

Bronnenstrategie 8 Achterhoekse gemeenten

14-11-2025

Augusta Goedhart, Max Vroomen



Inhoudsopgave

1. Inleiding:

1. Aanleiding: Warmteprogramma's 8 gemeenten
2. Wat is een bronnenstrategie en waarom is deze uitgevoerd
3. Plan van aanpak bronnenstrategie
4. Alternatieven voor verwarmen met aardgas

2. Analyses:

1. Inzichten gebouwde omgeving
2. Bronnenanalyse: Welke warmte- en koude bronnen zijn beschikbaar
3. Clusteranalyse: Voor welke gebieden is een collectief warmtesysteem interessant (incl. fictieve doorrekening)
4. Koppeling vraag en aanbod

3. Scenarioanalyse:

1. Methodiek: doorrekening
2. Resultaten totale nationale kosten
3. Resultaten Total cost of ownership
4. Verdieping en gevoeligheidsanalyse
5. Impact op het elektriciteitsnet

4. Bronnenstrategie:

1. Conclusies en aanbevelingen

Bijlagen

1. Begrippenlijst
2. Opsomming beschikbare kaarten in aparte bijlage 2 (map)
3. Opsomming beschikbare informatie over bronnen en clusters in aparte bijlage 3
4. Waterstofladder
5. Gevoeligheidsanalyse
6. Opsomming beschikbare data in aparte bijlage 6 (excelfile)
7. Uitgangspunten rekenmethode 'warmtetool'

1. Inleiding



1.1. Aanleiding

In 2050 worden alle woningen en utiliteitsgebouwen in Nederland verwarmd zonder aardgas. Dit is afgesproken en vastgelegd in het Nationaal Klimaatakkoord uit 2019. In het Klimaatakkoord hebben overheden, bedrijven en maatschappelijke organisaties afgesproken hoe Nederland de uitstoot van broeikasgassen gaat terugdringen. Onderdeel hiervan is de warmtetransitie: de opgave om 7 miljoen woningen en 1 miljoen utiliteitsgebouwen te verwarmen met hernieuwbare energie in 2050, en dus niet meer met aardgas. De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van de warmtetransitie is vanuit het Rijk bij gemeenten belegd, ze zijn de regisseur van de lokale warmtetransitie. Alle gemeenten in Nederland, waaronder dus ook de Achterhoekse gemeenten, hebben het Klimaatakkoord ondertekend. Een verplichting per gemeente was hierbij het opstellen van een Transitievisie Warmte in 2021. Ook verplicht is de actualisatie hiervan. De geactualiseerde Transitievisie Warmte wordt een verplicht programma onder de omgevingswet: Het warmteprogramma op te leveren 31 december 2026.

In 2009 is het eerste Akkoord van Groenlo opgesteld. Het doel is een energieneutrale Achterhoek. En zo bij te dragen aan het tegengaan van de klimaatverandering, de betaalbaarheid van energiekosten en het creëren van werkgelegenheid. In 2013 is een tweede Akkoord van Groenlo gemaakt waarin het eerste akkoord is uitgewerkt. Inmiddels is er sinds 2023 een derde akkoord en wordt op de duurzaamheidsdossiers nauw samengewerkt in onder andere de waco en BAO overleggen. In 2021 hebben de 8 Achterhoekse gemeenten Aalten, Berkelland, Bronckhorst, Doetinchem, Montferland, Oost Gelre, Oude IJsselstreek en Winterswijk ieder een Transitievisie Warmte opgesteld. In de aanloop naar het opstellen van een warmteprogramma, hebben ze besloten gezamenlijk te onderzoeken welke warmtebronnen er zijn en te bekijken of een gemeenteoverstijgende strategie nodig is om deze in te kunnen zetten in de gebouwde omgeving. Daarom hebben ze adviesbureau DWTM gevraagd een bronnenstrategie op te stellen voor alle 8 Achterhoekse gemeenten.

1.2. Wat en waarom van een bronnenstrategie

Ter voorbereiding van het opstellen van het warmteprogramma, hebben de 8 achterhoekse gemeenten DWTM gevraagd een bronnenstrategie uit te voeren.

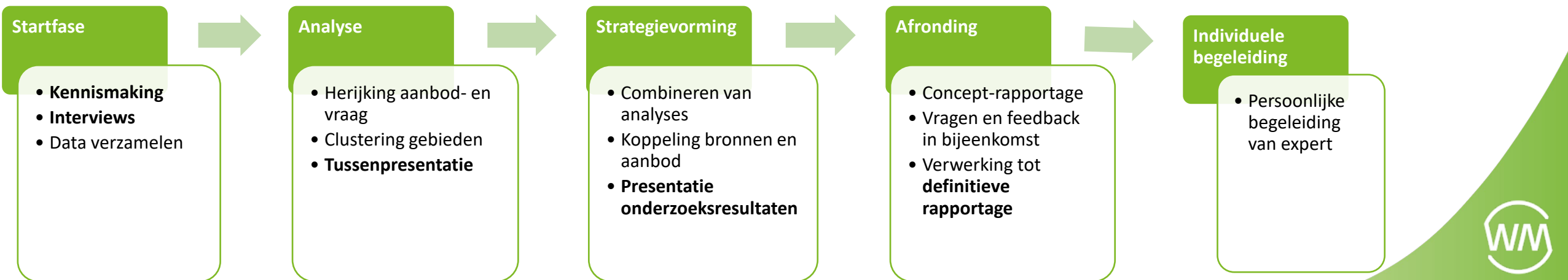
Een bronnenstrategie geeft inzichten in onder andere de warmte- en koudevraag en de daarvoor beschikbare duurzame warmte- en koudebronnen in de 8 gemeenten. Het geeft inzicht in de benodigde kosten om over te stappen op verschillende vormen van duurzame warmte. Deze worden per logisch cluster van gebouwen in kaart gebracht. Daarbij wordt zowel gekeken naar de totale nationale kosten als naar de eindgebruikerskosten. Ook wordt voor deze keuzes in kaart gebracht wat de effecten zijn van meer of minder isolatie van woningen, het wel of niet meenemen van koeling en het aantal mensen dat de overstap maakt naar een warmtenet. Ook wordt per duurzame techniek aangegeven in hoeverre deze het elektriciteitsnet belast.

De bronnenstrategie is geen allesomvattende keuze voor een warmtealternatief. Het is een modelmatige technisch-economische analyse die toetst of een alternatief lokaal passend is vanuit het kostenperspectief. Bij grote betaalbaarheidsverschillen kunnen de gemeenten hierdoor opties laten afvallen. Als de prijsverschillen binnen het redelijke liggen, kan er een reden zijn om aanvullende analyse uit te voeren waarin sociale, milieu en andere (lokale) factoren worden mee gewogen. Met deze inzichten kan iedere individuele gemeente keuzes in haar warmteprogramma onderbouwen. Daar waar synergie kansen zijn, kan samen worden opgetrokken (meer hierover in de conclusies en aanbevelingen).

1.3. Plan van aanpak (1/2)

Om tot een passende bronnenstrategie te komen, is er een aanpak in vijf stappen opgezet.

- De **startfase** is bedoeld om kennis te maken en zoveel mogelijk relevante informatie te verzamelen.
- **Analyse:** Vanuit deze basis wordt een analyse gedaan van de warmte- en koudevraag van de gebouwde omgeving in de Achterhoekse gemeenten. Daar waar veel warmte- en koude vraag dicht bij elkaar gevraagd wordt, kan de inzet van warmtenetten interessant zijn. Ook kijken we naar de isolatiegraad van de gebouwen. Dit is belangrijk omdat aardgasvrij verwarmen meestal betekent dat er een lagere temperatuur warmte wordt geleverd dan nu bij verwarmen op aardgas het geval is. Moet een woning verder geïsoleerd worden om de overstap naar aardgasvrij te maken? Dan moeten de kosten van isolatie worden meegenomen in de strategie. Op basis van gebouwinformatie, van kennis van DWTM en kennis en informatie van de 8 gemeenten worden logische groepen van gebouwen samen geclusterd. In deze fase zijn ook warmtebronnen in kaart gebracht die geschikt zijn als bron voor een warmtenet. Hiervoor is gekeken naar openbare data, naar informatie van broneigenaren, naar gegevens die gemeenten beschikbaar hebben en is expertise van DWTM ingezet.



1.3 Plan van aanpak (2/2)

- **Strategievorming:**

- Met de bronnen in beeld en logische clusters van gebouwen, is gestart met een eerste analyse: er is gekeken naar de geschiktheid per cluster om over te kunnen stappen op een warmtenet. Door een fictieve goedkope warmtebron te verzinnen die in het cluster staat, ontstaat een optimaal scenario: er hoeft geen afstand (en dus leidingwerk extra) overbrugt te worden om een warmtenet aan te leggen. Voor elk cluster is doorgerekend wat de kosten zijn om op dit warmtenet over te stappen. Dit is vergeleken met de kosten om over te stappen op de goedkoopste individuele oplossing: de lucht-water warmtepomp. Waarom deze focus op een warmtenet scenario? Om snel duidelijkheid te geven. Levert deze vergelijking tussen goedkoop warmtenet en goedkope warmtepomp voor een gebied op dat de warmtepomp duidelijk goedkoper is? Dan is duidelijk dat zelfs in een optimaal scenario een warmtenet hier technisch-economisch niet past en uitgesloten kan worden.
- Daarna volgt de doorrekening met de echte, beschikbare warmtebronnen. Op veel plekken zijn optimale goedkope warmtebronnen niet beschikbaar dus zal nog een aantal warmtenet gebieden afvallen.
- Om de technisch-economische uitkomsten beter op waarde te kunnen schatten, zijn een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Daar wordt antwoord gegeven op vragen als: Wat is het effect op de uitkomsten als minder duurzame oplossingen worden weggelaten? Wat is het effect wanneer er een lagere warmterekening wordt gevraagd aan bewoners die aansluiten op een warmtenet?
- Vanuit deze resultaten is onderling besproken hoe hier (gezamenlijk) mee verder te gaan: wat is een logische strategie. Daarover staat meer in de conclusies en aanbevelingen.

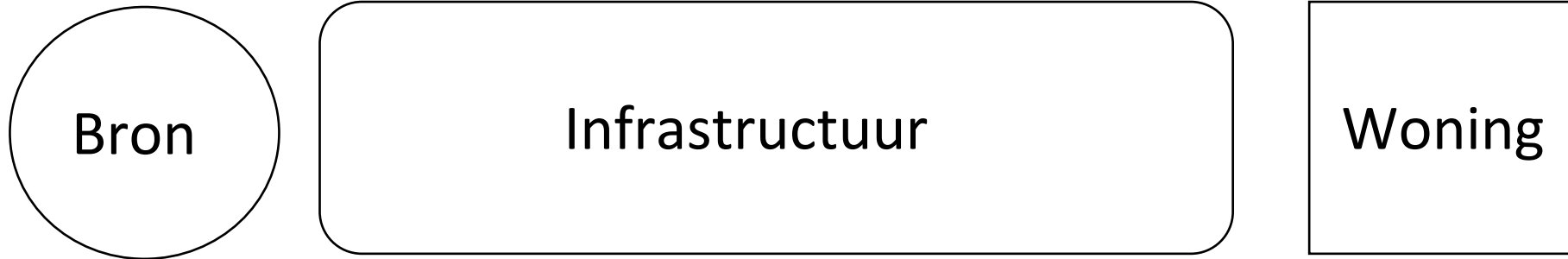
- **Afronding en individuele begeleiding:** De resultaten zijn besproken met de 8 gemeenten zowel ambtelijk als bestuurlijk. Iedere gemeente heeft naar behoefte nog 40 uren begeleiding gehad om het warmteprogramma verder vorm te geven.



1.4 Alternatieven voor verwarmen op aardgas



Hoe ziet een warmtesysteem er uit? (1/4)

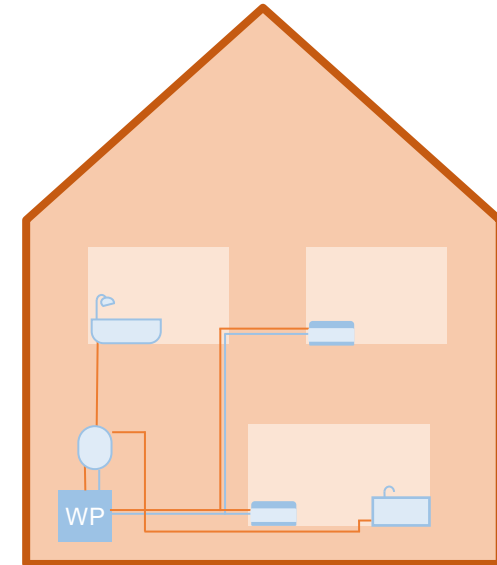
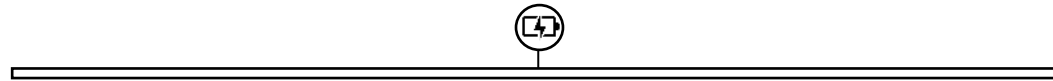


Om een woning te verwarmen zijn een warmtebron en een infrastructuur nodig. Ook moeten koppelingen gemaakt worden tussen bron, infrastructuur en woning. In de woning is een installatie nodig die de aangeleverde bron warmte omzet naar bruikbare warmte en ook moet de warmte door de woning worden getransporteerd. Momenteel worden de meeste woningen verwarmd met aardgas als bron. Dit wordt getransporteerd via het aardgasnet. In de woning wordt het aardgas toegeleverd aan een CV ketel. In de CV ketel wordt het aardgas verbrand (waarbij CO₂ vrij komt). Door de vlam wordt de buizen van de waterleiding en verwarmingsleiding geleid en opgewarmd. Zo heb je warm kraanwater en worden de radiatoren in je woning warm.

Om een woning aardgasvrij te verwarmen, zijn 3 oplossingsrichtingen beschikbaar. De inzet van verschillende typen warmtepompen, de inzet van verschillende typen warmtenetten en de inzet van duurzame gassen. Op de volgende 3 slides is te zien hoe de warmtesystemen er uit zien voor elk van deze 3 oplossingsrichtingen.

