

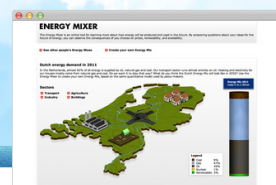
# Verhalen en scenario's over energiegebruik in 2035 in de aardbevingsregio Groningen

Wat betekent energieneutraliteit voor hoe we onszelf  
transporteren, hoe we wonen, eten en werken en welke rol  
spelen de landbouw en de industrie hierin?

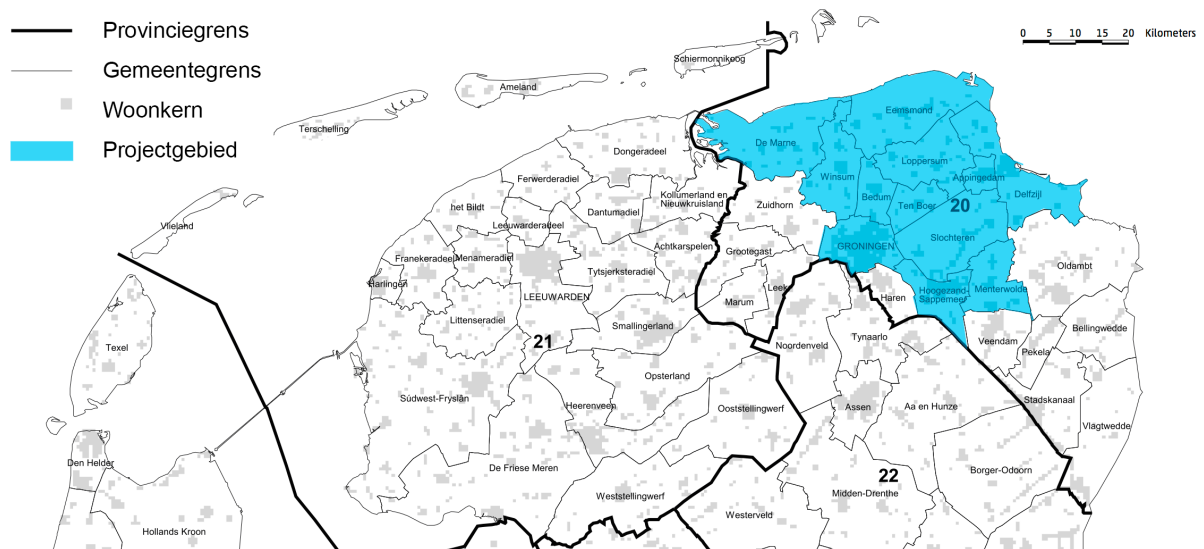
CONCEPT



**ENERGY TRANSITION MODEL**  
*Independent, Comprehensive and Fact-based*



## IABR projectatelier Groningen



### Verantwoording

Opdrachtgever  
Inhoud

Datum

Projectatelier Groningen IABR en Gemeente Groningen  
Dr. Ir. John Kerkhoven en Dr. Alexander Wirtz  
Quintel Intelligence  
December 2015

# Inhoudsopgave

1. Introductie	4
2. Verhalen	5
1a. Het einde van het rijexamen	5
1b. Perspectief op mobiliteit in 2015	5
2a. Cool house	7
2b. Perspectief op wonen in 2015	7
3a. Peking Duck van plantjes	8
3b. Perspectief op voedsel in 2015	8
4a. Oeps, teveel schone energie	9
4b. Perspectief op energieopwekking in 2015:	9
5a. Werken tot je 90ste	11
5b. Perspectief op werken in 2015	11
Het grote samenspel - Balanceren	12
3. Het Gronings accent	13
4. Energieaanbod en -vraag in 2035	15
Het energiesysteem in de regio in 2035	15
Werkwijze 2035 scenario in het Energietransitiemodel	16
Elektriciteitsproductie	19
Warmteproductie	23
Import en export van energie in het 2035 scenario	25
Energiegebruik per sector	26
5. Impact op ruimtelijke ordening	35
Appendix 1. De noodzaak voor een andere stroommarkt in de toekomst	36
Appendix 2. Nadere toelichting biogene brandstoffen	37

## 1. Introductie

In dit rapport laten we aan de hand van zes eenvoudige korte verhalen zien hoe de belangrijkste trends die we uitrekenen met het Energietransitiemodel (ETM) in 2035 het dagelijks leven kunnen beïnvloeden. Bij ieder verhaal geven we een korte toelichting vanuit het perspectief zoals we dat in 2015 hebben op de toekomst. De trends die we nu zien, de technieken die we nu al hebben. Deze korte verhalen zijn niet genuanceerd, die nuance komt later in dit rapport. De beelden zijn bedoeld om de essentie van de aanstaande verandering te duiden voor een ieders persoonlijke leven.

Vervolgens gaan we kort in op datgene wat de aardbevingsgemeenten plus de gemeente Groningen bijzonder maken in energetisch opzicht ten opzichte van de rest van Nederland. Voor de liefhebber gaan we daarna dieper in op de uitkomsten van de scenario's in 2035 in het Energietransitiemodel. Hierbij laten we zien dat 95% CO2 reductie mogelijk is met bestaande technieken.

Tot slot komt ook nog de impact op de ruimtelijke ordening aan bod, die niet direct aan zon, wind of biomassa gerelateerd is.

Dit beeld voor 2035 voor de aardbevingsgemeenten en de gemeente Groningen, is volledig consistent met de beelden die we voor 2050 hebben gemaakt voor het RLI advies aan minister Kamp. Wel is voor dit beeld uitgegaan van de unieke situatie voor de regio van de aardbevingsgemeenten inclusief de gemeente Groningen, de Eemshaven en de industrie bij Delfzijl.

Het is belangrijk te vermelden dat de verhalen en de doorrekening van deze verhalen ter illustratie zijn van het idee dat de project regio in 2035 (bijna) energieneutraal is.

Voor het economisch beeld dat ontstaat op basis van het hier geschetste energetisch beeld voor 2035 verwijzen we naar het rapport Energie-economie in 2035; verkenning van de economische impact van de transitie van fossiel gedreven energie- en grondstofvoorziening naar een hernieuwbare voorziening in de aardbevingsregio in Groningen, van E&E advies.

## 2. Verhalen

---

### 1a. Het einde van het rijexamen

Het is januari 2035, 11.30 uur 's ochtends. Ik heb ineens zin om naar mijn zus te gaan. Ik zeg tegen mijn horloge dat ik naar mijn zus wil. En ergens op een paar honderd meter van mijn huis ontkoppelt een zelfrijdende auto zich op een parkeerpleintje van een laadpaal en rijdt naar mijn huis. Twee minuten later meldt deze elektrische auto zich via mijn slimme horloge en ik loop mijn huis uit en stap in. De auto begroet me vriendelijk en rijdt me naar mijn zus. Mijn slimme horloge weet namelijk wie mijn zus is en waar ze woont en heeft dit adres doorgegeven aan de auto. Als we enige tijd later bij mijn zus aankomen, stap ik uit en de zelfrijdende auto gaat op weg naar zijn volgende klant of om zichzelf weer ergens te parkeren.

Ik realiseer me dat het best wel bijzonder is dat er in deze straat daardoor helemaal geen geparkeerde auto's meer staan. Het is bijzonder dat ik geen zorgen meer heb om parkeren, onderhoud van mijn eigen auto zoals vroeger en dat reizen op deze manier veel goedkoper en ook nog eens veel veiliger is geworden. Doordat al deze auto's elektrisch rijden is de lucht in mijn dorp/stad ook veel schoner geworden. En gisteren las ik in de krant dat de laatste rijdschoolhouder ermee gestopt is. Niemand wil nog zijn eigen rijbewijs halen.

---

### 1b. Perspectief op mobiliteit in 2015

Hoe futuristisch is dit beeld voor 2035? Eigenlijk is dit beeld helemaal niet zo vooruitstrevend en misschien is het zelfs wel wat conservatief. Een aantal overduidelijke ontwikkelingen in 2015 maken dit beeld al voor of rond 2020 mogelijk:

- Het horloge waar je tegen kunt zeggen in normaal Nederlands (of een andere taal) "ik wil naar huis" en dat dan je route naar huis uitzet is er al. Het heet Apple Watch.
- De auto die zelf kan rijden is er ook al. In California rijden al veel zelfrijdende auto's van o.a. Google.
- De elektrische auto die echt goed is en een behoorlijke afstand kan afleggen is er ook al. De Tesla S.
- Het idee dat je via een website/apps auto's bestelt (nu nog met chauffeur) is ook enorm in opkomst. Het heet Uber.

En niet alleen deze partijen, uit voornamelijk Silicon Valley zijn hiermee bezig, maar ook alle traditionele partijen zijn zich aan het voorbereiden op deze toekomst. Het is waarschijnlijk dat we deze mogelijkheden al voor 2020 in de praktijk kunnen zien op verschillende plekken in de wereld waar de overheid bereid is deze ontwikkeling te stimuleren en subsidiëren.

De impact op het energiesysteem en de markt voor grondstoffen van de beschreven ontwikkeling is enorm. Er zijn in ieder geval veel minder auto's. Misschien wel 80% of 90% minder. De auto's die er zijn rijden meer en staan minder stil. Elektrische auto's die geladen kunnen worden met voornamelijk zon- en windstroom gaan veel efficiënter met energie om dan auto's die

aardolieproducten verbranden dus we verbruiken veel minder energie. Bovendien kunnen deze auto's wanneer ze geparkeerd staan een belangrijke functie vervullen in de balancering van het elektriciteitssysteem op momenten van overschotten en tekorten van wind- en zonnestroom. En omdat niet iedereen meer zijn eigen auto's heeft, is de hoeveelheid materialen die nodig is, waarschijnlijk gedecimeerd. Doordat de nieuwe auto's ook beter recyclebaar zullen zijn, zijn er uiteindelijk zelfs nauwelijks nog nieuwe grondstoffen nodig.

Mensen kunnen waarschijnlijk nog verder besparen op kosten als ze toestaan dat de auto ook andere passagiers meeneemt die eenzelfde route moeten afleggen. Autodelen wordt de norm.

De impact op de werkgelegenheid is ook groot. De werkgelegenheid voor bijvoorbeeld chauffeurs, rijkschoolhouders en monteurs zal veel minder zijn. De vraag naar bijvoorbeeld ICT-ers en elektrotechnici zal groeien.

---

## 2a. Cool house

Het is zomer 2035 en ik kom net van buiten. Ik heb het heet. In mijn huis is het lekker koel. Mijn “verwarming” zorgt ervoor dat al mijn radiatoren en vloerverwarming heerlijk koel zijn.

Dat ik tegenwoordig niet alleen mijn huis kan verwarmen maar ook kan koelen, was een aantal jaar geleden een verassing toen ik mijn HR Ketel heb vervangen door een hybride warmtepomp.

Tachtig procent van de warmte voor mijn huis komt nu van de kleine warmtepomp en alleen op momenten dat het heel koud is, verwarm ik mijn huis nog met “nieuw” gas.

Door de betere isolatie en kierdichting in combinatie met betere luchtverversing is mijn huis nog nooit zo comfortabel geweest. Het is een “weinig op de meter huis” hetgeen betekent dat ik bijna net zoveel energie produceer als dat ik gebruik. Mijn energierekening is dus ook heel laag.

---

## 2b. Perpectief op wonen in 2015

In 2015 stookte een gemiddeld huishouden nog ongeveer 1.600 m<sup>3</sup> aardgas (dat is ongeveer 16.000 kWh warmte). In de nieuwe situatie met iets betere isolatie is het gebruik minder dan 200 m<sup>3</sup> “nieuw gas” en daarnaast ongeveer 2.000 kWh elektriciteit en 6.000 kWh gratis duurzame energiewarmte. Dat nieuwe gas is overigens in 2035 niet alleen maar aardgas, maar ook voor een substantieel deel waterstofgas gemaakt uit overschotten wind- en zonnestroom en groengas gemaakt uit biomassa.

Door toevoeging van een klein buffervat kan op momenten dat er (te)veel zon- en windstroom is alvast warm tapwater gemaakt worden door het warmtepompje en opgeslagen in het buffervat. Daarmee voorkom je dat je op momenten dat elektriciteit minder overvloedig beschikbaar is, warm tapwater maakt. Zo vervult de verwarming een belangrijke rol in het balanceren van de energievraag.

Is dit futuristisch? Eigenlijk helemaal niet. De hybride warmtepomp is er al. En de enige reden dat dit apparaat nu nog duurder is voor een consument dan een HR Ketel komt door de 6x zo hoge energiebelasting op een eenheid energie uit stroom dan energiebelasting op een eenheid energie uit aardgas. Maar de overheid gaat vanaf 2016 de energiebelasting op gas verhogen t.o.v. de energiebelasting op stroom en derhalve lijkt het aannemelijk dat al rond 2020 de business case voor een hybride warmtepomp gunstig zal zijn t.o.v. een HR ketel. Een volledig elektrische warmtepomp kan ook, maar deze vraagt meer investeringen van zowel de eigenaar (goede isolatie en kierdichtheid van woning en lage temperatuur verwarming; verwarmen met water van ongeveer 30-35 °C in de woning) en netverzwaring door de netbeheerder (stroomnet is uitgelegd op gemiddeld gelijktijdig 1,2 kW per huishouden; warmtepompen vragen al snel 4 kW per huishouden en bij een gemiddelde gelijktijdigheid van warmtepompen van 50% of meer is deze 2 kW gevraagd vermogen in de winter meer dan de 1,2 kW die het elektriciteitsnet aankan). In combinatie met thermische zonnepanelen kan het gasgebruik en stroomverbruik verder worden teruggedrongen. Met name in de zomer kunnen de thermische zonnepanelen de productie van warm tapwater overnemen. En in het voorjaar en de herfst en enkele winterdagen kunnen de thermische panelen ook een bijdrage leveren aan de productie van warm water voor de verwarming van het huis.

---

### 3a. Peking Duck van plantjes

Het is voorjaar 2035, 16.00 uur 's middags. Ik heb geen zin om thuis te eten en bel een vriend om samen uit eten te gaan. We gaan eten bij een van de vele hippe volledig veganistische ketens in de stad.

We besluiten om Peking Duck bij een All Vegan Chinees te gaan eten. Ongelofelijk hoe goed dit smaakt en volledig gemaakt van biologische Europese soja en andere plantaardige producten.

Boeren in de omgeving zijn langzaam overgeschakeld van de productie van gewassen voor veeteelt naar gewassen voor menselijke consumptie. Met uitzondering van de veenweide gebieden waar alleen gras kan worden geteeld en er tegenwoordig nog beperkt vee wordt gehouden.

Door deze overschakeling naar een meer plantaardig dieet zijn er ondanks de grotere wereldbevolking en de meer biologische keuze van consumenten er toch landbouwgronden beschikbaar gekomen voor de teelt van biomassa.

Deze biomassa wordt deels ingezet als grondstof voor de (chemische) industrie en het restproduct als energiegroestof. Hiermee worden momenten waarop een tekort is aan wind- en zonnestroom in toenemende mate opgevangen. Tegenwoordig worden veel producten alleen nog van biomassa gemaakt.

