeschat op 833 Mton CO₂-equivalenten;
2. Nederland streeft naar een primair energieverbruik van 1.935 petajoule in 2030 (exclusief verbruik voor niet-energetische doeleinden) in het kader van artikel 4 van de Europese Energie-Efficiency richtlijn (EED) 2023/1791. In termen van finaal energieverbruik wordt deze bijdrage vertaald in een verwacht finaal energieverbruik van 1.609 petajoule in 2030;
3. De energiebesparingsverplichting voor de periode 2021 tot en met 2030 volgens artikel 8 van de EED bedraagt voor Nederland cumulatief 1.285 petajoule. Deze besparing dient met nationaal beleid gerealiseerd te worden. In de KEV 2023 wordt met het beleid dat per 1 mei 2023 bekend was een cumulatieve besparing van 1.168 tot 1.415 petajoule verwacht. De doelstelling voor cumulatieve besparing door nationaal beleid van 1.285 petajoule ligt binnen die bandbreedte;

²⁵ Kamerstuk 36471, nr. 37.

4. Op 20 november 2024 is de herziene Europese richtlijn 2018/2001 over hernieuwbare energie (RED) bekrachtigd met een ophoging van het Europese doel naar 42,5% hernieuwbare energie.. De Nederlandse bijdrage aan het EU-doel is een aandeel van 32-42% hernieuwbare energie in 2030, gebaseerd op de raming uit de KEV 2023. Het aandeel zal naar verwachting hoger uitkomen wanneer ook rekening wordt gehouden met het nieuwe beleid dat in 2024 is aangekondigd. Daarmee ligt de verwachte bijdrage van een minimaal aandeel van 39% binnen de bandbreedte;
5. Verhogen van het aandeel hernieuwbare energie van de verwarmings- en koelsector met gemiddeld 1,3% per jaar (het verbruik van restwarmte wordt daarin meegeteld) volgens artikel 23 van de RED;
6. Indicatieve mijlpalen voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving als bijdrage aan de Europese Energie-Efficiency doelen. Nederland drukt deze uit in een indicatieve maximale uitstoot van broeikasgassen van 13,2 (Mton CO₂-equivalenten) in 2030 en klimaatneutraliteit in 2050.

4.2 Sectorale streefwaarden en mijlpalen

De Voorjaarsbesluitvorming Klimaat 2023 bevat indicatieve restemissiedoelen voor 2030. Alhoewel deze niet specifiek gelden voor warmte en koude, impliceren deze streefwaarden dat de warmte en koude sterk verduurzaamd zal moeten worden.

Tabel 4.1 Sectorale restemissie van broeikasgassen en specifieke mijlpalen relevant voor warmte en koude

Sector ²⁶	Emissie in 2022 (Mton CO ₂ -eq.)	Indicatieve restemissie in 2030 (Mton CO ₂ -eq.)	Raming KEV 2023 (Mton CO ₂ -eq.)	Specifieke mijlpalen relevant voor warmte en koude voor 2030
Gebouwde omgeving	19,6	13,2	12-18	<ul style="list-style-type: none"> • 1 miljoen geïnstalleerde hybride warmtepompen in de bestaande bouw • realiseren van 500.000 nieuwe aansluitingen op een warmtenet in de bestaande bouw (in woningequivalenten)
Industrie	49,2	29,1	27-42	<ul style="list-style-type: none"> • het gebruik van hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprongen (RFNBO's; veelal hernieuwbare waterstof(dragers) van 42% in 2030 en 60% in 2035
Landbouw (waaronder glastuinbouw ²⁷)	24,5	17,9	19-22	<ul style="list-style-type: none"> • klimaatneutraliteit in de glastuinbouwsector in 2040, met in 2030 een restemissie van 4,3 Mton CO₂-equivalenten • een energiebesparing van circa 20% in 2030 en 30% in 2040 ten opzichte van het gemiddelde over 2015 tot en met 2017

Bronnen: Emissie in 2022 (Emissieregistratie, 2024); Indicatieve restemissie (EZK, 2023a); Raming KEV (PBL, 2023); de specifieke mijlpalen relevante voor warmte en koude zijn afkomstig uit de definitieve update van INEK uit 2024.

²⁶ De reducties en mijlpalen voor sectoren elektriciteit, mobiliteit en landgebruik zijn niet genoemd, omdat deze sectoren een beperkt energieverbruik voor warmte en koude kennen.

²⁷ De beoogde bijdrage van glastuinbouw aan de totale emissiereductie door de landbouwsector bedraagt volgens het Voorjaarsbesluitvorming Klimaat april 2023 4,3 Mton CO₂-eq in 2030.

5 Beleidsmaatregelen ten aanzien van warmte- en koude

5.1 Nationaal klimaat- en energiebeleid

Het huidige Nederlandse energie- en klimaatbeleid is verankerd in het Regeerakkoord 2022, het Klimaatplan 2021-2030 en de Klimaatwet. Verder volgt het huidige Nederlandse klimaat- en energiebeleid zoals hier besproken uit het Beleidsprogramma Klimaat 2022 en de Voorjaarsbesluitvorming 2023 en 2024. De belangrijkste onderdelen daaruit zijn beschreven in het Integrale Nationale Energie- en Klimaatplan (INEK) dat Nederland in 2024 bij de Europese Commissie indient. Zoals besproken in hoofdstuk 4 zal het Hoofdlijnenakkoord 2024 – 2028 van het mogelijke nieuwe kabinet in potentie gevolgen hebben voor onderstaand beleid die nog niet te overzien zijn.

In lijn met het bredere energie- en klimaatbeleid van Nederland, sturen beleidsmaatregelen primair op de reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Deze beleidsmaatregelen zijn zowel gericht op het verminderen van het energiegebruik als het vergroten van het aandeel hernieuwbare energie. Zoals ook voor de doelen en streefwaarden zoals in hoofdstuk vier zijn beschreven, geldt ook voor de beleidsmaatregelen dat veel daarvan (sterk) zullen bijdragen aan het verduurzamen van het warmte- en koude verbruik in Nederland.

In de volgende alinea's wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste (generieke) beleidsmaatregelen voor de gebouwde omgeving, de industrie en de glastuinbouw die zullen bijdragen aan de verduurzaming van het warmte- en koude verbruik in Nederland. In bijlage II is een overzicht opgenomen met een overzicht van alle (generieke) beleidsmaatregelen die van belang zijn voor de verduurzaming van de warmte- en koude voorziening in Nederland.

5.2 Generieke beleidsmaatregelen

Omdat de klimaattransitie alle sectoren in Nederland raakt, kijkt de overheid naar effectieve maatregelen die in meerdere sectoren tegelijk effect hebben. Het gaat hierbij om het breed toepassen van het nieuwe Europese handelssysteem (ETS₂), de afbouw van fiscale voordelen voor fossiele brand- en grondstoffen, fiscale vergroening, aanscherping van de energiebesparingsplicht, uitbreiding van het budget voor schone, duurzame energie en CO₂-reducerende projecten (SDE++), onderzoeken naar wat nodig is om een nationaal emissieplafond voor ESR-sectoren in te voeren, en de inzet van middelen uit het Klimaatfonds, een miljardenfonds bedoeld voor additionele maatregelen die bijdragen aan het behalen van de reductie-doelstellingen in de Klimaatwet, de transitie naar een klimaatneutrale energievoorziening, economie en samenleving en een rechtvaardige klimaattransitie.

5.3 Beleid gebouwde omgeving

De grootste uitdaging in de gebouwde omgeving ligt bij het isoleren en aardgasvrij maken van de reeds bestaande bebouwing, met ruim 1,5 miljoen woningen en andere gebouwen in 2030. Hieronder vallen (particuliere) koopwoningen, huurwoningen en utiliteitsbouw. In 2050 moeten alle ruim 7 miljoen woningen en 1 miljoen andere gebouwen zijn verduurzaamd. Het nationale beleid omvat een breed palet aan maatregelen, met een mix van thematische en doelgroepgerichte instrumenten. Er zijn zowel maatregelen die op korte termijn kosteneffectieve energiebesparende ingrepen in gebouwen bevorderen als maatregelen die diepgaande renovatie van gebouwen mogelijk maken.

De kern van de Nederlandse aanpak in de gebouwde omgeving is het terugdringen van de energievraag door gedrag, isolatie en hybride warmtepompen en het ontwikkelen van duurzame warmtebronnen om in de resterende vraag te voorzien. De aanpak om de gebouwde omgeving te verduurzamen volgt twee sporen: de gebiedsgerichte aanpak via gemeenten (op basis van de transitievisies warmte en wijkuitvoeringsplannen) en beleid voor individuele woningen en gebouwen. In de afgelopen jaren is veel ervaring opgedaan met deze twee-sporen aanpak, onder andere via programma's als Programma Aardgasvrije Wijken²⁸ en diverse subsidies, wat zich heeft vertaald in het huidige beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving (PVGGO²⁹).

Binnen het PVGGO zijn vijf specifieke programmalijnen en twee dwarsdoorsnijdende programma's.