Hoe ziet een warmtesysteem er uit? (2/4)

- **Bron:** Elektra
- **Infrastructuur:** Het elektriciteitsnet
- **Woning:** Warmtepomp en boiler

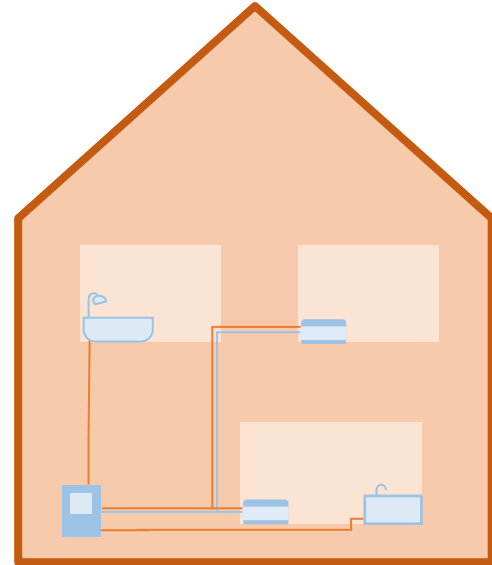
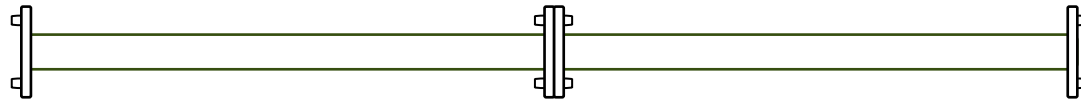


Warmtepomp-oplossingen:

De bron is elektriciteit. Dit wordt getransporteerd via het elektriciteitsnetwerk. Overal in Nederland ligt al een elektriciteitsnetwerk. Het is nog niet overal geschikt voor de elektrificatie die nu plaats vindt (elektrische auto's, zonnepanelen, warmtepompen). Verzwaring van het elektriciteitsnetwerk is op de meeste plaatsen dus nog nodig. In de woning wordt de elektriciteit ingezet om met een warmtepomp warmte van buiten het huis naar binnen het huis te pompen en op te waarden naar een nuttige temperatuur. Dit kan warmte uit de buitenlucht zijn of warmte uit de bodem of de zon. De warmte binnen wordt afgegeven aan het water voor de CV of rechtstreeks aan de binnenlucht. Daarnaast is een elektrisch boiler nodig dat gedurende de dag elektrisch of vanuit de warmtepomp wordt verwarmd en dat warm tapwater levert. Wanneer er (nog) geen boiler in gebruik is en er nog aardgas wordt gebruikt voor het warmte tapwater, spreekt men van een hybride warmtepomp oplossing. Tenslotte moeten het koken op aardgas worden vervangen door elektrisch koken.

Hoe ziet een warmtesysteem er uit? (3/4)

- **Bron:** Warmte
- **Infrastructuur:** Een warmtenet
- **Woning:** Afleverset

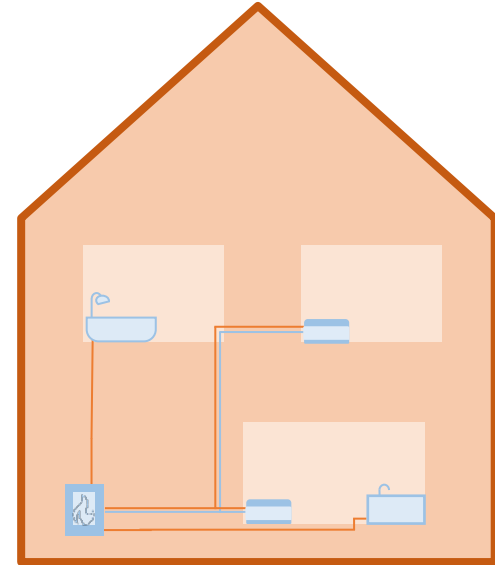
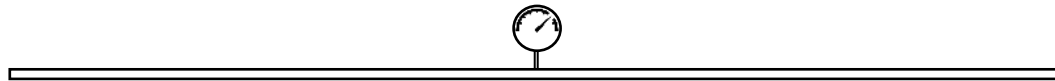


Warmtenet-oplossingen:

De bron is een vorm van warmte. Bijvoorbeeld uit de aarde, uit de lucht, uit de zon of restwarmte van een fabriek. De warmte wordt overgedragen aan water en dit water wordt getransporteerd via een warmtenet. Op de meeste plekken in Nederland ligt nog geen warmtenet. In de Achterhoek bevindt zich een warmtenet in Didam, een klein warmtenet bij Friesland Campina Borculo en een klein warmtenet in Oost Gelre waar het gemeentehuis op is aangesloten. Afhankelijk van de bron en van ontwerpkeuzes kunnen verschillende temperaturen warm water worden aangeleverd aan de woning (van 15 tot 90 graden, meer daarover in [deze](#) slides). In de woning wordt het warme water via een afleverset overgezet naar bestaande warm water en CV leidingen in de woning. Afhankelijk van de geleverde temperatuur van warmte is ook een elektrisch boiler vat nodig dat gedurende de dag elektrisch of vanuit een warmtepomp wordt verwarmd en dat warm tapwater levert. Ook kan het nodig zijn de aangeleverde warmte na te verwarmen met een warmtepomp die dit vervolgens levert aan het CV systeem. Tenslotte moet het koken op aardgas worden vervangen door elektrisch koken.

Hoe ziet een warmtesysteem er uit? (4/4)

- **Bron:** (klimaatneutraal) gas
- **Infrastructuur:** Het gasnet
- **Woning:** CV-ketel



Klimaatneutrale gassen:

De bron is groengas of groene waterstof. Groengas wordt gemaakt door het vergisten van groen/landbouw afval. Groene waterstof wordt gemaakt door elektrolyse met duurzaam opgewekte elektriciteit. Bij elektrolyse wordt water 'onder stroom gezet' waardoor het water wordt omgezet in waterstof en zuurstof. Het groene gas of waterstof wordt getransporteerd via het bestaande gasnetwerk. In de woning wordt het aardgas toegeleverd aan een CV ketel. In de CV ketel wordt het aardgas verbrand (waarbij CO₂ vrij komt). Door de vlam wordt water verwarmd wat door je waterleiding en verwarmingsleiding stroomt. Zo heb je warm kraanwater en worden de radiatoren in je woning warm. Koken kan ook op de bestaande gaspitten. Bij inzet van waterstof zullen soms wel aanpassingen aan het gasnet in en buitenshuis moeten worden gedaan om het meer lekdicht te maken. Ook zal er een andere brander op de CV ketel nodig zijn.

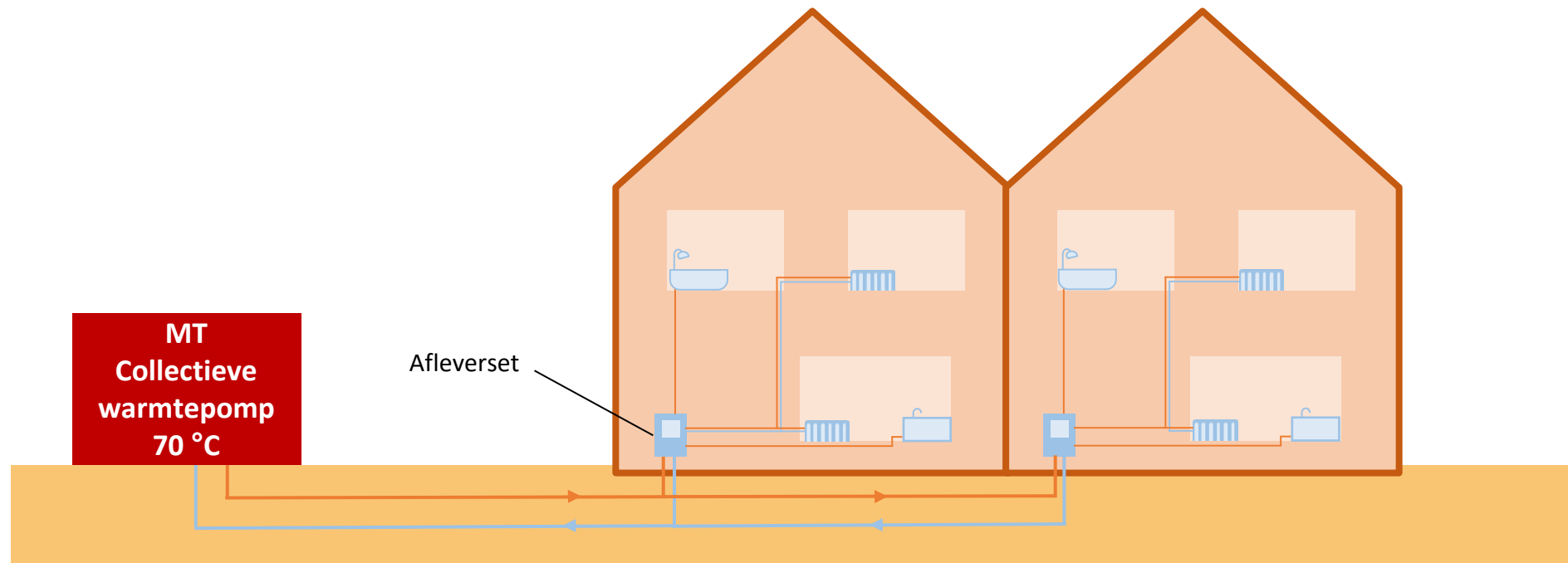
Temperatuur van de warmte en isolatie

Zowel warmtepomp oplossingen als warmtenet oplossingen hebben varianten die verschillende temperaturen warmte aan een woning leveren. Er zijn lage temperatuur warmtepompen (50 graden) en midden temperatuur warmtepompen (70 graden). Warmtenetten kunnen, afhankelijk van de bron en ontwerpkeuzes warmte tussen ca 15 en 90 graden aanvoeren.

Bij een aardgas verwarmde woning is de aanlevertemperatuur van de warmte vaak zo'n 80 graden. De overstap naar een warmtepomp of warmtenet betekent dus bijna altijd dat er lagere temperatuur warmte aan de woning wordt geleverd. Om daarmee een woning tóch snel en tot een comfortabel niveau te kunnen verwarmen is isolatie van de woning nodig. Op de volgende 3 slides is voor verschillende temperatuurniveaus van warmtenetten weergegeven wat er nodig is.

Temperatuur	Temperatuur (°C)	Vereist schillabel	Extra tapwatervoorziening?
Laag	50°C	A/B	Ja
Midden	70°C	D	Nee
Hoog	> 80°C	Geen vereisten	Nee

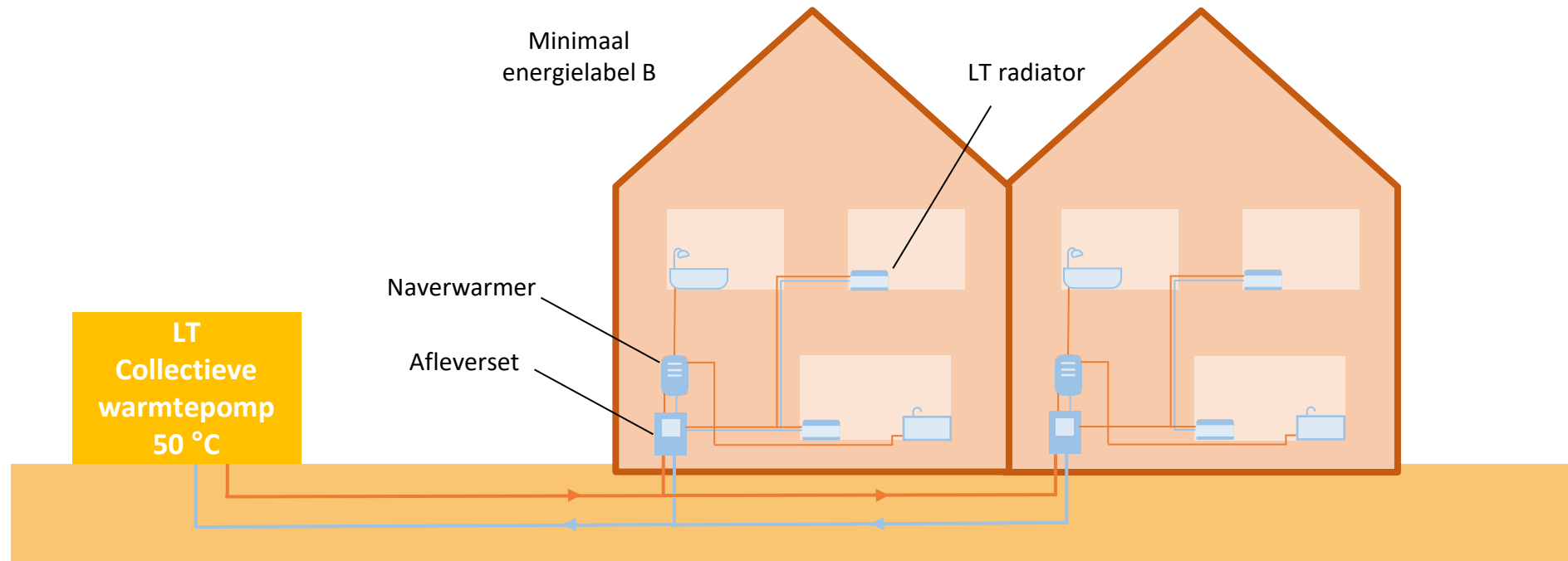
MT-Warmtenet



De meeste woningen kunnen goed en snel verwarmd worden met een aanlevertemperatuur van 70 °C. Dit wordt midden temperatuur (MT) genoemd. Om je woning op deze temperatuur te verwarmen is een minimaal schillabel van D* vereist. Meer dan 86% van de woningen in Nederland met een geldig label hebben al een label D of beter. Voorbeelden van warmtebronnen die midden temperatuur warmte leveren: Ondiepe geothermie, midden temperatuur restwarmte van fabrieken.

* zie begrippenlijst voor meer toelichting.