---

### 3b. Perspectief op voedsel in 2015

In 2015 is het al in San Francisco en Silicon Valley heel hip om puur plantaardig te eten met ketens als Lyfe Kitchen en Loving Hut, All Vegan Chinese Restaurants en tientallen individuele restaurants. Deze trend is momenteel over aan het waaien naar Europa en het is niet ondenkbaar dat het de komende tijd in Nederland hip zal worden.

Het is ook nodig, omdat de wereldbevolking van 9 miljard mensen in 2050 niet goed gevoed kan worden met rundvleesproducten (koe is inefficiënt als dier om eiwit te produceren) en ook beginnen de landbouwgronden minder op te leveren door de grotere extremititeiten van het weer. In 2015 was nog 70-80% van de landbouwgronden in de wereld bestemd voor voedsel voor het vee. Maar mensen die plantaardig eten hebben genoeg aan minder dan de helft van de landbouwgronden die een (rund)vleeseter nodig heeft.

Het is ook nodig, omdat mensen biologischer willen gaan eten (minder pesticiden/GMO gewassen) hetgeen meer landbouwgrond vraagt dan de varianten waarin GMO gewassen en chemische pesticiden worden toegepast, zeker nu de WHO steeds vaker onheilspellende berichten de wereld instuurt op de gezondheidsrisico's van met name rood vlees.

Aan het eind van dit document zullen we uitgebreid ingaan op de inzet van biomassa voor energie en het landbouwareaal dat hiervoor nodig is. Ook komt hierbij *cascadering* van biomassa aan de orde.



---

#### 4a. Oeps, teveel schone energie

Het is najaar 2035 en apparaten die kolen, gas of aardolie verbranden zijn versneld vervangen door elektrische apparaten.

Tegenwoordig gebruiken we zowel voor de gebouwde omgeving (apparaten plus verwarming) als voor onze auto's elektriciteit. Ook de industrie gebruikt in toenemende mate alleen nog maar elektriciteit.

Die stroom komt de meeste momenten van het jaar uit zonnepanelen en windmolens. Zonnepaneel is eigenlijk een verkeerde term. Zonnepanelen zijn tegenwoordig geïntegreerd in gebouwdelen. Dus de ramen, de dakpannen, de muren zijn niet meer bedekt met zonnepanelen, maar wekken zelf stroom op.

Ook windmolens en met name die op zee zijn beter geworden en aanzienlijk goedkoper. Daarmee hebben we meestal geen probleem met tekorten aan stroom maar eerder met momenten dat we teveel stroom hebben.

Omdat wind- en zonnestroom elkaar zo goed aanvullen over de maanden heen, praten we tegenwoordig niet meer over wind- en zonnestroom, maar over weerstroom. Winderig en of zonnig weer leveren ons onze energie.

De veelvuldige overschotten slaan we op in de batterijen die horen bij de elektrische deelauto's en in buffervaten in onze huizen, die we hebben aangeschaft bij ons hybride warmtepomp. Grote overschotten van wind op zee worden opgevangen door grote industriële verbruikers, die hiermee een deel van hun benodigde warmte maken of bijvoorbeeld waterstofgas. Dit is zeer voordelig, omdat de stroom op zulke momenten nauwelijks waarde heeft. Door de grote aantallen buffervaten en batterijen in auto's en de decentrale plaatsing daarvan, is er een buitengewoon robuust systeem ontstaan waarbij geopolitieke afhankelijkheden en bijbehorende spanningen internationaal verminderen. Gek genoeg hebben we elkaar nu vaker nodig voor afzet van overschotten dan om onze tekorten aan te vullen.

Natuurlijk zijn er ook momenten dat we geen stroom hebben uit zon- en wind. Die momenten vangen we op met verbranding, vergisting en vergassing van biomassa. Als dat even nog niet beschikbaar is, gebruiken we alsnog fossiele brandstof. Maar de inzet van de "oude fossiele" brandstof is minimaal en eveneens dient de inzet van biomassa alleen voor energie zoveel mogelijk worden beperkt. Ook speelt op steeds meer plekken diepe aardwarmte (geothermie) een belangrijke rol in de verwarming van gebouwen en kassen. De gaswinning binnen het gebied is teruggebracht in lijn met de noodzaak om de rest van Europa/Nederland een betrouwbaar energiesysteem te laten behouden en wat er nog als veilig wordt gezien binnen het aardbevingsgebied. De aardgaswinning in 2035 is nog een fractie van de winning vandaag de dag.

---

#### 4b. Perspectief op energieopwekking in 2015:

Ook dit beeld is niet echt revolutionair. Al in het volgende decennium zullen we in Nederland bereiken, wat in Denemarken, Duitsland of Portugal nu al het geval is: momenten waarop zon- en

wind samen de volledige vraag naar elektriciteit kunnen dekken. Naarmate we de capaciteit aan windmolens en zonnepanelen uitbreiden en zeker na de bouw van offshore windparken, zullen we steeds vaker onze elektriciteitsvraag (meer dan) volledig met wind- en zonnestroom dekken. Ook zullen de momenten met overschotten steeds vaker toenemen. Die overschotten zullen extra vraag aantrekken, bijvoorbeeld in de industrie (want elektriciteit is dan zeer goedkoop) en aanleiding zijn voor opslag. Experimenten met betere opslag van elektriciteit in batterijen, omzetting naar gas en opslag in de vorm van warmte zijn volop gaande. Technisch kan het al, alleen is het nu nog te duur. Maar de experimenten zullen de komende jaren ongetwijfeld leiden tot kostendalingen bij de verschillende vormen van opslag.

De industrie gebruikt voor zijn hogetemperatuur behoefte ook meer stroom. Ze doet dit door stoom van lage temperatuur met behulp van “elektrische stoomrecrompressie” weer op te werken naar hogetemperatuur stoom. En daar waar mogelijk doen ze dit voornamelijk op momenten met veel wind en zon.

---

## 5a. Werken tot je 90ste

Het is december 2035. Ik word langzaam wakker in mijn kamer waar het lijkt alsof de zon opkomt boven een korenveld dankzij een led paneel aan één van de wanden. De domotica in mijn huis heeft het perfecte moment bepaald waarop ik wakker kan worden. Ik sta op en ruik de verse geur van brood. Mijn keukenrobot heeft al een ontbijtje klaargemaakt.

Ik ga aan de keukentafel zitten en deze licht op met de keuze van een digitale krant of het ochtendnieuws. Ik werk tegenwoordig nog maar drie dagen per week. Waarom? Gewoon omdat iedereen dat doet. En ik werk alleen van 10.00 - 16.00 uur. Door de voortschrijdende automatisering is er minder arbeid nodig. Auto's zijn zelfrijdend. En pakjes en voedsel worden automatisch voor je gehaald uit centrale distributiecentra. Je kunt het nog wel zelf halen in sommige winkels, maar bij de kassa's reken je automatisch af. Niet alleen het beroep van chauffeur maar ook dat van kassière is al lang geleden verdwenen. En non-food winkels vind je alleen nog in de grote steden.

Het werk in het huis is grotendeels overgenomen door een of meer robots. Stofzuigen, wassen en eten koken is iets dat ik al enige tijd niet meer zelf heb gedaan.

Een paar jaar geleden was er nog een enorme tweedeling in de maatschappij. Mensen in de gezondheidszorg en ICT hadden het razend druk. De rest steeds minder. Maar uiteindelijk hebben we besloten dat iedereen het wat rustiger aan moest gaan doen en dat we een betere verdeling moesten zoeken tussen leren, recreëren, bewegen en werken voor iedereen.

En dus is het aantal mensen dat nu in het onderwijs, de recreatie, cultuur, sport, ICT en gezondheidszorg werkt sterk gegroeid doordat er alleen nog maar part-timers werken. We hebben ook ontdekt dat het werken tot je 90e prima te doen is in deze maatschappij en dat mensen zich daar prettig bij voelen. Alleen ga je vanaf je 70e nog maar twee dagen per week werken.

De meeste mensen maken er een gewoonte van om door de groene straten (waar eerst de niet-zelfrijdende auto's geparkeerd stonden staat nu groen) een wandeling te maken of te joggen. Ook is het niet ongebruikelijk om een praatje te maken met je buurtbewoners. Waarom? Omdat het leuk is en omdat je op de meeste dagen geen haast meer hebt.

---

## 5b. Perspectief op werken in 2015

Dit beeld is wel revolutionair. Want momenteel zitten we nog volledig vast aan de gedachte dat iedereen moet werken en liefst ook full-time en langer. Dat is namelijk goed voor het Bruto Nationaal Product. Maar het is maar de vraag of in we in onze zucht naar groei niet het optimum voorbij zijn geschoten, waarbij we wel "rijker" worden als samenleving maar niet noodzakelijk gelukkiger. Koopkrachtplaatjes zijn heilig. Maar in een samenleving waarin de kosten van energie (elektrische apparaten gaan efficiënter om met energie dan apparaten die stoffen verbranden), grondstoffen (denk aan deelauto's, plantaardig eten, etc. vragen minder grondstoffen), arbeid lager zijn (denk aan huisrobots, zelfrijdende auto's, etc.) stijgt de koopkracht niet door meer inkomsten maar door minder uitgaven.

---

## Het grote samenspel - Balanceren

In 2035 is het energiegebruik in alle delen van de samenleving veel meer op elektriciteit gebaseerd. Daarmee is de huidige driedeling tussen aardolie voor vervoer, gas voor verwarming en elektriciteit voor apparaten/licht grotendeels ten einde gekomen. Tegelijkertijd is er juist weer een extra verbondenheid ontstaan tussen elektriciteit en gas vanwege de noodzaak om zinvol stroomoverschotten op te slaan. Eén van de vormen waarin dit kan is omzetting in waterstof- of methaangas. We kunnen via deze 'omweg' weer op een ander moment elektriciteit maken of het direct gebruiken als brandstof voor vervoer of verwarming. Al dit balanceren van stroomvraag en -aanbod vraagt de nodige investeringen in kennis en ICT.

Er is dus steeds meer samenhang tussen de economische sectoren gekomen. Het sleutelwoord is 'balanceren': gebouwen produceren op zonnige momenten stroomoverschotten die de transport- of industriector goed kan gebruiken. Zonder grote stroomafnemers als de industrie, is het lastig om veel wind op zee te integreren in het energiesysteem omdat het veel elektriciteitsoverschotten zal veroorzaken. De wind op zee is wel nodig om het grootste deel van de duurzame stroom te leveren die alle sectoren gebruiken. Dit omdat het op zee vaker/meer waait dan op land en heel veel meer dan het aantal jaarlijkse uren dat de zonnepanelen het zullen doen.

Ook is de traditionele grens tussen energieproductie en voedselproductie vervaagd. Landbouwgronden moeten in de toekomst zowel voor voedsel- als biomassaproductie worden aangewend. Dit betekent niet alleen via cascadering slimmer omgaan met het voedsel dat van de gronden komt als grondstof, energiebron en als voedsel. Ook zullen via wisselteelten tijdens hetzelfde jaar (het ene seizoen voedselteelt, het andere biomassateelt) en gewasrotatie over de jaren heen (een jaar voedselteelt, ander jaar biomassateelt) de landbouwgronden een andere bestemming krijgen. In welke verhouding voedsel- en biomassateelten zullen plaatsvinden is onzeker en hangt ook af van de importmogelijkheden. Tevens is het onzeker in welke mate de bevolking de plantaardige alternatieven die beschikbaar zijn, zal omarmen.

### 3. Het Gronings accent

Er lijken in 2015 zes ontwikkelingen of eigenschappen te zijn, die de waaier bestaande uit aardbevingsgemeenten en de stad Groningen uniek maken t.o.v. de rest van Nederland:

1. Er is een noodzaak om veel woningen aardbevingsbestendig te maken
  1. meer sloop en nieuwbouw
  2. grote verbouwingen aan de overige bestaande woningen
2. De ligging aan de zee met havens, waarbij in dat gebied ook belangrijke data-, elektriciteit- en gasverbindingen aan land komen en grote industriële energieverbruikers aanwezig zijn. Die laatste kunnen voor flexibiliteit zorgen in de stroomvraag (zie hieronder).
3. Er zijn al plannen om veel windvermogen in de regio te bouwen, zowel op land als op zee.
4. Een kerngemeente in Groningen waardoor de vervoersbewegingen zich vanuit het relatief dunner bevolkte aardbevingsgebied grotendeels op één stad, nl. Groningen richten
5. Er bestaat al een zeer uitgebreide kennisinfrastructuur rondom energie in de regio, mede dankzij de aanwezigheid van het aardgas.
6. Er wordt landbouw bedreven op hoog technologisch en kennisniveau, mede in samenwerking met de industrie.

Ad 1. Dit leidt tot een unieke kans om te zoeken naar mogelijkheden voor:

- Energieplus woningen in de nieuwbouw
- Richting nul op de meter woningen in de bestaande bouw

Ad 2. Dit biedt kansen voor windenergie

- grootschalige windparken in het industriële deel van de kust
- de inzet van de havens voor de bouw van off-shore windparken
- geen noodzaak om windmolens op land neer te zetten buiten de al aangewezen gebieden

Ad 3. De uitdaging om tijdelijke lokale windoverschotten zinvol in te zetten in het energiesysteem en het stroomnet in balans te houden is tegelijk een grote kans voor de regio. De ruime beschikbaarheid van hernieuwbaar opgewekte stroom, biedt tevens een uitgelezen kans om de gebouwde omgeving en vervoer te elektrificeren en daarmee te verduurzamen.

Ad 4. Inzet op elektrisch vervoer is relatief gemakkelijk omdat de afstanden in het gebied relatief klein zijn. De maximale afstand voor de route stad Groningen - Eemshaven is maar 35 kilometer.

Ad 5. De ambitie voor 2035 en de aardbevingsproblematiek biedt enerzijds mogelijkheden om deze kennispositie uit te breiden richting de installatie en bouwsector en om deze ook uit te breiden. Anderzijds is de aanwezige kennis zeer belangrijk bij het tot stand komen en de uitvoering van de plannen.

Ad 6. Er liggen kansen in de regio om (nog) dichter naar de chemische industrie toe te groeien in een overgang naar een bio-based industrie.

Verder moet worden opgemerkt dat deze regio ambitieuzer is dan de rest van Nederland in zijn ambitie om energieneutraal te worden. Daar waar Nederland mikt op 2050 wil deze regio al in

2035 energieneutraal zijn. De ervaring die daarmee wordt opgedaan zal zeer waardevol blijken als export product/dienst naar de rest van Nederland en andere landen.

Tot slot de stelling dat deze regio in feite arbitrair gekozen is en dat concepten als 'energieneutraal' alleen dienen voor de denkoefening over wat hiervoor nodig zou zijn. In werkelijkheid liggen er geen fysieke of juridische grenzen om de regio wat energiegebruik of CO<sub>2</sub>-uitstoot betreft.

