Fryslân RES Regionale Energie Strategie

REGIONALE STRUCTUUR WARMTE FRYSLÂN



Samenvatting

In deze Regionale Structuur Warmte (RSW) schetsen we de kansen en knelpunten om de regio Fryslân duurzaam te verwarmen. Deze eerste RSW vormt daarmee de start van de verkenning op het gebied van warmte ter ondersteuning van de nog op te stellen lokale Transitievisies Warmte, die iedere gemeente eind 2021 gereed moet hebben. Gemeenten hebben daarmee een regierol in de warmtetransitie.

In deze RSW brengen we in kaart waar in de regio Fryslân de vraag naar warmte zich bevindt, welke warmtebronnen er beschikbaar zijn en welke infrastructuur nodig is om over te stappen naar duurzame warmteoplossingen. Daarbij hebben we specifiek aandacht voor de verdeling en overlap van warmtebronnen tussen gemeenten.

Fryslân staat voor een grote opgave, omdat de warmtevraag zich verspreid over de regio bevindt. Hierdoor is de inschatting dat er geen regionale warmtenetten mogelijk zijn. Het warmtevraagstuk zal dus voornamelijk binnen de gemeentegrenzen moeten worden opgepakt. In grote delen van Fryslân liggen individuele warmteoplossingen voor de hand. Elektrische warmtepompen of hybride warmtepompen met hernieuwbaar gas komen met name in het buitengebied als oplossing met de laagste maatschappelijke kosten naar voren. Deze oplossingen resulteren echter in een stijging van de elektriciteitsvraag.

In de grotere kernen gaat de voorkeur uit naar collectieve warmtenetten. Ook in kleinere kernen zijn collectieve oplossingen mogelijk, vooral met technieken die goed schaalbaar zijn, zoals aquathermie en collectieve warmtepompen. Deze technieken vereisen bijverwarming met elektriciteit. Om te voorzien in de grote vraag naar individuele (hybride of elektrische) warmteoplossingen en collectieve oplossingen die bijverwarming vereisen, zal de regionale vraag naar elektriciteit naar verwachting flink toenemen. Dit legt (extra) druk op de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit, zoals beschreven in de RES 1.0. Hoe meer elektrische warmteoplossingen we realiseren, hoe meer zonnepanelen en windturbines er nodig zijn in Fryslân.

In de regio Fryslân zijn veel verschillende warmtebronnen aanwezig. Om na te gaan welke warmtebronnen en welke warmteoplossingen inzetbaar zijn voor de verschillende toepassingsgebieden, hebben we gezamenlijk nagedacht over een lokaal afwegingskader. Elementen die van belang zijn bij het maken van keuzes zijn onder andere de betaalbaarheid, beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de verschillende warmtebronnen.

Daarnaast hechten we belang aan het maatschappelijk draagvlak en de mate waarin warmteoplossingen gebruik maken van schone energie. De mix van verschillende warmtebronnen moet tevens robuust zijn, en de verdeling van warmtebronnen moet concreet en realistisch zijn. Hiermee bieden we duidelijkheid aan bewoners en andere belanghebbenden.

Om de kosten voor de overstap naar duurzaam verwarmen zo laag mogelijk te houden en om efficiënt te kunnen opereren, is het belangrijk om van elkaar te leren. Hoewel een groot gedeelte van het warmtevraagstuk bij gemeenten ligt, is het goed om regionaal van elkaar te leren. Om die reden hebben we een Friese samenwerking Transitievisie Warmte (TVW) opgezet. Binnen deze samenwerking delen we kennis en doorlopen we gezamenlijk de stappen van de Transitievisie Warmte.

Friese gemeenten delen een groot aantal karakteristieken en kunnen dus veel van elkaar leren, ook na 2021 bij de uitvoering van de Wijk- en dorpsuitvoeringsplannen. Ons doel is om een langdurige Friese samenwerking te bewerkstelligen. Zo kunnen we samen de uitdagingen aangaan, die horen bij het verduurzamen van de warmtevraag in de gebouwde omgeving. Op die manier zetten we gezamenlijk de benodigde stappen richting een duurzaam verwarmd Fryslân.

Colofon

Datum versie: 01-04-2021

De conceptversie van de Regionale Structuur Warmte (RSW) Fryslân is opgesteld door adviesbureau Over Morgen, in samenwerking met een werkgroep bestaande uit Friese ambtenaren en een brede groep van belangrijke stakeholders. Deze huidige versie, de RSW 1.0, is een aanscherping van de conceptversie, uitgevoerd door een werkgroep van Friese ambtenaren, in opdracht van de regiegroep RES Fryslân, ten behoeve van het Nationaal Programma RES.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting 2

1. Inleiding 6

1.1 Regionale Structuur Warmte en de RES 6

1.2 Samenhang warmteplannen regio, gemeente en wijk 7

1.3 Wie hebben er meegewerkt aan de RSW? 8

1.4 Leeswijzer 8

2. Lokaal afwegingskader 9

3. Huidige en toekomstige warmtevraag en warmte-oplossingen 11

3.1 Inzicht in de warmtevraag 11

3.2 Energievraag overige sectoren 13

3.3 Identificatie van warmtevraaggebieden 13

3.4 Warmteoplossingen met de laagst maatschappelijke kosten 15

3.5 Kansen voor lokale warmtenetten 17

4. Passende warmtebronnen voor de regio 20

4.1 Toekomstige warmtebronnen voor de regio Fryslân 20

4.2 Kansen voor lokale warmtenetten 21

4.3 Dekkingsgraad van kansrijke bronnen voor warmtenetten 21

4.4 Mogelijkheden en beperkingen van aanwezige bronnen 24

4.5 Inzet van potentiële warmtebronnen in de regio 28

4.6 Elektrische oplossingen 30

4.7 Toepassen van biomassa 32

4.8 Beschikbaarheid en potentie van hernieuwbaar gas 32

5. Bestaande en geprojecteerde infrastructuur 35

5.1 Geen bovenlokale warmte-infrastructuur mogelijk 35

5.2 Lokale warmteprojecten in ontwikkeling 35

5.3 Toename elektriciteitsvraag 36

5.4 Opgave netbeheer 37

6. Regionale samenwerking 39

6.1 Gedeelde ambities en belangen 39

6.2 Friese samenwerking Transitievisie Warmte 39

Bijlage 41

1. Inleiding

De regio Fryslân heeft veel kansen als het gaat om het verduurzamen van haar energievoorziening. Daarbij is energiebesparing natuurlijk altijd het uitgangspunt en vertrekpunt. Een belangrijk onderdeel van deze verduurzaming is dat we alle woningen en gebouwen op een andere manier gaan verwarmen. Om uiteindelijk klimaatneutraal te kunnen worden, moeten we de gebouwde omgeving gaan verwarmen zonder aardgas. Een complexe opgave, waar we alle partijen in de regio voor nodig zullen hebben en waarbij we elkaar moeten ondersteunen.

Hierbij spelen verschillende organisaties een belangrijke rol, zoals gemeenten, de provincie, het waterschap, de netbeheerders, bedrijven, woningcorporaties, energiecoöperaties en natuurlijk de inwoners zelf. Door hier samen aan te werken, helpen we elkaar om de benodigde stappen te zetten naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving. Om de maatschappelijke kosten van de warmtetransitie zo laag mogelijk te houden, willen we optimaal gebruik maken van de warmtebronnen die Fryslân te bieden heeft. In deze Regionale Structuur Warmte (RSW) schetsen we de gezamenlijke kansen en uitdagingen om te komen tot een goede verdeling van de (bovengemeentelijke) warmtebronnen.

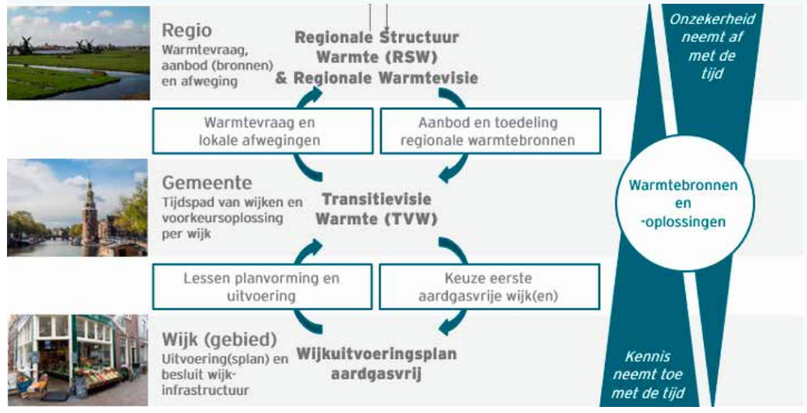
1.1 Regionale Structuur Warmte en de RES

De Regionale Structuur Warmte is een belangrijk onderdeel van de Regionale Energie Strategie Fryslân[1] (RES; zie schema hiernaast). Het doel van de RSW is om de warmtevraag, het warmteaanbod en de benodigde energie-infrastructuur inzichtelijk te maken en zo in vogelvluchtperspectief de kansen en knelpunten in de regio te beoordelen. Op deze manier maken we inzichtelijk waar de gemeenten en partijen elkaar nodig hebben en voor welke warmtebronnen ze moeten samenwerken. Dit helpt de regio om voortvarend te kunnen starten met de warmtetransitie en zo te zorgen dat de warmtevraag in de regio Fryslân in 2050 aardgasvrij wordt ingevuld. De RSW is daarmee de basis voor een afwegingsdocument over toekomstige publieke investeringen in warmtebronnen en in de mogelijk benodigde regionale infrastructuur. We zullen de RSW tegelijk met de RES elke twee jaar herijken.

Voor het onderdeel Regionale Structuur Warmte binnen de RES moeten we de volgende vragen beantwoorden voor de regio Fryslân:

1. Wat is de warmtevraag in de regio Fryslân nu en over 10 jaar (in 2030)? En hoe is deze vraag verdeeld over de verschillende sectoren?
2. Welke warmtebronnen zijn er en in welke mate kunnen deze de warmtevraag invullen?
3. Wat is er nodig aan regionale infrastructuur om warmtebronnen en warmtevraag met elkaar te verbinden?

[1] Zie ook Handreiking RES 1.1 – Handreiking voor regio's ten behoeve van het opstellen van een Regionale Energiestrategie van 10 oktober 2019.



Figuur 1: Samenhang warmte-plannen op regionaal, gemeentelijk en wijkniveau

1.2 Samenhang warmteplannen regio, gemeente en wijk

Alle gemeenten in Nederland moeten uiterlijk eind 2021 een Transitievisie Warmte (TVW) hebben vastgesteld. Deze TVW geeft inzicht in de opgave om de gebouwde omgeving aardgasvrij te maken. Het biedt inzicht in kansrijke oplossingen, in een logische volgorde en in een adequaat tempo voor het aardgasvrij maken van alle wijken of buurten in de betreffende gemeente. Gemeenten concretiseren de TVW vervolgens in hun Wijkuitvoeringsplannen. Een eerste stap vanuit de TVW naar een (wijk/dorp)uitvoeringsplan is het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie om de kansen voor het aardgasvrij maken van woningen en ander vastgoed in de wijk verder te verkennen. Lokale Transitievisies Warmte en (wijk)uitvoeringsplannen blijven daarmee leidend voor de aanpak naar aardgasvrije buurten op lokaal niveau.

Gaandeweg vindt er wisselwerking plaats tussen de lokale en regionale schaalniveaus. Dat houdt in dat de opties in de TVW en de keuzes in de uitvoeringsplannen effect hebben op de RSW en andersom1 (zie ook het schema hierboven). In de concept-RES hebben we reeds een concept-RSW geschreven. Dit document was vooral globaal en richtinggevend over de warmtebronnen, de warmtevraag en de regionale infrastructuur. Het aanvankelijke doel was om deze RSW 1.0 verder te concretiseren door de uitkomsten van de concept-RSW te vergelijken met de reeds vastgestelde Transitievisies Warmte.

Omdat de meeste Friese gemeenten pas eind 2021 hun Transitievisies Warmte zullen hebben vastgesteld, is het in deze versie van de RSW nog niet mogelijk om deze vergelijking te maken. Hier zullen we de volgende herijking, de RSW 2.0, voor gebruiken. Desalniettemin hebben we in deze versie van de RSW al wel een concretiseringsslag gemaakt ten opzichte van de conceptversie. Voortschrijdend inzicht maakt dat de wisselwerking tussen het lokale en regionale niveau een continu proces is. Deze afstemming tussen de schaalniveaus zorgt voor optimale inzet van alle beschikbare warmteopties en draagt bij aan een aanscherping van zowel de lokale plannen als de regionale strategie.

1.3 Wie hebben er meegewerkt aan de RSW?

Warmtetransitie is niet een opgave voor de gemeenten alleen. Om deze complexe transitie te realiseren, is samenwerking tussen veel verschillende partijen nodig. Voor het opstellen van de concept-RSW hebben meer dan twintig partijen meegedacht, te weten de gemeente Harlingen, gemeente Súdwest-Fryslân, gemeente Leeuwarden, gemeente Noardeast-Fryslân, gemeente Opsterland, Provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, vereniging Friese Woningbouwcorporaties, De Bouwvereniging, Wonen Noordwest Friesland, WoonFriesland, Ús Koöperaasje, MienskipsEnergie, Thús Wonen, Fûns Skjinne Fryske Enerzjy, Energiewerkplaats Fryslân, Bouwgroep Dijkstra Draisma, Liander, Friesland Campina, Shell geothermie en Ennatuurlijk. Deze partijen vormden samen de regionale werkgroep Warmte, waarmee dit document en de aanpak die erin beschreven staat, is opgesteld. Tijdens twee bijeenkomsten hebben de partijen input geleverd. Ze hebben gezamenlijk het lokale afwegingskader opgesteld (hoofdstuk 2), input geleverd voor de analyses die zijn gemaakt voor hoofdstuk 3 en 4, en hebben meegedacht over hoofdstuk 6 en 7 en over conceptversies van dit stuk. Tussentijds hebben we hiervan verslag gedaan aan de stuurgroep RES. In deze RSW 1.0. zijn verdere aanvullingen gedaan door een werkgroep van ambtenaren.