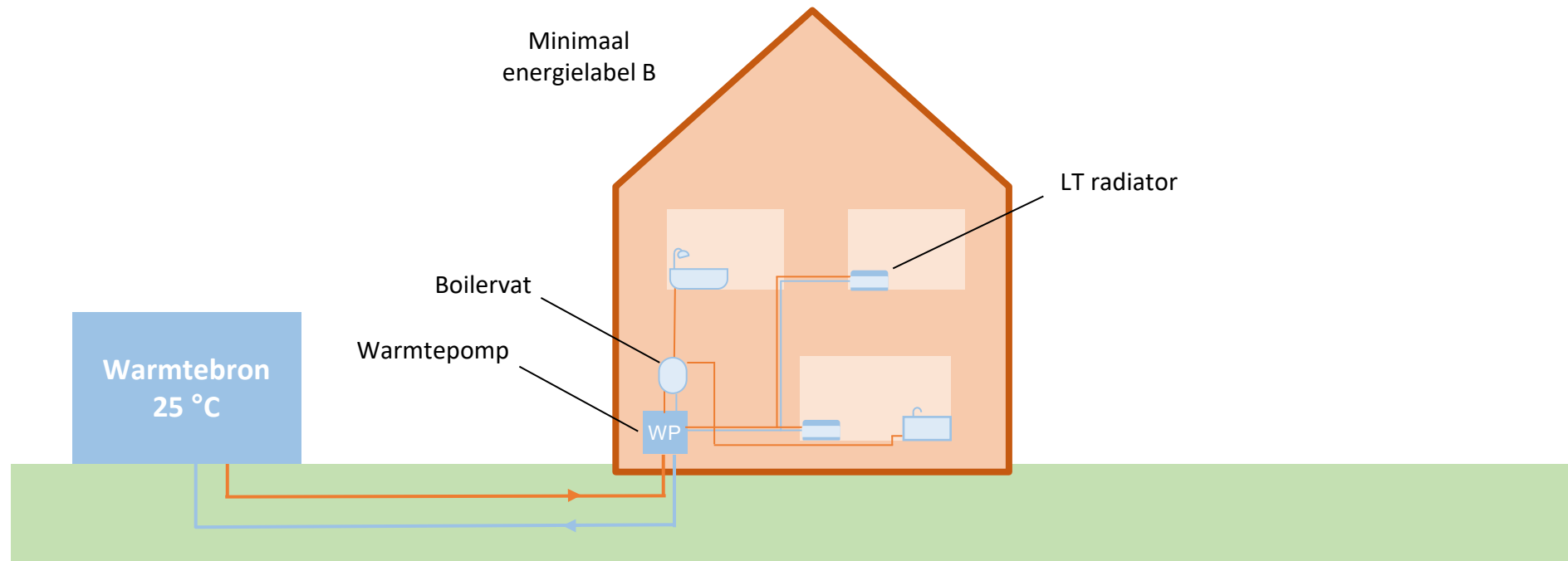
LT-Warmtenet



De meeste woningen kunnen goed en snel verwarmd worden met een aanlevertemperatuur van 70 graden. Wordt er lage temperatuur (LT) warmte van 50 graden aangeleverd, dan is het meestal nodig de woning tot een energie (schil)label B* te isoleren. De radiatoren in de woning krijgen nu water van 50 graden aangevoerd. Wordt de woning daardoor niet (snel genoeg) warm? Dan kan het nodig zijn om speciale lage temperatuur radiatoren (LT radiatoren) te plaatsen in de ruimten waar je onvoldoende comfort ervaart. Ook is het nodig om een naverwarmer te plaatsen voor voldoende heet tapwater. Voorbeelden van lage temperatuur warmtebronnen zijn lage temperatuur restwarmte van fabrieken en WKO+ drycoolers*.

* zie begrippenlijst voor meer toelichting.

Bronnet



Wordt er een zeer lage temperatuur (ZLT) warmte van tussen de 12 en 25 graden aangeleverd, dan is het meestal nodig de woning tot een energie (schil)label B te isoleren. Deze temperatuur is niet voldoende om aan te voeren aan de radiatoren: er moet dus een warmtepomp worden geplaatst die de warmte opwaardeert voordat deze naar de radiatoren gaat. De radiatoren in de woning krijgen nu water van 50 graden aangevoerd. Wordt de woning daardoor niet (snel genoeg) warm? Dan kan het nodig zijn om speciale lage temperatuur radiatoren (LT radiatoren) te plaatsen in de ruimten waar je onvoldoende comfort ervaart. Ook is het nodig om een naverwarmer te plaatsen voor voldoende heet tapwater. Een voorbeeld van een ZLT bron is Thermische energie uit oppervlakte water.

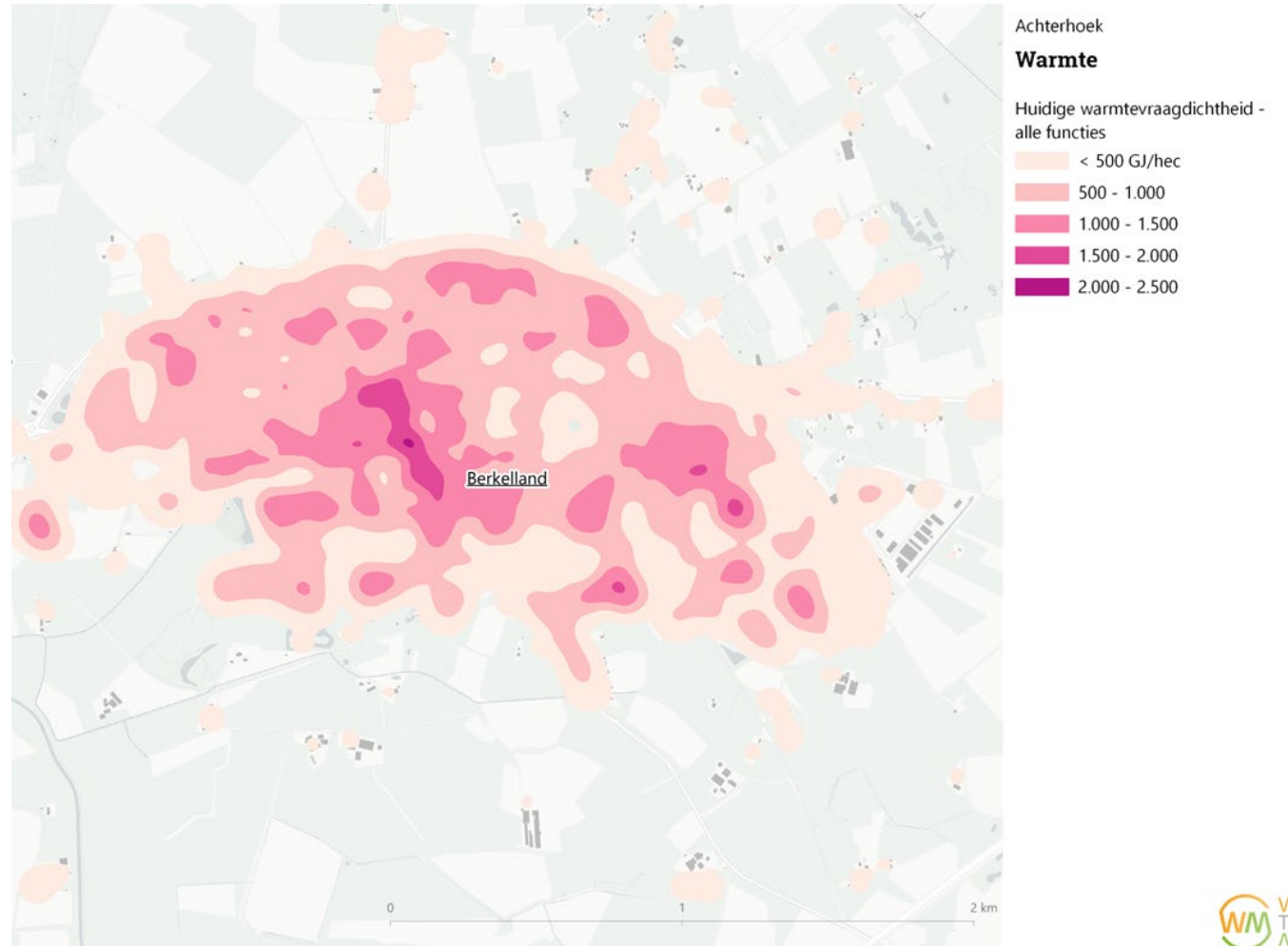
2.1 Inzicht in de gebouwde omgeving



Warmtevraagdichtheid

De warmtevraagdichtheid is een belangrijke parameter voor de haalbaarheid van collectieve systemen. Het beschrijft hoeveel warmtevraag er is binnen een bepaald gebied. Des te hoger de warmtevraagdichtheid, des te groter de kans van slagen van een collectief warmtesysteem. Dit komt doordat de kosten van een collectief systeem afhankelijk zijn van de aan te leggen warmtenetmeters en de baten afhankelijk zijn van de hoeveelheid af te geven warmte.

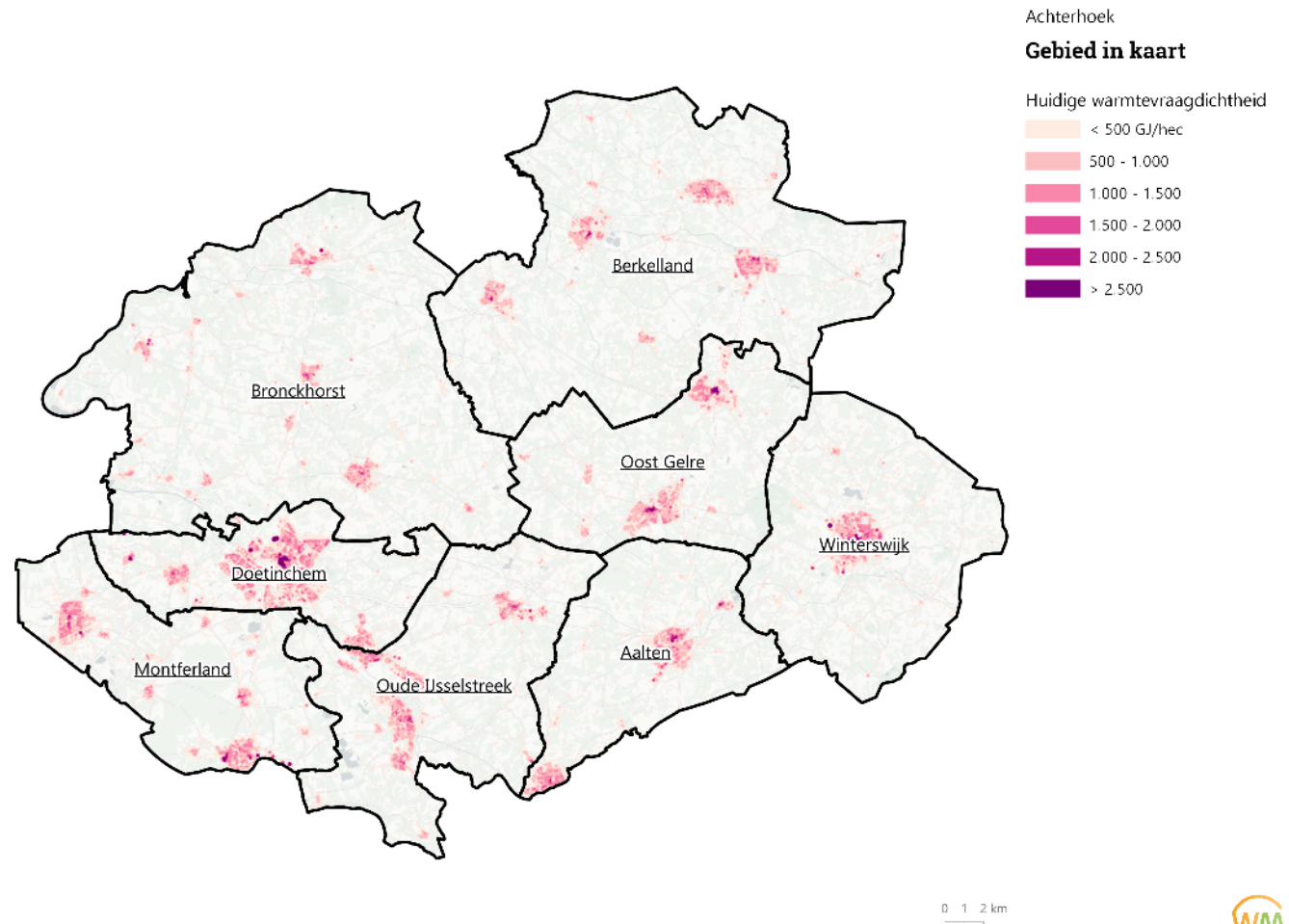
Vanaf een warmtevraag van 1000 GJ/hectare kan een warmtenet kansrijk zijn. Voor gebieden met een warmtevraag van minder dan 500 GJ/Hectare is een warmtenet zeker niet haalbaar in kosten.



Warmtevraagdichtheid gehele Achterhoek

Op de kaart rechts is de huidige warmtevraagdichtheid van de Achterhoek te zien. Logischerwijs ziet men in de kernen een hogere dichtheid. Met name in het centrum van Doetinchem is een zeer hoge dichtheid te zien.