Voor een meer uitgewerkte verbijzondering van dit gebied verwijzen we naar het rapport Energie-economie in 2035; verkenning van de economische impact van de transitie van fossiel gedreven energie- en grondstofvoorziening naar een hernieuwbare voorziening in de aardbevingsregie in Groningen, van E&E advies.

## 4. Energieaanbod en -vraag in 2035

In het hierna volgende stuk behandelen we het energiebeeld dat Quintel heeft gecreëerd voor de regio in 2035. Als eerste beschrijven we het energiesysteem zoals dat voor 2035 met het Energietransitiemodel is verkend. Dit toekomstscenario is een gedachte-experiment, maar wel een gedachte-experiment waar de gevolgen kwantitatief gemaakt zijn. Hoe dit scenario is gecreëerd komt als tweede aan bod.

Het grootste deel van dit hoofdstuk behandelt de productie en het gebruik van energie in 2035. We lichten met name de productie van *stroom* en *warmte* toe. Daarna behandelen we hoe men in 2035 volgens het scenario energie gebruikt. Energie voor transport behandelen we in het stuk over energiegebruik, aangezien een groot deel van deze energie in het toekomstscenario stroom is geworden en de rest onder de discussie over gebruik van biogene energiedragers valt.

---

### Het energiesysteem in de regio in 2035

Iedere geavanceerde samenleving heeft behoefte aan drie soorten energie: warmte (en/of koude), energie voor transport en elektriciteit voor verlichting en apparaten. In Nederland is de warmtevraag nog ongeveer 40% van het totaal en nemen transport en elektriciteit ieder ongeveer 30% voor hun rekening. Omdat Nederlandse gebouwen overwegend verwarmd worden met aardgas en trams en treinen vrijwel de enige vorm van elektrisch aangedreven transport zijn, kun je dus stellen dat bijna 70% van al het energiegebruik niet elektrisch is. Het gaat bovendien om energie uit fossiele bronnen.

Zo beschouwd is het geen verrassing dat de geschetste ontwikkelingen om CO<sub>2</sub>-uitstoot terug te dringen in het 2035 scenario, twee trends laten zien: verregaande elektrificatie en energiebesparing. Hoe minder energie er nodig is, hoe makkelijker je het kunt verduurzamen. Elektriciteit heeft bovendien als voordeel dat de technologie om het duurzaam op te wekken al vrijwel volwassen is. Natuurlijk zijn er ook niet-elektrische duurzame alternatieven. Te denken valt aan waterstof, geothermie en met name biogene energiedragers. Al deze alternatieven passen echter juist bijzonder goed in een energiesysteem met veel stroomproductie van wind en zon.

Een belangrijk kenmerk van zo'n energiesysteem is dat het meer *aanbodgedreven* is dan *vraaggestuurd*, zoals nu het geval is. Dat betekent dat het regelmatig voorkomt dat er stroom beschikbaar is die niemand nodig heeft. Nu en dan is het ook zo dat er geen stroom beschikbaar is als men er wel om verlegen zit. Om de balans op het stroomnet te handhaven zijn daarom oplossingen nodig die overschotten kunnen opslaan of als back-up kunnen dienen bij tekorten. In het geschetste scenario voor 2035 kan stroom worden opgeslagen in de batterijen van *elektrische* auto's of als warmte in buffervaten voor huizen of warmtenetten. Die worden opgewarmd door *elektrische* warmtepompen. Ook de chemische industrie in de regio kan een belangrijke stabiliserende rol spelen. Verreweg de meeste warmte is namelijk daar nodig. Stroompieken kunnen dan ook heel goed omgezet worden in warmte voor de industrie. Dat is één van de grote voordelen van de aanwezigheid van deze energie-intensieve industrie. Hierdoor is het mogelijk om aanzienlijk meer windvermogen op zee te integreren in het systeem en om meer van de windenergie nuttig in te zetten.

Overschotten die niet opgeslagen kunnen worden, kan men ook exporteren. Het is echter onzeker of men hier in de omliggende landen op dat moment op zit te wachten. Naar alle waarschijnlijkheid

heeft Noord Duitsland of Denemarken op dezelfde momenten met overschotten te kampen als Noord Nederland. Opslag in bergmeren of transport over lange afstanden naar Zuid Europa met HVDC stroomnetten kan maar beperkt soelaas bieden, omdat bij pieken grote delen van Noord Europa overschotten moet wegwerken. De laatste optie is om overschotten eenvoudig 'weg te gooien' door windmolens in de 'vaanstand' te zetten of de 'inverters' van zonnepanelen uit te schakelen.

Verbranding van biomassa is de goedkoopste manier van back-up voor momenten dat er te weinig zon of wind is. *De centrales staan er immers al.* Natuurlijk is het ook mogelijk om met grootschalige batterijen stroom op te slaan voor momenten dat er tekort is, maar dit is op dit moment nog aanzienlijk duurder. Hetzelfde geldt voor omzetten van stroom in waterstof, om er later weer stroom van te maken. Dit gaat nog met grote verliezen gepaard. Batterijen in elektrische auto's liggen meer voor de hand om het systeem te stabiliseren, maar zijn in dit scenario niet toereikend om de grote overschotten van windstroom in op te slaan.

Biomassa speelt bovendien een rol bij het maken van warmte voor de industrie. Het gaat hierbij voor een groot deel om hogetemperatuur warmte, die minder eenvoudig met elektrische technieken te maken is. Ook kan biomassa worden omgezet in transportbrandstof. Dit lijkt voor de hand te liggen, omdat verbrandingsmotoren nu de norm zijn. Het brengt alleen niet de systeemvoordelen met zich mee van opslag en balanceren van stroompieken die elektrische auto's en lichte vrachtwagens wel bieden. Vooral zware vrachtwagens, vliegtuigen en schepen zouden op biobrandstof kunnen draaien, maar men kan er ook voor kiezen deze zo lang mogelijk met aardgas aan te drijven, om de biovoetafdruk niet te groot te laten worden. Het grootste deel van de energie voor vliegtuigen en schepen telt namelijk niet mee in het ETM scenario voor 2035. Alles buiten de landsgrenzen wordt volgens de huidige regels buiten beschouwing gelaten. Tot slot kan biomassa een grondstof zijn voor de industrie, waar nu nog fossiele brandstoffen als aardolie of aardgas een rol spelen.

---

## Werkwijze 2035 scenario in het Energietransitiemodel

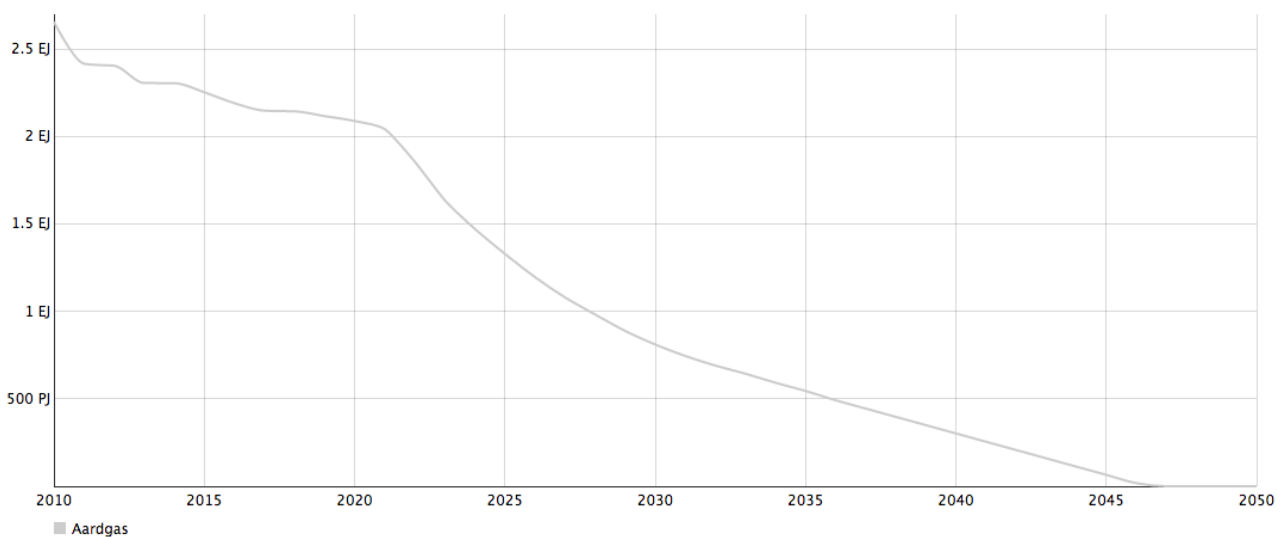
Om het scenario te produceren is Quintel als volgt te werk gegaan:

1. Via een optimalisatie-algoritme is voor Nederland een scenario geproduceerd met 95% CO<sub>2</sub>-reductie. Hier is onder andere geoptimaliseerd op kosten en bio-voetafdruk. Het optimalisatie-algoritme is ingezet om te voorkomen dat persoonlijke voorkeuren van Quintel een rol spelen. Dit scenario is uitgebreid besproken in ons rapport voor de Raad van de leefomgeving en infrastructuur (Rli). Het is te downloaden via [deze link](#).
2. Vervolgens is dit scenario in zijn geheel geschaald naar het aantal verwachte huishoudens in deze regio, volgens CBS prognoses.
3. Om het scenario vervolgens beter aan te laten sluiten bij de werkelijkheid van de regio Noordoost Groningen, zijn enkele aanpassingen gemaakt:
  1. De metaalsector is verwijderd (Aldel hangt aan het Duitse stroomnet)
  2. De raffinage- en petrochemiesector zijn verwijderd (bestaat in deze regio niet)
  3. De gasvraag in de tuinbouwsector is sterk verlaagd (bijna geen kassen in de regio)
  4. Gebouwen en met name huizen in de regio zijn nog beter geïsoleerd, omdat ze tegen 2035 aardbevingsbestendig zullen zijn en bij het aanpakken van de "schil" ook de isolatie/ kierdichting is verbeterd.
  5. Het energiegebruik in de transportsector is verlaagd, omdat deze regio minder snelwegen en daarmee minder brandstofgebruik kent
  6. De productie van (duurzame) energie is consistent gemaakt met de plannen voor de regio



Dit betekent dat ook de aardgasproductie in Nederland naar rato is geschaald. Hierbij is de (door de aardbevingsdiscussie inmiddels achterhaalde) productiecurve in **figuur 1** voor Nederland gebruikt. Voor de aardbevingsdiscussie voorzag men een scherpe daling van de productie uit het Groningen gasveld na 2020. Die reductie is nu vervroegd, waardoor de staart waarschijnlijk langer wordt en er in 2035 nog gas uit het Groningen veld gewonnen zal worden. Het is nu nog onmogelijk om te becijferen hoeveel aardgas de regio daadwerkelijk zal produceren, maar naar verwachting zal het meer zijn dan het evenredig deel van de totale productie waar dit scenario gebruik van maakt. *We onderschatten dus waarschijnlijk de lokale aardgasproductie.*

### Productie curve voor aardgas



**Figuur 1.** Productiecurve van aardgas in Nederland volgens EBN in exajoule (EJ) = 1.000 petajoule (PJ)

Om zo dicht mogelijk bij de feiten van vandaag de dag te blijven, veronderstellen we in het scenario dat alleen technologieën ingezet worden die vandaag de dag reeds beschikbaar zijn. Dat is dus een soort ‘worst-case-scenario’ approach. Natuurlijk zal innovatie de uitdaging nog iets verlichten in de toekomst. Precies waar en met welke innovatie is alleen niet te voorspellen. In het onderstaande gedeelte zullen we dergelijke innovaties wel *bespreken*, denk aan grootschalige opslag in batterijen of de bio-based economy, maar er is niet mee *gerekend*.

Klik [hier](http://pro.et-model.com/scenarios/274175) of ga naar: <http://pro.et-model.com/scenarios/274175> om dit scenario online in het ETM te bekijken. Alle getallen hieronder zijn direct uit dit scenario gehaald.

Enkele dingen die we voor dit scenario nog **niet** hebben gedaan, maar die in de toekomst waarschijnlijk wel een rol zullen spelen:

1. Vergassen in plaats van vergisten van organisch materiaal om groengas te maken
2. Biomassa cascadering: de optimale inzet van landbouwgewassen voor de productie van voedsel, mineralen, grondstoffen en energie.
3. Dynamische opslag of inzet van stroompieken voor:
  1. opslag in batterijen (anders dan elektrische auto's)
  2. power-to-heat (d.m.v. stoomrecompressie of warmtepompen)
  3. power-to-gas

N.B.: Het Energietransitiemodel kan geen onderscheid maken naar de verschillende gemeenten binnen het projectgebied en kijkt enkel naar het energiesysteem als geheel.

N.B.: De grootste energiegebruiker in de regio is de industrie. Het industrieverbruik per energiedrager is nog onvoldoende bekend en **daarmee zijn deze getallen nog wel voorlopig**.

### Een toekomstbeeld waarin verschillende sectoren elkaar versterken

Al met al ontstaat een plaatje waarin de verschillende sectoren elkaars bestaansrecht kunnen versterken. Een toekomstbeeld dat vooral de *kansen* laat zien.

1. De chemische industrie zal op termijn de transitie naar bio-based moeten maken om te kunnen overleven<sup>1</sup>.
2. Hierdoor raakt deze sector nog sterker verweven met de hoogtechnologische landbouwsector dan door de aanwezigheid van voedingsindustrie al het geval was.
3. Het voortbestaan van de chemische industrie maakt het mogelijk om meer wind (en zon) in het elektriciteitssysteem op te nemen, doordat pieken onder andere hier kunnen worden opgevangen. Dat is nodig, omdat overschotten van stroom anders geen waarde hebben op de markt. In het noorden van Duitsland zullen immers tegelijkertijd ook grote overschotten bestaan, dus export is nauwelijks een optie.
4. Die windstroom is weer nodig om de gebouwde omgeving en de transportsector van energie te voorzien. Zoals hieronder nader wordt toegelicht, zullen deze sectoren naar alle waarschijnlijkheid verregaand elektrificeren.
5. De gebouwde omgeving en de transportsector leveren op hun beurt ook de nodige flexibiliteit voor het aanbodgedreven stroomsysteem, aangevuld door bijvoorbeeld datacenters, waterschappen en koelhuizen.
6. Transport en de gebouwde omgeving kunnen ook nog baat hebben bij de aanwezigheid van een landbouwsector die onder andere biogene brandstoffen maakt. Daarmee hoeft niet alles volledig elektrisch aangedreven te zijn.