1.4 Leeswijzer

Dit document heeft de volgende opbouw:
Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het lokale afwegingskader dat kan worden gebruikt om een toedeling te maken van de bovengemeentelijke warmtebronnen.
Hoofdstuk 3 maakt inzichtelijk wat de huidige en toekomstige regionale warmtevraag en de warmte-oplossingen zullen zijn in de gebouwde omgeving. Het tweede deel van hoofdstuk 3 gaat in op de beschikbare en passende warmtebronnen in de regio.
Hoofdstuk 4 geeft een toelichting op de benodigde warmte-infrastructuur in 2030 en geeft de impact van de warmtetransitie op het elektriciteitsnet weer. Op basis van de inzichten uit de eerste vier hoofdstukken gaat hoofdstuk 5 in op de gedeelde opgaven binnen de warmtetransitie voor de gemeenten in de regio.
De daaruit voortkomende kansen voor regionale samenwerking zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 6.

2. Lokaal afwegingskader

Om te komen tot een Regionale Structuur Warmte (RSW) voor de regio Fryslân hebben we in de conceptfase een tweetal werksessies georganiseerd met vertegenwoordigers van belangrijke stakeholders, waaronder gemeenten, de provincie, het waterschap, woningcorporaties, energiecoöperaties, projectontwikkelaars en de industrie.
Tijdens deze werksessies hebben we met de verschillende partijen gewerkt aan het afwegingskader voor de bruikbaarheid en toedeling van warmtebronnen. Op basis van dit afwegingskader maken we in deze RSW een eerste verkenning van een mogelijk regionale verdeling van warmtebronnen. In dit afwegingskader zijn de belangrijkste aandachtspunten opgenomen, op basis waarvan we een verdeling kunnen maken van de (bovengemeentelijke) warmtebronnen in de regio Fryslân. Bij het opstellen van het afwegingskader om de (bovengemeentelijke) warmtebronnen te verdelen, zijn de volgende aandachtspunten benoemd:

1. Duidelijkheid: De verdeling van warmtebronnen moet concreet en realistisch zijn. Hiermee bieden we duidelijkheid aan bewoners en andere belanghebbenden. Lokale kansen moeten we benutten, maar dienen ook te passen in de bredere langetermijnvisie. Dit zal vooral naar voren komen in de RSW 2.0, wanneer we de Transitievisies Warmte met de RSW vergelijken.

2. Betaalbaarheid: De energierekening moet betaalbaar blijven en lasten verdelen we zoveel mogelijk evenredig. Warmteoplossingen met de laagste kosten krijgen voorrang boven duurdere oplossingen. De kosten bepalen we op basis van de investeringskosten voor een gebouweigenaar, de maandlasten en de totale maatschappelijke kosten.

3. Betrouwbaarheid en toekomstbestendigheid: We kiezen voor warmteoplossingen die zich bewezen hebben en die ook op de lange termijn betrouwbaar en duurzaam zijn. Hierbij bieden we tevens ruimte aan innovatie.

4. Robuustheid: Ons energiesysteem wordt kwetsbaar als we inzetten op één enkele oplossing. Daarom zien we een mix van verschillende warmtebronnen als meest robuuste oplossing. Hierbij moeten we een goede afweging maken tussen de mate van betaalbaarheid en de robuustheid van het totale systeem.

5. Draagvlak: Het maatschappelijk draagvlak weegt zwaar mee in de keuze voor een warmtebron. Bewoners en andere belanghebbenden willen we hierbij nadrukkelijk betrekken. Gemeenten adviseren we om hun inwoners zo vroeg mogelijk in het proces te betrekken en te informeren.

6. Schone energievorm: Warmtebronnen op basis van hernieuwbare energie met de meeste CO_2-besparing krijgen de voorkeur. Ook het gebruik van grondstoffen en de uitstoot van fijnstof speelt hierbij een rol.

7. Woongenot: Warmteoplossingen moeten vanzelfsprekend aansluiten bij de behoeften van de gebruikers. Mensen willen prettig blijven wonen en hun huizen op een comfortabele manier verwarmen.

8. Beschikbaarheid: Warmtebronnen die lokaal aanwezig zijn, krijgen de voorkeur. Indien de bodem bijvoorbeeld geschikt is voor geothermie, wordt een warmte-infrastructuur kansrijker. Daarbij is de temperatuur van de bron in relatie tot de eisen van de bebouwing essentieel. Andere bronnen vragen om meer regionale afstemming, zoals de inzet van groengas of waterstof.

Deze afwegingscriteria komen in hoofdstuk 4 nogmaals aan bod, waarbij we de criteria hebben gebruikt om de inzet van de beschikbare warmtebronnen te toetsen.

3. Huidige en toekomstige warmtevraag en warmte-oplossingen

Dit hoofdstuk gaat in op de huidige en de toekomstige warmtevraag in de regio Fryslân. Dit is gebaseerd op cijfers uit het Nationaal Programma RES aangevuld met de Warmte inventarisatie Fryslân (Enbizz & RHDHV) en Warmtekaart provincie Fryslân (CE Delft). Daarnaast is de Leidraad Transitievisie Warmte (Planbureau voor de Leefomgeving) gebruikt om per buurt inzicht te krijgen in de meest kansrijke warmteopties.

3.1 Inzicht in de warmtevraag

Voor alle Nederlandse gemeenten is in opdracht van het Nationaal Programma RES een inschatting gemaakt van de warmtevraag van woningen en utiliteitsgebouwen, voor 2017 en voor 2030[2]. De warmtevraag van de gebouwde omgeving van de verschillende gemeenten in Fryslân is opgenomen in tabel 1. De warmtevraag drukken we uit in de hoeveelheid Terajoule (TJ) per jaar, die nodig is om gebouwen te verwarmen en warm tapwater te bereiden. De huidige warmtevraag is gebaseerd om meetgegevens uit 2017, op basis van data uit de Klimaatmonitor. De warmtevraag voor 2030 is een inschatting die met name is bepaald door de verwachte energiebesparing vanwege het isoleren van gebouwen[3]. In deze inschatting is ook een voorspelling van de groei van woningen en utiliteitsbouw opgenomen[4]. Op basis hiervan is de warmtevraag in 2030 naar verwachting zo'n 13% lager dan in 2017. Per gemeente is de daling 9 tot 15%, afhankelijk van de (samenstelling) van de gebouwvoorraad en de warmtevragers in de betreffende gemeente.

Om de overstap te kunnen maken naar duurzame warmteopties is het in eerste instantie dus van groot belang om de warmtevraag te beperken. Veel van de woningen die voor 1990 zijn gebouwd, zijn nog onvoldoende geïsoleerd. De regio Fryslân staat dus voor een grote isolatieopgave. Elke gemeente zal daarom moeten inzetten op communicatie over de isolatiemogelijkheden voor woningeigenaren en huurders. Er liggen tevens kansen om dit op regionaal niveau te organiseren en samen te werken, zodat je inwoners van de regio betrekt bij de besparingsopgave. Zie hiervoor tevens hoofdstuk 6. Een vervolgstap in de voorbereiding op het duurzaam verwarmen zonder gebruik van fossiel aardgas, is de overstap naar elektrisch koken. In samenwerking met partners zullen gemeentes zich inzetten om bewoners en vastgoedeigenaren zo goed mogelijk te informeren over de stappen die nodig zijn om het Friese vastgoed voor te bereiden op de warmtetransitie en om zo uiteindelijk de stap te zetten naar duurzaam verwarmen.

[2] Zie: https://regionale-energiestrategie.nl/toolbox/analysekaarten+np+res/default.aspx en het document 'Analysekaarten NPRES – verantwoording bronnen en methoden, versie 2.0 oktober 2019'.

[3] Hiervoor is als bron gebruik gemaakt van de Nationale Energie Verkenning (NEV), uit 2017.

[4] Op basis van data van PRIMOS, WLO.

Tabel 1: Warmtevraag gebouwde omgeving per gemeente in 2017 en 2030 (bron: NPRES, 2019)

Gemeente	Warmtevraag 2017 (TJ/jaar)	Warmtevraag 2030 (TJ/jaar)	Verschil tussen warmtevraag 2017 en 2030 (%)
Achtkarspelen	745	646	-15,4
Ameland	240	213	-12,9
Harlingen	413	360	-14,7
Heerenveen	1700	1478	-15,0
Leeuwarden	3582	3320	-7,9
Ooststellingwerf	769	667	-15,3
Opsterland	860	753	-14,2
Schiermonnikoog	78	70	-12,2
Smallingerland	1557	1359	-14,5
Terschelling	255	224	-13,6
Vlieland	82	73	-13,2
Weststellingwerf	733	646	-13,4
Tytsjerksteradiel	854	745	-14,7
Dantumadiel	493	430	-14,6
Súdwest-Fryslân	2603	2275	-14,4
De Fryske Marren	1048	927	-13,1
Waadhoeke	1166	1009	-15,6
Noardeast-Fryslân	1241	1079	-15,0
Totaal	**18419**	**16275**	**-13,2**

Met het inzicht in de totale warmtevraag kunnen we in eerste instantie bepalen in hoeverre de in de regio aanwezige warmtebronnen theoretisch invulling kunnen geven aan de warmtevraag. In hoofdstuk 4 gaan we hier verder op in. Deze theoretische potentie zullen we voor relevante bronnen verder moeten verfijnen om inzicht te krijgen in de praktische en financiële potentie van het benutten van deze warmtebronnen.

3.2 Energievraag overige sectoren

Naast de warmtevraag van woningen en utiliteitsgebouwen zijn er ook andere sectoren met een energievraag die deels uit warmte bestaat. Denk o.a. aan de sectoren landbouw en industrie. Om inzicht te krijgen in welke andere warmtevragers of -aanbieders er zijn naast de gebouwde omgeving op regionale schaal, hebben we in onderstaande figuur, tabel 2, een uitsplitsing gemaakt van de energievraag binnen deze verschillende sectoren.

Overige sectoren	Energiegebruik 2018(TJ/jaar)
Landbouw, Bosbouw en visserij	2900
Winning van Delfstoffen	584
Industrie	8063
Afval en Water	1222
Bouwnijverheid	264
Totaal	**13033**

Tabel 2: Energiegebruik naar branche in Fryslân (bron: Klimaatmonitor, 2020)

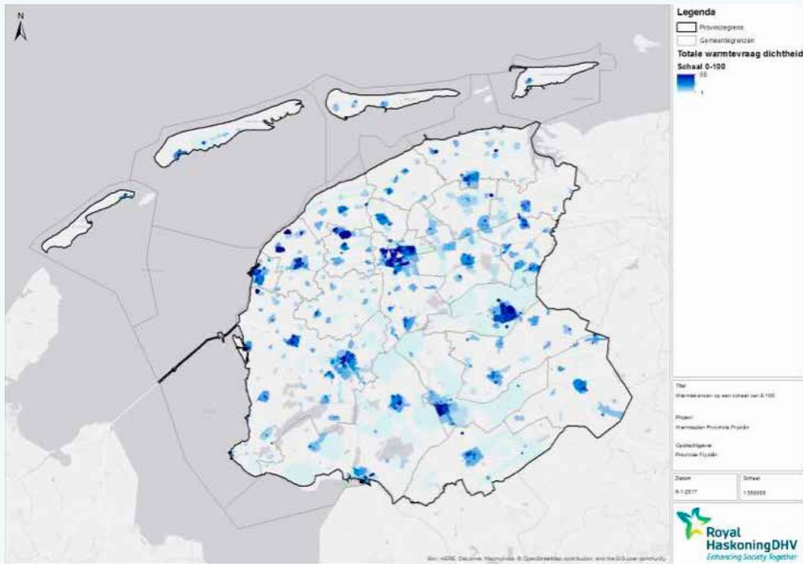
De sector industrie kenmerkt zich door een hoog energiegebruik. Een deel van de energie die deze sector gebruikt, kunnen we mogelijk opnieuw inzetten als potentiële bron van restwarmte.

3.3 Identificatie van warmtevraaggebieden

Om te kunnen bepalen welke infrastructuur nodig is om de warmtevraag van Fryslân te verduurzamen, hebben we als eerste gekeken welke gebieden een geconcentreerde warmtevraag hebben. Royal HaskoningDHV heeft in 2017 in het onderzoek 'Warmte-inventarisatie Fryslân' de relatieve dichtheid van warmtevragers in Fryslân in kaart gebracht. In figuur 2 is de Warmtekansenkaart uit dit onderzoek opgenomen. De Warmtekansenkaart is samengesteld op basis van een combinatie van informatie over de warmtevraag van onder andere woningen, publieke gebouwen, bedrijventerreinen en glastuinbouw. Waar de dichtheid van warmtevragers hoog is (donkerblauw op de kaart), liggen mogelijk kansen voor collectieve duurzame warmteprojecten, zoals warmtenetten gevoed door geothermie, biomassa, aquathermie, restwarmte of (slimme) hybride opties.

Uit figuur 2 blijkt dat in de grote kernen, zoals Leeuwarden, Heerenveen, Drachten, Sneek en Harlingen, hoge concentraties van warmtevragers aanwezig zijn. In deze kernen is de bebouwing geconcentreerd, waardoor er een hoge concentratie ontstaat van de lokale warmtevraag. Deze gebieden met een hoge concentratie van de warmtevraag noemen we 'warmtevraaggebieden'. In de warmtevraaggebieden liggen mogelijkheden voor de ontwikkeling van lokale collectieve warmtesystemen. Gezien het feit dat de grotere kernen in de regio Fryslân relatief ver uit elkaar liggen, schatten we in dat de rol van regionale warmtenetten beperkt zal zijn. De collectieve warmtesystemen zullen in Fryslân naar verwachting een lokaal karakter hebben. De regio Fryslân heeft daarnaast ook een grote hoeveelheid middelgrote en kleine kernen en een grote hoeveelheid woningen die zich in de buitengebieden bevindt. In hoofdstuk 3 en 4 gaan we verder in op de mogelijke warmteoplossingen voor deze gebieden.