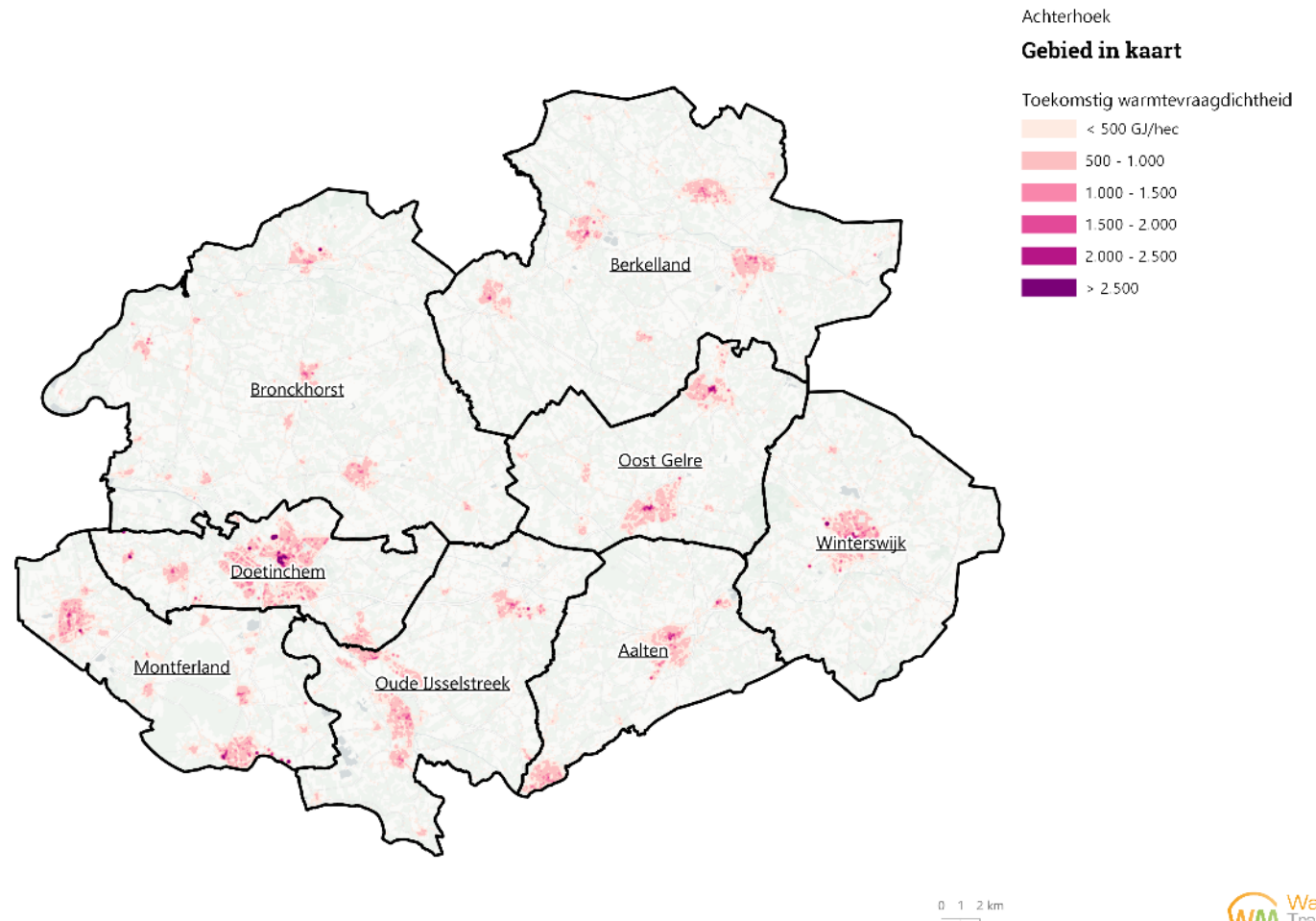
De kleinere kernen hebben een relatief lage warmtevraagdichtheid.



Warmtevraagdichtheid gehele Achterhoek

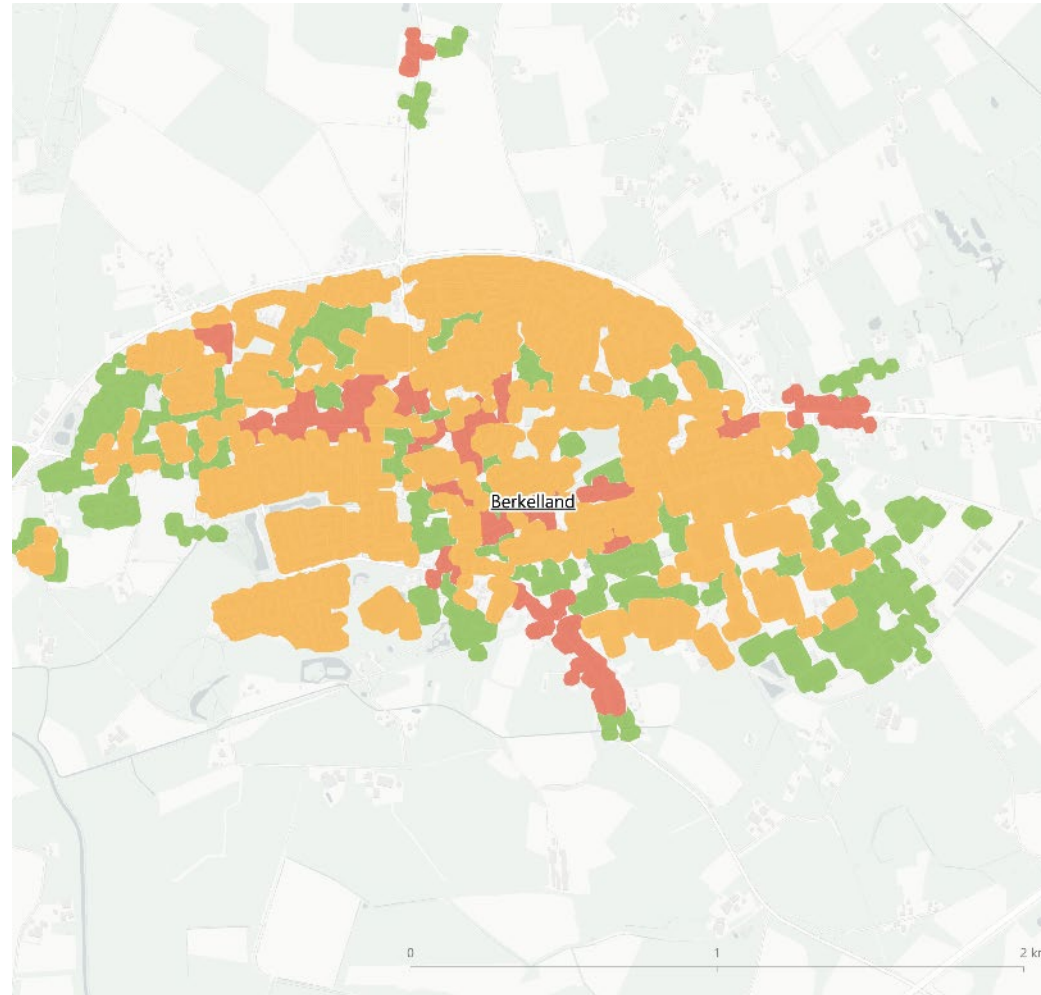
De toekomstige warmtevraagdichtheid zal lichtelijk afnemen doordat woningen beter geïsoleerd zullen zijn en door de opwarming van de aarde. Het is goed om dit mee te nemen.

Detail kaarten per gemeente zijn in een aparte bijlage 2 toegevoegd.



Warmteprofielen

De warmteprofielen geven aan wat de huidige en toekomstige temperatuurbehoefte van gebieden is. Dit wordt bepaald op basis van het huidige label en een toekomstig haalbaar label. Een woning met een goed label (A/B) kan goed verwarmd worden met lage temperatuur warmte ($< 50^{\circ}\text{C}$). Een woning met een middelmatig label (C/D) heeft een middelhoge temperatuur nodig om te verwarmen ($\sim 70^{\circ}\text{C}$). Een woning met een slecht label (E/F/G) heeft een hoge temperatuur nodig om te verwarmen ($> 70^{\circ}\text{C}$). Isoleren is voor de woningen met labels C en D meestal haalbaar. Voor woningen met labels E, F of G is dit soms lastig. Denk aan monumenten en vooroorlogse woningen die geen spouw hebben waardoor muurisolatie lastig is. Of waar aanpassingen niet mogen vanwege beschermde status. Deze woningen zullen in de toekomst waarschijnlijk ook een hogere temperatuur nodig blijven hebben om te verwarmen.



Achterhoek

Warmte

Warmteprofielen

- Moeilijk geschikt te maken voor lage temperatuur
- Geschikt te maken voor lage temperatuur
- Geschikt voor lage temperatuur

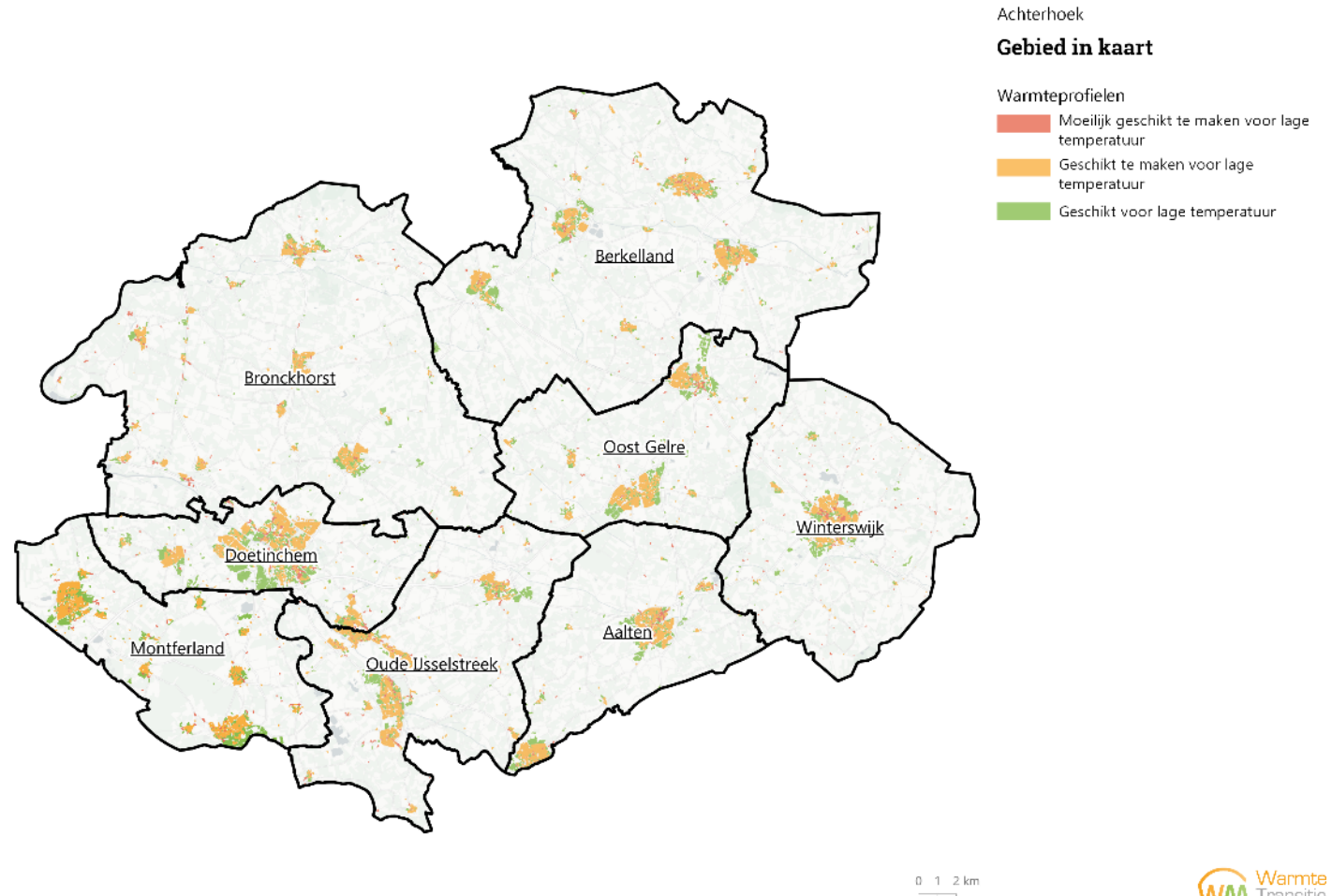
Warmteprofielen gehele Achterhoek

In de achterhoek zijn er met name oranje warmteprofielen te zien. Dit wil zeggen dat veel van de woningen op dit moment nog niet 'goed' geïsoleerd zijn (lees nog geen label A/B hebben), maar wel goed te isoleren zijn om op lage temperatuur te kunnen verwarmen.

Her en der zijn groene profielen te zien. Dit zijn veelal de nieuwbouwwijken met labels A/B of beter.

Op enkele plekken zijn rode profielen te zien. Dit zijn de oude, vooroorlogse, dorps- en stadskernen.

Detail kaarten per gemeente zijn in een aparte bijlage 2.



Koudevraagdichtheid (huidig)

In de kaart rechts staat de koudevraag dichtheid op dit moment. In de legenda is te zien dat de hoogte van de koudevraag significant lager is dan de warmtevraag. De koudevraag is op dit moment slechts 5-10% van de warmtevraag. De precieze hoeveelheid koudevraag is nog niet bekend, ook omdat een deel bijvoorbeeld wordt opgevangen door vergroening van tuinen en zonwering. Er is daarom aangenomen dat elk pand 5-10% warmtevraag heeft. Deze verhouding zal echter veranderen in de toekomst naarmate de warmtevraag daalt en de koudevraag stijgt door de opwarming van de aarde.

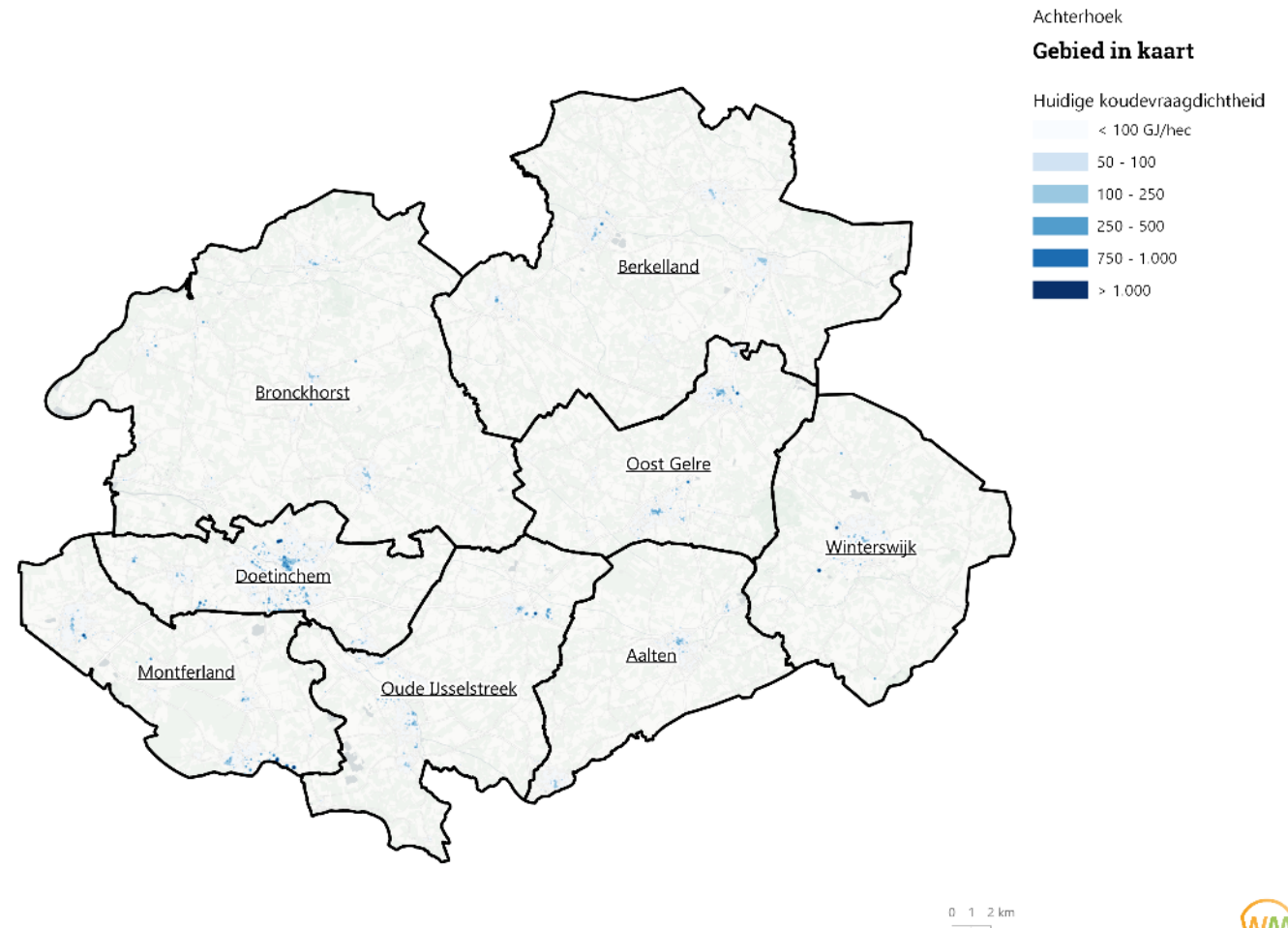


Koudevraagdichtheid gehele achterhoek

Op de kaart rechts is de huidige koudevraagdichtheid te zien voor alle gemeenten. De koudevraag is met name in dichtbebouwde gebieden en rond bepaalde utiliteiten als ziekenhuizen, scholen en kantoren al aanwezig.