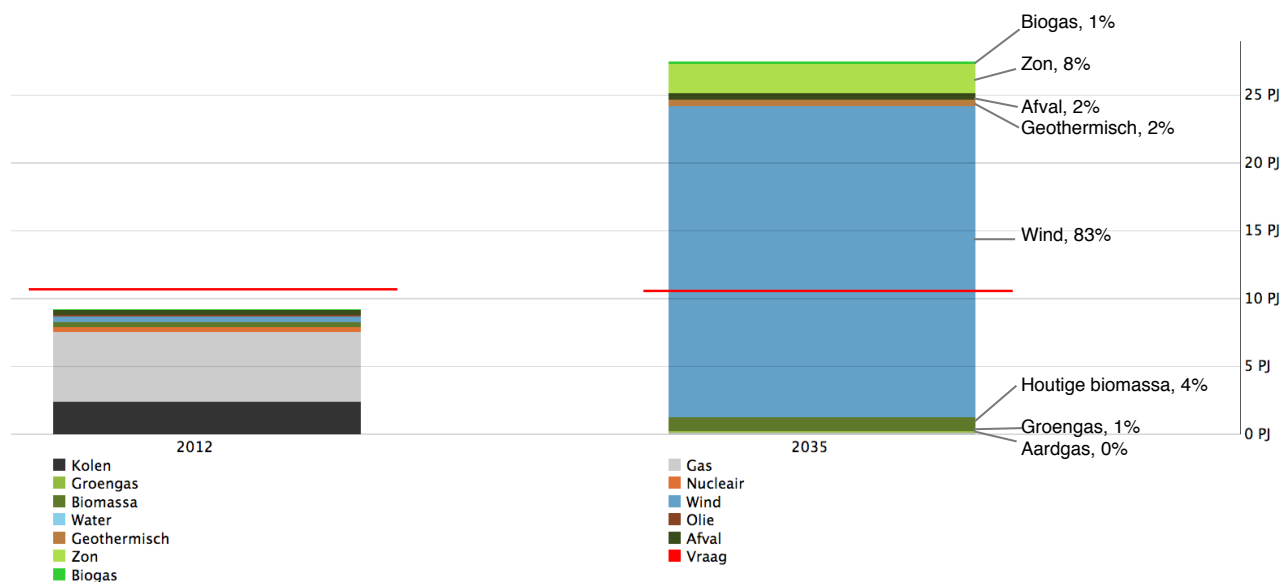
---

<sup>1</sup> Zie bijvoorbeeld: Noord4Bio, Concrete kansen voor een biobased economy in Noord- Nederland, Harriëtte Bos et al., 01-04-2015

## Elektriciteitsproductie

In het scenario wordt vrijwel alle stroom in 2035 duurzaam opgewekt (**Figuur 2**). Dat gebeurt met wind, zon en verschillende biogene energiedragers. Biomassa en groengas zijn nodig als backup voor als het niet waait en de zon niet schijnt. Het plaatje toont voor 2012 de gemiddelde productiemix voor Nederland en niet de feitelijke stroomproductie voor de regio. We zien dat de rode lijn van de stroomvraag in 2035 iets lager is dan die voor de regio in 2012. **Er wordt zelfs 159% meer stroom geproduceerd (27,5 PJ = 7,6 TWh) dan op jaarbasis nodig is (10,6 PJ = 3,0 TWh)**. Dit komt door het grote geplande wind- en zonvermogen dat regelmatig meer produceert dan op dat moment nodig is. De gebouwde omgeving zal in de zomer overschotten van zonnestroom produceren en de windparken zullen nu en dan ook grote overschotten geven. Het ligt voor de hand dat deze stroom in 2035 kan worden opgeslagen en dient ter balancerings van het systeem. Dit gebeurt in het scenario echter nog niet expliciet in het ETM, omdat opslagtechnieken nog in de kinderschoenen staan of niet rendabel zijn.

### Elektriciteitsproductie



**Figuur 2.** Herkomst van geproduceerde stroom en stroomvraag in 2012 en in 2035

Het is uiteindelijk zeer de vraag of er in 2035 ook zoveel stroomexport zal zijn, aangezien op momenten dat er teveel aanbod van wind- of zonnestroom is, deze nauwelijks rendabel geëxporteerd zal kunnen worden. Alle buurlanden hebben op zulke momenten dan waarschijnlijk ook overschotten. Het gevolg is mogelijk dat stroom zeer lage of negatieve prijzen zal bereiken (zie toelichting op de stroommarkt in **Appendix 1**) tenzij opslag in batterijen betaalbaar wordt. Het sleutelwoord in dezen is balanshandhaving. Om het stroomnet stabiel te houden is het in eerste instantie van belang om dergelijke onbalans *lokaal* op te lossen. Rondom windstroom kan met name in de industrie of voor datacentra en koelhuizen nieuwe vraag ontstaan (power-to-gas en power-to-heat). Voor zonnestroom zullen bijvoorbeeld elektrische auto's en warmtepompen met buffervaten een rol spelen. Eenzelfde situatie zal zich voordoen in Noord Duitsland en Denemarken dat in toenemende mate met het Nederlandse net verbonden is. Hiermee kunnen regionaal kansen gecreëerd worden, doordat steeds vaker momenten van zeer goedkope stroom voorkomen.

## 1. Zon:

In het 2035 scenario is 690 MWp aan zon PV geïnstalleerd.

Zon PV	Huidige situatie 2015 (vermogen / areaal)	ETM 2035 scenario (vermogen / areaal)
Op huizen	26 MWp / 0,2 km <sup>2</sup>	463 MWp / 3,1 km <sup>2</sup>
Op overige gebouwen	verdeling onbekend	211 MWp / 1,4 km <sup>2</sup>
Akkers en overig	0	17 MWp / 0,085 km <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>26 MWp / 0,2 km<sup>2</sup></b>	<b>691 MWp / 4,6 km<sup>2</sup></b>

Tabel 1. Geïnstalleerd zonvermogen en areaalbeslag

Tabel 1 laat zien hoe dit vermogen verdeeld is en welke ruimtebeslag hiermee is gemoeid. Dat komt voor de gebouwde omgeving neer op een zeer significant gebruik van al het daarvoor geschikte dakoppervlak<sup>2</sup>, ofwel verregaande integratie van zon PV in onderdelen van gebouwen. Het landbouwareaal van de regio is ~835 km<sup>2</sup> ofwel 83.530 ha, dus het aantal zonnecentrales op akkers is nauwelijks significant wat landgebruik betreft. Het is goed voorstelbaar dat met name op lege bedrijventerreinen in de regio Delfzijl nog zonneparken kunnen ontstaan. Dit zou overigens de business case van Power-to-gas (P2G) verbeteren, omdat zonnepieken vaak op andere momenten voorkomen dan windpieken. Daardoor is te verwachten dat industriële P2G installaties meer vollasturen zullen maken.

## 2. Wind:

Er staat 2.200 MWe wind opgesteld. Tabel 2 vat het opgestelde windvermogen en het areaalbeslag samen.

Locatie wind	Huidige situatie 2015 (vermogen / areaal)	Energieakkoord 2023 (vermogen / areaal)	ETM 2035 scenario (vermogen / areaal)
Landinwaarts	137 MWe / 9,1 km <sup>2</sup>	150 MWe / 10 km <sup>2</sup>	150 MWe / 10 km <sup>2</sup>
Aan kust	300 MWe / 20 km	450 MWe / 30 km	850 MWe / 57 km
Op zee	0	600 MWe / 100 km <sup>2</sup>	1.200 MWe / 200 km <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>437 MWe</b>	<b>1.200 MWe</b>	<b>2.200 MWe</b>

Tabel 2. Opgesteld vermogen en areaalbeslag van windturbines

Quintel heeft niet getracht een gebalanceerde mix van wind en zon te maken in dit scenario. Uitgangspunt voor wind is dat alle afspraken in het Nationaal Energieakkoord worden nageleefd en dat van de taakstelling voor 2020 van 855 MWe wind op land voor de Provincie Groningen ~600 MWe in het projectgebied zal staan. Dit is een schatting op basis van de reeds bekende geplande windlocaties en hun potentieel alsook de discussie over 2025 met de experts uit de regio op 8 oktober 2015. Verder is aangenomen dat er voor 2035 nog een additionele taakstelling van 400 MWe voor de provincie Groningen bijkomt, die mogelijk bij de Dollard gerealiseerd wordt. Voor het scenario maakt dat energetisch weinig verschil, aangezien de resulterende overproductie op

<sup>2</sup> Volgens de data van Zonatlas is in het projectgebied ~3,5 km<sup>2</sup> aan zeer geschikt dakoppervlak beschikbaar (insolatie > 1050 kWh/m<sup>2</sup>) en wel ~17 km<sup>2</sup> aan geschikt oppervlak (insolatie 850-1050 kWh/m<sup>2</sup>).

dezelfde momenten zal plaatsvinden en extra windturbines de leveringszekerheid niet zullen veranderen. Uitdagingen en de daarbij behorende kansen voor de regio als gevolg van lokale overschotten en tekorten zullen er met de huidige taakstelling voor wind toch al zijn.

Verreweg het meeste vermogen op land staat in de Eemshaven en bij Delfzijl/ de Dollard. De verdeling over wind op land en wind aan de kust is voor het heden gebaseerd op locatiegegevens en voor 2023 en later geschat op basis van plannen en beschikbaar potentieel. Van de reeds geplande 600 MWe op land, zal naar schatting 450 MWe aan de kust staan en 150 MWe meer landinwaarts. De additionele taakstelling van 400 MWe in het Dollardgebied betreft ook wind aan de kust. Daarmee komt er in de projectregio voor 2035 een totaal van 850 MWe wind aan de kust te staan. Wind aan de kust is zeer aantrekkelijk vanwege de windcondities en relatief lage kosten. Een windmolen aan de kust produceert ~1,3x zoveel stroom als een windmolen in het binnenland. Voor een vergelijking tussen wind op zee en meer wind op land, moet worden meegenomen dat een windmolen van hetzelfde vermogen op zee meer dan 2x zoveel stroom produceert als op land.

Het opgestelde vermogen van wind op zee betreft het deels al gebouwde Gemini 1 windpark en een waarschijnlijk geacht Gemini 2 windpark. Beide van 600 MWe. De stroomkabel voor deze parken zal aanlanden in de Eemshaven. Daarmee worden deze parken in onze interpretatie geheel toegerekend aan de regio, vooral omdat ze ook op het stroomnet in de regio zorgen voor overschotten en daarmee uitdagingen en kansen voor de regio creëren.

Er is voor 2020 ongeveer 68 km<sup>2</sup> aan ruimte bestemd voor wind op land. Daarvan is ongeveer 20 km aan de kust. **Tabel 2** laat zien dat er dus nog meer dan genoeg ruimte op land is voor meer windmolens, maar het bestemde kustgebied bij de Eemshaven en Delfzijl is meer dan volgebouwd. Omdat het projectgebied ~82 km kust heeft, en het park in de Dollard ook deels in ondiep water gerealiseerd kan worden, zal het waarschijnlijk geen onoverkomelijke problemen geven om nog meer kust voor wind te bestemmen. Aan de Duitse kant van de Dollard zijn immers al veel windturbines gebouwd.

### **3. Backup** voor momenten dat er geen zon of wind is komt van

- 330 MWe aan gascentrales op aardgas, groengas of biogas en
- 200 MWe aan biomassagestookte kolencentrales, al dan niet met beperkte warmtelevering via warmtenetten aan de industrie en/of gebouwde omgeving.

De grote centrales die in 2015 in deze regio staan, kunnen in 2035 niet overleven met de weinige draaiuren die ze nog rest als back-up. Slechts een klein deel van deze 'thermische' stroomcentrales is behouden gebleven onder de aanname dat het teveel subsidie zou vergen om alles in bedrijf te houden en de verwachting is dat in de geliberaliseerde internationale stroommarkt van vandaag de dag stroomproducenten verliesgevende centrales zullen sluiten. Alle biogene brandstofinzet voor stroomproductie (en warmte uit warmte-kracht koppeling of WKK installaties) bij elkaar geeft een ruimtebeslag van iets minder dan 17% van het landbouwareaal (835 km<sup>2</sup>). Bij WKK levert een stroomcentrale naast stroom ook warmte. Doordat de geproduceerde stroom voor apparaten en licht wordt ingezet, maar ook voor transport met elektrische voertuigen en verwarming van gebouwen, is in het onderdeel Energiegebruik voor al deze sectoren een behoorlijk primair gebruik van 'vaste biomassa' te zien.

Een scenario waarin meer batterijen of andere vormen van opslag gebruikt worden, zou minder biomassa gebruiken, maar een stuk duurder zijn. In de onderstaande toelichting op biogene brandstoffen komen we hier op terug.

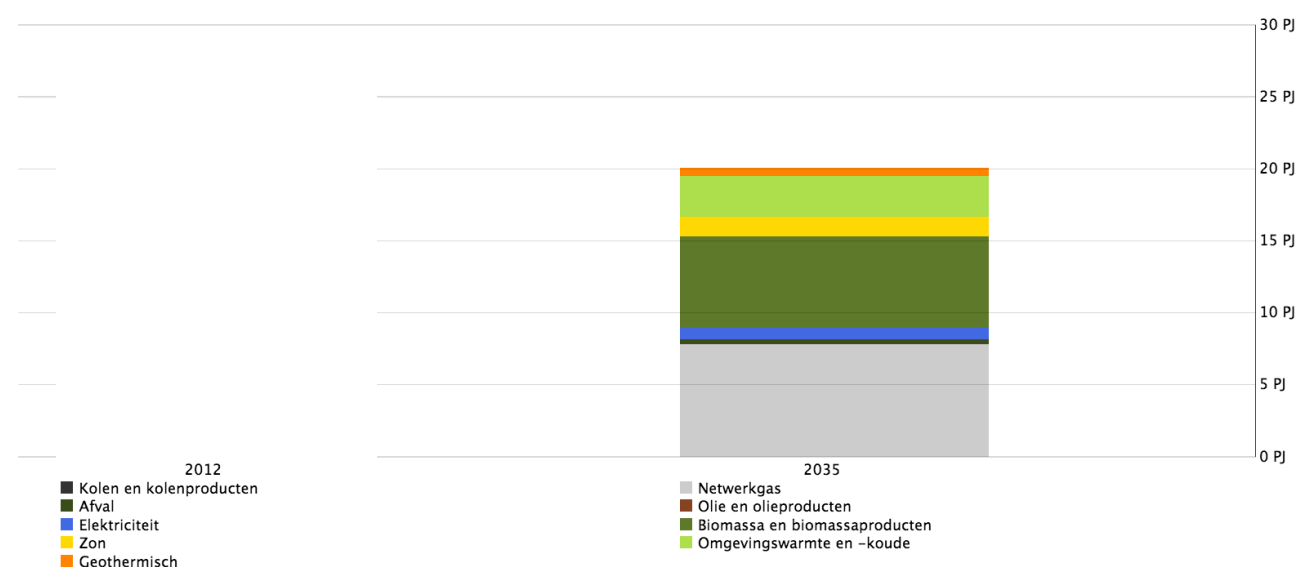
#### **4. De rest**

Een klein deel van de stroomproductie komt van een kleine geothermiecentrale (~17 MWe) en afvalverbranding in Delfzijl.