De vijf specifieke programmalijnen zijn:

1. De gebiedsgerichte aanpak van de warmtetransitie

De gebiedsgerichte aanpak van de warmtetransitie (zowel de transitie naar 'weg van het aardgas' als de lokale isolatieaanpak): de aanpak van bestaande woningen en gebouwen per straat en per wijk onder regie van gemeenten. In het kader van een Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie krijgen gemeenten voldoende middelen en ondersteuning voor hun taken. Ook komt er een nieuw wettelijk kader voor bevoegdheden voor gemeenten in de lokale warmtetransitie.

2. De individuele koop- en huurwoningen

De individuele aanpak van koop- en huurwoningen: individuele woningeigenaren, zowel in de koop- als de huursector, krijgen o.a. goed toegankelijke informatie, vergaande ontzorging, subsidies en financiering. Ook komt er een helder uitfaseringsbeleid van slecht geïsoleerde woningen, mede op basis van de Europese richtlijnen, en normering voor de verduurzaming van woningen.

3. De aanpak voor utiliteitsgebouwen (bedrijfsmatig en maatschappelijk)

Voor de professionele gebouweigenaren komt een ambitieuze eindnorm voor utiliteitsbouw. Ook komen er normen voor de uitfasering van slechte energielabels in de utiliteitsbouw. Eigenaren van utiliteitsgebouwen worden daarbij geholpen met subsidies, financiering en praktische ondersteuning.

4. Bronnen en infrastructuur (voor het ontwikkelen van duurzame bronnen en het versnellen van de uitrol van warmtenetten)

Aardgas wordt gedeeltelijk vervangen door groen gas, waardoor de CO₂-uitstoot daalt en de ontwikkeling van duurzame bronnen en energiedragers gestimuleerd wordt. Daarnaast worden de instrumenten en voorwaarden voor nieuwe infrastructuur (warmtenetten) en bijpassende duurzame warmtebronnen gerealiseerd.

5. Innovatie in de bouw

Bouwen en verbouwen wordt innovatiever en er wordt duurzamer gebouwd. Daarom komen er eerst nieuwe marktrijpe producten met een hogere (milieu)kwaliteit en lagere kosten voor marktsegmenten met veel gelijksoortige woningen; daarna moet industrieel en gedigitaliseerd bouwen en verbouwen de standaard worden in alle geschikte segmenten.

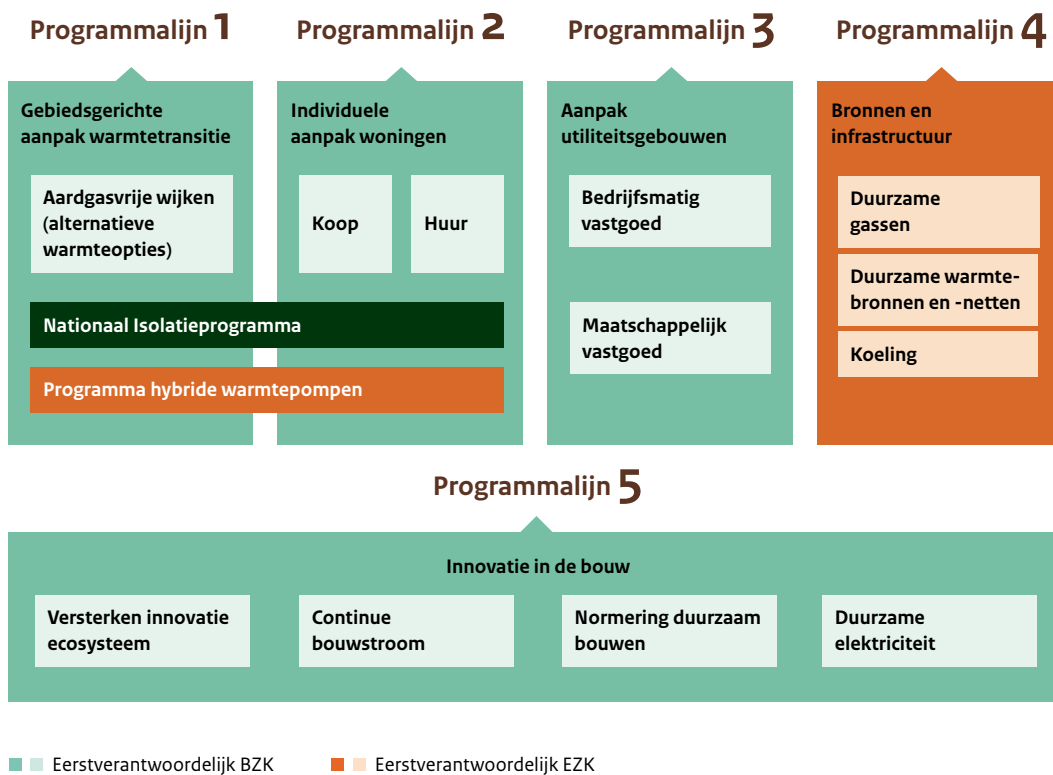
De twee dwarsdoorsnijdende programma's zijn:

1. het Nationaal Isolatieprogramma dat beoogt om 2,5 miljoen woningen te isoleren tot en met 2030.
2. het Programma hybride warmtepompen om het gebruik van fossiele brandstoffen voor de verwarming van gebouwen drastisch te verminderen.

²⁸ <https://www.aardgasvrijewijken.nl/default.aspx>.

²⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/06/01/beleidsprogramma-versnelling-verduurzaming-gebouwde-omgeving>.

Figuur 5.1 Programma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving



Bron: BZK (2022).

5.4 Beleid industrie

Voor het realiseren van de reductieopgave van de industrie voor 2030 hanteert Nederland een diverse beleidsmix, die aansluit op het Europese klimaatbeleid. De motieven voor deze beleidsmix zijn ten eerste dat de verduurzaming van de industrie hier plaats moet vinden en niet elders, aangezien duurzame industriële productie belangrijk is voor de toekomstbestendigheid van de economie en bijdraagt aan strategische autonomie. Investerings elders kunnen leiden tot een verplaatsing van emissies naar het buitenland, wat het mondiale klimaatprobleem niet helpt. Ten tweede is de visie van het kabinet dat de verduurzaming van de industrie als vliegwiel zal fungeren voor de bredere energietransitie en de transitie naar een circulaire economie. De vraag van de industrie naar hernieuwbare energiedragers maakt investeringen in nieuwe windparken en infrastructuur rendabel, waarvan ook andere sectoren zullen profiteren.

Het klimaatbeleid voor de industrie kent daarom niet alleen beprijzings- en normeringsmaatregelen, maar ook ondersteuning om de transitie te maken. Dat gebeurt onder meer met subsidies voor verduurzaming en innovatie, door in te zetten op het tijdig beschikbaar maken van hernieuwbare energie en grondstoffen en de daarvoor benodigde infrastructuur. Met de 20 grootste emittenten maakt de overheid maatwerkafspraken over specifieke ondersteuning in ruil voor extra emissiereductie en andere bovenwettelijke milieuprestaties. Dat betekent niet dat alle bedrijven de verduurzaming zullen meemaken. Nederland accepteert dat bedrijven die deze transitie niet willen of kunnen maken, op termijn zullen verdwijnen.

De overheid creëert de randvoorwaarden waarmee bedrijven de transitie kunnen maken en nieuwe duurzame bedrijven de markt kunnen betreden. Het inrichten van de juiste randvoorwaarden is een complex samenspel van verschillende partijen, waarin de overheid een regierol moet nemen. Om de klimaat- en energietransitie te versnellen is in maart 2023 besloten tot het oprichten van een Nationaal Programma Verduurzaming Industrie (NPVI). Daarin werken departementen en decentrale overheden samen met

netbeheerders, clusters en industrievertegenwoordigers aan het oplossen van knelpunten (zoals snelheid van vergunningverlening), het articuleren van vraag en aanbod naar hernieuwbare energie en -infrastructuur in de industrieclusters, en het sturen op realisatie van projecten. De uitvoering van het programma is in april 2023 gestart, onder regie van een nationale Stuurgroep onder leiding van de minister van Economische Zaken en Klimaat. Belangrijk onderdeel van het NPVI is de aanpak via de industriële clusters. Voor de vijf geografische clusters en “cluster 6” is een clusterregisseur benoemd die de samenwerking tussen overheid, industrie en netbeheerders moet bevorderen. De clusterregisseurs rapporteren aan de nationale stuurgroep.

Enkele belangrijke nationale beleidsmaatregelen zijn:

Nationale CO₂-heffing (CO₂ minimumprijs)

Om bedrijven versneld te verduurzamen is er sinds 1 januari 2021 een nationale heffing op CO₂-uitstoot in de industrie bovenop de EU-ETS. Het betreft een door de overheid vastgestelde, objectieve CO₂-heffing op basis van verifieerbare maatstaven die maximaal aansluit op de Europese ETS-benchmarks;

Energiebesparingsplicht

De energiebesparingsplicht verplicht bedrijven en instellingen met een energiegebruik vanaf 50.000 kWh elektriciteit of 25.000 m³ aardgasequivalent alle mogelijke energiebesparende maatregelen met een terugverdientijd van vijf jaar of minder te treffen. Naast energiebesparende maatregelen zijn ook maatregelen voor de productie van hernieuwbare energie en maatregelen voor het vervangen van een energiedrager verplicht, mits deze maatregelen de emissie van CO₂ reduceren en een terugverdientijd van vijf jaar of minder hebben. Voor het jaar 2022 betrof de energiebesparingsplicht ongeveer 104.000 bedrijven en instellingen (RVO, 2024).