Detail kaarten per gemeente zijn in een aparte map bijgevoegd.

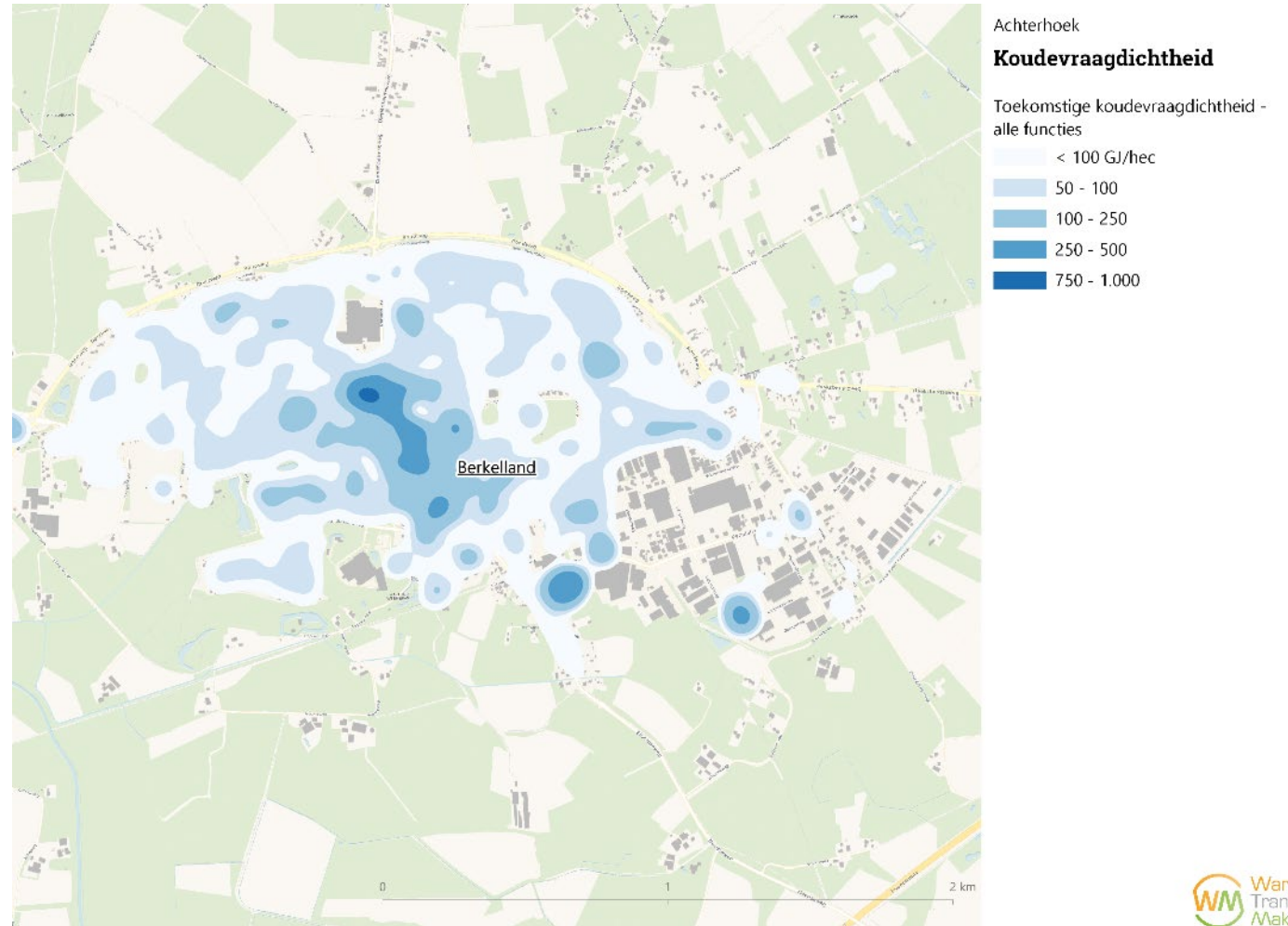
Detail kaarten per gemeente zijn te vinden in aparte bijlage 2.



Koudevraagdichtheid (toekomstig)

Het is waarschijnlijk dat de koudevraag fors gaat stijgen als gevolg van opwarming van de aarde. In de kaart rechts staat als voorbeeld weergave van de koudevraag op basis van een 'laag' klimaatscenario van het KNMI. Dit is het scenario waarbij de aarde niet zo sterk zal opwarmen. In dat scenario zien we een toename van 133%*. Het is goed mogelijk dat niet het 'lage' scenario maar een extremer KNMI scenario realiteit wordt. In het 'hoge' klimaatscenario zal de koudevraag met 207% toenemen.

Het is duidelijk dat koude een belangrijk onderdeel gaat zijn bij de overstap naar aardgasvrij.

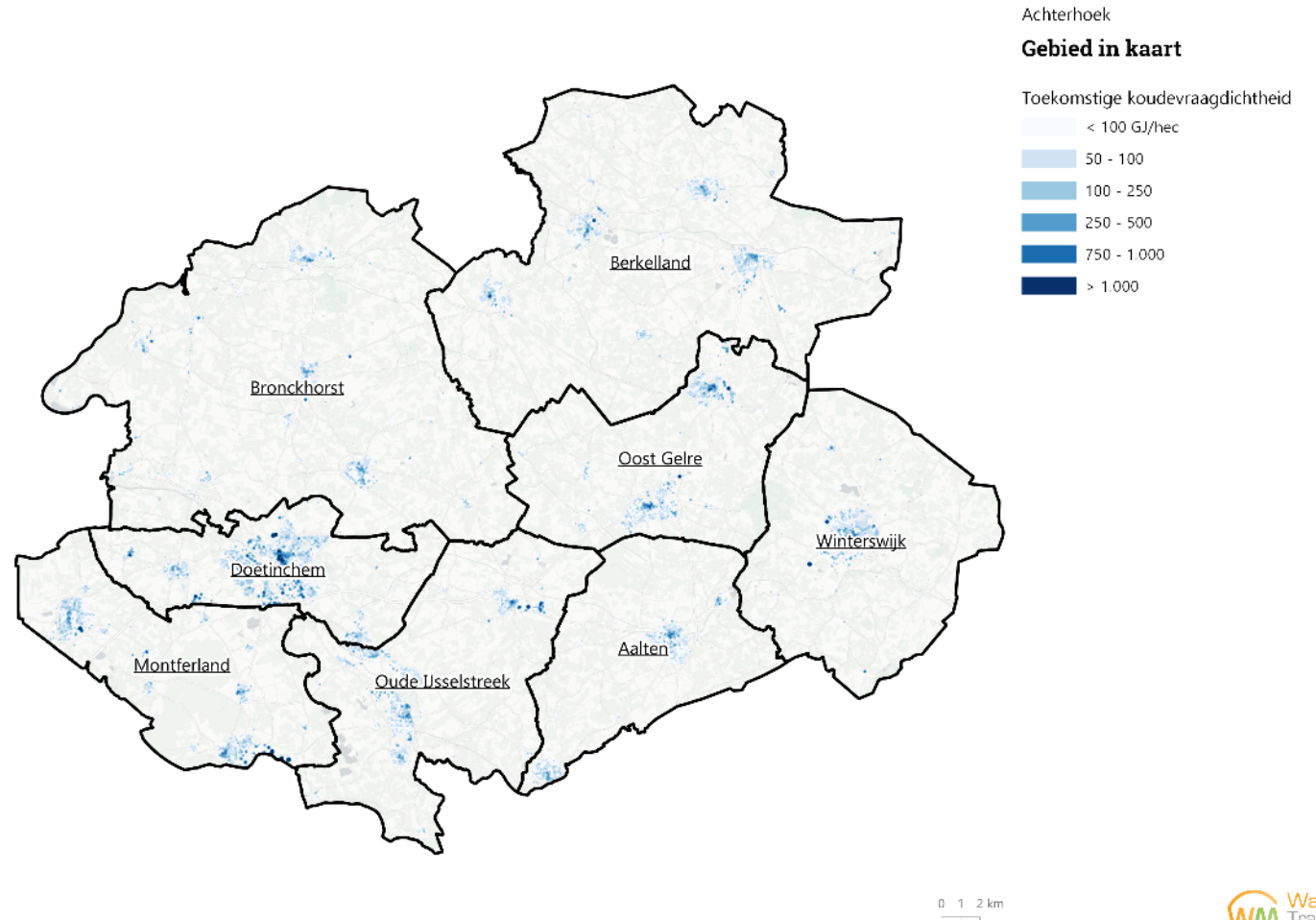


*KNMI klimaatscenario 2014

Koudevraagdichtheid gehele achterhoek

Op de kaart van de toekomstige koudevraagdichtheid is te zien dat deze fors zal toenemen in de toekomst.

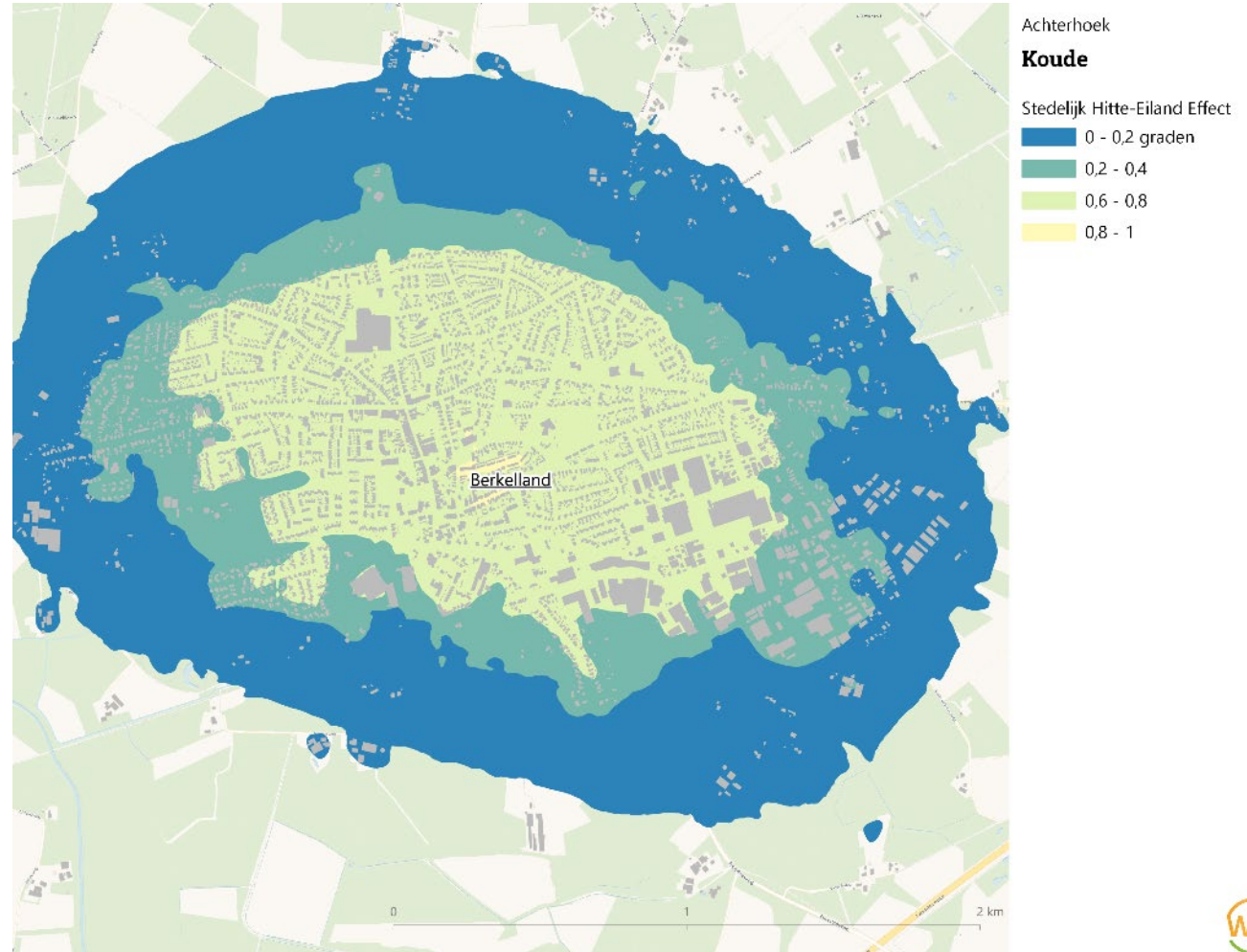
Detailkaarten per gemeente zijn te vinden in bijlage 2.



Stedelijk Hitte-Eiland Effect

Een stedelijk hitte-eiland, of hitte-eiland effect, is het verschijnsel waarbij de luchttemperatuur in een stad of dichtbebouwd gebied hoger is dan in de omliggende landelijke gebieden. Op de kaart is te zien dat in Neede dit effect tot 1 graad in temperatuur uit maakt. In grotere Nederlandse steden kan dit effect wel oplopen tot een verschil van 5 graden.