## Warmteproductie

De warmtevraag in dit scenario is aanzienlijk gedaald, als gevolg van verregaande maatregelen in de gebouwde omgeving. In het gedeelte hieronder over energiegebruik zullen we dit verder toelichten. Wat de resterende warmtevraag betreft, moet onderscheid gemaakt worden naar hoge- en lagetemperatuur warmte. Momenteel is meer dan 90% van de warmtevraag in de industrie hogetemperatuur (HT) warmte. Dat is warmte van meer dan 120 °C en niet zelden van meer dan 750 °C. Alle andere warmtevraag is lagetemperatuur (LT) warmte. Deze laatste is goed in te vullen met de hulp van geothermie of omgevingswarmte, maar HT warmte kan praktisch alleen gemaakt worden door verbranding of mechanische stoomrecompressie. Daarover hieronder meer.

### Warmte en koude productie



**Figuur 3.** Herkomst van geproduceerde warmte in 2035

**Figuur 3** toont hoe de warmtevraag wordt ingevuld. De warmtevraag in 2012 is niet volledig correct en is hier weggelaten. De warmteproductie in 2035 wordt hieronder toegelicht.

### Warmtenetten - afvalverbranding, biomassaverbranding en geothermie

Het scenario gaat er vanuit dat een kwart van alle woningen (~53.000) via warmtenetten in hun ruimteverwarming en warm water worden voorzien. Deze warmtenetten worden voor 75% door geothermie beleverd, conform het plan van de gemeente Groningen om 40.000 woningen met geothermie te verwarmen. De overige warmte wordt geleverd door afvalverbranding in Delfzijl, biomassaverbranding in backup stroomcentrales en biomassaketels voor backup van de warmtevoorziening. Het aardige aan warmtenetten is dat ze in theorie ook voor tijdelijke warmteopslag kunnen dienen. Windstroom pieken kunnen met grote industriële warmtepompen efficiënt omgezet worden in warmte op het warmtenet. In dit scenario heeft Quintel daar nog niet mee gerekend. Let wel dat het hier eerder gaat om nog een manier om het stroomnet te stabiliseren en een waardevolle inzet van hernieuwbare stroomoverschotten te vinden (naast andere opslagmethoden) dan om een heel significante bijdrage aan de warmteproductie. Een deel van de woningen aangesloten op de warmtenetten is ook nog uitgerust met een hybride warmtepomp en heeft dus meerdere mogelijkheden. Deze woningen zouden in theorie zelfs warmte aan het warmtenet in plaats van aan hun eigen buffervaten kunnen terugleveren op momenten dat er 'gratis' stroom beschikbaar is.

### **Restwarmte onzeker**

Ons huidige energiesysteem, met de vele thermische elektriciteitscentrales en HT warmtegebruik in de industrie kenmerkt zich door een grote hoeveelheid onbenutte 'restwarmte'. Het lijkt voor de hand te liggen deze zoveel mogelijk in te zetten voor ruimteverwarming. Het is echter de vraag of dit wel zo aantrekkelijk is. Warmtenetten vergen grote investeringen (in onzekere tijden nooit makkelijk) en het is de vraag of de warmtebronnen wel blijven bestaan. Stroomcentrales op gas of biomassa hebben onvoldoende draaiuren om betrouwbaar warmte te leveren en de industrie van de toekomst zal haar restwarmte steeds beter hergebruiken (door bijvoorbeeld stoomrecompressie) en zelf minder gebruiken (als zij al overleefd). Tenzij warmtenetten voor restwarmte vrijwel zeker op den duur over kunnen op geothermie, gaan de investeringen verloren. Deze onzekerheid op zich zal al een obstakel zijn voor de grootschalige benutting van restwarmte, behalve in een paar specifieke gevallen.

### **Geothermie voor LT warmte (en stroom)**

Het ETM gebruikt in dit scenario 2,6 PJ geothermie. In de gemeente Groningen zijn we ervan uitgegaan dat 40.000 woningen gebruik maken van geothermie via warmtenetten. Het gaat hier over huishoudens in een betrekkelijk dicht bebouwd gebied die niet direct boven het Slochteren gasveld liggen. In theorie zou ook de industrie gebruik kunnen maken van geothermie, welke vervolgens met warmtepompen of stoomcompressie opgewerkt kan worden naar HT warmte, maar het is nog onduidelijk wat het bruikbare potentieel voor geothermie in de hele projectregio is. Voor de gemeente Groningen lijkt deze aanzienlijk, maar de warmte bevindt zich in dezelfde aardlaag als het aardgas (Rotliegend). Omdat nu in principe in wingebieden van aardgas niet naar warmte mag worden geboord, is de benutting van warmte dus afhankelijk van de gaswinningsdiscussie. Vrijwel het hele projectgebied ten oosten van de gemeente Groningen ligt boven het Slochteren veld. Daardoor is het potentieel buiten de Gemeente Groningen afhankelijk van eventuele veranderingen in de regels of technologische vooruitgang. De meeste geothermie wordt overigens ingezet voor stroomproductie (2 PJ) in de kleine centrale van 17 MWe.

### **Omgevings- en zonnewarmte voor LT warmte**

Het grootste deel van de LT warmtevrage is in dit scenario ingevuld met omgevingswarmte geleverd door elektrische warmtepompen. Een deel van de overige gebouwen maakt gebruik van warmtepompen die aangedreven worden door gas. Daarnaast wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van zonnewarmte. Hiermee kan vooral in de zomer warm water gemaakt worden. Bijna alle woningen zullen uitgerust zijn met goedkope zonneboilers.

### **Gasnetten handhaven?**

We voorzien dat een groot deel van de LT warmtelevering door warmtepompen zal gebeuren (zie Energiegebruik gebouwde omgeving). Deze warmtepompen gebruiken stroom. In eerste instantie ligt het voor de hand om hybride warmtepompen in te zetten. Dit zijn warmtepompen die op een slimme manier gecombineerd worden met gasketels. Door nog gas in te zetten kunnen pieken in het stroomgebruik op koude momenten worden vermeden. Al met al betekent dit dat het gasnet niet op korte termijn in onbruik raakt. Of gasnetten in deze regio ooit verwijderd worden is maar de vraag. Als het lukt om grote hoeveelheden groen gas of waterstof te maken met vergassing of 'power-to-gas' (P2G) is dat ook helemaal niet nodig.

Wat P2G gaat betekenen voor gasgebruik in de gebouwde omgeving en de toekomst van het fijnmazige gasnet is nog onduidelijk. In het scenario voor 2035 is een systeem met veel wind en zon gebouwd. De windturbines zijn geconcentreerd rond de Eemshaven en in Delfzijl en de kabel van windpark Gemini komt ook in de Eemshaven aan land (net als de Deense COBRA kabel). Dat



betekent dat windoverschotten zich voordoen in het havengebied. Het ligt daarom ook voor de hand om deze lokaal te verwerken en in het havengebied P2G toe te passen (naast bijvoorbeeld stoomrecompressie of andere flexibele stroomvraag te creëren). Aangezien waterstofgas een zeer interessante grondstof kan zijn voor de chemische industrie in Delfzijl en ook goed ingezet kan worden om hogetemperatuur warmte te maken, ligt het meer voor de hand P2G daar toe te passen dan voor de gasnetten in de gebouwde omgeving. Een P2G installatie is relatief kapitaalsintensief vergeleken met een autobatterij of warmtepompbuffer die men toch al heeft aangeschaft en windoverschotten komen vaker voor dan overschotten van zonnestroom. Industriële P2G zal dus meer vollasturen hebben dan P2G in de gebouwde omgeving. De overschotten in de gebouwde omgeving komen van zon PV en komen uitsluitend in de zomer voor. Als deze overschotten op een nuttige manier ingezet kunnen worden voor elektrische auto's of om warm water mee te maken, lijkt dit meer voor de hand te liggen.

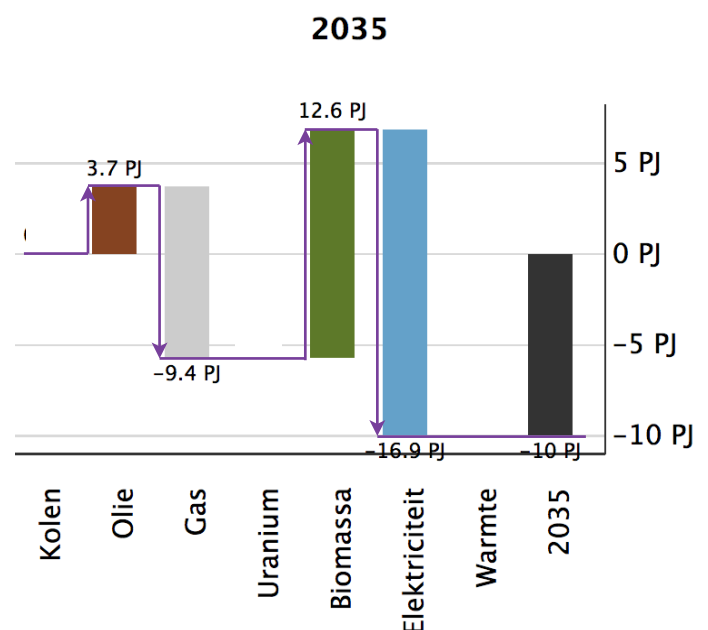
### Biomassa en netwerkgas vooral voor HT warmte

Omdat stoomrecompressie als technologie nog niet in het ETM beschikbaar is en de HT warmtevraag voor 2035 nog vrij onzeker is, gaat het toekomstbeeld ervan uit dat alle HT warmte afkomstig is van verbranding van biomassa en gas. Dit 'netwerkgas' is voor 63% groen. De rest is aardgas. **Quintel verwacht dat in werkelijkheid de inzet van biomassa en gas waarschijnlijk lager zal liggen.**

De HT warmtevraag zal afhangen van de toekomst van de industriesector. Als deze weet te overleven en zichzelf omvormt tot een meer bio-based industrie, zal de warmtevraag naar verwachting lager uitvallen dan in het scenario is gemodelleerd. Bio-based processen verlopen doorgaans bij lagere temperatuur en vragen minder conversiestappen. De precieze energievraag is echter onmogelijk vast te stellen zonder vast te stellen welke chemische processen en producten de industrie in Delfzijl zal oppakken.

## Import en export van energie in het 2035 scenario

**Figuur 4** toont welke energiedragers de regio importeert en exporteert. Doordat alle stroomoverschotten nu geëxporteerd worden (negatief in **figuur 4**), en er nog gasproductie plaatsvindt die deels geëxporteerd wordt, is de netto export (positief in **figuur 4**) van energie negatief. De gasproductie is onzeker, dus aan dit getal dient men niet teveel waarde te hechten. **Figuur 4** maakt duidelijk dat het in dit scenario eenvoudig lijkt om 'energieneutraal' of 'zelfvoorzienend' te zijn in de regio. Zeker als alle overschotten van windstroom wordt meegeteld.

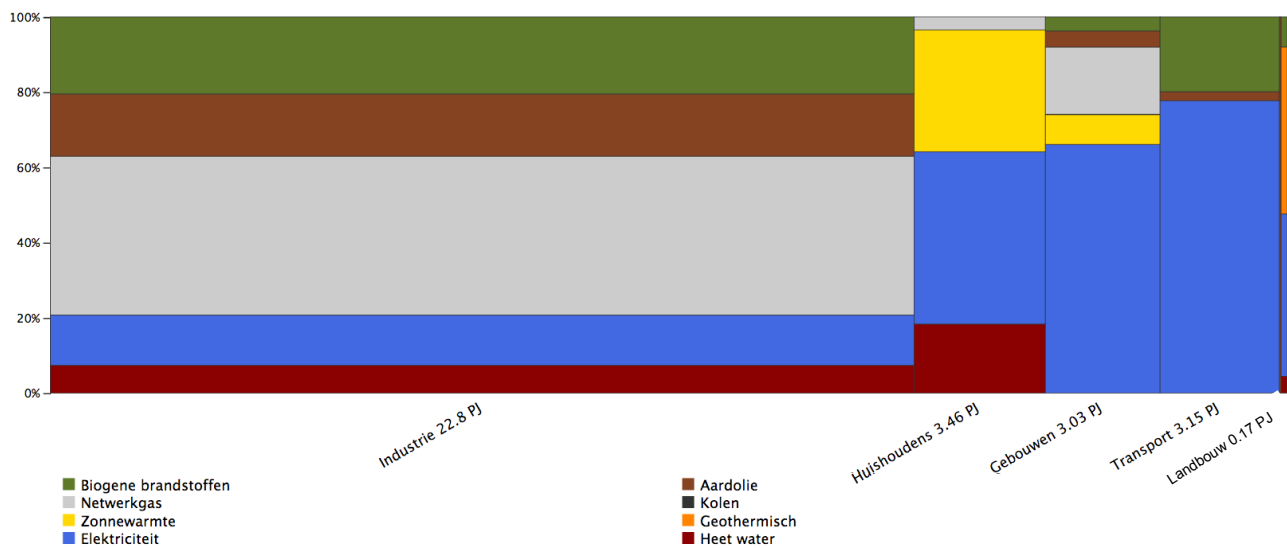


**Figuur 4.** Import en export van energie in 2035

## Energiegebruik per sector

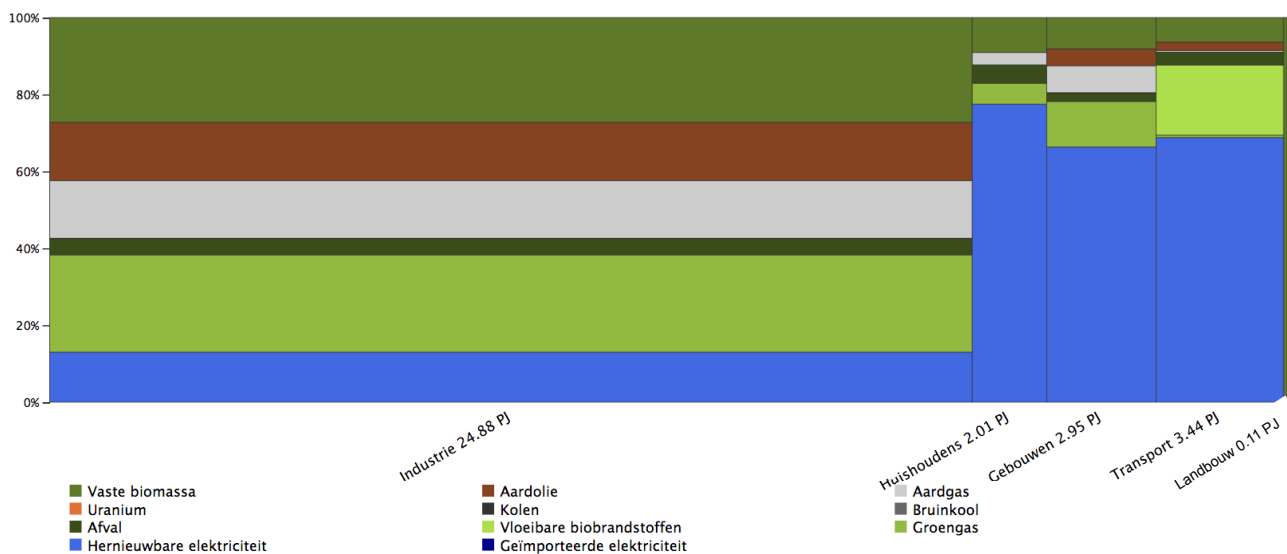
Waar wordt de geproduceerde stroom en warmte nu gebruikt? Dit zien we terug als we het finaal en primair energiegebruik per sector bekijken. **Figuur 5** over *finaal gebruik* laat zien hoeveel en welke soorten energie de sectoren zelf gebruiken als gevolg van hun activiteiten. **Figuur 6** over *primair gebruik* toont waar deze energie dan weer van afkomstig is. **Figuur 6** toont dus de energiedragers waar alle in **figuur 5** gebruikte energie mee gemaakt is. In primair gebruik is ook de energie meegenomen die verloren gaat bij omzetting naar stroom en warmte in centrales of bij raffinage van aardolie naar benzine.