Warmtekansenkaart



Figuur 2: Warmtekansenkaart regio Fryslân op basis van de concentratie van de warmtevraag (bron: RDHV, Warmte-inventarisatie Fryslân, 2017)

3.4 Warmteoplossingen met de laagst maatschappelijke kosten

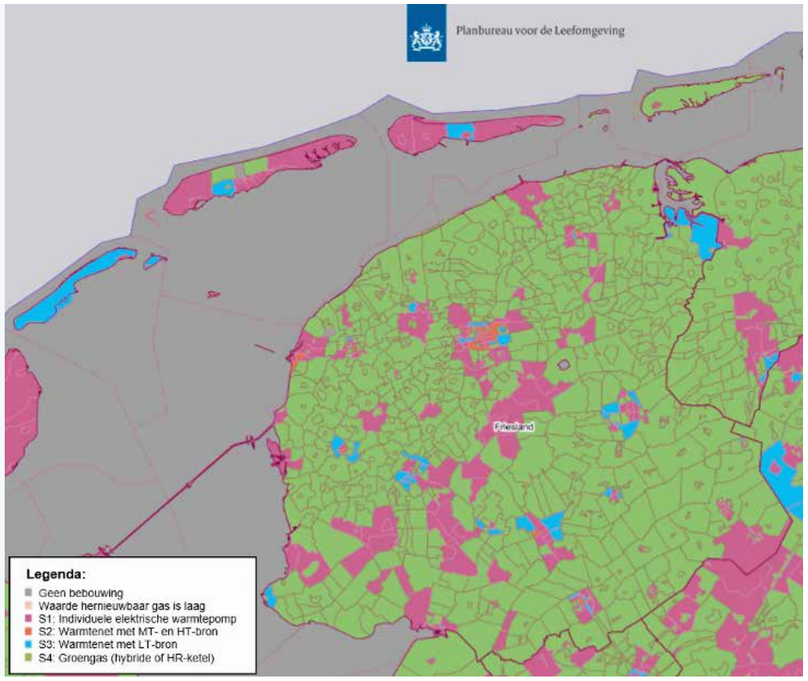
Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft voor alle Nederlandse gemeenten de Startanalyse Transitievisie Warmte[5] opgesteld. Deze Startanalyse geeft inzicht in de maatschappelijke kosten voor aardgasvrije warmteopties per buurt. In figuur 3 is een kaart opgenomen met de laagste maatschappelijke kosten per buurt in de regio Fryslân. In de buurten die groen kleuren, komt groengas naar voren als warmteoplossing met de laagst maatschappelijke kosten. In de paars gekleurde gebieden komt all-electric als voorkeuroptie naar voren. Rode en blauwe buurten zijn geïdentificeerd als buurten met warmtenet als meest kostenefficiënte optie. Waterstof is niet meegenomen in figuur 3, omdat dit vooralsnog nergens in de regio Fryslân als oplossing met de laagst maatschappelijke kosten naar voren komt.

Voor de regio Fryslân valt het op dat het overgrote deel van de gebieden groen kleurt. Op basis van de Startanalyse zijn hier dus oplossingen met groengas (in combinatie met een hybride warmtepomp of HR-ketel) het meest betaalbare alternatief voor aardgas. Deze buurten liggen voornamelijk in het buitengebied en in de kleinere kernen van Fryslân. Groengas is vooralsnog echter slechts beperkt beschikbaar. Het huidige aanbod is onvoldoende om de groengekleurde wijken op deze manier van warmte te voorzien. Om die reden adviseert de Startanalyse om te beginnen met de wijken waar de andere strategieën (1-3) lage nationale kosten met zich meebrengen. Desalniettemin kunnen met name de hybride oplossingen ook nu al interessant zijn. Een hybride warmtepomp verlaagt de vraag naar groengas aanzienlijk. Ook bij een lage beschikbaarheid van groengas kan een hybride warmtepomp een goede tussenoplossing zijn. Een hybride warmtepomp met aardgas kan de CO_2-uitstoot al met 60-80% verlagen. Op lange termijn kan het aardgas dan vervangen worden door hernieuwbaar gas, bijvoorbeeld als er meer aanbod is van groengas of als waterstof kostenefficiënter wordt.

In een aantal wijken komt de all-electric variant als oplossing met de laagst maatschappelijke kosten naar voren. Zeker in wijken met relatief nieuwe en goed geïsoleerde huizen is een individuele elektrische warmtepomp een haalbare en betaalbare optie. Het nadeel is echter dat een volledig elektrische oplossing de druk op het elektriciteitsnet flink verhoogt. Op koude winterdagen is de pieklast zo hoog dat een substantiële verzwaring van het elektriciteitsnet nodig is. Fryslân heeft veel verspreide, kleine kernen, waar de elektriciteitskabels lang en dun zijn. Het net is dus gebaat bij warmteoplossingen die minder elektriciteit vragen. Een hybride warmtepomp verlaagt de druk op het elektriciteitsnet aanzienlijk. Deze oplossing vraagt alsnog elektriciteit, maar de pieklast kan worden opgevangen door een (op termijn) hernieuwbaar gas. De dominante strategieën 1 (all-electric) en 4 (groengas)

[5] Achtergrondinformatie over de uitgangspunten van de Startanalyse en hoe de in kaart gebrachte laagste maatschappelijke kosten per aardgasvrije strategie per buurt tot stand zijn gekomen, is te vinden op: https://themasites.pbl.nl/leidraad-warmte/main.php# (inloggegevens vereist).

kunnen elkaar dus goed aanvullen. Ook een collectief warmtenet op basis van aquathermie kan de druk op het elektriciteitsnet verlagen, omdat het water in de winter een hogere temperatuur heeft dan de buitenlucht.

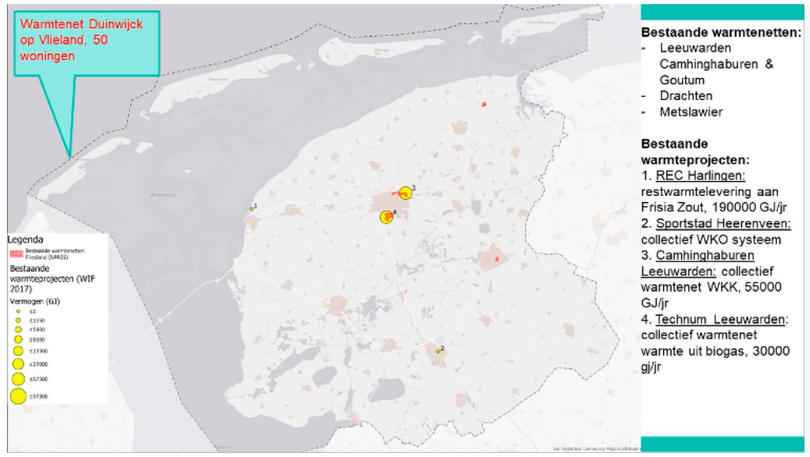


Figuur 3:
Warmteoplossingen met laagste maatschappelijke kosten per gebied (bron: Startanalyse)

Wat daarnaast opvalt in figuur 3 is dat gebieden in de grote kernen, zoals Leeuwarden, Drachten, Heerenveen, Sneek en Harlingen, voornamelijk rood of blauw kleuren. In de grote kernen liggen dus kansen voor collectieve warmteoplossingen. Op basis van de plaatselijke omstandigheden in de grote kernen zullen we lokaal de afweging moeten maken of de woningvoorraad inderdaad geschikt is voor een collectieve oplossing. Dit zullen gemeenten verder concretiseren in hun Transitievisies Warmte. Hoewel collectieve oplossingen in de Startanalyse alleen mogelijk lijken in grotere kernen, kunnen ook de kleinere kernen in aanmerking komen voor een collectieve oplossing. Oplossingen met een collectieve warmtepomp of met aquathermie zijn goed schaalbaar en kunnen we dus niet alleen in de grotere steden maar ook in de dorpen met relatief dichte bebouwing inzetten.

3.5 Kansen voor lokale warmtenetten

Ondanks dat voor een groot deel van de regio Fryslân een individuele warmteoplossing voor de hand lijkt te liggen, zijn er gebieden waar de warmtevraag voldoende dichtheid kent voor een collectieve infrastructuur. De hoogte en concentratie van de warmtevraag bepaalt voor een groot deel of de infrastructuur ook bekostigd kan worden. De kansen voor collectieve warmtenetten zijn sterk afhankelijk van de concentratie van de warmtevraag van de aan te sluiten gebouwen. In tabel 3 hebben we een overzicht opgenomen met een indicatie van de benodigde schaal bij verschillende typen collectieve infrastructuur.



Figuur 4:
Bestaande warmtenetten en warmteprojecten (bron: Over Morgen)

Bron voor collectieve warmte netten	Benodigde opstart schaal	Indicatie benodigde warmtevraag**
Regionaal warmtenet (maakt ook een mix van opties realiseerbaar)	> 2.500 tot 3.500 woningen	> 67500 GJ/jaar
Diepe geothermie		
Retournet diepe geothermie	> 200 tot 400 woningen	> 5400 GJ/jaar
Ondiepe geothermie	> 1.000 tot 2.000 woningen	> 27000 GJ/jaar
Hoogwaardige restwarmte	> 500 tot 700 woningen	> 13500 GJ/jaar
Houtachtige biomassa (verbranding in ketels)	> 300 tot 500 woningen	> 8100 GJ/jaar
Biogas of hernieuwbaar gas (restwarmte WKK)		
Laag temperatuur bronnen*	> 200 tot 500 woningen	> 5400 GJ/jaar
Bodemwarmte		
Buitenlucht	> 50 tot 150 woningen	> 1350 GJ/jaar

Tabel 3:
Indicatie benodigde schaal bij verschillende type collectieve infrastructuur

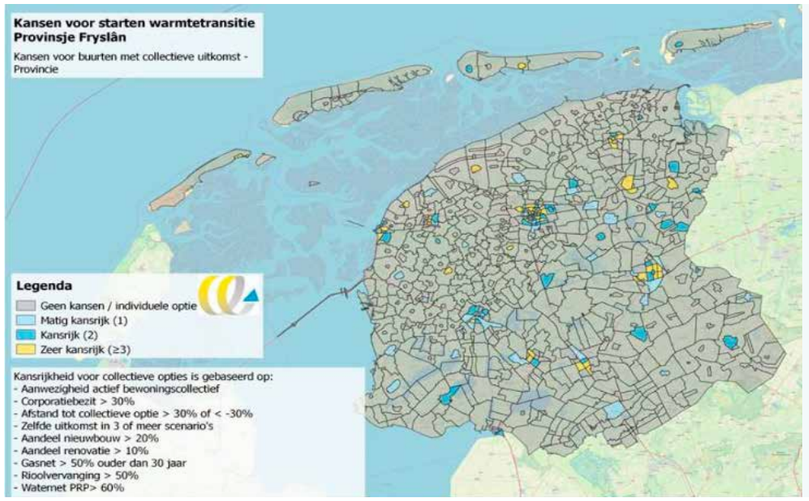
* Oppervlakte- en afvalwater, datacenters, condens warmtebronnen, zon-thermisch.
** De indicatie warmtevraag is berekend aan de hand van de warmtevraag van een gemiddelde Nederlandse woning. Dit is een woning met energielabel B en een warmtevraag van 27 GJ/jaar.

Voor kleine kernen met minder dan 500 woningen zijn met name collectieve warmteopties die gevoed worden door bodemwarmte (warmte- koudeopslag) en laagtemperatuurbronnen zoals aquathermie interessant. Aquathermie is met name goed schaalbaar, en dus bij voldoende aanbod in veel verschillende kernen inzetbaar. Ook biomassa kunnen we in kleinere kernen, indien gewenst, inzetten als brandstof voor kleinschalige warmtenetten. Voor middelgrote kernen met meer dan 500 woningen zijn verschillende warmtebronnen goed inzetbaar, waaronder ondiepe geothermie en hoogwaardige restwarmte. Ook blijkt uit de analyse dat een bovenlokaal warmtenetwerk vooral interessant is voor de grotere kernen in de regio Fryslân met minimaal 2.500 woningen.

De studie 'Warmtekaart provincie Fryslân' uit 2018 van CE Delft en de studie 'Warmte-inventarisatie Fryslân' uit 2017 van RHDHV en Enbizz hebben in kaart gebracht waar er potentie is voor collectieve warmtenetten (zie figuur 4). Voor het verkennen van de kansen voor collectieve warmtenetten hebben onderzoekers in deze studies gekeken naar gebieden waar de warmtevraag geschikt is om onder de huidige marktomstandigheden een haalbare start te maken. De haalbaarheid van deze collectieve warmtenetten zal uiteraard verder uitgezocht moeten worden. In een deel van deze gebieden zijn op dit moment reeds warmtenetten aanwezig. Figuur 4 geeft een overzicht van de bestaande warmtenetten.

Figuur 4 – Bestaande warmtenetten en warmteprojecten (bron: Over Morgen)
Voor realisatie van een collectief warmtenet is het noodzakelijk dat een groot deel van het vastgoed rond een warmtenet aangesloten wordt op dat net om de infrastructuur te kunnen bekostigen. Zie ook tabel 3. Dit vraagt om organisatiekracht.