Maatwerkafspraken grootste industriële uitstoters

De 20 grootste industriële uitstoters in Nederland wordt ondersteuning op maat worden aangeboden voor verduurzaming in Nederland. Om in aanmerking te komen voor de maatwerkafspraken, moet het bedrijf ambitieuze plannen hebben om in Nederland te verduurzamen, boven de reductie die zij op grond van de CO₂-heffing al geacht worden te realiseren.

Subsidie-regelingen

- Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++)
- De regeling Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) richt zich op grootschalige uitrol van technieken die hernieuwbare energie produceren en andere technieken die de uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) verminderen.
- Versnelde Klimaatinvestering Industrie (VEKI)
- De regeling Versnelde Klimaatinvestering Industrie (VEKI) stimuleert de implementatie van bewezen technologie met een terugverdientijd van méér dan vijf jaar. Het gaat daarbij om bedrijfsspecifieke aanpassingen van nieuwe, maar beschikbare en bewezen technologie.
- Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+)
- De Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+) regeling is een regeling voor innovatieve projecten die leiden tot CO₂-reductie. Dit betreft projecten voor het testen van technologie na de onderzoeksfase in een pilot en/of demonstratieproject op schaal in een bedrijfsspecifieke context.

5.5 **Beleid glastuinbouw**

Het huidige beleid stimuleert de sector door middel van een samenhangend pakket aan maatregelen op het vlak van normeren, beprijzen en subsidiëren om in 2030 een restemissie van 4,3 Mton CO₂-eq. te bereiken en in 2040 klimaatneutraal te zijn. Om dit doel te halen moet de sector minder aardgas gebruiken voor met name de warmtevoorziening en alternatieven zoals elektrificatie worden gestimuleerd.

In het Convenant Energietransitie Glastuinbouw 2022-2030³⁰ zijn afspraken gemaakt met de sector over de energietransitie. In het convenant is onder andere het doel gesteld om in 2030 een energiebesparing te realiseren van circa 20% in 2030 en 30% in 2040 ten opzichte van het gemiddelde over 2015 tot en met 2017. Aangezien het energiegebruik in de glastuinbouw voor 80% bestaat uit warmte zal de invulling van dit doel vooral moeten plaatsvinden door middel van duurzame warmtebronnen.

Het huidige CO₂-sectorsysteem voor de glastuinbouw wordt per 2025 vervangen door een vlakke individuele CO₂-heffing om het doel van 4,3 megaton CO₂-equivalenten restemissie in 2030 te borgen. Deze heffing is opgenomen in de Wet fiscale maatregelen glastuinbouw die op 1 januari 2025 in werking treedt.

Binnen het innovatieprogramma Kas als Energiebron werken de glastuinbouwsector en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) om energiebesparing en het gebruik van duurzame energie in de glastuinbouw te stimuleren. Het programma ontwikkelt kennis en (teelt)technieken om in kassen energie te besparen en om meer duurzame energie zoals bio-energie, zonlicht en geothermie te gebruiken.

Voor de glastuinbouwsector zijn specifieke subsidiemiddelen beschikbaar gemaakt:

- De regeling Energie-efficiëntie glastuinbouw (EG) subsidieert energiebesparende maatregelen in de kas, zoals een luchtbehandelingssysteem of ledverlichting.
- De Marktintroductie energie-innovaties glastuinbouw (MEI) investeringssubsidie geldt voor duurzame en innovatieve energiesystemen die de CO₂-uitstoot verminderen.
- De nieuwe Subsidie Warmte-infrastructuur Glastuinbouw (SWiG) stimuleert de aanleg van meer warmtenetten.

In hoofdstuk drie van de definitieve update van het INEK wordt het beleid nader omschreven.

³⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/12/06/bijlage-bij-convenant-energietransitie-glastuinbouw-2022-2030>.

Deel III

6 Analyse potentieel voor efficiënte verwarming en koeling

In dit hoofdstuk wordt een analyse gegeven over het potentieel voor een efficiëntere en duurzamere warmtevoorziening in de gebouwde omgeving, industrie en glastuinbouw. De analyses zijn gebaseerd op studies die aansluiten op de huidige, nationale beleidspraktijk (zoals beschreven in hoofdstuk vier en vijf). Centraal staan de resultaten uit een nationale studie van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) ‘Trajectverkenning klimaatneutraal 2050’ (TVKN) (PBL, 2024a). TVKN onderzoekt welke ontwikkelingen in de Nederlandse samenleving mogelijk zijn om in 2050 -tegen de laagste maatschappelijke kosten- een klimaatneutrale maatschappij te realiseren. Het gaat daarbij om de energievraag en bijbehorende emissies in de verschillende sectoren, de energievoorziening, opslag en vastlegging of benutting van CO₂, en de uitstoot van overige broeikasgassen in met name de landbouw. Hiervoor is een ‘bottom-up’ analyse van de verschillende vraag- en aanbodsectoren gebruikt als invoer voor een integrale analyse met behulp van een kostenoptimalisatiemodel (OPERA). De kosten omvatten alleen directe kosten zoals investeringen, bedienings- en onderhoudskosten en energiekosten en -baten

De potentieel analyse is niet uitgewerkt voor koude, omdat de vraag naar koeling – en daarmee ook het potentieel voor efficiëntere en duurzamere koeling – in Nederland heel beperkt is (zie paragraaf 2.1). Ook zijn er relatief weinig gegevens over het potentieel van efficiëntere en duurzamere koudetechnieken bekend. Voor de koeling van gebouwen zijn wel factsheets gemaakt over diverse koudetechnieken, waarin wordt ingegaan op de duurzaamheid ervan, de toepassing en het gebruik ervan, de stand van de techniek en de rol van gebruikers. De factsheets zijn te raadplegen op de website van de Topsector Energie³¹.

6.1 Potentieel in de gebouwde omgeving

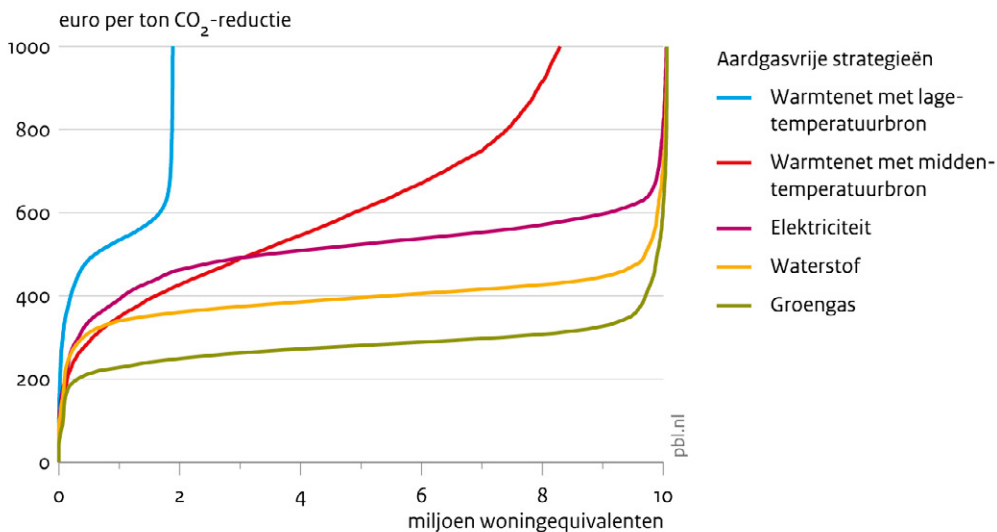
De gebouwde omgeving bestaat uit woningen en gebouwen in de sector handel, diensten en overheid. De energievraag bestaat voornamelijk uit warmtevraag voor ruimteverwarming, warm tapwater en koken, en uit elektriciteitsvraag voor apparaten en verlichting. De maatregelen voor emissiereductie zijn zeer divers, en de kosten variëren sterk, afhankelijk van de specifieke maatregel, de specifieke situatie waarin ze toegepast worden en het moment waarop ze toegepast worden (nieuwbouw, bestaande bouw wel/niet natuurlijk vervangingsmoment, wel/niet bij grootschalige renovaties). Groen gas en warmtenetten zijn maatregelen die bij meer sectoren toepasbaar zijn dan alleen bij de gebouwde omgeving.