### Eindgebruik energie



**Figuur 5.** Finaal energiegebruik per sector in 2035

### Primair energieverbruik



**Figuur 6.** Primair energiegebruik per sector in 2035

Samen geven deze figuren een compleet beeld van de energiehuishouding. De totale primaire energievraag is in 2035 een stuk lager dan in 2012, doordat voor wind- en zonnestroom geen verliezen gerekend worden, terwijl dit voor verbrandingscentrales wel geldt. Hetzelfde geldt voor fossiele transportbrandstoffen, die bijna zijn uitgefaseerd.

We zien in **figuur 5** hoe groot de industriesector is t.o.v. de rest en dat alle sectoren veel stroom gebruiken, terwijl er alleen in de industriesector nog veel ‘netwerkgas’ gebruikt wordt om warmte te produceren (let op: dit gas is voor 63% groen!). Een deel van het gebruik van netwerkgas en al het gebruik van aardolie in de industrie is zogenaamde ‘niet-energetisch’ oftewel ‘feedstock’ inzet. Dit deel wordt gebruikt om producten mee te maken en niet als energiebron. Toch tellen we dit mee in het primair en het eindgebruik. In dit scenario hebben we het gebruik van aardolie als grondstof niet vervangen door biomassa. Een belangrijke reden daarvoor is dat geen CO<sub>2</sub>-uitstoot hoeft te worden gerekend voor feedstock. De transformatie van het energiesysteem in 2035 is al extreem ambitieus en het compleet omvormen van de bestaande chemische industrie naar een bio-based chemiesector is het meest ingewikkelde aan de hele puzzel. Hoe ver men in 2035 hiermee is gevorderd, is moeilijk in te schatten. Een uitgebreidere beschrijving van de bio-based economie staat hieronder bij het stuk over industrieel gebruik.

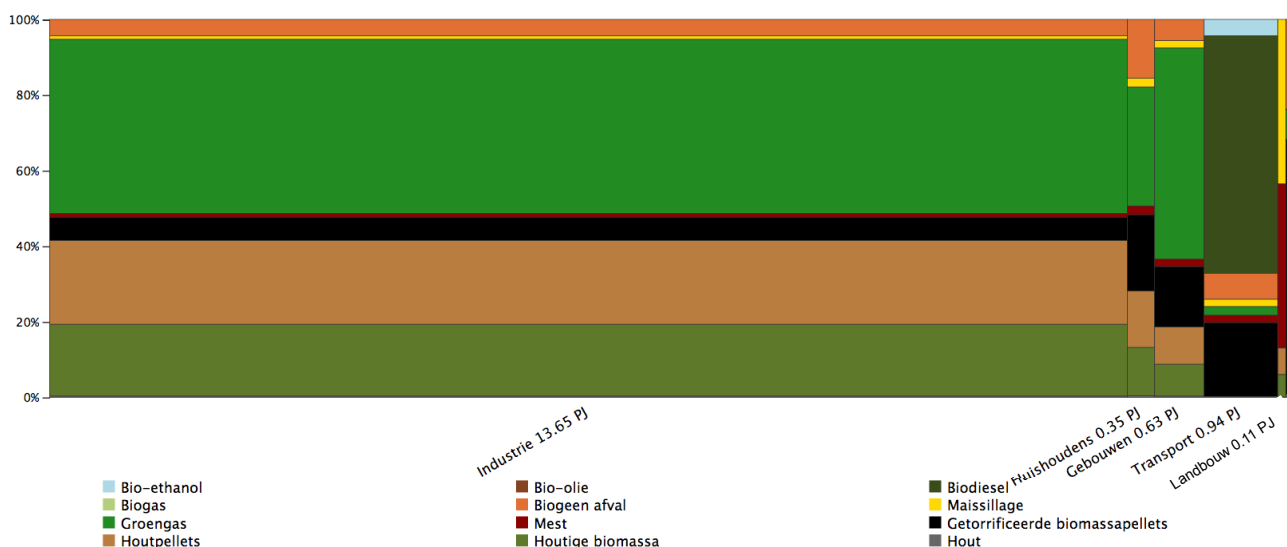
N.B.: de **figuren 5 en 6** tonen niet de massale inzet van omgevingswarmte uit warmtepompen. Statistisch gezien telt dit in Europa nog niet eenduidig mee. De politieke realiteit houdt de technologische vooruitgang niet bij en daarom toont het ETM dit ook niet in deze grafiek. Hieronder wordt deze omgevingswarmte wel beschreven voor de gebouwde omgeving.

**Figuur 7** toont voor de volledigheid een nadere specificatie van de primaire inzet van biogene energiedragers per sector. Voor een nadere toelichting zie **Appendix 2**.

### Inzet van biogene energiedragers

De inzet van biogene brandstoffen in **figuur 5** is voor warmte en transport. Al met al wordt dus duidelijk hoe groot de warmtebehoefte van de industrie is: de groene en grijze vlakken in **figuur 5** vormen samen immers meer dan 70% van het industrieel eindgebruik. Een heel groot deel daarvan wordt met biomassa gemaakt.

#### Primair gebruik van biobrandstoffen



**Figuur 7.** Primair energiegebruik van biogene energiedragers per sector in 2035

Stroom hoeft niet uit biomassa gemaakt te worden. Daarom is met name die biomassa te vermijden die wordt ingezet op momenten dat er geen zon of wind is (zij het tegen de prijs van opslag). In **figuur 2** zagen we dat de meeste stroom direct van zon of wind komt: dit is het stuk primaire hernieuwbare elektriciteit in **figuur 6**. De rest van de gebruikte stroom wordt opgewekt met vaste biomassa, groengas, etc, maar dit is in **figuur 6** niet van de inzet voor warmte te onderscheiden. Deze laat immers alleen zien *hoeveel* van iedere energiedrager is omgezet in andere energiedragers die in figuur 4 gebruikt zijn, niet *waarvoor* dit is gebeurd.

In **figuur 7** zien we andermaal de enorme impact van de industrie op de biovoetafdruk. In **Tabel 3** staat samengevat wat de biovoetafdruk is per energiedrager<sup>3</sup> in dit scenario. Het is duidelijk dat groengas, houtpellets en biodiesel verreweg de grootste biovoetafdruk hebben in dit scenario.

Drager <sup>3</sup>	Primair gebruik (TJ)	Bio-voetafdruk (x areaal)	Ingezet voor	Vermijdbaar?
Biodiesel	588	0,13	transport	ja
Biogas	426	0,03	stroom en warmte	alleen deel voor stroom
Biogeen afval	754	nvt	stroom en warmte	alleen deel voor stroom
Getorr. houtpellets	1.219	0,03	stroom en warmte	alleen deel voor stroom
Groengas	6.770	0,53	stroom, warmte en grondstof	alleen deel voor stroom
Hout (teelt)	48	0,00	warmte	nvt
Houtige restproducten	2.697	nvt	warmte	nvt
Houtpellets	3.150	0,23	warmte	nauwelijks

**Tabel 3.** Biogene energiedragers en biovoetafdruk (in aantal x het beschikbare areaal van 835 km<sup>2</sup>) per drager in 2035

**Tabel 3** toont ook dat de biovoetafdruk van groengas een stuk groter is per hoeveelheid energie dan die van getorrificeerde biomassa. Dit heeft mede te maken met het feit dat alle groengas nu nog gemaakt wordt uit biogas door vergisting en vervolgens zuiveren. De grote voetafdruk van biodiesel in verhouding tot de andere biogene dragers is ook relevant.

Het moge duidelijk zijn dat het niet realistisch is om een energiesysteem te ontwerpen met deze traditionele biogene energiedragers. **Er zal een fundamentele herziening nodig zijn van de manier waarop biomassa ingezet wordt. Cascadering en optimalisering zullen tot betere keuzes moeten leiden, maar nog altijd kan het scenario voor 2035 niet volledig met lokale biomassa worden gerealiseerd.** De keuze waar men uiteindelijk voor geplaatst is, is hoe de eigen landbouwgronden het best in te zetten zijn voor de productie van voedsel, grondstoffen en energie. Datgene wat niet in de regio wordt geproduceerd wordt dan geïmporteerd. Gelukkig beschikt de regio over havens die hiervoor kunnen worden ingezet. Het ETM maakt deze keuze niet en gebruikt enkel aanwezige reststromen van biomassa in de regio. Meer dan 99% van alle biogene brandstoffen worden geïmporteerd.

### Welke inzet van biomassa is nu vermijdbaar?

Er is de nodige onzekerheid over de biovoetafdruk in de toekomst. Experts zijn het erover eens dat biomassa ingezet moet worden via een zogenaamde cascade. Dit werkt als volgt: Eerst worden waardevolle stoffen uit de biomassa gehaald voor voedsel. Ook mineralen om de bodem vruchtbaar te houden worden teruggewonnen. Vervolgens kunnen chemisch interessante stoffen eruit gehaald worden. Na inzet van biomassa voor het maken van dingen (vezels) blijft dat deel van de biomassa over dat verbrand wordt. Zo'n cascade maakt de biovoetafdruk kleiner.

<sup>3</sup> Zie **Appendix 2** voor een nadere toelichting op de verschillende biogene energiedragers

Alle biogene energiedragers die in het 2035 scenario voor stroomproductie gebruikt worden op momenten dat het niet waait of de zon niet schijnt, zijn in principe te vermijden door opslagmogelijkheden te creëren voor stroom. Dat is nu nog onbetaalbaar, maar in de toekomst mogelijk wel haalbaar. **Tabel 3** laat zien dat al het landgebruik voor stroom en warmte samen 0,56 keer het landbouwareaal van 835 km<sup>2</sup> vergen. Batterijen lossen de warmtevraag niet op, dus niet alles is daarmee te vermijden.

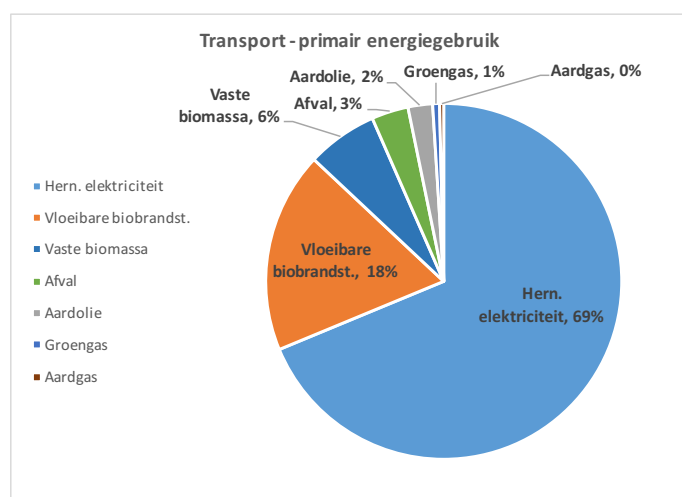
De biogene brandstoffen voor warmte zijn alleen te vervangen voor het deel dat ze lagetemperatuurwarmte maken. Een gedetailleerde analyse (niet uit **Tabel 3** te halen) geeft aan dat het hier om maximaal 0,06 keer het landbouwareaal zou gaan. Het antwoord voor vermijdbare inzet voor stroom ligt waarschijnlijk tussen de 0,2 en 0,4 keer het landbouwareaal.

Alle transportbrandstoffen zijn ook te vermijden, omdat er immers een alternatief is in de vorm van auto's op stroom (of waterstof). Meer auto's met batterijen zou overigens ook betekenen dat er meer opslagcapaciteit voor stroom beschikbaar is, en dus meer biomassa vermeden kan worden (zie hierboven). Het gaat hier om 0,13 keer het landbouwareaal van 835 km<sup>2</sup>.

**Let op!** Het 2035 scenario zet weinig biomassa in als grondstof voor de industrie. Als we ook alle aardolie die nu als grondstof dient zouden vervangen zou het beslag op landbouwgrond ergens in de wereld nog eens toenemen met ongeveer 0,25 keer het landbouwareaal.

## Energiegebruik in de transportsector

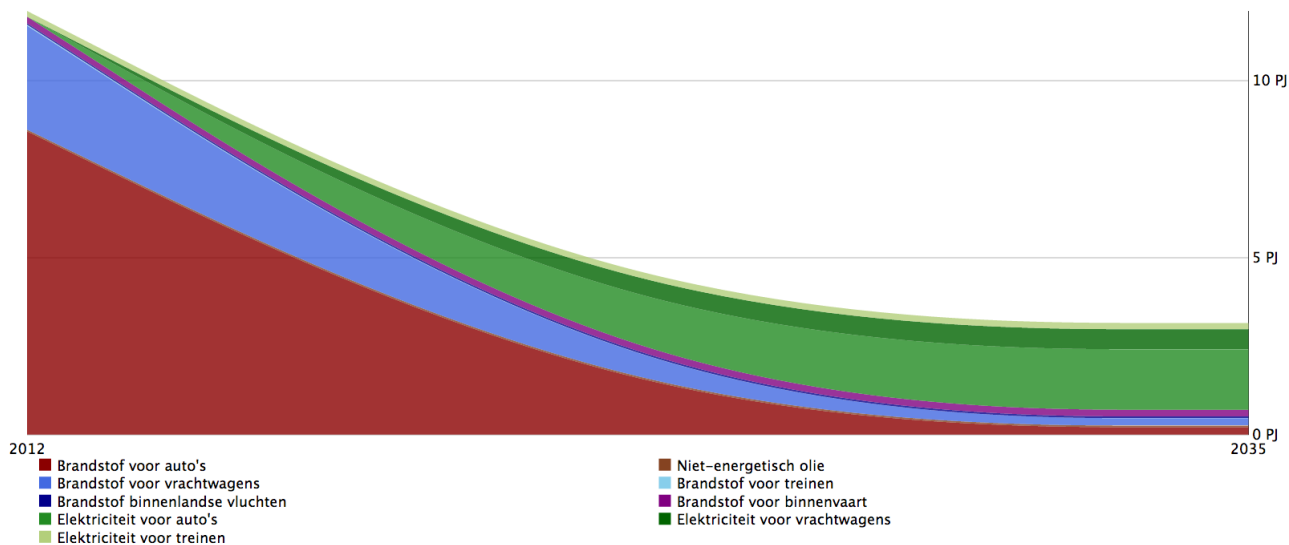
Het energiegebruik voor transport bedraagt 10% (3,2 PJ) van het eindgebruik en 9% (3,4 PJ) van het primair gebruik (zie ook de x-as van de **figuren 5 en 6**). **Figuur 8** maakt duidelijk dat dit voor meer dan de helft met wind- en zonnestroom wordt ingevuld (primaire hernieuwbare stroom) en dat de rest vooral biomassa vraagt voor biodiesel en elektriciteit. De inzet van biodiesel alleen is daarbij goed voor 13% van het landbouwareaal van de regio (835 km<sup>2</sup>), of een equivalent areaal elders.