CE Delft heeft in haar onderzoek een Warmtekansenkaart opgesteld, die inzicht geeft in de locaties van mogelijke kansen om te starten met collectieve warmte. Hierbij spelen zowel kwalitatieve voorwaarden (mate van complexiteit om de warmtetransitie op gang te brengen) als kwantitatieve voorwaarden (zekerheid van de uitkomsten uit het CEGOIA-model) een rol. Meer achtergrondinformatie over hoe de Warmtekansenkaart tot stand is gekomen, is te vinden in de rapportage van CE Delft ('Warmtekaart provincie Fryslân', 2018). In figuur 5 is de warmtekansenkaart opgenomen. Gele en donker- en lichtblauwe buurten zijn hierbij buurten waar grootschalige, collectieve warmteoplossingen matig tot zeer kansrijk zijn. De grijze buurten zijn minder kansrijk voor grootschalige, collectieve warmtenetten. Kleinere warmtenetten zijn hier echter ook nog mogelijk, bijvoorbeeld in combinatie met aquathermie, dat goed schaalbaar is.



Figuur 5:
Warmtekansenkaart
(bron: CE Delft)

Op de kaart is te zien is dat de meeste kansen voor grootschalige, collectieve warmteoplossingen liggen in de grootste kernen, namelijk achtereenvolgens Leeuwarden, Drachten, Heerenveen, Sneek, Harlingen en een aantal losse buurten.

Dit beeld wordt ondersteund door de Warmtekansenkaart van Royal HaskoningDHV (zie figuur 2). Daarnaast is er ook potentie voor (kleinschalige) collectieve warmtenetten in middelgrote en kleinere kernen zoals Franeker, Gorredijk, Sexbierum, Berlikum, Dokkum, Joure en Bolsward. In mindere mate is er ook potentie aanwezig in Workum, Lemmer, Beetsterzwaag, Wolvega, Ureterp, Oosterwolde, Burgum, Surhuisterveen en Stiens.

4. Passende warmtebronnen voor de regio

In dit hoofdstuk ligt de aandacht op de warmtebronnen die aanwezig zijn in de regio Fryslân. Zoals geschetst in hoofdstuk 3 komt uit de Startanalyse van het Planbureau voor de Leefomgeving naar voren dat individuele warmtetechnieken voor het grootste gedeelte van de gebouwde omgeving de voorkeursoplossingen zijn. Echter, er komen ook meerdere kansen naar voren voor collectieve warmtenetten in de grote kernen en kleinschalige, collectieve oplossingen in de middelgrote en kleinere kernen. Om die warmtenetten te voeden, zijn warmtebronnen nodig. Bij voorkeur kiezen we voor een mix van verschillende warmtebronnen, zodat er geen afhankelijkheid ontstaat van een enkele bron, zie tevens hoofdstuk 2. In hoofdstuk 4 zoomen we eerst in op de toekomstige warmtebronnen en de aanwezige (bovenlokale) warmtebronnen en kijken we daarna hoe en of deze potentiële bronnen de warmtevraag mogelijk kunnen invullen.

4.1 Toekomstige warmtebronnen voor de regio Fryslân

De regio Fryslân heeft een aantal unieke eigenschappen. Door hier op in te spelen kunnen we invulling geven aan een toekomstbestendige warmtevoorziening. Enkele onderscheidende kenmerken van de regio Fryslân zijn:

- De regio kenmerkt zich door enkele **grote steden met een hogere dichtheid**, die geografisch gezien relatief ver uit elkaar liggen. Er is een aantal **middelgrote kernen met een relatief dichte bebouwing**, maar er is voornamelijk veel **buitengebied met een lage bebouwingsdichtheid.**
- In de regio Fryslân is **veel (open) water beschikbaar**. Dit kunnen we inzetten als warmtebron voor een lokaal warmtenet dat we voeden met aquathermie. Met aquathermie kunnen we 60% van de Friese warmtevraag ondervangen (bron: TEO-potentie Friesland -ROM3D, 2020). Ook voor deze warmteoplossing geldt een sterke afhankelijkheid van de aanwezige warmtevraag en geografische nabijheid tussen bron en warmtevragers.
- **Restwarmte in de regio Fryslân is beperkt**, maar is wel aanwezig in de grote kernen Leeuwarden, Drachten, Heerenveen, Joure, Harlingen en Bolsward. Met de aanwezige restwarmte kunnen we echter niet de gehele kern verwarmen.
- Regio Fryslân heeft een **goede potentie voor geothermie** (zowel ondiep als ultradiep). De toepasbaarheid van geothermie in de regio is echter sterk afhankelijk van de aanwezige concentratie van warmtevraag in de nabijheid van een geschikte geothermiebron.
- Regio Fryslân is in potentie een grote producent van **biogas/groengas**. Dit is een interessante bron voor de regio, die we zowel in warmtenetten als in bestaande gasnetten kunnen toepassen. Daarbij is de rol van de overheden op dit moment wel beperkt aangezien het geproduceerde groengas toegevoegd wordt aan het bestaande aardgasnetwerk. Via Garanties van Oorsprong kunnen eindgebruikers aantonen dat zij groengas hebben aangeschaft. Het is een uitdaging voor gemeenten om dit in hun TVW's te kunnen regelen, mogelijk moet hier wetgeving voor worden aangepast.
- Er zijn veel **initiatieven rondom duurzame warmte** in ontwikkeling, voornamelijk rond geothermie maar ook thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), rioolwater (riothermie) en afvalwater (TEA).

In de bijlage aan het einde van dit document hebben we de verschillende warmtebronnen en hun potentie voor de regio Fryslân nader beschreven.

4.2 Kansen voor lokale warmtenetten

Ondanks dat voor een groot deel van de regio Fryslân een individuele warmteoplossing voor de hand ligt, zijn er ook kansen voor lokale warmtenetten. In Leeuwarden en andere stedelijke gebieden liggen naar verwachting de meeste kansen voor collectieve warmteoplossingen, vanwege de naast elkaar gelegen wijken met een hoge concentratie aan warmtevraag. Hiernaast is er in deze gebieden ook hoogwaardige restwarmte aanwezig en voldoende schaalgrootte voor geothermie. Ook in kleinere kernen zijn er steeds meer kansen voor warmtenetten. De laatste jaren zijn er al enkele projecten gerealiseerd, die maar 100 tot 200 aansluitingen nodig hebben om het warmtenet rendabel te maken.

Er bestaan verschillende potentiële bronnen om lokale warmtenetten te voeden, waaronder:

- Aquathermie
- Bodemenergie: bodemwarmte en (on)diepe geothermie
- Restwarmte
- Biomassa
- Hernieuwbaar gas
- Zonthermie

In de bijlage aan het einde van dit document geven we een nadere beschrijving van deze bronnen en hun potentie. In de regio Fryslân zijn al enkele warmtenetten aanwezig en projecten in ontwikkeling rondom collectieve warmte. Hoofdstuk 5 gaat hier verder op in.

4.3 Dekkingsgraad van kansrijke bronnen voor warmtenetten

Binnen de Regionale Structuur Warmte worden we gevraagd om te bepalen of en hoe we de warmtevraag van (potentiële) warmtenetten in de regio kunnen invullen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden, hebben we inzicht nodig in de maximale warmtevraag van gebieden die geschikt zijn voor collectieve warmteoplossingen en de theoretische potentie van de bronnen die warmte zouden kunnen leveren aan deze netten. Op basis hiervan kunnen we bepalen in hoeverre de beschikbare bronnen toereikend zijn om de gebouwen binnen deze gebieden collectief te verwarmen.

Ook kunnen we bepalen of er bronnen zijn die een grotere beschikbaarheid hebben dan deze vraaggebieden en die we wellicht als bovenlokaal kunnen bestempelen. Bij deze bronnen kunnen immers meerdere gebieden aanspraak maken op de beschikbaarheid. De warmtevraag en theoretische potentie van de

warmtebronnen is uitgewerkt per gemeente en niet per warmtevraaggebied, omdat er geen bovengemeentelijke warmte-oplossingen mogelijk zijn. De beschikbare warmtebronnen kunnen we allemaal binnen de gemeentegrenzen inzetten.

Tabel 4 laat binnen de regio Fryslân per gemeente de vraag naar warmte zien. Ook maken we inzichtelijk hoeveel theoretische potentie de kansrijke bronnen in de regio Fryslân hebben, voor zover dit bekend is. Dit geeft inzicht in de zogenaamde dekkingsgraad per bron. De verwachting is dat er in de regio Fryslân voldoende thermische energie beschikbaar is om toekomstige warmtenetten van warmte te voorzien. De realistische potentie (oftewel is het financieel, technisch, organisatorisch en sociaal haalbaar om de bron te ontsluiten) zullen we echter nader moeten onderzoeken en uitwerken. Omdat we alle warmtebronnen binnen de gemeentegrenzen kunnen gebruiken, zullen gemeenten deze verdiepingsslag in hun Transitievisies Warmte moeten maken.

Kort samengevat hebben de verschillende bronnen in de regio Fryslân de volgende potentie:

- Aquathermie, ofwel thermische energie uit oppervlakte-, afvalwater en drinkwaterleidingen, is in ruime mate aanwezig en kan voor 60% in de warmtevraag in de regio Fryslân voorzien.
- Warmte-koude opslag (WKO) is door een efficiënte levering van warmte en koude een bewezen bron voor bedrijfsgebouwen waar de koelvraag meer de boventoon voert.
- Diepe en ondiepe geothermie is een relatief onbewezen techniek met hoge potentie. Deze diepere aardlagen kunnen hogere temperaturen bieden dan WKO, maar wel tegen hogere kosten. De theoretische potentie is in de regio Fryslân in principe onbeperkt.
- De beschikbaarheid van restwarmte als bron voor collectieve warmtesystemen wisselt sterk per gemeente. De restwarmte in de regio Fryslân is alleen lokaal beschikbaar en kunnen we naar alle waarschijnlijkheid niet regionaal inzetten.
- Lokale vaste biomassa is beperkt aanwezig in de regio Fryslân. Biomassa is een relatief goedkope brandstof voor warmtenetten en kan ingezet worden als (tijdelijke) warmtevoorziening voor warmtenetten. Tevens kan biomassa ingezet worden als brandstof voor individuele warmteoplossingen.
- Biogas is beschikbaar in de regio Fryslân, maar nog niet overvloedig. Het theoretische potentieel is echter hoog. Bij voldoende stimulans kan biogas in theorie een groot deel van de Friese warmtevraag bedienen. Het voordeel van biogas is dat het op te werken is naar groengas, dat bruikbaar is in de huidige gasinfrastructuur. In combinatie met een elektrische warmtepomp (hybride oplossing) is de potentie van biogas/groengas nog eens tweemaal zo hoog als weergegeven in tabel 4.

In de bijlage aan het einde van dit document is een verdieping van alle bronnen en alternatieven te vinden.

Gemeente	Warmtevraag woningen & utiliteit in TJ (2017)	Theoretische potentie lokale bronnen binnen gemeente		
		Restwarmte (%)	Vaste biomassa (%)	Biogas* (%)
Achtkarspelen	745	17,4	20,7	57,1
Ameland	240	nb.	60,2	31,9
Harlingen	413	nb.	6	34,2
Heerenveen	1700	8,9	11	52,3
Leeuwarden	3582	11,7	3,4	34,2
Ooststellingwerf	769	nb.	37,5	126,1
Opsterland	860	nb.	25,8	106,2
Schier-monnikoog	78	nb.	156	44,3
Smallingerland	1557	0,4	8,1	38,0
Terschelling	255	nb.	95,6	34,4
Vlieland	82	nb.	200	49,3
Weststellingwerf	733	0,8	22,6	136,8
Tytsjerksteradiel	854	13,5	14,3	70,3
Dantumadiel	493	nb.	8,8	70,9
Súdwest-Fryslân	2603	9,6	12,1	93,5
De Fryske Marren	1048	15,3	16,1	137,6
Waadhoeke	1166	12,9	16,6	109,0
Noardeast-Fryslân	1241	nb.	16,5	74,6

Tabel 4: Warmtevraag per gemeente en dekking per warmtebron (bronnen: NP RES, 2019, en: New Energy Coalition: Groen gas en haar bijdrage aan de Friese Energietransitie, maart 2021)

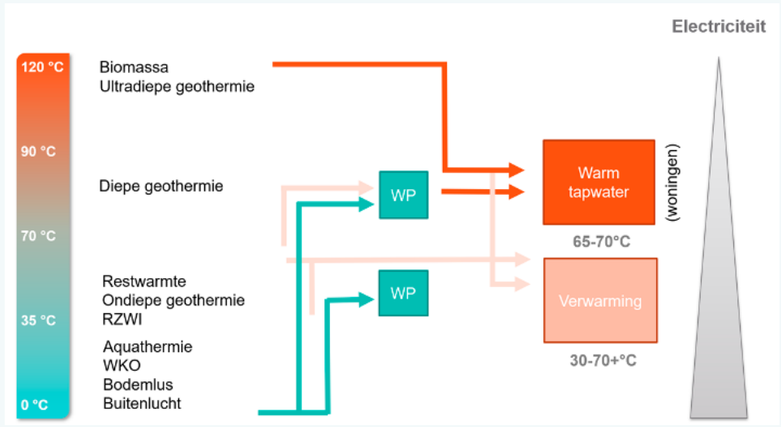
*Biogas is ook inzetbaar zonder warmtenet. Biogas dat opgewerkt is naar aardgaskwaliteit, genaamd groengas, kan worden ingevoerd in de bestaande gasinfrastructuur.

Disclaimer: in deze tabel zijn aquathermie en geothermie niet meegenomen. Beide technieken hebben een theoretisch potentieel van meer dan 100%. De relatie naar warmtevraaggebieden ontbreekt. De toepasbaarheid van deze bronnen is sterk afhankelijk van de aanwezige concentratie van warmtevraag en de afstand tot een geschikte bron. Meer informatie over hoe de theoretische potentie is berekend, is te vinden in de analysekaarten van het Nationaal Programma RES[1].