In de Startanalyse aardgasvrije buurten (PBL, 2020a, 2020b) is per buurt bepaald welke strategie voor aardgasvrij verwarmen de laagste kosten vanuit maatschappelijk perspectief heeft³². Met behulp van de Startanalyse kunnen de nationale kosten – kosten voor de Nederlandse samenleving als geheel, ongeacht wie deze draagt – van de aardgasvrije technieken in 2030 vergeleken worden. In de kostenberekening is verondersteld dat zoveel mogelijk gebouwen in een buurt met dezelfde techniek worden verwarmd en dat de gehele bestaande gebouwenvoorraad wordt na-geïsoleerd tot minimaal schillabel D. De kosten zijn bepaald ten opzichte van de kosten van het huidige dominante systeem met HR-ketels en aardgas. De berekeningen hanteren ramingen van investeringskosten in verwarmingsinstallaties en energienetwerken in 2030 naast ramingen van productiekosten van energiedragers in 2030. Ook is rekening gehouden met kosten van beheer en onderhoud van netwerken en installaties in 2030. Energiekosten zijn daarbij gebaseerd op productiekosten, en houden dus geen rekening met de prijsopdrijvende werking van schaarste van hulpbronnen zoals biograndstoffen en waterstof en de concurrentie tussen verschillende sectoren en toepassingen. In de Startanalyse is toegelicht hoe met de koudevraag is omgegaan.

³¹ <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/factsheets-koudetechnieken/>.

³² <https://expertisecentrumwarmte.nl/themas/de+leidraad/startanalyse/default.aspx>.

Figuur 6.1 Nationale kosten van aardgasvrije strategieën³³



Bron: PBL (2024b); berekend uit resultaten van de Startanalyse aardgasvrije buurten (PBL, 2020a, 2020b).

De gemiddelde kosten van netwerkenaanpassingen per woning vertonen in de praktijk een grote spreiding. Dat wordt vooral veroorzaakt door spreiding in de onderlinge afstand van gebouwen en in de afstand tot locaties waar energiedragers worden geproduceerd, zoals elektriciteitscentrales en fabrieken die restwarmte produceren. Ook de kosten van na-isolatie vertonen grote regionale verschillen. Dat zorgt er voor dat niet één aardgasvrij verwarmingssysteem overal de goedkoopste optie is, maar dat dat per locatie steeds een ander systeem kan zijn.

Uit de resultaten van de Startanalyse zijn in de TVKN (PBL, 2024b) vier trajecten naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving gedestilleerd, met sterk verschillende accenten op de technische oplossingsrichtingen:

- Volledig elektrisch
- Klimaatneutrale gassen
- Warmtenetten
- Energie besparen

Het traject Volledig elektrisch gaat uit van volledig elektrisch verwarmen van vrijwel alle gebouwen. Het aantal woningequivalenten in de bestaande bouw dat voorzien is van een volledig elektrische warmtepomp neemt toe van 1,5 miljoen in 2030 naar 6,0 miljoen in 2040 en uiteindelijk 9,8 miljoen in 2050. Gebouweigenaren kunnen meestal zelf bepalen wanneer ze gebouwmaatregelen uitvoeren, zijn dan niet afhankelijk van collectieve besluitvorming over warmtenetten en hebben geen last van onzekerheid over de beschikbaarheid van groengas en waterstof. Daar staat tegenover dat toepassing van warmtepompen kan worden belemmerd of vertraagd in gebieden waar verzwaring van het elektriciteitsnetwerk niet tijdig wordt gerealiseerd.

Traject Klimaatneutrale gassen gaat uit van een maximale toepassing van hybride warmtepompen. Hierdoor kunnen pieken in de warmtevraag worden ingevuld met gas, terwijl de totale vraag naar klimaatneutraal gas lager is dan bij toepassing van HR-ketels. Het aantal woningequivalenten in de bestaande bouw met een hybride warmtepomp loopt op van 1,5 miljoen in 2030, naar 4,8 miljoen in 2040 en 9,7 miljoen in 2050. In 2050 is 189 petajoule aan klimaatneutraal gas nodig. Het is echter zeer onzeker of er zoveel klimaatneutraal gas beschikbaar zal zijn voor de gebouwde omgeving (PBL, 2024).

³³ Nationale kosten van aardgasvrij verwarmen in 2030 als groengas en waterstof niet schaars zijn en tegen productiekosten kunnen worden geleverd en op basis van veronderstellingen over de beschikbaarheid van restwarmte, geothermie en aquathermie. Eén woning is gelijk aan één woningequivalent en gebouwen in de dienstensector worden omgerekend naar woningequivalenten op basis van hun bruto vloeroppervlak. Een woningequivalent is gelijk aan 130 vierkante meter bruto vloeroppervlak.

Het Warmtenettentraject zet sterk in op benutting van het potentieel van warmtenetten, en daarmee energiebronnen die anders onbenut zouden blijven, zoals middentemperatuur (MT) en lage-temperatuur (LT) restwarmte, geothermie en aquathermie. Het aantal woningequivalenten in de bestaande bouw met een warmtenetaansluiting neemt toe van 0,9 miljoen in 2030 naar 1,9 miljoen in 2040 en 3,3 miljoen in 2050. Van de resterende bestaande gebouwvoorraad worden dan uiteindelijk 4,2 miljoen woningequivalenten verwarmd met elektrische warmtepompen en 2,6 miljoen met hybride warmtepompen waarvoor 86 petajoule klimaatneutraal gas nodig is.

In traject Energie besparen is energiebesparing het belangrijkste uitgangspunt. Dat gebeurt door alle bestaande woningen zo snel mogelijk te isoleren tot de isolatiestandaard, bestaande utiliteitsgebouwen te isoleren tot schillabel B en de resterende warmtebehoefte in de bestaande bouw tegen de laagste kosten in te vullen met elektrische warmtepompen (in 6,4 miljoen woningequivalenten), warmtenetaansluitingen (1,4 miljoen woningequivalenten) en hybride warmtepompen (in 2,4 miljoen woningequivalenten en met 60 petajoule klimaatneutraal gas).

Kosten en CO₂-emissies

Ondanks tempoverschillen tussen typen maatregelen is er geen betekenisvol verschil in de cumulatieve CO₂-reductie tussen 2020 en 2050, zie Tabel 6.1. De trajecten verschillen wel duidelijk in de investeringen die nodig zijn.

Tabel 6.1 Vergelijking van vier trajecten naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving

Kenmerk	Volledig elektrisch	Klimaatneutrale gassen	Warmtenetten	Energie besparen
Investerings tot 2050 (miljard € 2020)	208	83	160	190
CO ₂ -emissie cumulatief 2020-2050 (Mton)	460	489	474	484

Bron: PBL (2024b).

Op basis van de uitgangspunten van de Startanalyse heeft elk aardgasvrij systeem in 2030 hogere nationale kosten dan een systeem met HR-ketels en aardgas. Ondanks het feit dat de aardgasvrije systemen energetisch efficiënter zijn dan het huidige systeem (met uitzondering van de HR-ketel met groengas), zijn ze wel duurder. Het verschil wordt vooral veroorzaakt door verschillen in de kosten van installaties, na-isolatie en netwerken en veel minder door verschillen in de technische efficiëntie van de systemen. De verwarmingsinstallaties van de aardgasvrije systemen zijn meestal aanmerkelijk duurder dan HR-ketels en investeringen in warmtenetten hebben ook grote invloed op de kostenverschillen tussen de systemen.

Bij de gekozen uitgangspunten heeft verwarmen met groengas al dan niet in combinatie met een warmtepomp in vrijwel alle gevallen de laagste nationale kosten. In goed geïsoleerde gebouwen met een laag gasverbruik zijn de kosten van een HR-ketel met groengas het laagst; in andere gebouwen is een hybride warmtepomp goedkoper. De kapitaalslasten van de strategieën met groen-gas en waterstof zijn lager dan van andere warmtestrategieën. Er zijn namelijk minder investeringen nodig in na-isolatie, verwarmingsinstallaties en distributienetten voor elektriciteit, gas en warmte. Daar staat tegenover dat de inkoop van energie duurder is. Verder is het jaarlijkse onderhoud van installaties in gebouwen duurder dan bij warmtenetten en is onderhoud van netwerken duurder dan bij volledig elektrische warmtepompen.

De kosten van energiedragers zoals berekend in de Startanalyse hebben betrekking op productiekosten (voor de Nederlandse samenleving als geheel). Die vormen structureel een ondergrens voor marktprijzen en staan los van wat mensen ervoor zouden willen betalen. Schaarste aan groengas zou bijvoorbeeld kunnen leiden tot marktprijzen die aanmerkelijk hoger zijn dan de productiekosten die hier zijn gehanteerd.

Startanalyse op lokaal niveau

Voor de warmtetransitie op de lange termijn is een verscheidenheid van de eerder besproken oplossingsrichtingen vereist. Er bestaat onzekerheid over het toekomstige potentieel en de kosten hiervan en er is een grote spreiding in de kosten en baten van technieken, veroorzaakt door fysieke verschillen tussen gebouwen, verschillen in stookgedrag en lokale omstandigheden. Dat zorgt er voor dat niet één aardgasvrij verwarmingssysteem overal de goedkoopste optie is, maar dat dat per locatie steeds een ander systeem kan zijn.