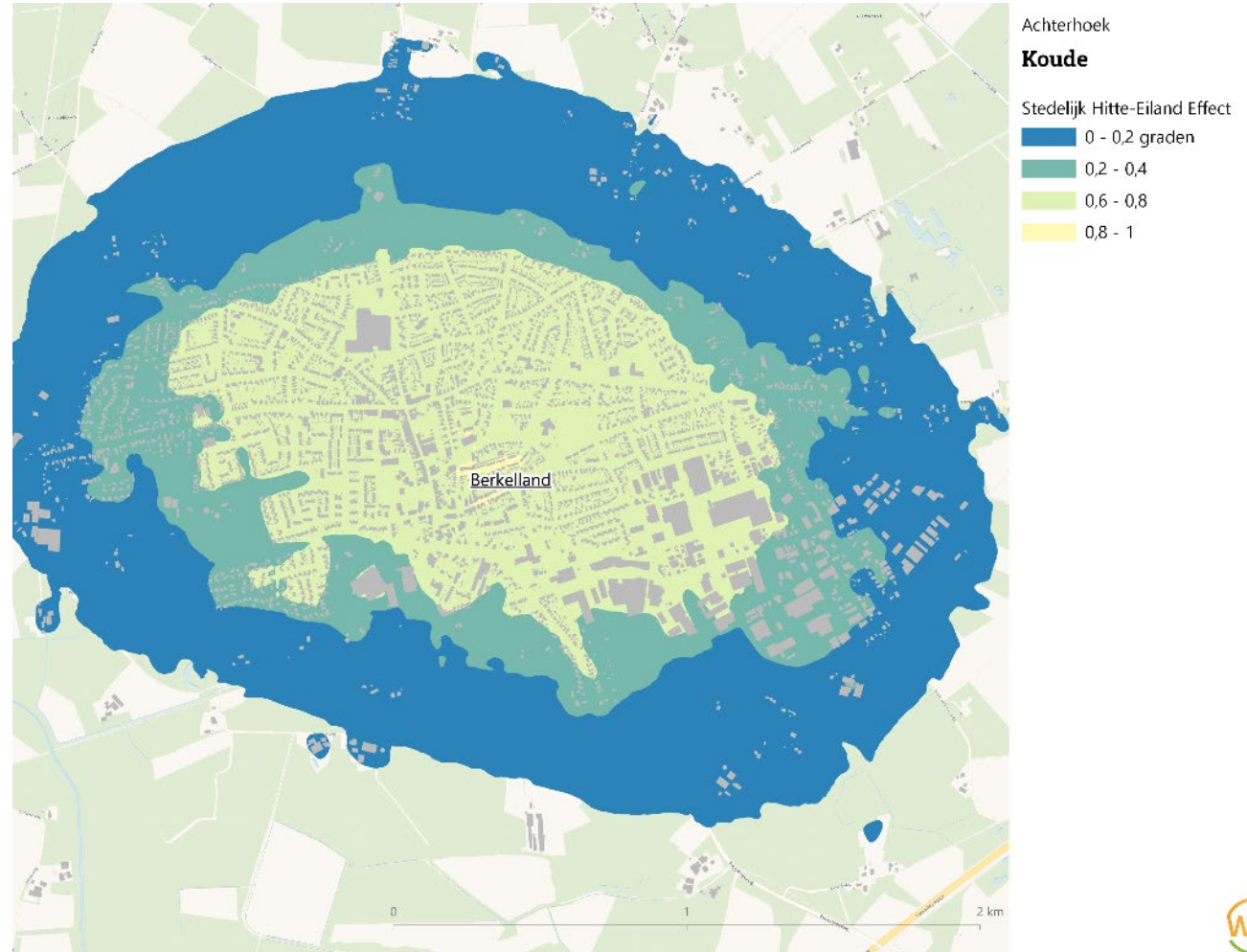
Dit effect is niet meegenomen in de berekeningen. Het kan wel worden meegewogen in de keuze per individuele gemeente: het kan handig zijn eerder te starten met aardgasvrij in gebieden waar dit effect groter is. Door een aardgasvrije verwarm- en koeloptie eerder in deze gebieden te bieden, wordt discomfort zoveel mogelijk voorkomen.



Stedelijk Hitte-Eiland Effect

Een stedelijk hitte-eiland, of hitte-eiland effect, is het verschijnsel waarbij de luchttemperatuur in een stad of dichtbebouwd gebied hoger is dan in de omliggende landelijke gebieden. Op de kaart is te zien dat in Neede dit effect tot 1 graad in temperatuur uit maakt. In grotere Nederlandse steden kan dit effect wel oplopen tot een verschil van 5 graden.

Dit effect is niet meegenomen in de berekeningen. Het kan wel worden meegewogen in de keuze per individuele gemeente: het kan handig zijn eerder te starten met aardgasvrij in gebieden waar dit effect groter is. Door een aardgasvrije verwarm- en koeloptie eerder in deze gebieden te bieden, wordt discomfort zoveel mogelijk voorkomen.

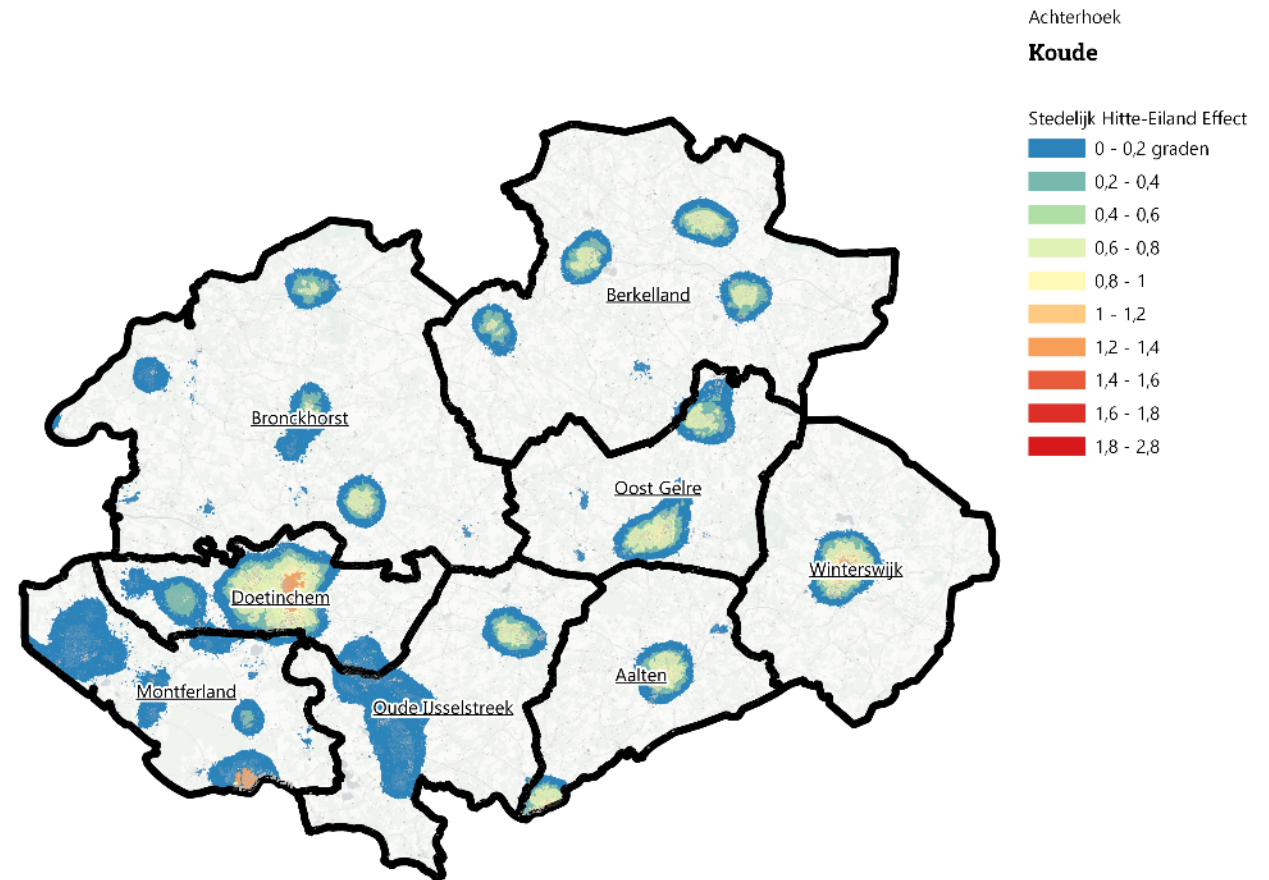


Stedelijk Hitte-Eiland Effect (Achterhoek)

Des te groter de stad of hoe dichter gebouwen op elkaar staan, des te hoger het stedelijke hitte-eiland effect is.

Gedetailleerde informatie per gemeente is te vinden via:

<https://www.atlasleefomgeving.nl/stedelijk-hitte-eiland-effect-uhi>



0 1 2 km

2.2 Bronnnenanalyse



Bronnenanalyse

Om een woning te kunnen verwarmen is er een warmtebron nodig. Zoals in [deze](#) slides uitgelegd is, kunnen we de warmtebronnen onderverdelen in drie verschillende categorieën:

1. Elektriciteit
2. Warmte
3. Klimaatneutraal gas

Elk van deze bronnen zou een woning op zichzelf kunnen verwarmen, maar soms bestaat een systeem ook uit een combinatie van bronnen. Denk bijvoorbeeld aan een hybride warmtepomp of aan warmtenet met een lage temperatuur warmtebron die opgewaardeerd wordt met behulp van een warmtepomp en een piekvoorziening op gas heeft.

Om te onderzoeken welke bronnen geschikt zijn voor het verwarmen van de woningen in de Achterhoek, is bepaald wat de potentie van de bronnen is. Op de volgende slides wordt per bron een uitleg gegeven over de potentie.

Bronnenanalyse - elektriciteit

Elektriciteit is een vorm van energie die door middel van een gloeispiraal, inductie of met een warmtepomp de energie om kan zetten in warmte.

De potentie (hoeveelheid energie) van elektriciteit is moeilijk te kwantificeren. Elektriciteit is van belang voor onze hele samenleving en voor veel meer doeleinden dan verwarmen. Daarom is het elektriciteitssysteem robuust opgebouwd, zodat er geen tekort aan elektrische energie zal zijn. Denk aan windmolens en zonnepanelen, maar ook aan piekcentrales die in noodsituaties aanvullende elektriciteit kunnen produceren.

In tegenstelling tot de hoeveelheid elektrische energie, is er de laatste jaren wel meer druk gekomen op de hoeveelheid transporteerbaar vermogen van elektriciteit. Het vermogen is de hoeveelheid energie op één gegeven moment. De hoeveelheid transporteerbaar vermogen wordt bepaald door het elektriciteitsnet. Deze is uitgelegd op een situatie waarin de samenleving nog niet zo geëlektrificeerd was als tegenwoordig. Sinds een aantal jaren zijn er meer elektrische huishoudelijke apparaten, zonnepanelen en elektrische auto's bijgekomen. Dit vraagt meer vermogen van het elektriciteitsnet. In de toekomst zullen we ook meer elektrisch gaan verwarmen, wat nog meer druk op het net kan leggen.

De netbeheerders zijn druk bezig met het verzwaren van het bestaande elektriciteitsnet om voldoende voorbereid te zijn, maar kunnen dit natuurlijk niet in één keer doen. Dit vormt de grootste uitdaging voor het elektrificeren van de warmtevraag. Het betekent dat het elektrificeren wel mogelijk is, maar dat goed gekeken en afgestemd moet worden waar en wanneer de warmtevraag geëlektrificeerd *kan* worden.

Bronnenanalyse – warmte (1/3)

De tweede categorie van bronnen is warmte. Warmte kan vervoerd worden via verschillende transportmedia, maar de meest voorkomende zijn water en lucht. Denk hierbij aan oppervlaktewater en geothermische watervoerende pakketten of aan rookgassen van een fabriek of simpelweg de buitenlucht. Warmtebronnen bestaan op alle verschillende temperatuurniveaus. Voor het verwarmen van woningen is echter een specifieke temperatuur nodig om te woning warm te krijgen. Daarom worden warmtebronnen vaak gecombineerd met een warmtepomp. Het voordeel van de warmtebron is vervolgens dat de warmtepomp zeer efficiënt kan werken door de hogere temperatuur van de bron.

Warmtebronnen zijn vaak grootschalige bronnen die met grote investeringskosten gepaard gaan. In deze context kijken we vaak naar warmtebronnen voor de inzet in collectieve systemen. In een paar gevallen kunnen ze echter ook gebruikt worden voor individuele of klein-collectieve systemen, zoals bij bodemenergie.

Voor deze studie hebben we gekeken naar de volgende warmtebronnen:

- Aquathermie
- Bodemenergie
- Geothermie
- Restwarmte
- Zonthermie

Bronnenanalyse – warmte (2/3)

Om de verschillende warmtebronnen in de regio te inventariseren hebben we een aantal stappen doorlopen.

1. **Alle relevante en vindbare openbare data opgenomen.** We hebben hier gebruik gemaakt van openbare datasets, zoals de Gelderse Warmteatlas, de standaard Warmteatlas, de Aquathermieviewer, ThermoGIS en de WKOtool. Dit zijn datasets die ontzettend veel informatie bevatten, maar waarvan de data niet altijd van de beste kwaliteit is, omdat de gegevens bijvoorbeeld verouderd of incompleet zijn.

2. **Zoveel mogelijk onderzoeken geraadpleegd.** Denk hierbij aan het bodemenergie onderzoek van IF-Technology, het geothermie onderzoek van PANterra en Witteveen en Bos en meerdere haalbaarheidsonderzoeken in de regio. Deze onderzoeken geven vaak geen inzichten in *nieuwe* warmtebronnen, maar geven wel een veel gedetailleerder beeld van de *potentie van bestaande* warmtebronnen.

3. **Verrijking van data met kennis vanuit de regio door interviews** met de verschillende gemeenten, de twee broneigenaren Friesland Campina en Vulcanus en andere stakeholders. Uit deze gesprekken kwamen de nieuwste ontwikkelingen naar voren. Zowel in het gebied van nieuwe bronnen als de context omtrent de bestaande bronnen en gedetailleerdere informatie over de potentie.