[1] Zie: **https://www.regionale-energiestrategie.nl/documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1310850**

4.4 Mogelijkheden en beperkingen van aanwezige bronnen

Uiteraard heeft elke bron haar eigen mogelijkheden en beperkingen. De realistische en economisch haalbare potentie van deze bronnen zal kleiner zijn dan de theoretische potentie die nu in beeld is.



Figuur 6:
Relatie tussen brontemperatuur en impact op het elektriciteitsnet (WP staat voor warmtepomp)

Eén van die aspecten is het temperatuurniveau van bronnen. In figuur 5 is schematisch weergegeven op welk temperatuurniveau de bronnen binnen de regio Fryslân beschikbaar zijn. Het temperatuurniveau van de meeste bronnen ligt onder het niveau van warmtapwater (<55oC[6]) en de benodigde temperatuur om oudere gebouwen te verwarmen (70oC). Dit betekent dat er warmtepompen nodig zullen zijn om de warmte op te waarderen naar een bruikbaar niveau. Hieronder gaan we dieper in op de specifieke mogelijkheden en belemmeringen van alle kansrijke bronnen binnen de regio Fryslân.

Warmte-koudeopslag

Warmte-koudeopslag (WKO) is een bewezen rendabele, duurzame techniek. WKO-systemen kunnen heel goed worden gebruikt als seizoensbuffering, bijvoorbeeld door overtollige zonnestroom in de zomer om te zetten in warmte en op te slaan in de bodem. WKO kan niet overal worden toegepast, omdat de bodem niet overal even geschikt is. Aangezien de temperatuur van de warmte uit een WKO-bron relatief laag is, is toepassing voorbehouden aan woningen die voldoende geïsoleerd zijn. Goed geïsoleerde woningen hebben verwarmingssystemen die geen hoge temperaturen vereisen, zoals vloer- en wandverwarming. De meeste woningen hebben echter andere verwarmingssystemen en een beperkte koudevraag. Daarom wordt WKO met name toegepast binnen (grote) kantoren en industrieterreinen. Ook nieuwbouwwoningen zijn kansrijk voor WKO. De ondergrondse situatie is zeer relevant bij het vaststellen van WKO-kansen. De bodemgeschiktheid, archeologische waarden, drinkwaterwinning en drinkwaterbeschermingsgebieden bepalen of WKO überhaupt een optie is. Ook de locaties van bestaande WKO-systemen zijn relevant, aangezien clustering kan leiden tot interferentie.

Aquathermie

Eén van de voornaamste toepassingen van het gebruik van warmte uit water is het gebruik van thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). Hierbij wordt warmte onttrokken uit stromend water of diepe plassen. De mogelijkheid om gebouwen aan te sluiten op een lokaal warmtenet met TEO als bron, is sterk afhankelijk van de afstand tot de bron, net als bij ieder ander warmtenet. Uit het rapport 'TEO-potentie Friesland van ROM3D (2020)' is gebleken dat aquathermie in 60% van de Friese warmtevraag kan voorzien.

Naast warmte uit oppervlaktewater kunnen ook de andere vormen van aquathermie, zoals warmte uit drinkwater (TED) en warmte uit afvalwater (TEA), een warmtenet van duurzame warmte voorzien. Deze potentie is in Fryslân minder groot dan de potentie van warmte uit oppervlaktewater, maar kan lokaal een heel goede aanvulling zijn op een warmtenet.

Restwarmte

Bij restwarmte speelt de vraag hoe betrouwbaar deze bronnen zijn en wat de beschikbaarheid ervan daadwerkelijk is. Deze eigenschappen geven aan hoe groot het risico is dat een bron geen of maar een deel van de beloofde restwarmte kan leveren en wat de waarschuwingstijd is. Restwarmte uit een productieproces kan bijvoorbeeld wegvallen als het productieprofiel variabel is.

Het is vanwege het onzekere profiel van marktactiviteiten bovendien niet altijd mogelijk voor marktpartijen om langdurige contracten af te sluiten voor het leveren van restwarmte. Dat maakt dat de betrouwbaarheid van restwarmte op de lange termijn niet altijd kan worden gewaarborgd. Desalniettemin staan bedrijven steeds meer open voor het leveren van restwarmte, bijvoorbeeld omdat het binnen toekomstige wetgeving niet langer mogelijk zal zijn om warmte te lozen.

Daarnaast speelt de temperatuur van restwarmte een belangrijke rol, zoals ook uit figuur 6 blijkt. Als deze lager is dan 70oC, dan zal deze eerst middels warmtepompen opgewaardeerd moeten worden om inzetbaar te zijn binnen een warmtenet. In de praktijk zal dan ook maar een klein deel van de restwarmtebronnen daadwerkelijk geschikt zijn voor een warmtenet.

[6] In verband met kans op legionellabesmetting dient warm-tapwater op >55oC aan het tappunt te zijn. In de praktijk betekent dit dat de warmte met ±70oC aan de woning geleverd moet worden door thermische verliezen.

In de regio Fryslân is grootschalige industrie aanwezig binnen de grote kernen. De meeste restwarmtebronnen zijn naar verwachting van een lage temperatuur (20-40oC). Voor de restwarmtebronnen in de regio is onderzocht in welke mate deze bronnen invulling kunnen geven aan de warmtevraag. Hiervoor is het van belang dat de restwarmtebronnen zich bevinden in de directe nabijheid van de warmtevraaggebieden. De analyse laat zien dat er geen bronnen zijn die meer restwarmte bieden dan de lokale ofwel binnengemeentelijke vraag. Een infrastructuur om deze warmte te verdelen over de gebieden is dan ook niet nodig. Hier komen we in hoofdstuk 5 op terug.

Geothermie

Ondiepe geothermie (tot 1.500 meter) maakt gebruik van temperaturen van max. circa 40°C uit de bodem. Dat betekent dat, voordat deze warmte inzetbaar is voor warmtenetten in de bestaande bouw, er eerst warmtepompen ingezet moeten worden om de temperatuur te verhogen. Bij diepe geothermie (1.500 tot 4.000 meter) is deze na-verwarming met warmtepompen meestal niet nodig. Het water dat wordt opgepompt heeft bij diepe geothermie een temperatuur van meer dan 70°C (in Leeuwarden zijn zelfs temperaturen gemeten van 93°C) en is daarmee direct inzetbaar in woningen met schillabel D of hoger. Ultradiepe geothermie (dieper dan 4.000 meter) levert water op met een warmte van meer dan 120°C, zodat ook stoomproductie mogelijk is. Dit is met name nuttig voor industriële processen. Er zijn in Nederland echter nog geen toepassingen van deze techniek.

Er bestaat op dit moment nog geen 100% zekerheid over de beschikbaarheid van zowel diepe als ondiepe geothermie. Hoewel er in de regio Fryslân nog geen geothermieputten zijn aangeboord, lopen er wel een aantal pilots. In Leeuwarden zal het Warmteconsortium, bestaande uit Bouwgroep Dijkstra Draisma, Ennatuurlijk, Shell en Energie Beheer Nederland, eind 2021 uitspraak doen over de mogelijkheden, nadat een eerste testboring is gedaan. Ook in Drachten, Sneek en Heerenveen zijn reeds opsporingsvergunningen verleend voor geothermie.

Nader onderzoek is nodig om te bepalen hoeveel beschikbare energie middel geothermie te winnen is en met welke techniek geothermie rendabel te exploiteren is. De potentie van diepe en ondiepe geothermie voor verwarming van woningen in de regio Fryslân lijkt echter hoog. De regio Fryslân ligt namelijk op een historische, diepere, vulkanische ondergrond. We zien geothermie binnen de regio dan ook als een geschikte potentiële toekomstige bron om lokale warmtenetten mee te voeden. De toepasbaarheid van geothermie is met name afhankelijk van de concentratie van de warmtevraag. Diepe geothermie heeft naar schatting zo'n 3.000 woningen nodig om een warmtenet rendabel te maken. Mede om deze reden zijn het vooral de grotere steden in de regio Fryslân waar het loont om de potentie van geothermie verder te onderzoeken. Om een geothermiebron te ontwikkelen en te exploiteren, moet een vergunning worden aangevraagd bij Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Bij het beoordelen van potentiële geothermievergunningen worden onder andere de thema's organisatie, veiligheid en lokale inpassing meegenomen.

Biomassa

Biomassa is een verzamelbegrip voor allerlei plantaardig en dierlijk (rest)materiaal, dat als grondstof wordt gebruikt voor energieopwekking of direct als biobrandstof. Er leven veel verschillende denkwijzen over biomassa in de maatschappij. Steeds meer mensen stellen hardop de vraag of deze bron wel duurzaam is. Bij verbranding van biomassa komt namelijk CO_2 vrij. Deze CO_2 is echter eerder al opgeslagen door deze bomen en planten, waarvan de biomassa afkomstig is.

Voor deze inventarisatie van biomassa zijn we uitgegaan van lokale beschikbaarheid van reststromen, zoals reststromen uit akkerbouw, huishoudelijk (GFT) afval, mest en snoeiafval uit bossen en omgeving. We hoeven dus geen extra bomen te kappen. Uiteraard is en blijft het belangrijk om goed af te wegen waarvoor we biomassa wel en niet inzetten.

Vooral als transitiebrandstof kan vaste biomassa bij de gemeenten in de regio Fryslân een rol spelen. Deze biomassa kan dan als warmtebron dienen voor collectieve warmtenetten die in opbouw zijn. In een later stadium kan men dan eventueel overschakelen op andere bronnen zoals (ondiepe) geothermie. Ook bij hybride warmtesystemen kunnen we biomassa inzetten voor de piekvraag in een vorstperiode. Het grote voordeel van biomassa is dat we er hoge temperaturen (70oC of hoger) mee kunnen bereiken. Er zijn dus geen extra warmtepompen, en daarmee extra duurzame elektriciteit, nodig om deze temperaturen te behalen. Hiermee kunnen we alle huizen dus direct verwarmen, zonder dat deze extreem geïsoleerd hoeven te zijn. Uitdaging kan wel zijn om inwoners mee te krijgen bij het inzetten van biomassa als warmtebron.

Biomassa voor collectieve installaties heeft daarnaast als voordeel dat de eisen die gesteld worden aan deze installaties met betrekking tot fijnstof en dergelijke veel hoger zijn dan bij toepassing van biomassa in particuliere pellet- en houtkachels. Bij grotere en collectieve installaties is het ook praktisch realiseerbaar om te handhaven en de kwaliteit te borgen, waarmee we de nadelige effecten van de uitstoot van fijnstof tegen kunnen gaan. Biogas is tevens inzetbaar als transitiebrandstof voor het opstarten van warmtenetten, of in de vorm van groengas inzetbaar op het bestaande gasnet. De potentie van biogas beschrijven we in paragraaf 4.8.

4.5 Inzet van potentiële warmtebronnen in de regio

Om na te gaan welke meest kansrijke warmtebronnen in de regio Fryslân het beste passen bij de verschillende toepassingsgebieden die Fryslân kent, zijn de potentiële warmtebronnen door de werkgroep getoetst aan de hand van de criteria uit het afwegingskader in hoofdstuk 2. In figuur 7 is in het toetsingskader te zien hoe de werkgroep aankijkt tegen het toepassingsgebied van de verschillende warmtebronnen. Zij hebben hierbij de vraag beantwoord in welke mate de warmtebronnen geschikt zijn voor grote kernen, kleine kernen of het buitengebied (1 = minst geschikt, 5 = meest geschikt). Vervolgens zijn de verschillende warmtebronnen op een zelfde wijze getoetst aan de hand van de afwegingscriteria die van toepassing zijn op bronselectie, te weten:

a. Schone energie
b. Betaalbaarheid
c. Betrouwbaarheid en toekomstbestendigheid
d. Draagvlak
e. Beschikbaarheid

Tot slot hebben we aan de leden van de werkgroep gevraagd om de mogelijke kansen en belemmeringen in beeld te brengen.

In het toetsingskader is af te lezen dat de meeste warmteoplossingen toepasbaar zijn in de grote kernen, met uitzondering van pelletkachels, die meer geschikt zijn in het buitengebied. Ook een warmtenet op biogas hoort niet bij de meest favoriete opties. Dit heeft enerzijds te maken met de publieke opinie over de toepassing van biomassa, maar komt ook doordat er in de grote kernen vaak een bredere keus is voor verschillende warmtebronnen.

Voor de kleinere kernen en het buitengebied geldt dat groengas en all-electric uit de bus komen als belangrijkste warmtebronnen. Dit sluit aan bij de analyses die in hoofdstuk 3 zijn gedaan. De combinatie van groengas en all-electric (de hybride oplossing) is niet als zodanig meegenomen in het toetsingskader. De scores hiervoor vallen logischerwijs tussen de separate scores van groengas en all-electric. Een hybrideoplossing is vanwege minder isolatie beter betaalbaar en behoeft minder netverzwaring dan bij all-electric, en is bovendien beter beschikbaar dan alleen groengas.

Schone energie

Als we kijken naar de score van de criteria uit het afwegingskader dan zien we dat alle warmteopties gemiddeld scoren op het criterium ‘schone energie’. Alleen de pelletketel scoort lager op dit onderdeel. Dit is een warmteoplossing die dan ook vaak alleen zal worden ingezet als tussenoplossing, tot er een geschikte duurzame oplossing voorhanden is, die ook op langere termijn inzetbaar is.

Betaalbaarheid

Voor het criterium betaalbaarheid ligt de score veel verder uit elkaar. Met name de lage score bij all-electric valt hier op, vanwege de hoge investeringskosten die een individuele warmtepomp met zich meebrengt. Een warmtenet op restwarmte, een gasnet op groengas en een individuele pelletkachel worden gezien als de meest betaalbare warmteoplossingen.

Betrouwbaarheid en toekomstbestendigheid

Ten aanzien van betrouwbaarheid en toekomstbestendigheid liggen de scores wederom dicht bij elkaar, waarbij met name een warmtenet op geothermie of aquathermie als zeer betrouwbaar en toekomstbestendig wordt gezien.