De gemeenten hebben de regierol gekregen bij de warmtetransitie. Alle gemeenten hebben in de jaren 2020 tot 2022 de eerste Transitievisie Warmte opgesteld, waarin zij de gemeentelijke plannen voor verduurzaming van de gebouwde omgeving in kaart hebben gebracht. In de eerste Transitievisie Warmte benoemt de gemeente tenminste in welke wijken zij tot en met 2030 aan de slag gaat. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de gemeente in de eerste Transitievisie Warmte in ieder geval voor wijken die tot en met 2030 gepland zijn, zal opnemen:

1. hoeveel woningen en andere gebouwen tot en met 2030 worden geïsoleerd en/of aardgasvrij worden gemaakt;
2. welke alternatieve warmtevoorzieningen kansrijk zijn; en
3. welk warmtealternatief de laagste nationale kosten heeft.

Gemeente werden bij het opstellen van de transitievisies ondersteund met verschillende instrumenten, waaronder bovengenoemde startanalyse van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en de handreiking voor lokale analyse van het Expertise Centrum Warmte (ECW)³⁴.

In de Startanalyse viewer³⁵ is per buurt te zien wat de kosten zijn van de verschillende strategieën. De gemeente konden dit als basis gebruiken voor hun Transitievisie Warmte, aangevuld met een lokale analyse, input van de relevante stakeholders en inhoudelijke informatie over de strategieën.

Aanvullend krijgen gemeenten inzicht in de eindgebruikerskosten van verschillende warmtestrategieën middels het Datapakket Eindgebruikerskosten (TNO)³⁶. Het datapakket en bijbehorend duidingsrapport tonen eindgebruikerskosten van verschillende warmtestrategieën voor eigenaar-bewoners, huurders van corporatiewoningen en huurders van particuliere huurwoningen. Er is een onderscheid gemaakt in vijf verschillende woningtypen (vrijstaand, 2-onder-1-kap, rijwoning tussen, rijwoning hoek en meergezinswoningen), zeven isolatieniveaus (aangeduid met energielabels) en drie verschillende niveaus van energieverbruik (laag, gemiddeld en hoog energieverbruik).

Een analyse door PBL van de eerste Transitievisies Warmte is beschikbaar³⁷. Uit deze analyse blijkt dat gemeenten het doel van een aardgasvrije gebouwde omgeving breed onderschrijven. De weg daar naartoe is echter nog onduidelijk, gezien de vele plannen die nog niet concreet zijn en vaak ook nog niet hard gemaakt zijn. Wat betreft de techniekeuze door gemeenten zijn warmtenetten dominant. Bij plannen voor all-electric oplossingen worden vaak andere installatie-opties nog opengehouden. Daarnaast zijn er voor 2030 vrijwel geen plannen die inzetten op gebruik van hernieuwbare gassen.

Voor het verkennen van grootschalige projecten voor het opwekken van hernieuwbare energie op land en duurzame warmtebronnen stelden 30 energieregio's in Nederland elk een Regionale Energie Strategie (RES) 1.0 op. In elke regio werken gemeenten, provincies en waterschappen samen met inwoners, bedrijfsleven, netbeheerders, energiecoöperaties en maatschappelijke organisaties. De 30 regio's zijn nu bezig met de uitvoering van de RES 1.0 en waar nodig een herijking RES 2.0. De energieregio's worden hierin ondersteund door het Nationaal Programma Regionale Energiestrategie³⁸, waarin de overheid o.a. helpt met bij de data en monitoring tijdens de uitvoering van de strategieën³⁹.

³⁴ <https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/de+leidraad/handreiking+voor+lokale+analyse/default.aspx>.

³⁵ <https://www.pbl.nl/publicaties/overzicht-transitievisies-warmte>.

³⁶ <https://energy.nl/tools/dashboard-eindgebruikerskosten/>.

³⁷ <https://www.pbl.nl/publicaties/overzicht-transitievisies-warmte>.

³⁸ <https://www.regionale-energiestrategie.nl/home/default.aspx>.

³⁹ <https://www.regionale-energiestrategie.nl/werkwijze/data+monitoring/default.aspx>.

6.2 Potentieel in de industrie

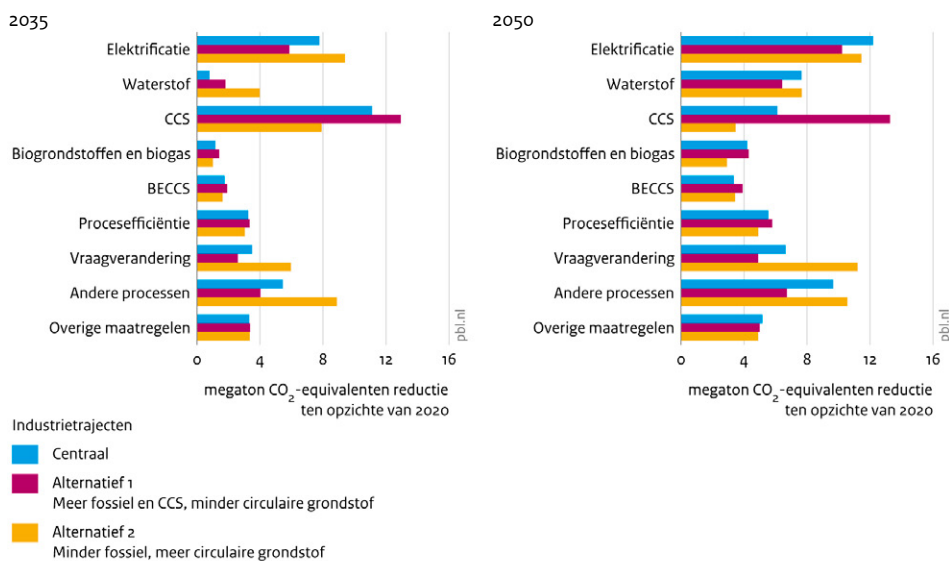
In de PBL-studie ‘Trajectverkenning Klimaatneutraal Nederland 2050’ worden drie trajecten beschreven richting een klimaatneutrale industrie. Ook worden beleidsopties verkend die de industrie kunnen stimuleren en helpen klimaatneutraal te worden, en die aansluiten bij de genoemde trajecten. Voor de drie trajecten is het uitgangspunt dat de bestaande productieprocessen van de industrie in 2050 vrijwel geen broeikasgassen meer uitstoten. De trajecten vormen alle drie plausibele paden met een diverse mix van emissiereducerende maatregelen, die niet de hoeken van het speelveld beschrijven maar uitgaan van relatief gematigde aannames:

- In een ‘centraal’ genoemd traject blijft de industriële productie stabiel en verandert de industrie door onder meer een geleidelijke afbouw van fossiele brandstoffen, inzet van CO₂-afvang en -opslag, elektrificatie en de inzet van CO₂-arme waterstof en biograndstoffen.
- In een eerste alternatief traject wordt de inzet van fossiele energie en grondstof minder en minder snel afneemt dan in het centrale traject en er dus meer CO₂-afvang en -opslag plaatsvindt.
- In het tweede alternatieve traject neemt de inzet van fossiele energie sneller af en wordt in grotere mate ingezet op elektrificatie. Tegelijk worden fossiele grondstoffen versneld vervangen door recyclelaat en biograndstoffen.

Figuur 6.2 toont de maatregelen die per traject bijdragen aan de uitstootreductie, in zowel 2035 en 2050. De basis van de kwantitatieve trajecten is de MIDDEN-database versie 0.3 van november 2021 (PBL en TNO, 2021)⁴⁰. De database van het MIDDEN-project (Manufacturing Industry Decarbonisation Data Exchange Network) bevat informatie over het huidige energie- en materiaalverbruik van de verwerkende industrie in Nederland en opties voor het decarboniseren van haar processen. Daarin zijn ook gegevens over investeringskosten, levensduren en jaarlijkse kosten opgenomen. Processen per bedrijf zijn iets bij- of afgeschaald om uitstoot in 2020 (volgens NEa, 2021) te reproduceren. Daarnaast zijn enkele generieke processen toegevoegd om ervoor te zorgen dat het totale aardgas- en elektriciteitsvraag overeenkomt met cijfers van CBS (20 21).

De uitstoot van de overige broeikasgassen zijn bepaald op basis van de KEV (PBL, 2022). Voor de kwantitatieve trajecten zijn aannames gemaakt ten aanzien van procesefficiëntie, productieverandering en technische maatregelen.

Figuur 6.2 Reductiemaatregelen voor directe broeikasgasemissies in de industrie



⁴⁰ <https://energy.nl/data/midden-database/>.

In alle trajecten vindt op grote schaal elektrificatie plaats, voornamelijk door middel van warmtepompen en e-boilers bij lage- en middentemperatuurwarmte. Dat is vooral het geval bij de productie van papier, voedingsmiddelen en chemische producten. Op langere termijn vindt elektrificatie in alle trajecten ook plaats bij hoge-temperatuurfornuizen, in zowel de chemie en de raffinage als in de metaal- en bouwmaterialenindustrie.