Vervolgens hebben we alle opgehaalde informatie gebruikt om een zo compleet mogelijk beeld van de warmtebronnen te krijgen. Het doel was om te onderzoeken welke bronnen geschikt en realistisch zijn en zo ja, wat hun potentie is.

Bronnenanalyse – warmte (3/3)

Zo hebben we alle bronnen nagelopen op satelliet beelden en Google Street View. In sommige gevallen kwam hier uit dat een warmtebron uit een openbare dataset niet meer bestond. Ook kwamen we discrepanties tegen waar een kleine beek bijna evenveel potentie zou hebben als de Oude IJssel. Ook hielpen de beelden om een goed gevoel te krijgen voor de omgeving en data.

Vervolgens zijn warmtebronnen er uit gefilterd als er geen vertrouwen was in de data. Zo benoemt de Warmteatlas vaak een warmtebron als 'Onbekend slachthuis' als het niet zeker weet wat voor bron het is. Ook staan supermarkten en kleine bakkers vaak in de datasets. Wij weten echter uit de praktijk dat deze bronnen minder geschikt zijn voor uitkoppeling op een warmtenet. Daarnaast hebben we alle bronnen met een potentie van minder dan 5 TJ per jaar uit de selectie gehaald. Deze potentie correspondeert met ca. 200 woningen. Alles onder deze grens heeft een te kleine schaal voor een warmtenet. Deze bronnen kunnen overigens wel geschikt zijn voor klein collectieve initiatieven.

Met deze verfijnde lijst is DWTM vervolgens aan de slag gegaan om de gegevens over de potentie aan te vullen. Op volgorde van kwaliteit van de data is eerst meetdata, dan data uit onderzoeken en ten slotte data uit openbare bronnen gebruikt om dit in te vullen. Vaak werd alleen de hoeveelheid energie of het vermogen aangeleverd. Waar nodig is de missende gegevens aangevuld op basis van DWTM kengetallen om een compleet plaatje te kunnen vormen.

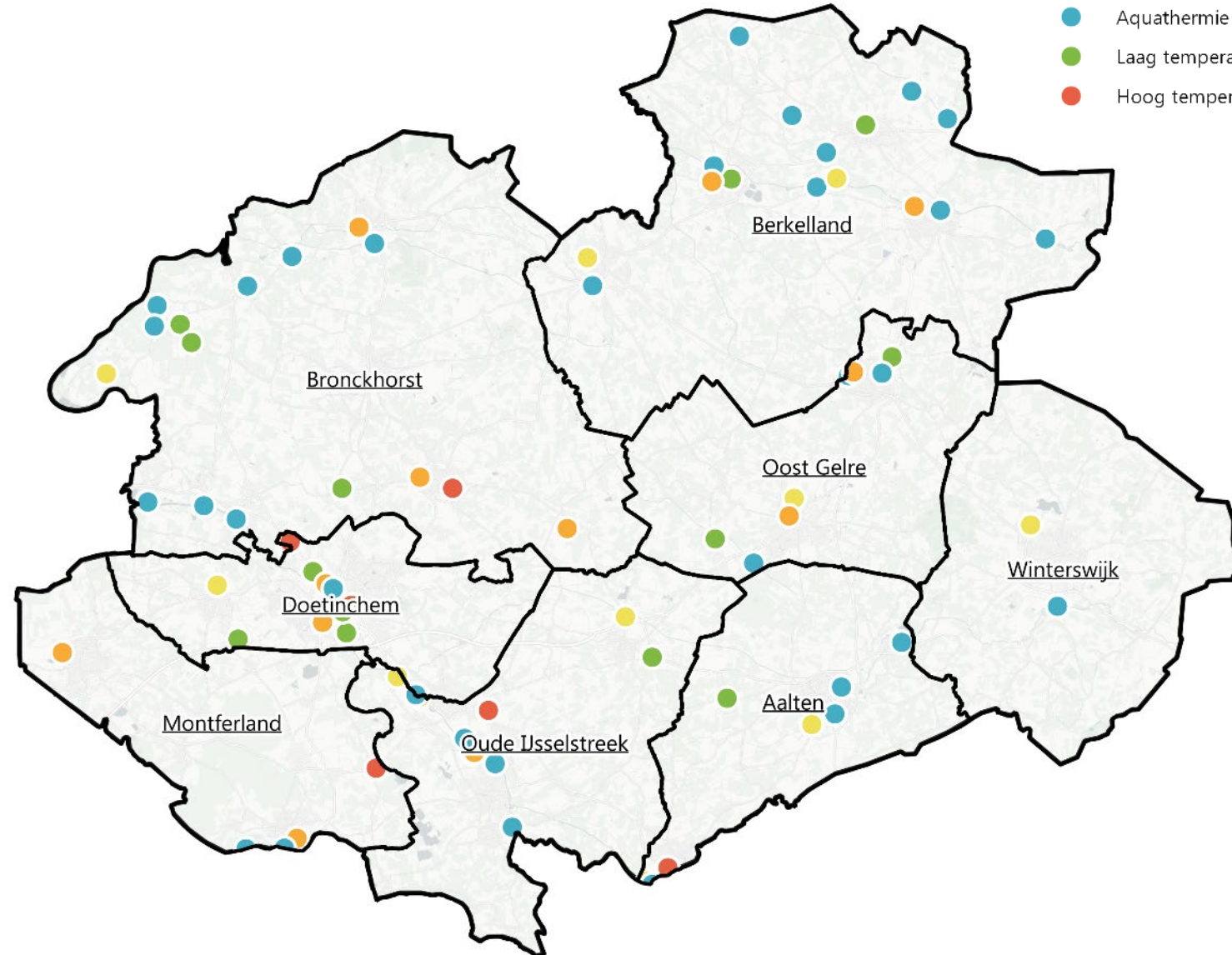
Ten slotte is berekend wat het vermogen voor warmtelevering op 80 graden zou zijn (waar nodig in combinatie met een warmtepomp) om in te kunnen voeden op een midden temperatuur warmtenet. Deze data wordt in een volgende stap gebruikt om een bron te kunnen koppelen aan clusters.

Overzicht warmtebronnen Achterhoek

Warmtebronnen

- RWZI
- Riothermie
- Aquathermie
- Laag temperatuur restwarmte
- Hoog temperatuur restwarmte

Het resultaat van de vorige stappen is het overzicht aan de rechterzijde. Een lijst van warmtebronnen in de regio, waarbij de meest actuele en hoogwaardige data is verwerkt en zo veel mogelijk de lokale context is meegenomen.



Bronnenanalyse – klimaatneutraal gas

Een klimaatneutraal gas is een gas dat geen CO₂ uitstoot bij verbranding (groene waterstof) of waar de uitstoot kortcyclisch is (groen gas/biogas). Kort cyclisch betekent dat de uitgestoten CO₂ door de verbranding van groen gas dat uit bijv. snoeiafval komt, de jaren erna weer wordt opgenomen doordat de gesnoeide planten weer aangroeien.

De potentie van deze gassen is op dit moment nog zeer beperkt in Nederland. Nederland heeft voor waterstof en groen gas ambities gesteld over de hoeveelheid productie ervan, maar loopt op beide vlakken nog achter. Daarnaast is de verdeling van de gassen ook nog een hekel punt. Er zijn namelijk veel sectoren die deze gassen willen gebruiken om te verduurzamen. Van woningen tot transport tot de industrie. Om deze reden is de [Waterstofladder](#) in het leven geroepen. Deze geeft een prioritering aan van welke sectoren de duurzame gassen als eerste mogen gebruiken. De verdeling is gemaakt op basis van de beschikbare alternatieven die een sector heeft om te verduurzamen. Waar woningen kunnen verwarmen met elektrische warmtepompen of een warmtenet en de transportsector kan elektrificeren of duurzame brandstoffen kan gebruiken, kan een mestproductie bedrijf bijvoorbeeld alleen waterstof gebruiken om de chemische processen uit te voeren. Door de schaarste kan gebruik van klimaatneutrale gassen in de gebouwde omgeving bovendien waarschijnlijk niet financieel haalbaar worden gemaakt: andere sectoren zijn bereid meer te betalen omdat deze het harder nodig hebben.

Waterstof wordt daarom niet als beschikbaar geacht voor de gebouwde omgeving. Hetzelfde geldt voor biogas, waar de gemeenten in de Achterhoek ook een akkoord over gesloten hebben dat dit enkel voor de industrie ingezet zal worden.

Groen gas zal wel beschikbaar komen voor de gebouwde omgeving. Groen gas wordt op dit moment al bijgemengd in het normale aardgasnetwerk. De overheid heeft een doelstelling om in 2030 2 miljard m³ groen gas bij te mengen, maar gaat dit waarschijnlijk niet halen*. Er wordt vanuit gegaan dat deze doelstelling pas in 2050 behaald wordt, maar dit is onzeker. Dit zou 20% van de huidige gasvraag voor de gebouwde omgeving betekenen, waarvan 5% naar het verduurzamen van piekvoorzieningen van warmtenetten zal gaan. Ook voor groen gas speelt, net als bij waterstof, dat de kostprijs mogelijk hoog zal liggen vanwege de schaarste en de noodzaak vanuit de industrie om hier op in te zetten. Daarom wordt geadviseerd om niet vooraf in te zetten op groen gas en alleen hier op over te stappen indien niks anders mogelijk is.

* https://warmtetransitiemakers.nl/wp-content/uploads/2023/11/2307_GetekendebriefVerduurzamingvandegebouwdeomgeving_groengas_uit_TVW.pdf



2.3 Clusteranalyse



Clusteranalyse – inzicht op gebiedsniveau

Wanneer de overstap naar aardgasvrij verwarmen wordt gemaakt, is het meestal nodig wat aanpassingen te doen aan de woning. Wat er moet gebeuren, is afhankelijk van de gekozen oplossing en afhankelijk van de mate van isolatie van een woning en de hoeveelheid warmte (en koude) die gevraagd wordt.

De clusters vormen de basis voor een analyse: welk alternatief voor aardgas is het best haalbaar per cluster. Door logische clusters te maken van gelijksoortige woningen, kunnen we een goede inschatting maken van de gemiddelde kosten voor een woning in zo'n cluster bij de overstap naar verschillende aardgasvrije alternatieven. Dit is met name interessant voor de overstap naar een collectief systeem. Op de volgende slides beschrijven we hoe logische clusters gemaakt worden en hoe we die vervolgens koppelen aan warmtebronnen.

In deze bronnenstrategie kijken we op gebiedsniveau wat er nodig is voor een gemiddelde woning in dit gebied. De exacte impact op woningniveau is afhankelijk van wensen van bewoners, staat van de woning en de gekozen installateurs. Deze individuele impact kan vanwege die afhankelijkheden niet worden doorgerekend.

Clusteranalyse – methode

Het doel van clustering is om gebieden te vormen die passen bij de door te rekenen oplossingen, die redelijk homogeen zijn qua gebouwvoorraad, zodat de resultaten representatief zijn voor zoveel mogelijk woningen in het cluster, maar bovenal dat ze logisch gevormd zijn; dat wil zeggen dat een warmteoplossing, wanneer er voor gekozen wordt in een bepaald cluster, ook daadwerkelijk daar uitgevoerd kan worden en dat het een logische gebiedsafbakening is voor bewoners en beleidsmakers voor bijvoorbeeld communicatie en participatie doeleinden.

De wijze van clusteren is verdeeld in 6 stappen:

1. Bestaande plannen meenemen
2. CBS buurtgrenzen gebruiken als startpunt
3. Scheiding maken tussen woon- en industriegebieden
4. Scheiding maken o.b.v. (on)natuurlijke grenzen
5. Warmtevraagdichtheid gebruiken om clusters te verfijnen
6. Warmteprofielen gebruiken om onderscheid te maken tussen temperatuurniveau's
7. Overige gebieds-/gebouwkenmerken gebruiken voor een eventuele extra verfijning

Voorbeeld: 's-Heerenberg - buurtgrenzen

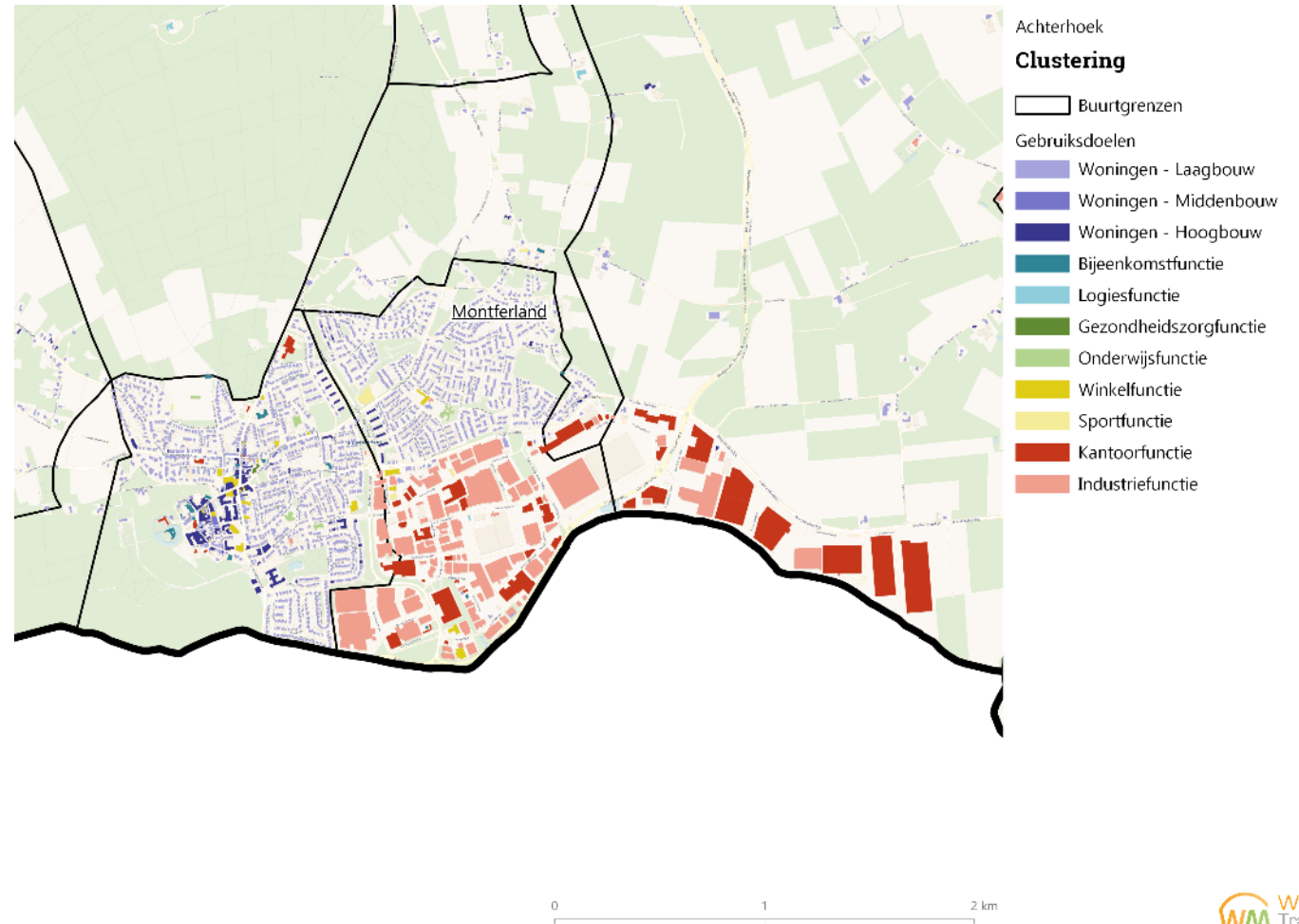
Rechts zijn de de oorspronkelijke CBS buurtgrenzen in 's-Heerenberg in gemeente Montferland weergegeven.