**Figuur 8.** Primair energiegebruik voor transport in 2035

Dat ook in transport een kleine revolutie heeft plaatsgevonden is te zien aan de verandering in eindgebruik voor transport (**figuur 9**). Brandstofgebruik is sterk teruggebracht en elektrische aandrijving heeft de overhand. Ook is duidelijk dat elektrische auto's efficiënter zijn.

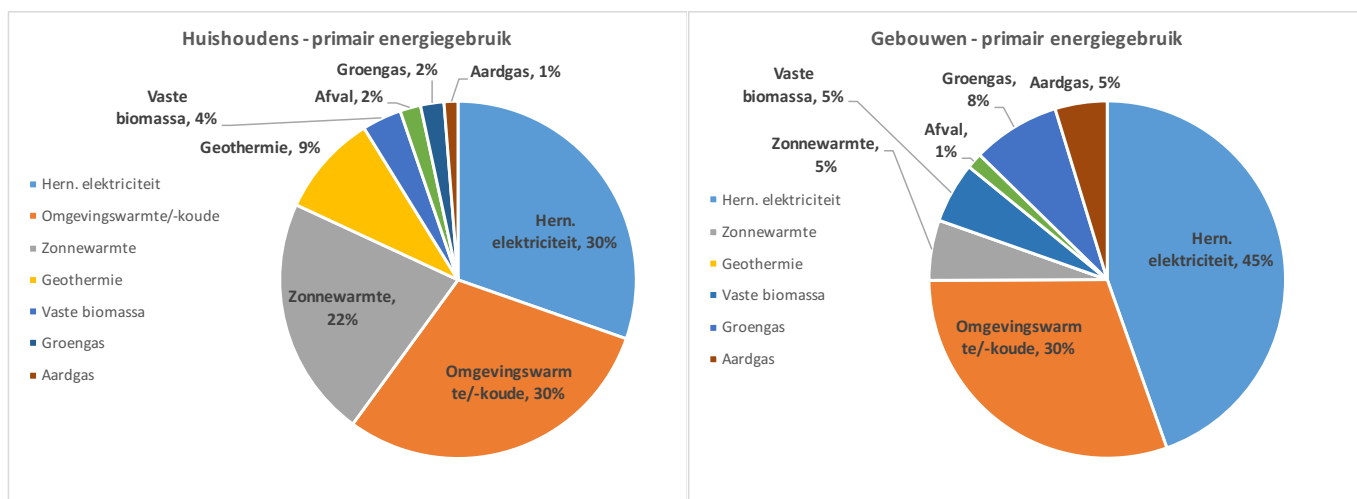
## Eindgebruik energie voor transport



**Figuur 9.** Finaal energiegebruik voor transport in 2035

## Energiegebruik in huishoudens en overige gebouwen - een warmterevolutie

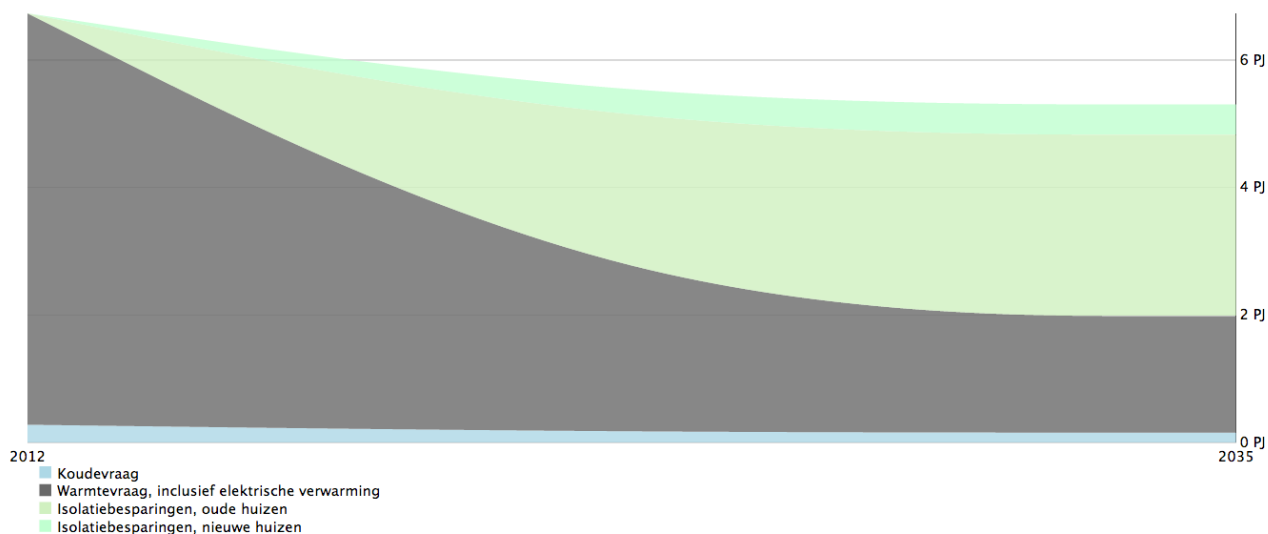
Het energiegebruik voor huishoudens bedraagt 11% (5,0 PJ) van het eindgebruik en 13% (5,1 PJ) van het primair gebruik. **Figuur 10** toont hoe dit gebruik wordt ingevuld, waarbij zonne-, omgevings- en aardwarmte zijn toegevoegd ten opzichte van de cijfers in **figuur 6**.



**Figuren 10 en 11.** Primair energiegebruik in huishoudens en gebouwen in 2035

Het energiegebruik voor gebouwen als kantoren, ziekenhuizen etc. bedraagt 9% (4,3 PJ) van het eindgebruik en 12% (4,4 PJ) van het primair gebruik. **Figuur 11** toont hoe dit gebruik wordt ingevuld, waarbij zonne-, omgevings- en aardwarmte zijn toegevoegd ten opzichte van cijfers voor **figuur 6**. De gebouwen gebruiken meer gas (zowel aardgas als groengas) dan huishoudens, doordat huishoudens wel aangesloten zijn op het warmtenet, maar de overige gebouwen niet. Verder gebruiken sommige gebouwen warmtepompen op gas.

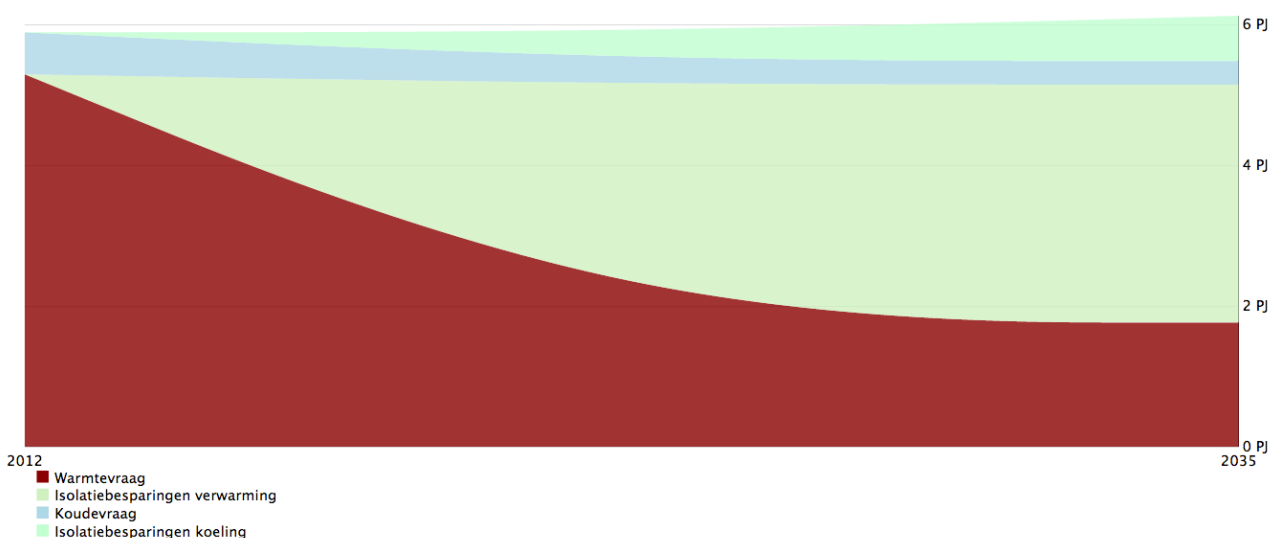
### Warmtevraag met isolatie in huishoudens



**Figuur 12.** Afname van de warmtevraag in woningen

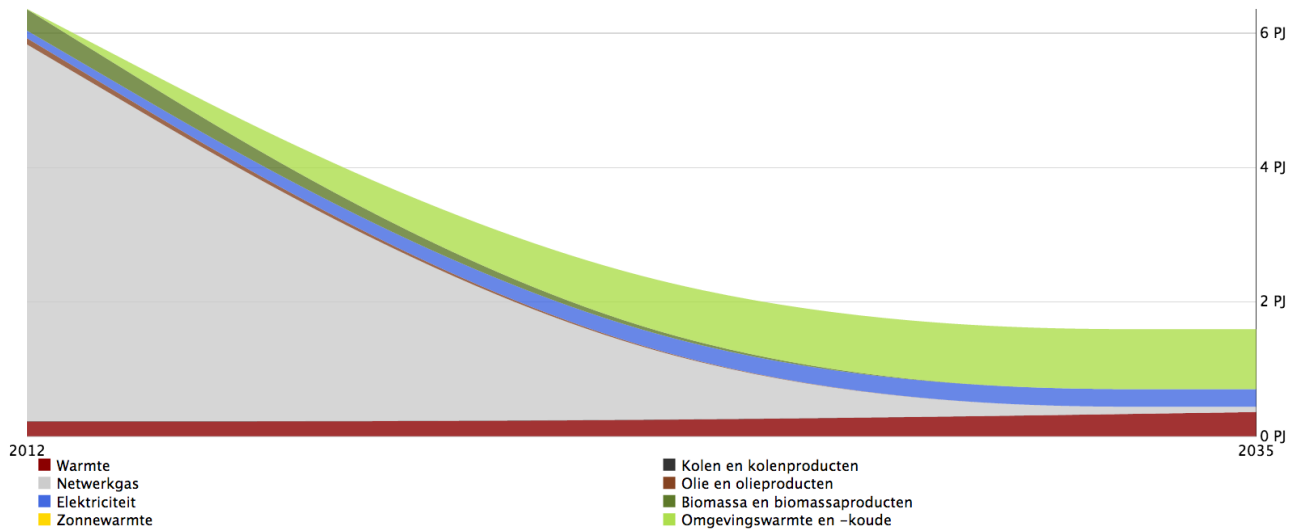
De **figuren 12 en 13** laten zien hoe hard de warmtevraag in de gebouwde omgeving is gedaald als gevolg van verbeterde isolatie. In beide gevallen gaat het om een afname van 60 - 70%! Deze afname achten we mogelijk vanwege de noodzaak bestaande woningen aardbevingsbestendig te maken. De aanname is dat ze in dezelfde operatie energiezuiniger gemaakt kunnen worden. In de rest van Nederland verwachten we dat deze besparingen aanzienlijk kleiner zullen zijn. Voor overige gebouwen geldt dat ze over het algemeen een kortere levensduur hebben en dus sneller vervangen worden. Deze veranderingen zullen alleen plaatsvinden als regels dit voorschrijven of de regio een sterke regierol pakt en hierop inzet. Het spreekt voor zich dat bij deze operatie zorgvuldig moet worden omgesprongen met de wensen en voorkeuren van bewoners.

### Warmtevraag met isolatie in gebouwen



**Figuur 13.** Afname van de warmte- en koude vraag in overige gebouwen

### Finaal energiegebruik voor verwarming in huishoudens

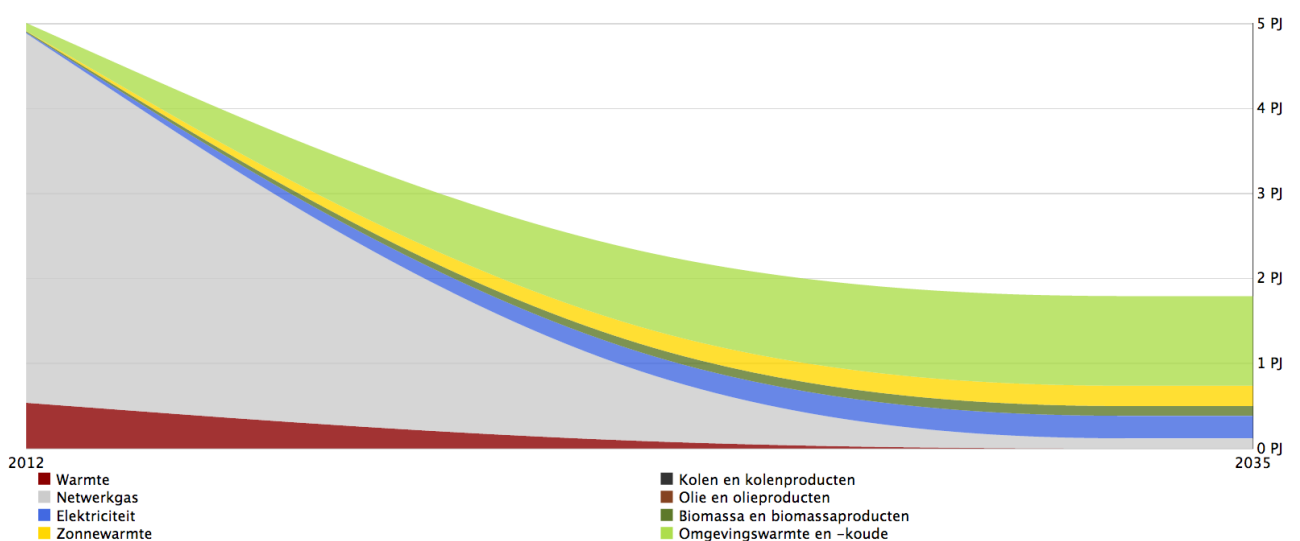


**Figuur 14.** Invulling van de warmtevraag in woningen in 2035

De **figuren 14 en 15** laten vervolgens zien hoe deze warmtevraag wordt ingevuld (nu wel met omgevingswarmte). Geothermie valt onder ‘Warmte’, omdat het via het warmtenet wordt geleverd. Warmte uit het warmtenet neemt toe door inzetten op geothermie in de gemeente Groningen.