Investerings

Investerings voor nieuwe installaties bij industriële bedrijven – elektrische boilers en fornuizen, CO₂-afvanginstallaties, warmtepompen, waterstofbranders – lopen in de tientallen miljarden euro's, uitgesmeerd over een periode van meer dan 25 jaar. Er zijn geen nauwkeurige schattingen bekend van meerkosten voor de inpassing van de installaties op het terrein (interne elektriciteitsinfrastructuur, leidingen voor warmte en energiedragers, opslagtanks voor waterstof en CO₂). Deze inpassingskosten zijn daarom in deze schattingen niet meegenomen, maar kunnen zeer substantieel zijn. Het noemen van alleen de investeringen voor de installaties zelf is dus een onderschatting van de werkelijke kosten. Veel van de investeringen zijn echter niet een-op-een te verbinden aan verduurzaming; over een periode van meer dan 25 jaar zullen alle industriële bedrijven hoe dan ook forse bedragen investeren op eigen terrein, bijvoorbeeld voor onderhoud, vernieuwing of vervanging van bestaande installaties. Ter vergelijking: de investeringen in machines en installaties in de hele industriële sector (inclusief afvalverwerking) was tussen 2015 en 2019 volgens CBS zo'n 6,6 miljard euro per jaar, waarvan de voedingsmiddelenindustrie en de chemische industrie ieder zo'n 20% voor hun rekening namen (CBS, 2022).

Er is dan nog geen aandacht besteed aan investeringen buiten het hek van de bedrijven. Investerings in nieuwe en verzwaarde elektriciteitsnetten lopen in de tientallen miljarden euro's, hoewel deze ook voor andere sectoren dan de industrie nodig zijn (TIKI, 2020). Voor de waterstofinfra-structuur (inclusief opslag en regionale aftakkingen in clusters) wordt een investering van enkele miljarden euro's voorzien en voor CO₂-transportinfrastructuur zo'n een tot twee miljard euro (PBL, TNO en RVO, 2021). Onzekerder is de aanleg van warmtenetten op basis van industriële restwarmte. Ook zijn er investeringen nodig die te maken hebben met vraagverandering, bijvoorbeeld door geavanceerde recycling, aangepast design of hogere kwaliteitseisen voor langduriger product-gebruik.

6.3 Potentieel in de glastuinbouw

In de PBL-studie 'Trajectverkenning Klimaatneutraal Nederland 2050' wordt een klimaatneutrale glastuinbouw in 2050 verkend (PBL, 2024a; PBL, 2024d). In deze studie is verondersteld dat het areaal glastuinbouw in 2050 vergelijkbaar is met het huidige areaal van circa 10 duizend hectare. Daarbij is eveneens verondersteld dat de conventionele kas-technieken en het huidige type kas dominant blijven. De huidige kastechniek is ver doorontwikkeld, maar er is nog verdere energiebesparing mogelijk. De inschatting is dat de rol van mogelijke doorbraaktechnologieën, zoals vertical farming, beperkt zal zijn.

Een klimaatneutrale glastuinbouw in 2050 (of mogelijk eerder) is haalbaar door een combinatie van energiebesparing en inzet van hernieuwbare warmtebronnen zoals geothermie, restwarmte en warmtepompen, mogelijk gecombineerd met warmte-koudeopslag (WKO). De benodigde elektriciteit voor de warmtepompen en belichting wordt in dit toekomstbeeld klimaatneutraal opgewekt. Ook zal een forse energiebesparing gerealiseerd moeten worden. In deze studie zijn geen verschillende trajecten voor de glastuinbouw opgesteld.

Verduurzaming van de warmtevoorziening wordt voornamelijk verwacht van technieken als geothermie, warmte- en koudeopslag (WKO) met warmtepompen en warmtenetten (gevoed met bijvoorbeeld restwarmte). Het is ook mogelijk om warmtepompen te combineren met andere technieken, zoals aquathermie (winning van warmte uit oppervlaktewater). Warmtepompen kunnen ook worden toegepast voor ontvochtiging van de kaslucht, gecombineerd met warmteterugwinning.

Voor de trajecten in deze studie is voor geothermie aangenomen dat het volledige nationale potentieel niet uitsluitend ingezet kan worden ten bate van de glastuinbouw, maar dat deze ook voor warmtevoorziening in andere sectoren wordt gebruikt, zoals in de gebouwde omgeving. Niet elke locatie in Nederland is geschikt

voor het gebruik van geothermie voor de warmtevoorziening. Vanwege de mogelijkheid van relocatie van de glastuinbouw naar geschikte geothermie-locaties en onzekerheid in de beschikbare hoeveelheid geothermie bij daadwerkelijke winning, blijft het potentieel geothermie voor de glastuinbouw vooralsnog een inschatting. De aannames zijn weergegeven in Tabel 6.2. Deze geothermie-potentiëlen zijn jaarrond beschikbaar. Omdat de behoefte aan warmte niet jaarrond gelijk is verdeeld, ligt de daadwerkelijke energetische inzet van geothermie lager. In tegenstelling tot geothermie zijn andere vormen van hernieuwbare energievoorziening niet sectoraal beperkt voor glastuinbouw: het nationaal beschikbare potentieel voor die technieken is daarbij van toepassing voor de modelberekeningen.

Tabel 6.2 Toekomstig potentieel geothermie gekoppeld aan de glastuinbouw

	2025	2030	2035	2040	2050
Geothermie, jaarrond (PJ)	38	46	50	54	62

Bron: PBL (2024d).

Naast geothermie kan de warmtevraag eveneens worden ingevuld met behulp van elektrificatie-opties, waarbij warmtepomp-technologie veelbelovend lijkt te zijn. Er wordt momenteel gewerkt aan zowel water-water-warmtepompen als lucht-water-warmtepompen (bijvoorbeeld in combinatie met warmte-terugwinning uit de kas). WKO in de vorm van seizoenopslag (met name via bodemenergie) kan eveneens toegepast worden om het overschot aan warmte in de zomer op te slaan. Een elektrische boiler is veel minder efficiënt om warmte mee op te wekken in vergelijking met een warmtepomp. Op dit moment is er wel ervaring met dergelijke e-boilers en worden deze met name ingezet tijdens negatieve elektriciteitsprijzen, vooral als er sprake is van forse overschotten aan hernieuwbare elektriciteit. De inzet van dergelijke e-boilers voor laagwaardige warmte ligt echter minder voor de hand op grote schaal vanwege de lagere efficiëntie in vergelijking met warmtepompen.

Uit de analyse blijkt dat de rol van biomassa, biogas of waterstof in de toekomstige energievoorziening van de glastuinbouw beperkt lijkt te zijn. Binnen het nationale energiesysteem is er in meerdere sectoren veel behoefte aan dergelijke energiedragers, waardoor het aanbod niet groot is. Er zou hooguit een rol kunnen liggen bij back-up voorzieningen, bijvoorbeeld bij een piekvraag aan warmte tijdens een koude winter. Daarnaast zal de behoefte aan pieklevering van elektriciteit zeer sterk verschuiven en afnemen. Dit reduceert het mogelijke aantal jaarlijkse draaiuren en de rentabiliteit van WKK-installaties op gasvormige brandstoffen. Ook zullen de draaiuren minder samenvallen met de periodes van behoefte aan warmte. Er lijkt daarom geen rol weggelegd voor de (traditionele) WKK.

De verwachting is dat CO₂ als meststof nodig zal blijven om een blijvend goede productie te realiseren in de glastuinbouw. De technische en economische beschikbaarheid van CO₂ is onzeker: enkele trajecten binnen de TVKN suggereren dat CO₂ relatief ruim beschikbaar zal blijven, maar in andere trajecten is er veel minder CO₂ beschikbaar. Omdat op dit moment veel van de toegediende CO₂ verloren gaat, is het van belang om deze verliezen technisch en qua teeltmethode zoveel mogelijk terug te dringen, zeker bij omschakeling naar hernieuwbare warmtevoorziening.

Deel IV

7 Mogelijke nieuwe strategieën en beleidsmaatregelen

De potentieel analyse in hoofdstuk zes beschouwt de trajecten voor verduurzaming op de langere termijn. Het huidige en voorgenomen beleid, zoals beschreven in hoofdstuk vier en vijf, benutten het potentieel om de warmtevoorziening verder te verduurzamen. Dat beleid is vooral gericht op het realiseren van de klimaat- en energiedoelen in 2030. Jaarlijks informeert het kabinet de Tweede Kamer in de zogenaamde “Klimaatnota” over de voortgang van het beleid in het halen van deze doelen. Indien nodig, worden voorstellen gedaan voor aanpassingen of nieuw beleid.

Beleid voor de periode na 2030 zal grotendeels nog geformuleerd moeten worden. Het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE)⁴¹ geeft richting aan het toekomstige beleid om een klimaatneutraal energiesysteem te creëren. Zoals besproken in hoofdstuk 4 zal het Hoofdlijnenakkoord 2024 – 2028 van het mogelijke nieuwe kabinet in potentie gevolgen hebben voor keuzes in onderstaande ontwikkelrichtingen.

7.1 Nationaal Plan Energiesysteem

Het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) biedt een duidelijke ontwikkelrichting voor het energiesysteem tot 2050. Samen met het ontwerpprogramma Energiehoofdstructuur bevat het NPE richtinggevende keuzes die de basis leggen voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Deze keuzes hebben (soms indirect) ook invloed op de toekomstige warmtevoorziening.

Het kabinet stuurt met het NPE actief op de ontwikkeling van de vier energieketens: elektriciteit, waterstof, koolstof en warmte. Met deze ketenaanpak stuurt het kabinet gericht op benodigde opschaling en uitrol die in of tussen de ketens noodzakelijk is. Ook wordt ingegaan op de afbouw van fossiele energiedragers, bijvoorbeeld met de afbouw van aardgas in de koolstofketen.