Draagvlak

De verschillende warmteopties zijn ook getoetst op draagvlak, waarbij het opvalt dat de werkgroep aangeeft dat een gasnet op groengas het hoogste maatschappelijk draagvlak heeft. Dit kan ermee te maken hebben dat deze warmteoplossing de minste investeringen vraagt van individuele bewoners.

Beschikbaarheid

Tot slot hebben we gekeken naar de beschikbaarheid van de verschillende warmtebronnen. Hier bevestigt de werkgroep de uitkomsten van de analyses waaruit blijkt dat er in de regio Fryslân veel potentie is voor warmte uit oppervlaktewater, en de potentie voor biogas het meest onzeker is.

Tot slot heeft de werkgroep een aantal kansen en belemmeringen benoemd. Voor all-electric attendeert de werkgroep op de afhankelijkheid van de regionale opwekking van duurzame elektriciteit. De mogelijkheden voor het opwekken van duurzame elektriciteit komen in de RES 1.0 uitgebreid aan de orde. De werkgroep gaf de suggestie mee om de beschikbare restwarmte in de regio daar waar mogelijk in te zetten voor woningbouw, aangezien bedrijven vaak uit een breder pallet aan duurzame warmteoplossingen kunnen kiezen dan bestaande woningen.

Voor alle warmtenet-oplossingen geldt dat de afstand van de warmtebron tot de afnemers van grote invloed is op de betaalbaarheid van de warmte. De warmte-infrastructuur is kostbaar en het is daarom van groot belang om te zorgen dat de afstand tussen de warmtevraag en de warmteafnemers zo klein mogelijk is. Voor aquathermie als warmtebron geldt dat de warmte een lage temperatuur heeft. Deze warmte is daarmee met name geschikt voor nieuwbouw of recent gebouwde woningen, die al goed geïsoleerd zijn. Het is ook mogelijk om aquathermie in te zetten als warmtebron voor bestaande bouw. Dit zorgt echter voor een hogere elektriciteitsvraag, omdat er een warmtepomp nodig is om het water op de juiste temperatuur in de woning te brengen. Groengas wordt gezien als betaalbare oplossing

voor de binnenstad en het buitengebied. Het biedt tevens economische kansen voor de agrarische sector. De beschikbaarheid van groengas is echter nog wel een uitdaging voor de toepasbaarheid van deze warmteoplossing. Ook een individuele pelletketel wordt als mogelijke oplossing gezien voor monumentale binnensteden en de buitengebieden.

4.6 Elektrische oplossingen

Zoals we in hoofdstuk 3 hebben aangeduid, zullen hybride warmtepompen met hernieuwbaar gas of volledig elektrische oplossingen (ook bekeken vanuit de huidige stand van de techniek) naar verwachting veel worden toegepast in de regio Fryslân, met name in het buitengebied. Individuele systemen gebaseerd op een warmtepomp onttrekken energie uit de omgeving zoals de bodem, de lucht, het water of uit de zon om de gebouwen en tapwater te verwarmen. De werking van dit principe lichten we nader toe in de bijlage.

Daaruit volgt dat er elektriciteit nodig is om de warmtepomp te laten werken. Het rendement van deze systemen is hoog, bij volledig elektrische luchtwarmtepompen zo'n 300-400% (CoP van 3-4). In combinatie met bijvoorbeeld aquathermie is het rendement zelfs 600-700% (CoP van 6-7!). Een warmtepomp is daarmee heel goed in staat om elektriciteit efficiënt om te zetten in warmte. Om gebouwen op deze manier comfortabel te verwarmen, is bij elektrische warmtepompen echter wel een zeer goed geïsoleerde en kierdichte schil nodig. Hybride oplossingen kunnen door bijstoken van hernieuwbaar gas ook minder goed geïsoleerde woningen comfortabel verwarmen.

Om uiteindelijk te komen tot een klimaatneutrale gebouwde omgeving zullen we de elektriciteit die nodig is voor een warmtepomp op termijn duurzaam moeten opwekken. Voor het voeden van warmtepompen is windenergie het meest geschikt, aangezien het aanbod van windenergie in het stookseizoen vele malen hoger ligt dan dat van de zon. De inzet van duurzame bronnen zoals wind (waarvan de warmte- en

Tabel 5:
Toetsingskader voor het toepassingsgebied en de score van warmtebronnen aan de hand van afwegingscriteria, ingevuld door de regionale werkgroep Warmte (1 = minst geschikt – 5 = meest geschikt).

Warmte opties	Toepassings gebied **Grote kernen**	Toepassings gebied **Kleine kernen**	Toepassings gebied **Buiten gebied**	Criterium **Schone energie**	Criterium **Betaal-baarheid**	Criterium **Betrouw-baar en toekomst bestendig**	Criterium **Draagvlak**	Criterium **Beschik-baarheid**	Kansen & belemmeringen **Kansen**	Kansen & belemmeringen **Belemmeringen**
Individueel all-electric	3	4	4	3 - 4	1	4	3	4	Nieuwbouw, eigen initiatief	Netwerk, bestaande bouw, isolatiekosten, grote opwek opgave
Warmtenet restwarmte	4	2	1	4	4 - 5	3	3	2	Voor woningen i.p.v. industrie, verduurza-ming bedrijven	Beschikbaarheid, afhankelijkheid, drukte in de ondergrond, monopolie positie
Warmtenet geothermie	4			4	4	4 - 5	3	4	Bron	Warmtenet / afstand
Warmtenet aquathermie	4	3		4	3	4 - 5	3	5	Nieuwbouw, dorpen aan het water, water technologie	Riothermie
Warmtenet biogas	Als back-up	2		3	2 - 3	3	2 - 3	2		Publieke opinie rond biomassa
Gasnet groen gas	3, in binnenstad	3	4	4	4 - 5	3	4	3	Kringloop landbouw, bestaande infra, kleine dorpen in buitengebied	Beschikbaarheid groen gas
Individueel pellet kachel	1		2	2	4 - 5	3	3	4	Bescherming dorps-gezicht i.c.m. hybride systeem	

elektravraag gedurende de dag en het jaar aansluit op het warmte- en elektra aanbod), voorkomt dat we later op grote schaal moeten bufferen.

Er zijn ook andere individuele, elektrische oplossingen zoals infraroodpanelen, die woningen aardgasvrij kunnen verwarmen. Het rendement van deze techniek (CoP van 1) is echter veel lager dan dat van warmtepompen. Om een woning compleet met infraroodpanelen te kunnen verwarmen, is vergaande isolatie nodig om overbelasting van het net en een hoge energierekening te voorkomen. Deze techniek kan echter wel een rol als bijverwarming gaan spelen. Met name als aanvulling op lage-temperatuursystemen (zoals warmtepompen), die traag reageren op de ingestelde kamerthermostaat.

4.7 Toepassen van biomassa

Een ander alternatief voor aardgasvrij verwarmen, is de inzet van biomassa in de vorm van een pelletketel. Individuele oplossingen op basis van houtige biomassa, zoals houtkachels, kunnen het beste worden vermeden in gebieden waar de huizen dichter op elkaar staan, om zo overlast door fijnstofuitstoot en stank te voorkomen. Open haarden kunnen we vanwege hun slechte energetisch rendement, uitstoot van fijnstof en de geur het beste saneren. Pelletkachels die gevoed worden door duurzame pellets met een keurmerk, hebben veel minder uitstoot en veroorzaken dus ook minder bijbehorende overlast.

4.8 Beschikbaarheid en potentie van hernieuwbaar gas

Hernieuwbaar gas is een verzamelnaam voor alle soorten gas die worden opgewekt uit hernieuwbare bronnen. Dit betekent dat de grondstoffen van het gas snel te ‘vernieuwen’ zijn. Deze grondstoffen hebben een korte koolstofcyclus van één tot enkele jaren, zoals GFT, houtsnippers, mest of residuen uit afvalwater. Anders dan fossiele brandstoffen met een lange koolstofcyclus van miljoenen jaren, raken deze hernieuwbare grondstoffen niet op. Grofweg zijn er twee vormen van hernieuwbaar gas: groengas en groen waterstofgas. Groengas is biogas dat is opgewaardeerd tot aardgaskwaliteit. Groen waterstofgas wordt verkregen door water te splitsen met behulp van hernieuwbare elektriciteit. Naar verwachting zullen we pas na 2035 op grotere schaal waterstof kunnen produceren. Of deze productie daadwerkelijk van de grond komt en in hoeverre het geproduceerde waterstof beschikbaar komt voor de gebouwde omgeving, is echter onzeker. Voor de inventarisatie in deze RSW richten we ons daarom alleen op biogas en groengas.

De regio Fryslân is van alle regio’s van netbeheerder Alliander in Nederland momenteel de regio waar het meeste groengas wordt ingevoerd in het gasnet. Over heel 2019 ging het om ruim 12 miljoen m3 groengas[7]. Het aandeel groengas is daarmee momenteel circa 2,3% in de gebouwde omgeving van de regio Fryslân. Dit aandeel zal de komende tijd nog verder toenemen. Alliander verwacht dat het aandeel groengas in de regio Fryslân zal groeien tot circa 12,5% in 2030.

Biogas blijkt een aanzienlijke theoretische potentie te kennen om de warmtevraag van de gebouwde omgeving in te vullen. Door verbranding in hoog rendement CV-ketels (of als aanvulling op hybride warmtepompen) kunnen we ook gebouwen met een kostbare of onrealistische isolatieopgave duurzaam verwarmen. De opgave zal enerzijds bestaan uit het bundelen van alle reststromen om vergisting op grote schaal te kunnen realiseren. Anderzijds lijkt er ook potentie voor groengasproductie door mono-mestvergisting op boerenbedrijven op individuele en collectieve basis. Een studie van CE-Delft schetst een totaal technisch potentieel van 530 miljoen m3 groengas, bestaande uit mest (174 miljoen m3), overige natte biomassa (333 miljoen m3) en hout (20 miljoen m3).

New Energy Coalition heeft in het voorjaar van 2021 een studie verricht naar welke potentie van biogas onder bepaalde omstandigheden en aannames als realistisch haalbaar mag worden beschouwd. New Energy Coalition schat de totale potentiële energie-inhoud van Friese reststromen op circa 16,6 PJ. New Energy Coalition heeft in het voorjaar van 2021 een studie verricht naar welke potentie van biogas onder bepaalde omstandigheden en aannames als realistisch haalbaar mag worden beschouwd. New Energy Coalition schat de totale potentiële energie-inhoud van Friese reststromen op circa 16,6 PJ. Hiervan komt 7,8 PJ van mest. Hieruit kan volgens een realistisch model 4,284 geproduceerd worden. Totaal kan dan afhankelijk van het scenario 4,747 tot 7,595 PJ geproduceerd worden. Daarmee kunnen we 29 tot 47% van de verwachte warmtevraag in 2030 met groengas invullen wanneer we met gasketels blijven verwarmen. In combinatie met hybride warmtepompen is de potentie zelfs 58 tot 93%! Uit mest kan afhankelijk van het scenario 8,3 tot 12,1 PJ geproduceerd worden. Daarmee kunnen we 50 tot 75% van de verwachte warmtevraag in 2030 met groengas invullen wanneer we met gasketels blijven verwarmen. In combinatie met hybride warmtepompen is de potentie zelfs 100 tot 150%!

Tabel 5 toont de potentie van biogas per gemeente. De tabel maakt onderscheid tussen een laag scenario (I) en een hoog scenario (IV). In scenario I gaan we uit van de huidige markt en de huidige technieken. In scenario IV gaan we uit van actieve sturing en toekomstige technieken, waardoor het potentieel van biogas aanzienlijk stijgt. Al met al toont de studie dus aan dat biogas/groengas een interessante oplossing is voor de regio Fryslân.

Ten slotte kan biogas ook nog dienen als transitiebrandstof voor collectieve warmtenetwerken. Het warmtenet in de wijk Zuidlanden in Leeuwarden draait bijvoorbeeld momenteel op biogas. Groengas en waterstof zullen we echter ook inzetten voor mobiliteit en (proces)industrie waar nauwelijks of geen duurzame alternatieven voor handen zijn en de hoge kwaliteit van hernieuwbaar gas beter past.

[7] bron: https://2018.jaarverslag.alliander.com/actuele-prestaties/ontwikkelinenergietran/a2355_Ontwikkeling-groen-gas.

Het verbranden van gas (tot 1900oC of hoger) voor het verwarmen van gebouwen en tapwater (20-70oC) is dan minder logisch. Bij het kunnen gebruiken van biogas/groengas speelt wel nog een duidelijk verdelingsvraagstuk. De herleidbaarheid van de bron wordt momenteel met GVO's aangetoond. Deze worden veelal verkocht aan de hoogste bieder, waarbij de overheid dus niet op voorhand de garantie heeft dat deze ingezet kunnen worden voor toepassing in de gebouwde omgeving.

Tabel 6: Biogaspotentieel per gemeente (bron: New Energy Coalition: Groen gas en haar bijdrage aan de Friese Energietransitie, maart 2021)

Gemeente	Warmte-vraag 2030 (TJ/jaar)	Theoretisch potentieel biogas (TJ/jaar) scenario I	Potentieel aandeel biogas (%)	Theoretisch potentieel biogas (TJ/jaar) scenario IV	Potentieel aandeel biogas (%)
Achtkarspelen	646	137	21,2	256	39,6
Ameland	213	25	11,7	44	20,7
Harlingen	360	34	9,4	92	25,6
Heerenveen	1478	285	19,3	496	33,6
Leeuwarden	3320	392	11,8	827	24,9
Ooststellingwerf	667	302	45,3	477	71,5
Opsterland	753	308	40,9	471	62,5
Schiermonnikoog	70	11	15,7	20	28,6
Smallingerland	1359	165	12,1	380	28,0
Terschelling	224	21	9,4	54	24,1
Vlieland	73	13	17,8	32	43,8
Weststellingwerf	646	357	55,3	499	77,2
Tytsjerksteradiel	745	213	28,6	340	45,6
Dantumadiel	430	129	30,0	202	47,0
Súdwest-Fryslân	2275	951	41,8	1308	57,5
De Fryske Marren	927	552	59,5	767	82,7
Waadhoeke	1009	399	39,5	650	64,4
Noardeast-Fryslan	1079	454	42,1	680	63,0
Totaal	**16275**	**4747**	**29,2**	**7595**	**46,7**

5. Bestaande en geprojecteerde infrastructuur

Een ander belangrijk onderwerp binnen de Regionale Structuur Warmte (RSW) is de benodigde warmte-infrastructuur. Binnen de RSW denken we na over welke warmte-infrastructuur er uitgebreid of opgericht kan worden in de regio Fryslân, om beschikbare warmtebronnen te ontsluiten.