Laat er geen misverstand over bestaan dat hier een **revolutie** heeft plaatsgevonden. De aloude (HR) gasketel is een relik geworden. Dankzij de massale inspanningen om te isoleren, is het potentieel voor warmtepompen in de regio nog groter dan in de rest van Nederland. **Figuren 14 en 15** maken duidelijk waarom warmtepompen zo aantrekkelijk zijn. Een groot deel van de warmtevraag wordt ingevuld met duurzame omgevingswarmte.

### Finaal energiegebruik voor verwarming in gebouwen



**Figuur 15.** Invulling van de warmtevraag in overige gebouwen in 2035

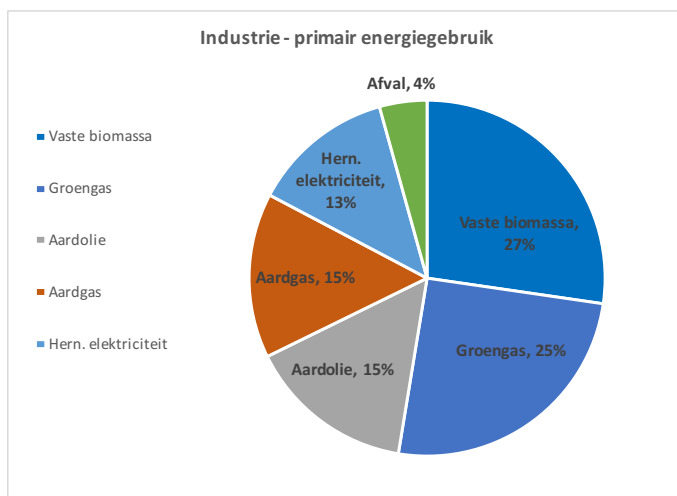


Een zekere hoeveelheid stroomgebruik levert een 3 tot 4 keer zo grote hoeveelheid duurzame omgevingswarmte op als eenzelfde hoeveelheid aardgas. Door inzet van hybride technieken kan dit zelfs zonder dat het stroomnet teveel hoeft te worden verzwaaard. Een hybride warmtepomp is een combinatie van een warmtepomp met een gasketel. Die laatste springt alleen bij op de piekmomenten. Zo'n hybridetechniek heeft wel een gasnet nodig. We voorzien dus niet dat alle wijken all-electric worden en de gasnetten in onbruik raken. De overgang van 'all-gas' naar 'all-electric' en geothermie verwarming betekent waarschijnlijk dat eerst vooral hybride warmtepompen geïnstalleerd zullen worden. Deze leveren ook al besparingen voor woningen die niet zeer goed geïsoleerd zijn. Door eerst in te zetten op hybride warmtepompen ten koste van HR of oudere gasketels, kan verzwaren van stroomnetten wat geleidelijker (en dus goedkoper) opgepakt worden doordat het gasnet nog wat langer gebruikt wordt. Ook is er iets meer tijd om woningen te isoleren.

### Energiegebruik in de industrie (voorlopig)

Het energiegebruik van de industrie bedraagt 70% (22,8 PJ) van het eindgebruik en 65% (24,9 PJ) van het primair gebruik (zie **figuren 5 en 6**). **Figuur 16** toont hoe dit wordt ingevuld. De onzekerheid voor deze cijfers is de mate waarin de huidige industrie *niet-energetisch* gebruik maakt van aardgas. Mogelijk is de biovoetafdruk van de industrie in 2035 dus nog groter dan **Figuur 7** toont.

Biomassa-cascades (zie hierboven) zullen heel belangrijk zijn voor het vermogen van de chemische industrie in de regio om te overleven zonder fossiele brandstoffen. Er zijn nog maar weinig praktische en kwantitatieve voorbeelden van dit soort cascades gerealiseerd.



**Figuur 16.** Primair energiegebruik voor industrie in 2035

Een uitgebreide studie genaamd [Noord4Bio](#) naar het bio-based maken van de chemische industrie in Delfzijl geeft een mooi beeld van hoe dit er kwalitatief uit zou kunnen zien. Omdat er nog geen wetenschappelijke consensus bestaat over de efficiënties en kosten hiervan, maakt het ETM geen gebruik van dergelijke cascades. Het ligt echter voor de hand dat cascadering de biovoetafdruk van het energiesysteem weer zal verkleinen. Als het plan van Noord4Bio kan worden gerealiseerd zal de oude chemische industrie geleidelijk aan plaats maken voor een op biograndstoffen gebaseerde industrie. Deze industrie maakt meer gebruik van lokaal beschikbare grondstoffen (minder transport) en gebruikt minder energie dan de traditionele chemie. De bio-based economie behelst echter ook een optimalisatie van de voedselproductie en inzet voor energie. Dit moet

allemaal op elkaar afgestemd worden. Dit scenario kon helaas nog niet verwerkt worden in het 2035 scenario in het ETM.

Tot slot kan de industrie in de toekomst een rol gaan spelen om actief CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer te verwijderen. Dit kan door gebruik te maken van *carbon capture and storage* (CCS), ofwel het ondergronds opslaan van afgevangen CO<sub>2</sub>. Sommige industriële processen hebben zuiver CO<sub>2</sub> als restproduct en zouden biomassa als grondstof kunnen gebruiken. Als je deze CO<sub>2</sub> in de grond stopt, kan dat ervoor zorgen dat netto CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer verwijderd wordt. Of deze opslag kan plaatsvinden in kleine gasvelden in de regio moet nader onderzocht worden. Alleen als in Delfzijl een bio-based chemiecomplex kan worden ontwikkeld zoals Nood4Bio voorstelt, is dit wellicht een optie. Het is onduidelijk wat het potentieel hiervan is en wij hebben het in het ETM niet meegenomen.

### **Energiegebruik in de landbouw**

Het energiegebruik voor landbouw bedraagt ~1% van het eindgebruik en <1% van het primair gebruik. Bijna al het energiegebruik, naast brandstof voor landbouwvoertuigen, wordt ingevuld door biomassa en in beperkte mate geothermie.

## 5. Impact op ruimtelijke ordening

Naast de duurzame energieproductie en het bijbehorend ruimtebeslag (zie de **tabellen 1, 2, en 3**), zijn andere factoren van invloed op de ruimtelijke ordening.

### Daken

Daken van alle soorten zijn in de toekomst energieproducenten. Hetzij omdat er zonnepanelen voor stroom of zonnecollectoren voor warmte op liggen, hetzij omdat de daken van PV actieve materialen gemaakt zijn en zelf stroom opwekken. Dat dit het uiterlijk van daken zal veranderen, ligt voor de hand. In het geval van stroomproducerende bouwmaterialen zal dit minder het geval zijn.

### Warmtenetten

Het is de vraag in hoeverre het toekomstbeeld gebruik maakt van warmtenetten al dan niet gevoed met geothermie. Warmtenetten kunnen uitstekend flexibiliteit bieden voor stroompieken van zon of wind, omdat deze omgezet kunnen worden in warmte met bijna onbegrensd vermogen. Of de grote investeringen behorend bij warmtenetten en de aansluiting daarop ook op grote schaal haalbaar zullen blijken in de onzekere tijden die een energietransitie altijd met zich meebrengt, is echter de vraag. Zeker ook gezien de grote ingrepen die dit in bestaande wijken met zich mee zouden brengen, om warmtenetten aan te leggen en woningen aan te sluiten.

Als warmtenetten grootschalig uitgerold worden heeft dit uiteraard implicaties voor eventuele stadsuitbreiding van groeiende gemeentes als Groningen. De locatie van de uitbreiding alsook de layout van nieuwe wijken worden hierdoor geraakt. Warmtenetten in reeds bestaande wijken betekent een nog dichter gebruik van de ondergrond. Naast de reeds bestaande stroomkabels en gasleidingen zullen stoom- of warm waterleidingen ingegraven moeten worden.

### Opslag

Het 2035 scenario geeft regelmatig overschotten van wind- of zonnestroom. Deze stroom kan worden opgeslagen in elektrische auto's, warm waterbuffers in huizen of warmte-koude opslag voor overige gebouwen of zelfs in warmtenetten. Het is zelfs mogelijk dat in het landschap 'batterijhuisjes' of 'waterstofstations' hun intrede doen naast transformatorstations. Al met al is het ruimtebeslag van al deze opties gering.

### Warmtepompen

Een terugkerend begrip in alle studies van de toekomst is de warmtepomp. De hoge efficiëntie voor ruimteverwarming in vergelijking met de HR-ketel op gas, alsook de bijdrage aan de flexibiliteit van het stroomsysteem (zie Opslag) maken inzet van warmtepompen onontkoombaar. De warmtepomp zelf is niet significant groter dan een HR-ketel. Wel zullen huizen en gebouwen warmtewisselaars gaan gebruiken om de omgevingswarmte te ontdekken aan buitenlucht of ondergrond. Alleen in het eerste geval zullen deze technologieën het straatbeeld kunnen veranderen. Denk aan de warmtewisselaars voor airconditioners in warme landen. Als de warmte uit de ondergrond of zelfs warmte-koudeopslag wordt onttrokken vergt dit het aanboren van bronnen van ~100 m diep, danwel aanleg van warmteleidingen naar open warmtebronnen als meertjes.

### Transport

Het model veronderstelt dat auto's in toenemende mate zelfrijdend zullen zijn. Dit betekent dat minder ruimte voor parkeergelegenheid in de straat nodig is. Parkeerplaatsen of -garages met laadstations voor elektrische of waterstofauto's zullen verschijnen op strategisch gekozen locaties, zodat iedereen binnen enkele minuten een auto kan oproepen. Deze laadplekken vervullen ook een cruciale bufferende- en stabiliserende rol in het elektriciteitssysteem.

## Appendix 1. De noodzaak voor een andere stroommarkt in de toekomst

Een vraagteken in ieder toekomstig energiescenario is hoe de markt voor stroom hervormd zal worden. Al op korte termijn zal het nodig zijn het marktmodel te veranderen. Aangezien de markten in Europe in toenemende mate gekoppeld zijn (centrales in het ene land kunnen direct leveren in het andere), zullen deze hervormingen waarschijnlijk op Europese schaal worden doorgevoerd. De meeste EU lidstaten zijn echter aarzelend om controle over de markt voor stroom uit handen te geven. Het probleem is als volgt:

- De vraag naar stroom is al jaren gestaag aan het dalen
- Nationale overheden zetten met subsidie zon- en windvermogen in deze krimpende markt
- Hierdoor ontstaat steeds minder ruimte voor de grote centrales, waardoor deze verliesgevend worden. Gascentrales zijn nu al verliesgevend, maar goedkopere kolen- of kerncentrales zullen ook in de problemen komen.
- Als deze centrales op te korte termijn gesloten worden, ontstaan mogelijk situaties waarin te weinig stroom geleverd kan worden op windstille momenten zonder zon
- Momenteel pleiten traditionele stroomproducenten voor subsidies of vergoeding via een markt zodat centrales open kunnen blijven. Dit is de zogenaamde 'capaciteitsvergoeding' of -markt.
- Echter, ook als enkele centrales overleven, ontstaat vanzelf een groter probleem dat onduidelijk is wat de prijs van stroom is:
  - De prijs van stroom op enig moment wordt bepaald door de draaikosten van de duurste centrale die dat moment stroom levert
  - Als alle stroom op een bepaald moment geleverd wordt door zon of wind is er geen prijs criterium anders dan vraag en aanbod. Zon en wind hebben namelijk geen draaikosten, alleen zogenaamde 'vaste' kosten.
  - Als er teveel zonne- en windstroom is, kunnen prijzen naar nul gaan of zelfs negatief worden. Dat is geen probleem als het zelden voorkomt, maar het komt in nu al in Duitsland en gekoppelde markten voor en in de toekomst steeds vaker.
  - De gemiddelde prijs van stroom wordt dan steeds lager en producenten verdienen steeds minder, windproducenten dus ook
  - Omdat wind- en zonnestroom gesubsidieerd wordt om de vaste kosten terug te verdienen zullen ze steeds meer subsidie nodig hebben om te blijven bestaan tot op het punt dat alle stroomproductie van zon en wind volledig gesubsidieerd is
- Het spreekt voor zich dat dit geen werkzaam systeem is en dat voor deze tijd hervormingen worden doorgevoerd. Het is nog onduidelijk wat voor marktsysteem dit opleveren zal

## Appendix 2. Nadere toelichting biogene brandstoffen

In **tabel 3** staat per energiedrager wat het ruimtebeslag van iedere energiedrager is in dit scenario. Let wel dat het goed mogelijk is dat minder nodig is bij optimale inzet van landbouwgronden, waarbij biomassa geraffineerd en gescheiden wordt voor inzet als voeding, grondstof voor chemie of energie. Hier zijn alleen nog geen getallen voor beschikbaar.

**Biodiesel** behoeft weinig toelichting. Het kan vrij duurzaam gemaakt worden, maar vergt relatief veel landbouwareaal per hoeveelheid energie.

Het ETM handhaaft de aanname die momenteel door CBS gedaan wordt dat **afval** voor 56% **biogeen** is. De warmte en stroom uit afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) is dus voor 56% hernieuwbaar.

Voor het verbranden van biomassa in kolencentrales worden pellets van **getorrificeerde houtige biomassa** gebruikt. Dit is biomassa met vergelijkbare eigenschappen als steenkool. De centrales hoeven hiervoor nauwelijks aangepast te worden, i.t.t. de **houtpellets** die in het heden worden bijgestookt. Dergelijke houtpellets worden in dit scenario met name voor warmteproductie gebruikt en in kleinschalige WKK's.

**Hout** wordt maar in beperkte mate geteeld in het scenario en bijna alle houtige biomassa wordt geïmporteerd.

**Groengas** is gezuiverd **biogas** van aardgaskwaliteit. Dit wordt in het gasnet ingevoed en is daarna niet meer van aardgas te onderscheiden. In ons scenario is 63% van het gas in het gasnet groen. Al het groengas wordt in het ETM geïmporteerd, maar de bio-voetafdruk hiervoor wordt uiteraard wel meegenomen.

Alle **biogas** wordt verondersteld door co-vergisting te zijn geproduceerd. Hierbij wordt mest en energierijke biomassa als maïssilage gemengd in een 50/50 verhouding. Bacteriën zetten de aanwezige biomassa om in biogas. Dit is ongeschikt om in het gasnet in te voeden en kan ofwel direct verbrand worden in een WKK ofwel opgewerkt worden tot aardgas kwaliteit (groengas). De reden dat deze zogenaamde **co-vergisting** gekozen is, heeft te maken met het feit dat deze methode nu de meeste subsidie ontvangt. In de toekomst kan groengas ook gemaakt worden door biomassa direct te vergassen. Deze technologie is bijna commercieel beschikbaar en daarom nog niet beschikbaar in het ETM.