Het kabinet kiest ervoor om sterk in te zetten op energiebesparing. Energie die we niet gebruiken, hoeven we ook niet op te wekken, te betalen, te importeren of te transporteren. Energiebesparing draagt daardoor direct bij aan de betaalbaarheid, vermindert de behoefte (en daarmee schaarste) aan duurzame energie in de transitie, vermindert onze afhankelijkheid van andere landen en beperkt de transportuitdagingen zoals netcongestie. Hierdoor zorgt energiebesparing ervoor uitdaging van de energietransitie kleiner wordt, evenals de impact van het energiesysteem op Nederland (zoals het ruimtebeslag).

CO₂-vrije elektriciteit is straks de ruggengraat van het energiesysteem. Om klimaatneutraliteit in 2050 te kunnen bereiken, is het wenselijk dat het elektriciteitssysteem in 2035 CO₂-vrij is. Dit is een opgave van formaat en het kabinet zal met urgentie uitwerken onder welke voorwaarden deze ambitie gerealiseerd kan worden en wat er over de volle breedte van de elektriciteitsketen voor nodig is. De elektriciteitsproductie moet enorm groeien en bestaat in de toekomst vooral uit windenergie (op zee en op land), zon-pv en kernenergie. Voor productie op zee (wind en zon) en kernenergie stelt het kabinet heldere doelen en richt instrumentarium in om deze te bereiken. Voor hernieuwbare productie op land geldt dat het kabinet de productie ook na 2030 verder wil opschalen. Naast de productie zal ook de elektriciteitsinfrastructuur sterk moeten groeien en efficiënt moeten worden benut. Gegeven de noodzaak van deze netverzwaring is het zaak te kijken of en welke barrières voor versnelling van de uitrol nog bestaan en hoe deze kunnen worden weggenomen.

Door komende jaren maximaal in te zetten op voldoende aanbod van duurzame energie en tijdige beschikbaarheid van voldoende energie-infrastructuur, maakt het kabinet de verduurzaming van de

⁴¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/12/01/nationaal-plan-energiesysteem>.

vraagsectoren (gebouwde omgeving, mobiliteit, industrie en landbouw) mogelijk. Het kabinet kijkt hierbij integraal naar het energiesysteem.

Het kabinet zet vol in op het bevorderen van systeemintegratie om het systeem van de toekomst robuust en efficiënt te maken. Waar het fossiele systeem grotendeels een lineaire verbondenheid kende van fossiele bronnen naar eindgebruikers zullen in het toekomstige systeem veel meer verbindingen bestaan. Dit is nodig om de beschikbare energie (grotendeels uit weersafhankelijke bronnen) efficiënt in te zetten, het energiesysteem robuust te houden en prijzen stabiel. De beschikbaarheid van energiestromen (eigen opwek in Nederland en import) wordt onzekerder, met name in de transitiefase.

Het kabinet kiest ervoor om collectieve warmtenetten op te schalen en hierbij zoveel mogelijk gebruik te maken van lokale duurzame warmtebronnen. Voor huidige warmtenetten worden fossiele bronnen vervangen door duurzame bronnen. In Nederland is een aanzienlijk potentieel aan duurzame lokale warmtebronnen beschikbaar om te gebruiken voor de verwarming van de gebouwde omgeving en glastuinbouw zoals geothermie, restwarmte en aquathermie. Er moet nader worden onderzocht welke indicatoren nodig zijn om te beoordelen of warmtenetten en warmtebronnen goed te integreren zijn in het (lokale) energiesysteem. Ook is nader onderzoek nodig hoe warmtenetten aan de piekvraag in een klimaatneutraal energiesysteem kunnen voldoen. Momenteel worden daar vaak gas(hulp)ketels voor gebruikt. Daarnaast wordt ingezet op de doorontwikkeling en opschaling van warmteopslag. De Routekaart Energieopslag⁴² brengt verder in kaart welke acties ondernomen moeten worden om energieopslag, waaronder warmteopslag, te bevorderen. Daarnaast zijn individuele volledig elektrische en hybride warmtepompen in combinatie met duurzaam gas belangrijke opties voor de verduurzaming van de (lage temperatuur) warmtevoorziening. Vanwege de verwachte schaarste zullen groen gas en waterstof (zeer) beperkt worden toegepast in de gebouwde omgeving.

Waterstof wordt als belangrijke optie gezien om (overtollige) groene elektriciteit op te slaan en later weer in te zetten. Met name in de chemische en energie-intensieve industrie zal groene waterstof worden ingezet als grondstof en vanwege de vraag naar hogetemperatuurwarmte. Het doel voor de opschaling van binnenlandse groene waterstofproductie in 2030 is 4 GW. Na 2030 is verdere doorgroei van elektrolyse gewenst vanwege de groeiende vraag naar waterstof als CO₂-vrije energiedrager. Voor het opschalingstempo na 2030 is het belangrijk dat het aanbod van hernieuwbare elektriciteit voldoende hard doorgroeit om sterke opschaling van elektrolyse en doorgroei van de directe elektriciteitsvraag te faciliteren. Dit betekent dat het uitroltempo voor wind op zee en elektrolyse met elkaar in de pas moeten lopen. De groei na 2030 zal doorgaan richting 15-20 GW in 2040.

CO₂-afvang en opslag (CCS) is zowel in de transitie als op lange termijn nodig. In deze fase van de transitie is toepassing van CO₂-afvang en opslag bij fossiel energiegebruik in de industrie cruciaal om snel emissies te reduceren. Aangezien er grenzen zitten aan het opschalingstempo voor de uitrol van hernieuwbare elektriciteit en groene waterstof is CCS essentieel om op tijd de beoogde emissiereducties te behalen. Het kabinet zet dus in op een tijdige uitrol van CCS-projecten op de Nederlandse Noordzee.

Met het veranderende en nieuwe energiesysteem staat Nederland in toenemende mate in verbinding met andere landen, die elk ook transities doormaken. Dit geldt zowel voor buurlanden, maar ook breder binnen de EU en mondiaal. Een sterk verbonden energiesysteem maakt het energiesysteem robuuster, betrouwbaarder en efficiënter.

Het NPE bekijkt daarnaast per eindgebruikerssector (Industrie, Gebouwde Omgeving, Mobiliteit en Landbouw) wat nodig is om te verduurzamen. Door duidelijkheid over de ontwikkelrichting te geven, biedt het NPE belanghebbenden en investeerders handelingsperspectief over wat er op hen af komt en van hen verwacht wordt bij de uitvoering en realisatie van het veranderende energiesysteem. Om dit en de rest van het NPE te toetsen en verder in te vullen is het kabinet een dialoofase begonnen met burgers en belanghebbenden.

⁴² <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/06/07/bijlage-1-routekaart-energieopslag>.

Het NPE wordt vijfjaarlijks herzien, en tussentijds hooguit een keer bijgewerkt om grote ontwikkelingen mee te kunnen nemen. Alleen zo kan het NPE duidelijkheid geven en betrouwbaar zijn voor bedrijven die complexe en dure investeringen moeten doen. Om hiervoor voldoende signalen uit de samenleving te ontvangen, gaat het kabinet jaarlijks het gesprek aan met alle partners in de energietransitie. De volgende stap is het vertalen van het plan naar aanvullend beleid vanuit de overheid. Die beleidsagenda is aan een volgend kabinet.

7.2 Sectorale ontwikkelingsrichtingen in het NPE

Gewenste ontwikkelrichtingen voor de gebouwde omgeving

Het bestaande beleid voor verduurzaming van de gebouwde omgeving zal voorlopig de basis vormen voor het verduurzamingsbeleid in de gebouwde omgeving. Wel zullen er enkele nieuwe accenten worden aangebracht, voortkomend uit de perspectieven op het hele energiesysteem en op de lange termijn:

- De impact van lokale keuzes in de warmtetransitie op het nationale en regionale energiesysteem moet sterker worden meegewogen.*

De lokale keuzes voor de energietransitie van zowel gemeenten voor de wijkaanpak als van individuele gebouweigenaren hebben impact op het landelijke en regionale energiesysteem. Vanuit technisch perspectief bestaat de impact van deze keuzes met name uit de hoeveelheid benodigde energiedragers, wat vraagt om een bepaalde hoeveelheid opwekcapaciteit of import en lokale en regionale energie-infrastructuur. Samengevat gaat het om energiebesparing (reductie van de netto warmte- en koudevraag door o.a. isolatie en reductie van de benodigde energie door meer efficiëntie), beperken pieklast, en verhogen flexibiliteit.
- Creëer de juiste (o.a. financiële) prikkels zodat de keuzes die voordelen hebben voor het nationale of regionale systeem ook lokaal aantrekkelijk zijn.*

Bij de lokale keuze voor een warmte-alternatief wordt door gemeenten, gebouweigenaren en overige stakeholders al vaak breed gekeken naar meerdere criteria, waaronder kosten, ruimtegebruik zowel in de gebouwen als in de openbare ruimte en de impact op de directe leefomgeving (zoals geluid of beeldbepalende elementen). Voor het lokaal aantrekkelijk maken van de opties die voordelen bieden voor het gehele systeem moeten de juiste prikkels worden gecreëerd zodat maatschappelijke baten ook lokaal landen. Kennis en ontzorging op financieel vlak kunnen hieraan bijdragen.
- Sneller concreet worden met gemeentelijke plannen*

Er zijn al bestuurlijke afspraken over de verdere uitwerking en update van de Transitievisies Warmte (TVW's, vanaf 2026 warmteprogramma, zoals bedoeld onder de Omgevingswet). De afspraak met gemeenten is dat eind 2024 de plannen van wijken zijn uitgewerkt in wijkuitvoeringsplannen. Daarnaast is in de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw) voorgeschreven dat gemeenten in 2026 hun TVW van een update voorzien in een nieuw warmteprogramma.