5.1 Geen bovenlokale warmte-infrastructuur mogelijk

Uit de analyse van tabel 4 in hoofdstuk 4.3 valt op te maken dat omgevingswarmte de maximale, toekomstige vraag naar warmte voor warmtenetten volledig kan invullen. De restwarmtebronnen kunnen dit ten dele invullen en vaste biomassa voor een beperkt deel. In de praktijk zullen de warmtenetten naar verwachting kleiner worden dan de grootte van de warmtevraaggebieden (zie ook hoofdstuk 3).

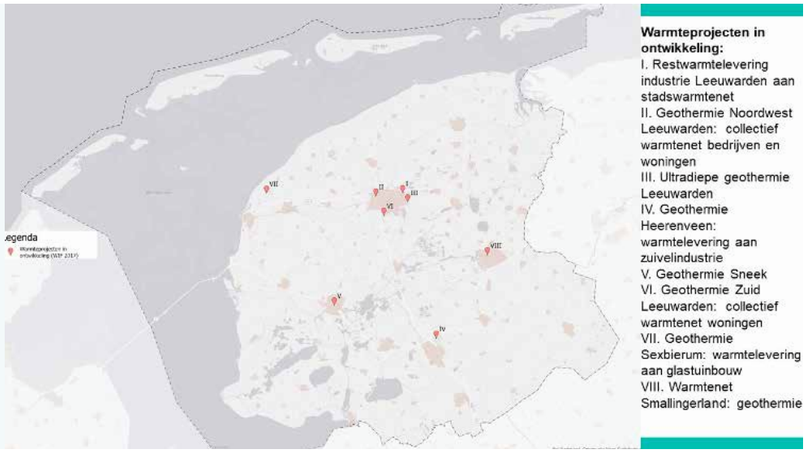
Omdat de inschatting is dat we de aanwezige restwarmtebronnen volledig kunnen inzetten binnen de warmtevraaggebieden in de betreffende gemeente, is het niet nodig om bovenlokale warmte-infrastructuren (zoals transportleidingen) te creëren om deze succesvol te kunnen ontsluiten over de gebieden heen. Er is wel een warmte-infrastructuur nodig in de vorm van een warmtenet (onder andere een distributienet en warmte-opslag) om de warmte binnen het vraaggebied op lokaal niveau te kunnen verdelen. Dit zullen de Friese gemeenten binnen hun Transitievisies Warmte verder uitwerken.

5.2 Lokale warmteprojecten in ontwikkeling

Figuur 6 is een voorlopige weergave van een aantal wat grotere warmteprojecten, die op dit moment binnen de regio in ontwikkeling zijn. Dit overzicht is zeker niet uitputtend, want er zijn daarnaast vele andere initiatieven die zich op lokaal niveau ontwikkelen, op verschillende schaalniveaus en in verschillende organisatievormen. Sommige projecten zijn relatief klein (bijvoorbeeld in Kûbaard en Baard), en anderen middelgroot (zoals Wijnjewoude, Heeg en Balk). Het ene project is opgestart op initiatief van projectontwikkelaars en gespecialiseerde partijen, maar er zijn ook veel initiatieven die van onderop ontwikkeld worden door enthousiaste bewoners.

Voorbeelden daarvan zijn bewonersinitiatieven in een aantal wijken van Leeuwarden (Oranjewijk, Goutum). In de kleine kern van Garyp geeft een coöperatie in zeer nauwe samenwerking met de gemeente uitvoering aan een collectieve oplossing op basis van individuele oplossingen. Ook op Ameland werkt een lokale coöperatie in samenwerking met de gemeente aan duurzame warmte.

Daarnaast onderzoekt men op verschillende plekken in de regio Fryslân of er een pilot kan worden opgestart met aquathermie. Onder andere Heeg, Leeuwarden (de Wielendwinger en de Oranjewijk) en Balk verkennen op dit moment de mogelijkheid om een buurwarmtepomp in te zetten in combinatie met aquathermie. Tevens zijn er lokale initiatieven, zoals het project 'Boer & Buurt', die zich richten op kansrijke collectieve groengasoplossingen voor buitengebieden en kleinere kernen.



Figuur 7:
Voorbeelden van warmteprojecten in ontwikkeling.

5.3 Toename elektriciteitsvraag

Net als in alle sectoren gaat elektriciteit ook voor het verwarmen van de gebouwde omgeving een nog grotere rol spelen. Omdat we naar verwachting een groot deel van de aardgasvrije verwarmingsoplossingen in de regio Fryslân middels individuele warmtepompen of hybride warmtepompen zullen invullen, hebben we extra elektriciteit nodig. Ook de collectieve warmtenetten die een laagtemperatuur bron benutten, zullen we met behulp van een collectieve warmtepomp elektrisch na moeten verwarmen, om warmte op de benodigde temperatuur te krijgen. Deze technieken vragen allemaal om elektriciteit.

Om klimaatneutraal te kunnen worden, zullen we deze elektriciteit duurzaam moeten opwekken. Zon en wind zijn daarvoor de meest logische energiebronnen in de regio Fryslân op dit moment. Dit is een grote opgave op zichzelf. De huidige elektriciteitsmix in Nederland bestaat nu nog voor circa 80% uit fossiele bronnen. Binnen de RES Fryslân zullen we moeten kijken hoe we de elektriciteitsvraag die nodig is voor de warmtevoorziening het beste kunnen invullen.

Op dit moment is elektriciteit altijd beschikbaar, omdat kolen-, gas- en kerncentrales het gehele jaar door kunnen leveren op basis van de vraag. Maar in de toekomst zal het elektriciteitsaanbod veel minder constant en ook deels seizoensafhankelijk zijn door een groter aandeel van zonne-energie en windenergie. Het opslaan van deze energie (en in dit geval dus warmte) is noodzakelijk. Bij de keuze voor de energie-infrastructuur is het daarom verstandig om meer rekening te houden met de (on) mogelijkheid om energie op te slaan. Belangrijk daarbij is te vermelden dat voor het voeden van warmtepompen elektriciteit uit windenergie veel geschikter is dan zonne-energie, omdat in het stookseizoen het aanbod van wind vele malen hoger ligt.

De precieze verwachte toename van de elektriciteitsvraag is nu nog zeer lastig te bepalen. Dit hangt af van welke technieken we uiteindelijk kunnen toepassen en in welke mate woningen en gebouwen geïsoleerd gaan worden. Het beeld met betrekking tot de extra benodigde elektriciteit zullen we pas kunnen invullen als gemeenten hun uitvoeringsplannen op lokaal niveau uitwerken en keuzes voor technieken en bronnen maken.

5.4 Opgave netbeheer

Als gevolg van het uitfaseren van aardgas zal de vraag naar elektriciteit de komende jaren gaan stijgen, door de inzet van de genoemde warmtepompen in woningen, gebouwen en wijken. Dit zal gepaard gaan met een bijbehorende grotere druk op het elektriciteitsnet. Op veel plaatsen zal dit ook leiden tot een noodzakelijke verzwaring van het elektriciteitsnet.

Voor netbeheerder Liander ligt er hiermee een tweeledige opgave in het verschiet in de regio Fryslân. Aan de ene kant is het de uitdaging om de grootschalig opgewekte energie (onder andere als resultaat van de RES) op een goede manier technisch op te vangen. Aan de andere kant vraagt ook de warmtetransitie een aanpassing van de bestaande infrastructuur. Ook wanneer we in de regio Fryslân kiezen voor een collectieve warmteoplossing, is er sprake van een grotere elektriciteitsvraag, voor onder andere het koken op inductie en eventueel de inzet van een collectieve warmtepomp voor de opwaardering van een laagwaardige warmtebron zoals aquathermie.

Het grootschalig opwekken van groene elektriciteit is in veel gevallen de grootste uitdaging, omdat dit een grote impact heeft op het elektriciteitsnet, zowel met betrekking tot het aantal kabels als het aantal stations. Binnen het traject van de RES onderzoeken de netbeheerders in welk tempo ze het elektriciteitsnet moeten aanpassen op de nieuwe situatie. Wanneer dit tempo niet aansluit op de vraag kan dit voor knelpunten zorgen. Voor de warmtetransitie geldt dat deze meer geleidelijk zal verlopen. Hierop kan Liander beter anticiperen en ervoor zorgen dat de netcapaciteit op orde is als een wijk naar een alternatieve warmtevoorziening overstapt.

Afstemming is hierbij de sleutelfactor. Beide vormen zijn kapitaalintensieve en in 'maakbaarheid' veeleisende ontwikkelingen. De ontwikkelingen in vraag en aanbod gaan soms sneller dan een netbeheerder zijn netwerk kan aanpassen. Het afstemmen van vraag en aanbod vraagt permanent overleg en goede afstemming tussen alle betrokken partijen. Netverzwaring met betrekking tot de warmtetransitie vraagt een goede afstemming van werkzaamheden met alle stakeholders en omwonenden. Dit om enerzijds maatschappelijke kosten zo laag mogelijk te houden en anderzijds om de benodigde uitbreiding te kunnen realiseren.

Aanpassing en uitbreiding van het elektriciteitsnet vereisen niet alleen veel van de netbeheerders, maar ook van gemeenten. Gemeenten zullen meer fysieke ruimte beschikbaar moeten stellen voor het plaatsen van bijvoorbeeld extra transformatorhuisjes in woonwijken of voor het realiseren van een extra onderstation. Hier moeten gemeente in hun planvorming rekening mee houden. Bij deze operatie zullen gemeente ook Stedin, als beheerder van het gasnet, en Gasunie, beheerder van het gastransportnet, moeten betrekken.

6. Regionale samenwerking

Het aardgasvrij maken van de gebouwde omgeving in de regio Fryslân is geen gemakkelijke taak. De warmtevraag ligt behoorlijk verspreid en passende (all-electric) oplossingen vragen om een hoge isolatiegraad van woningen en gebouwen. Daar ligt dan ook de belangrijkste uitdaging in de samenwerking op regionaal niveau.

6.1 Gedeelde ambities en belangen

Voor een succesvolle samenwerking is het van belang dat er sprake is van gedeelde ambities en belangen. Dit klinkt logisch, maar is tegelijkertijd het onderdeel waarop veel samenwerkingen spaak lopen. De eerste stap, voordat de regio een organisatiestructuur kiest, is het voeren van het gesprek over de verschillende ambities van de partijen en hoe al die wensen samen kunnen smelten tot een gezamenlijke ambitie.

In de RES 1.0 hebben we voor de regio Fryslân een algehele ambitie voor duurzame elektriciteit voor 2030 uitgewerkt. Deze ambitie komt voort uit een samenwerking tussen alle Friese gemeenten, provincie Fryslân, Wetterskip Fryslân, de netbeheerders en de maatschappelijke partijen die vertegenwoordigd zijn in de Friese Energie Alliantie (FEA). Op het gebied van warmte is er nog geen regionale ambitie geformuleerd. Wanneer in de RSW 2.0 de Friese gemeenten hun Transitievisie Warmtes naast elkaar leggen, zal er meer duidelijkheid ontstaan over een gezamenlijke ambitie voor warmte (bijvoorbeeld hoeveel woningen in Fryslân voor 2030 aardgasvrij worden gemaakt).

6.2 Friese samenwerking Transitievisie Warmte

Eén van de belangrijkste conclusies van deze RSW 1.0 is dat we het warmtevraagstuk voor het grootste gedeelte binnen de gemeentegrenzen zullen moeten oplossen. Dit betekent echter niet dat gemeenten volledig op zichzelf zijn aangewezen bij het opstellen van hun Transitievisie Warmte (TVW). Veel Friese gemeenten delen dezelfde karakteristieken en kunnen dus veel van elkaar leren. Om die reden hebben we een Friese samenwerking opgezet voor de Transitievisie Warmte. In deze samenwerking zijn onder andere de provincie Fryslân, gemeenten, netbeheerders en woningcorporaties vertegenwoordigd.

In de huidige opzet is deze samenwerking vooral bedoeld voor gemeenten om de verschillende stappen uit de TVW te doorlopen. Per stap delen gemeenten die al wat verder zijn met de TVW hun ervaringen. Zo kunnen gemeenten die net zijn begonnen obstakels eerder signaleren. Ook hebben we een 'Dielplak' (deelplek) opgezet, waar gemeenten relevante documenten kunnen delen. Door kennisdeling hopen Friese gemeenten gezamenlijke expertise op te bouwen, die hard nodig is in een complexe uitdaging als het verduurzamen van de gebouwde omgeving.

Deze kennisdeling zal naar alle waarschijnlijkheid verder reiken dan de TVW's. Ook na 2021, wanneer gemeenten met hun eerste wijk- of dorpsuitvoeringsplannen (WUP) starten, is het belangrijk om te blijven samenwerken. In de WUP's is het met name nuttig om praktische kennis te delen, die gemeenten zullen opdoen wanneer ze de wijken ingaan. Deze kennis zullen we ook integreren in de verdere herijkingen van de RSW. Langdurige samenwerking is essentieel voor het opdoen en delen van kennis. We streven daarbij naar een duurzame samenwerking voor een duurzaam Fryslân.