Gewenste ontwikkelrichtingen voor de industrie

Het kabinet streeft naar een duurzame economie in internationale context met sterke industriële clusters voor verdienvermogen van de toekomst, strategische autonomie en economische weerbaarheid. Om dit doel te bereiken wil het kabinet bedrijven zo veel mogelijk laten investeren in verduurzaming in Nederland. Er is een grote diversiteit aan verduurzamingsopties, met diverse factoren die bepalen in welke opties bedrijven zullen investeren. Via afstemming met verschillende beleidsprogramma's in het Nationaal Programma Verduurzaming Industrie (NPVI) stuurt het kabinet op de randvoorwaarden waarbinnen de industrie kan verduurzamen. Dit creëert investeringszekerheid voor verduurzamingsprojecten. Er is sturing nodig op de randvoorwaarden waarbinnen de industrie kan verduurzamen. Hierbij gaat het om randvoorwaarden zoals de beschikbaarheid, prijs en mate van stabiliteit van duurzame energie, de aanleg van infrastructuur, de beschikbaarheid en prijs van duurzame grondstoffen en de beschikbaarheid van fysieke ruimte en stikstofruimte.

Gegeven deze randvoorwaarden besluiten individuele bedrijven op welke wijze zij verduurzamen of dat zij hun productie hier matigen. Daarmee ontstaat incrementeel zicht op de benodigde energiedragers en infrastructuur en op de rol die de industrie heeft in het toekomstige energiesysteem.

Gewenste ontwikkelrichtingen voor de glastuinbouw

De belangrijkste uitgangspunten bij de warmtevoorziening van de glastuinbouw zijn ten eerste energiebesparing en ten tweede waar mogelijk het stimuleren van decentrale opwek van warmte. Met dit uitgangspunt zal de voorziening van warmte aan de glastuinbouw zo beperkt mogelijk ten koste gaan van de warmtevoorziening aan andere sectoren. Er zijn bovendien versterkingskansen: warmtenetten met gebouwde omgeving, businesscase industrie vanwege levering restwarmte. Voor glastuinbouwbedrijven is het wel van belang dat de warmtebron past bij de bedrijfsvoering.

Energiebesparing is zowel op het gebied van warmte en elektriciteit als bij de toepassing van CO₂ voor de teelt een van de randvoorwaarden om te komen tot een klimaatneutrale glastuinbouwsector in 2040. In het Convenant Energietransitie Glastuinbouw is voor 2040 een energiebesparingsdoel opgenomen van 30% (ten opzichte van het gemiddelde in de periode 2015-2017). Glastuinbouwbedrijven kunnen verschillende energiebesparende maatregelen nemen, zoals ledbelichting en het beter isoleren van kassen door middel van energieschermen. Daarnaast vindt er onderzoek plaats naar nieuwe energie-innovaties. Subsidiereregelingen zijn gericht op de uitrol van deze innovaties.

Bronnen

BZK (2022) Beleidsprogramma versnelling verduurzaming gebouwde omgeving

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/06/01/beleidsprogramma-versnelling-verduurzaming-gebouwde-omgeving>

CBS (2021) Energiebalans; aanbod en verbruik, sector.

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83989NED/table?dl=A2D28>

CBS (2022) Investing in materiële vaste activa; bedrijfstak.

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/81352ned/table?dl=DD77>

CBS (2023a) Energie en broeikasgassen; 1990-2022.

Geraadpleegd 07-03-2024.

<https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2023/43/energie-en-broeikasgassen-1990-2022>

CBS (2023b) Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen.

Geraadpleegd 09-04-2024.

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85523NED/table?dl=A3B08>

CBS (2023c) Aardwarmte en bodemenergie; onttrekking van warmte en koude.

Geraadpleegd 07-03-2024.

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82379NED/table?dl=9DA9A>

CBS (2023d) Hernieuwbare energie in Nederland 2022

<https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2023/hernieuwbare-energie-in-nederland-2022>

CBS (2023e) Elektriciteit; productie en productiemiddelen

Geraadpleegd 27-03-2024.

<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/37823wkk/table?dl=A3B9F>

CBS (2023f) Hernieuwbare energie in Nederland 2022

<https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2023/hernieuwbare-energie-in-nederland-2022/8-biomassa>

CBS (2024) Warmtemonitor, update enkele tabellen tot en met 2022

<https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2024/12/warmtemonitor-update-enkele-tabellen-tot-en-met-2022>

CBS en TNO (2020) Warmtemonitor 2019.

<https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2020/35/warmtemonitor-2019>

Emissieregistratie (2024) Broeikasgassen

Geraadpleegd 17-4-2024.

<https://www.emissieregistratie.nl/data/overzichtstabellen-lucht/broeikasgassen>

EZK (2023a), Kamerbrief over de Voorjaarsbesluitvorming Klimaat, 26 april 2023, Den Haag: Ministerie van EZK;

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2023/04/26/voorjaarsbesluit-vorming-klimaat>

EZK (2023b) Klimaatwet

<https://wetten.overheid.nl/BWBR0042394/2023-07-22>

NEa (2021) Emissiecijfers 2013-2020

<https://www.emissieautoriteit.nl/documenten/publicatie/2021/05/05/ets-uitstoot-2020>

PBL (2020a) 'Thuispagina Startanalyse aardgasvrije buurten versie 2020' <https://themasites.pbl.nl/leidraad-warmte/2020/>

PBL (2020b) Startanalyse aardgasvrije buurten, versie 2020; Gemeenterapport met toelichting bij tabellen met resultaten van de Startanalyse.

<https://themasites.pbl.nl/leidraad-warmte/2020/>

PBL (2022) Klimaat- en Energieverkenning 2022. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

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

PBL (2023) Klimaat- en Energieverkenning 2023. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL)

<https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2023>

PBL (2024a) Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050

<https://www.pbl.nl/publicaties/trajectverkenning-klimaatneutraal-2050>

PBL (2024b) Vier trajecten naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving - Achtergrondstudie ten behoeve van de Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050

<https://www.pbl.nl/publicaties/vier-trajecten-naar-een-klimaatneutrale-gebouwde-omgeving>

PBL (2024c) Trajecten naar een klimaatneutrale Nederlandse industrie met klimaatneutrale grondstoffen – Achtergrondstudie binnen het project Trajectverkenning Klimaatneutraal 2050.

<https://www.pbl.nl/publicaties/trajecten-naar-een-klimaatneutrale-nederlandse-industrie-met-klimaatneutrale-grondstoffen>

PBL (2024d) Trajecten naar een 'klimaatneutrale' landbouw, landgebruik en glastuinbouw in 2050 - Achtergrondrapport bij de studie 'Trajectverkenning klimaatneutraal 2050'

<https://www.pbl.nl/publicaties/trajecten-naar-een-klimaatneutrale-landbouw-landgebruik-en-glastuinbouw-in-2050>

PBL en TNO (2021) MIDDEN-database

<https://energy.nl/data/midden-database/>

PBL, TNO en RVO (2021) Reflectie op Cluster Energiestrategieën (CES 1.0).

https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-rvo-tno-2021-reflectie-op-cluster-energiestrategieen-ces-1-0_4475.pdf

RVO (2023) Duurzaamheidsrapportage van warmtenetten

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/verduurzaming-warmtevoorziening/publicaties-warmte-en-koude/rapportage-duurzaamheid>

RVO (2024) Feiten en cijfers energiebesparingsplicht

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/informatieplicht-energiebesparing/bedrijven-en-instellingen/feiten-en-cijfers>

RWS (2024) Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2022

<https://www.afvalcirculair.nl/publicaties/>

TNO (2023) Warmte en koude

<https://energy.nl/thema/technologie-en-energiesysteem/energiedragers/warmte-en-koude/>

TIKI (2020) Adviesrapport Taskforce Infrastructuur Klimaatpakkoord Industrie.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/05/13/adviesrapport-taskforce-infrastructuur-klimaatpakkoord-industrie>

WarmteAtlas
<https://www.warmteatlas.nl/>

Dit document is een uitgave van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T +31 (0) 88 042 42 42
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het Ministerie van
Economische Zaken en Klimaat.

Publicatienummer: RVO-114-2024/RP-DUZA

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juni 2024

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) stimuleert duurzaam,
agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het
vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving.
RVO werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.