Bijlage

In deze bijlage lichten we de verschillende mogelijke warmtebronnen nader toe.

Werkingsprincipe van warmtepompen

Er zijn warmtepompen die lucht gebruiken als warmtebron (lucht-water-warmtepompen). Daarnaast zijn er warmtepompen die water gebruiken als warmtebron (water-water-warmtepompen). Een lucht-water-warmtepomp gebruikt als bron bijvoorbeeld buitenlucht. Een water-water-warmtepomp gebruikt als bron bijvoorbeeld bodemenergie (WKO of bodemlus) of warmte uit zon (zonthermie).

Voor het benutten van energie uit buitenlucht is een buitenunit nodig. Voor het benutten van warmte uit de bodem moet er een bodemlus geboord worden onder de woning of in de tuin. Voor het benutten van zonthermie moeten er thermische zonnepanelen op het dak van de woning liggen. Grotere gebouwen kunnen ook gebruik maken van een eigen warmte- en koude opslaginstallatie (WKO) om bodemenergie als warmtebron te gebruiken.

Er komen steeds meer nieuwe generatie warmtepompen op de markt, die een grotere temperatuursprong kunnen maken door gebruik te maken van andere koudemiddelen, zoals ammoniak (NH3) en CO_2. De nieuwe generatie warmtepompen is oorspronkelijk ontwikkeld voor de industrie en wordt daar al jaren toegepast. Het is dus al een bewezen techniek. Dit type warmtepompen is daarom uitermate geschikt voor het leveren van warmte aan een collectieve installatie in gebouwen of aan warmtenetten in wijken.

Speciaal voor woningen is er nu ook een individuele lucht-water-warmtepomp op de markt met als koudemiddel CO_2, die zonder problemen 70°C kan produceren. Voordeel is dat je niet langer de bestaande radiatoren hoeft te vervangen. Nadeel is dat deze pomp minder energie-efficiënt is. De verwachting is dat er ook water-water-warmtepompen voor woningen op de markt komen met dezelfde eigenschappen. Om op grotere schaal individuele warmtepompen in wijken toe te passen, is het van belang dat er technieken komen om warmte compact in de woning op te slaan. Dat vraagt de nodige innovatie en extra ruimte in gebouwen.

Energie uit de bodem en diepere aardlagen

Uit de bodem en uit diepere aardlagen kunnen we warmte onttrekken. Een vuistregel; per kilometer neemt de temperatuur met circa 30°C toe. Dus hoe dieper je boort, hoe hoger de temperatuur. Of je op een bepaalde diepte in Nederland deze warmte ook daadwerkelijk uit de aarde kan winnen, is sterk afhankelijk van de lokale eigenschappen van de aardlagen.

Voor de regio Fryslân lijkt de bovenste aardlaag geschikt om in te zetten als bron. De exacte geschiktheid van de bovenste aardlagen in verschillende gebieden in Fryslân moeten we nog verder onderzoeken. De geschiktheid kan namelijk van locatie tot locatie verschillen. De aanwezigheid van vele initiatieven in de ontwikkeling rondom geothermie in Fryslân wijzen echter tot nu toe uit dat er veel potentie aanwezig is. De combinatie van bodemsamenstelling en de ruime aanwezigheid van aquifers (watervoerende lagen in de ondergrond) maken het mogelijk een hoge thermische opbrengst te realiseren.

Tabel 7: Bodemenergie en aardwarmte.

Bron	Diepte	Temperatuur
Bodemenergie (bodemlussen of WKO)	Tot 500 meter	10 - 15°C
Ondiepe geothermie	500-1000 meter	20 - 40°C
Diepe geothermie	1-4 kilometer	40 - 100°C
Ultradiepe geothermie	4-6 kilometer	100 - 180°C

Aquathermie

Met alle thermische energie uit water (aquathermie) kunnen we in potentie een groot deel van de gebouwde omgeving in de regio Fryslân voorzien van warmte. Dat kan energie zijn uit oppervlaktewater (TEO), uit afvalwater (TEA) of uit drinkwater (TED). Om deze bronnen te kunnen benutten, zullen we wel warmtenetten moeten ontwikkelen in wijken met een aanvoertemperatuur van maximaal 70°C. Voordeel is dat we dit op kleinere schaal kunnen toepassen dan bij andere potentiële bronnen voor warmtenetten, zoals bijvoorbeeld bij restwarmte en geothermie vaak het geval is.

Door energie uit oppervlaktewater te onttrekken, verbeteren we de waterkwaliteit en verminderen we hittestress. Voorbeelden van energie uit afvalwater zijn warmte uit het riool (riothermie) en warmte uit het gezuiverde afvalwater (effluentwater) bij een rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Bij laagwaardige warmtebronnen, zoals aquathermie is het van belang om te vermelden dat er elektrische warmtepompen nodig zijn om de warmte op het vereiste temperatuurniveau te krijgen voor het verwarmen van de woningen en deze te voorzien van warm tapwater. Er is bij de inzet van warmtepompen dus ook op langere termijn voldoende duurzame elektriciteit nodig.

Verwarmen met oppervlaktewater

Oppervlaktewater wordt in de zomer sterk opgewarmd. Deze warmte kunnen we onttrekken aan het water en tijdelijk opslaan in WKO-bronnen. In het stookseizoen kunnen we deze warmte van circa 20°C gebruiken als bron voor een warmtepomp. Deze kan warmte tot circa 70°C leveren aan een gebouw of warmtenet. Vanuit de WKO-bron kunnen we gebouwen ook koelen, maar dit is voor de werking van het systeem niet noodzakelijk. Een warmtepomp kan ook direct warmte onttrekken uit het oppervlaktewater zonder gebruik te maken van een WKO-bron. Dit is echter minder efficiënt, hierdoor kunnen we ook minder warmte benutten.

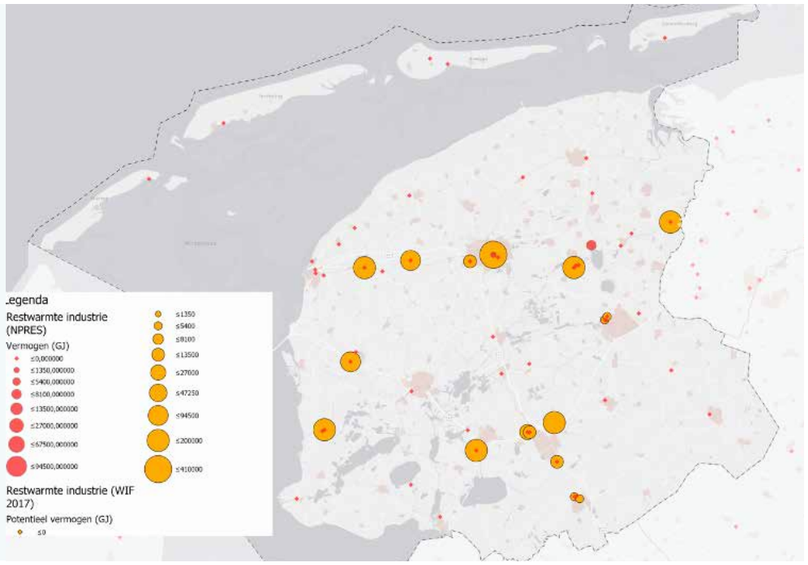
Biomassa

Van biomassa in de vorm van bijvoorbeeld hout, bermgras, mest, slib, zeewier en mogelijk ook algen, kunnen we energie produceren. Deze energie is bruikbaar voor alle energiedragers en in alle sectoren, dus ook voor industrie en transport. Biomassa is echter schaars. Voor biomassa geldt, nog meer dan voor restwarmte, dat de beschikbaarheid op langere termijn onzeker is. Als warmtebron voor de gebouwde omgeving moeten we daarom zeer zorgvuldig omgaan met biomassa. Bovendien is het de vraag of we biomassa direct moeten inzetten als energiebron. Vaak zijn er andere routes waarin biomassa een hogere waarde heeft.

Logischerwijs is het verstandig om de beschikbare biomassa alleen in te zetten als transitiebron bij de ontwikkeling van nieuwe warmtenetten in de bestaande gebouwde omgeving, eventueel in combinatie met nieuwbouw. En dan met name daar waar er geen alternatieve bron, zoals restwarmte, beschikbaar is. Het is dan wel van belang dat er een alternatieve duurzame warmtebron op locatie beschikbaar is, zodat we de leveringszekerheid van warmte kunnen garanderen. De lokale warmtenetten op biomassa moeten daarom toewerken naar een aanvoertemperatuur van maximaal 70°C. Bij een hogere aanvoertemperatuur is het advies om goede afspraken te maken met de vastgoedeigenaren, zodat de temperatuur voor het einde van de exploitatieduur van de biomassawarmtecentrale verlaagd kan worden. Het verbranden van hout in een open haard of een traditionele houtkachel is niet efficiënt en moet daarom voorkomen worden. Verbranding van houtpellets is vele malen efficiënter.

Restwarmte

Restwarmte komt vrij bij een productieproces. Er zijn vele verschillende soorten restwarmte met ook verschillende temperaturen. Voor bestaande warmtenetten is restwarmte de meest voorkomende bron.



Figuur 8: Overzichtskaart met lokaal restwarmte-bronnen

Een mogelijk nadeel van restwarmte is de beschikbaarheid. Het aantal locaties waar restwarmte benut kan worden voor het verwarmen van de gebouwde omgeving is beperkt. Bovendien is in sommige gevallen onzeker hoe lang de restwarmte beschikbaar blijft. Omdat restwarmte een relatief goedkope bron is, moeten we het daar waar mogelijk benutten voor de ontwikkeling van warmtenetten. Het is dan wel van belang dat er een alternatieve duurzame warmtebron op locatie beschikbaar komt, zodat we de leveringszekerheid van warmte kunnen garanderen voor een zeer lange tijd.

Zonthermie

Tot nu toe heeft zonthermie nauwelijks een rol gespeelt in de warmtetransitie. Enkel voor het opwekken van een deel van het warm tapwater (zonneboilers) is deze techniek kleinschalig in Nederland toegepast. Voor ruimteverwarming was simpelweg de overbrugging tussen zomer en winter te lang. Maar ook dit gaat veranderen. De nieuwe generatie thermische zonnepanelen kan gedurende een langere tijd warmte uit de omgeving halen, niet alleen uit zon, maar ook uit licht en buitenlucht. Dit is voldoende om zonder opslag een bron te kunnen zijn voor een warmtepomp in een woning, gebouw of in de wijk. Ook kunnen asfaltwegen inzetten als zonnecollectoren. Door de ontwikkeling van warmteopslag kunnen we zonthermie (op termijn) ook inzetten om een groot deel van het jaar een gebouw direct te verwarmen. Afhankelijk van het seizoen kunnen er temperaturen van tussen de 40 en 80°C worden gehaald in een warmtebuffer. Met beperkte inzet van een warmtepomp kan zonthermie het gehele jaar door warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater leveren.

Hernieuwbaar gas

De alternatieve bronnen voor aardgas zijn beperkt. Dat geldt zeker voor de grote hoeveelheid aardgas, die nu in Nederland en de rest van de wereld gebruikt wordt. Naast biogas en groengas wordt waterstof vaak genoemd als alternatief voor aardgas. Waterstof is geen bron, maar een energiedrager en wordt gemaakt van aardgas (nu nog >90%) of van water met behulp van elektriciteit. Naar verwachting zal waterstof geen grote rol gaan spelen als energiedrager in de gebouwde omgeving - zeker niet voor 2030. Uiteraard is waterstof wel van groot belang als grondstof voor de industrie en mogelijk als energiebron voor (zwaarder) transport en de industrie. Daar zijn namelijk geen alternatieven beschikbaar.
Na 2030 komt mogelijk wel (wat) groene waterstof beschikbaar voor de gebouwde omgeving, althans wanneer er voldoende groene waterstof geproduceerd wordt tegen een aantrekkelijke prijs.

Fossiele bronnen

In elk scenario en bij elke infrastructuur zijn we in de energietransitie voorlopig nog steeds afhankelijk van fossiele bronnen. Geleidelijk zullen we eerst afscheid nemen van kolen en daarna ook van aardgas. Deze uitfasering kost tijd. Daarom is het noodzakelijk om tijdelijk gebruik te maken van fossiele bronnen. Bij de keuze voor een nieuwe energie-infrastructuur is het echter van groot belang dat er voldoende en bewezen alternatieven beschikbaar zijn, zodat we zo snel mogelijk afscheid kunnen nemen van fossiele bronnen. Belangrijk is dus dat we in de energietransitie steeds minder fossiele brandstoffen gebruiken en we de afhankelijkheid ervan zoveel mogelijk beperken.

Afhankelijkheid van fossiele bronnen

Tijdens de energietransitie blijven we afhankelijk van fossiele bronnen. Een goed voorbeeld van deze afhankelijkheid is een woning die zonnepanelen heeft op het dak. Het grootste deel van de energie die wordt opgewekt door de panelen, kan een huishouding niet direct gebruiken in de woning en wordt dus teruggeleverd aan het elektriciteitsnet en elders gebruikt. Als het daarentegen donker of bewolkt is en de panelen niet of nauwelijks elektriciteit produceren, gebruikt het gezin elektriciteit uit het elektriciteitsnet. Deze elektriciteit wordt opgewekt door een mix van bronnen, waarvan nu nog circa 80% fossiele bronnen als aardgas en kolen. Dat neemt niet weg dat het goed is dat we zonnepanelen op onze daken plaatsen. Dit draagt zeker bij aan de vergroening van de elektriciteitsmix in Nederland. Al het dakoppervlak in Nederland willen we dan ook zoveel mogelijk benutten voor de productie van hernieuwbare elektriciteit.

Fryslân
RES Regionale Energie Strategie