Zoals te zien is, zijn de buurtgrenzen op enkele plekken zeer nauwkeurig gekozen om zo de bebouwde kom goed in te sluiten. Op andere plekken lijken ze minder precies ingetekend te zijn en lopen ze dwars door panden heen.



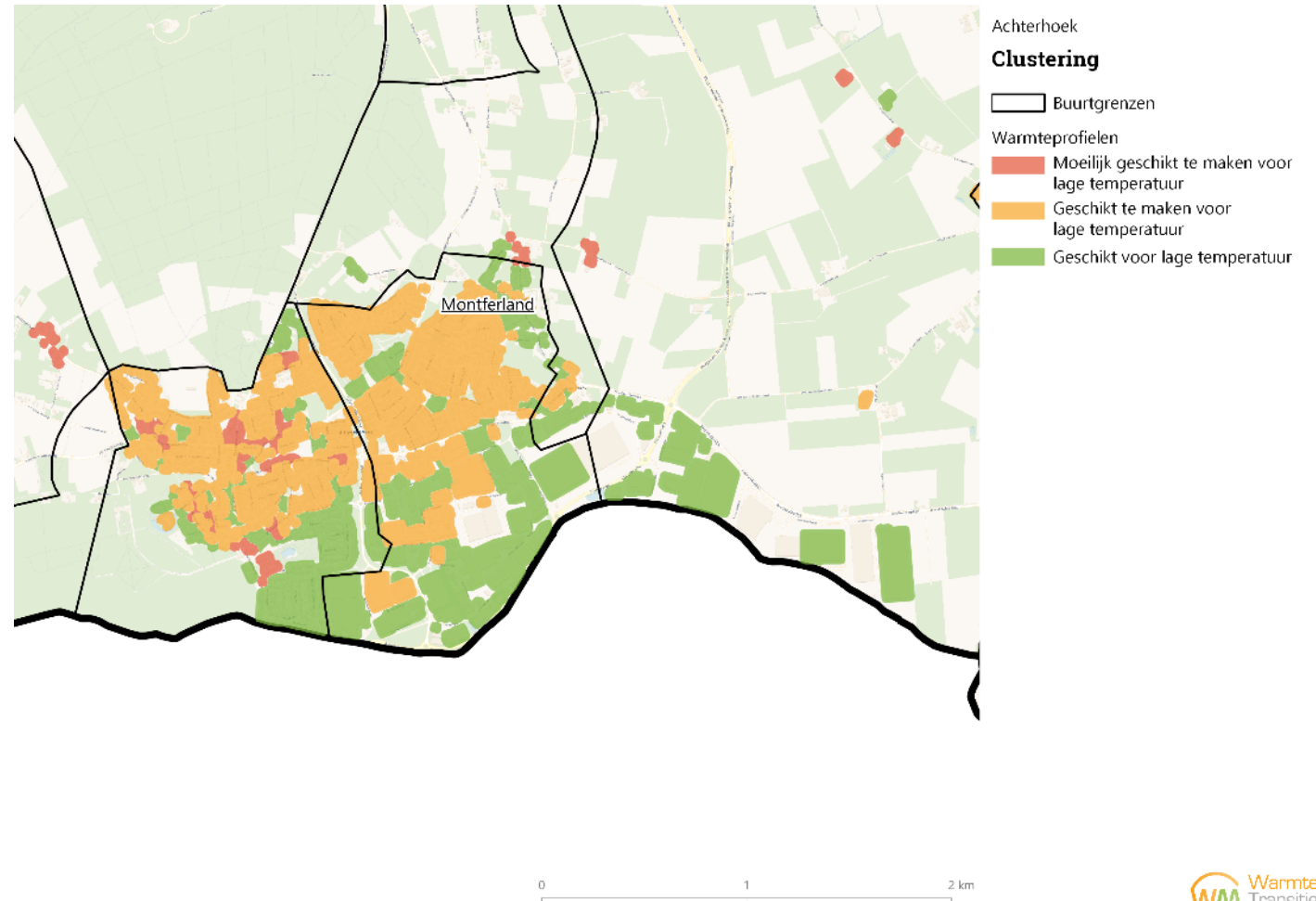
Voorbeeld: 's-Heerenberg - Gebruiksdoelen

In het zuiden van 's-Heerenberg is een groot industrieterrein (rood gekleurd). Het westelijke deel van het industrieterrein valt in dezelfde buurt (*'s-Heerenberg, oostelijke uitbreiding*) als een woonwijk van 's-Heerenberg. Ook liggen enkele industriepanden net buiten deze buurt.



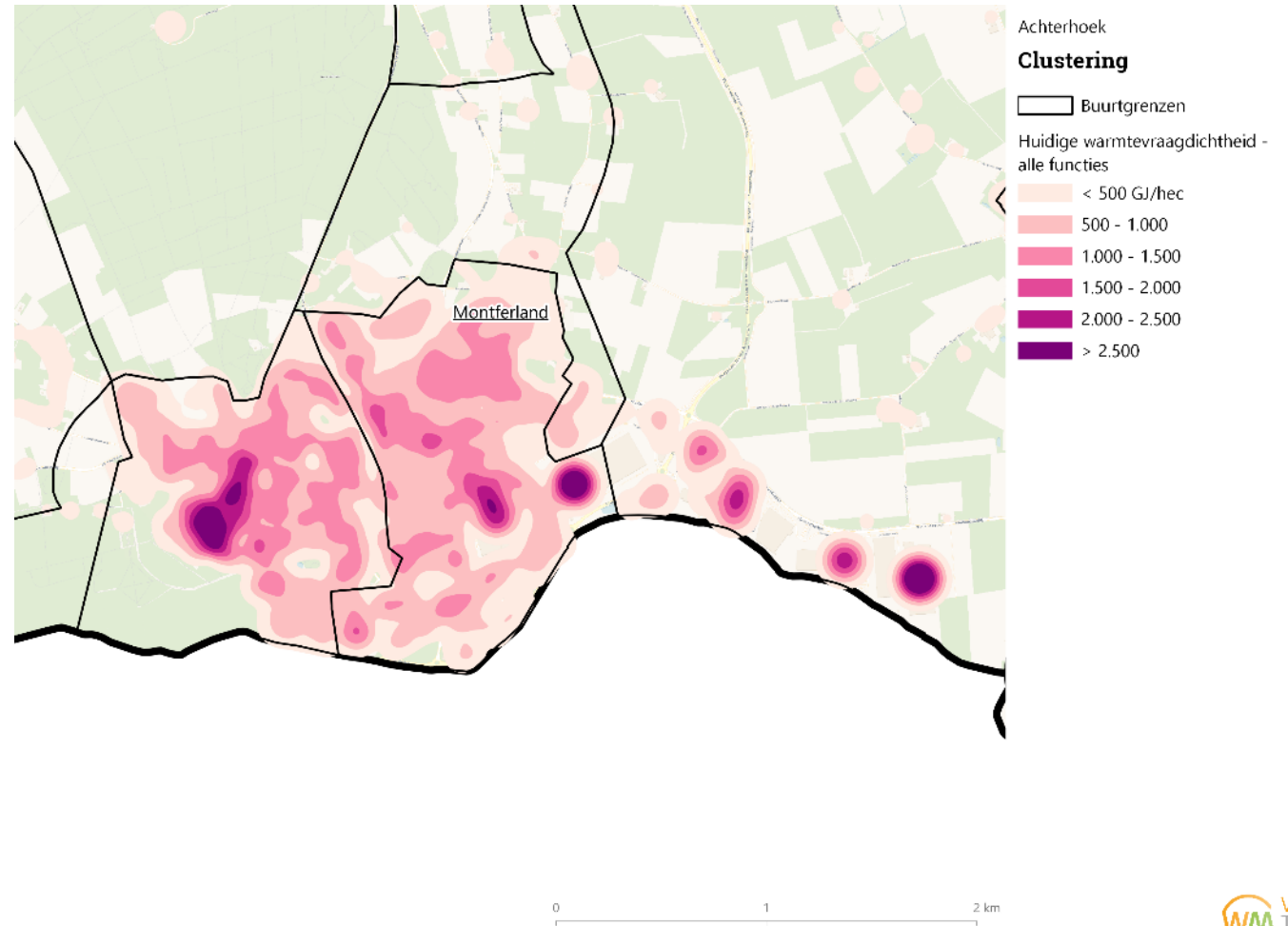
Voorbeeld: 's-Heerenberg - Warmteprofielen

In 's-Heerenberg zijn zowel rode als oranje als groene warmteprofielen. Voor het clusteren is het wenselijk duidelijke, aaneengesloten clusters te hebben. Deze bevinden zich vooral in het zuidwesten (groen warmteprofiel) en in het noordoosten (oranje warmteprofiel).



Voorbeeld: 's-Heerenberg - Warmtevraagdichtheid

In de westelijke buurt ('s-Heerenberg) is er een hoge warmtevraagdichtheid in het midden van de buurt en een lage warmtevraagdichtheid in het zuidwesten van de buurt. Hier staan een paar panden die de businesscase voor een warmtenet onrendabeler zouden maken.



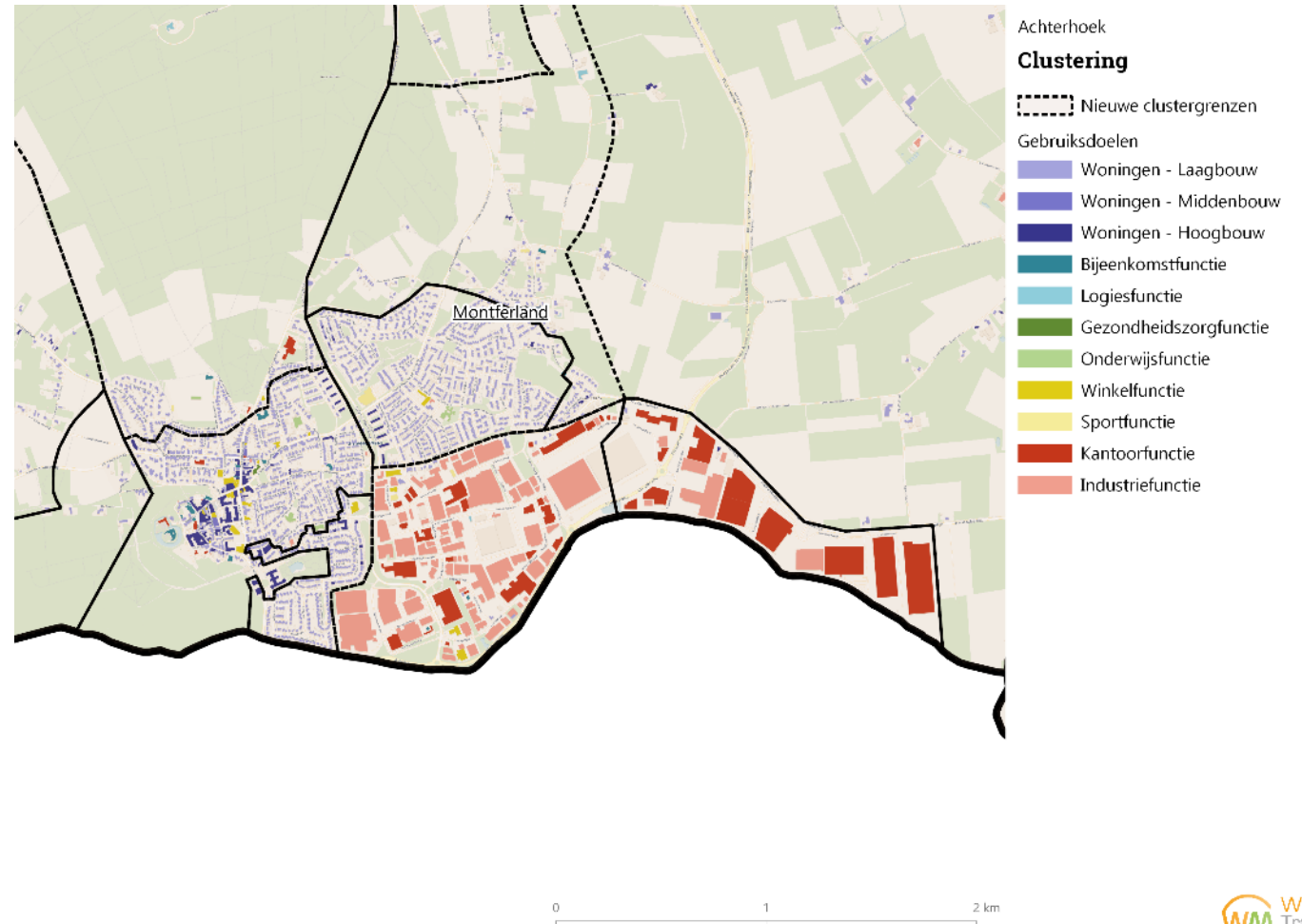
Voorbeeld: 's-Heerenberg – nieuwe clusters

Het industrieterrein is gescheiden van het woongebied en de losstaande industriepanden in de nabijgelegen buurten zijn bij het grotere industriegebied erbij betrokken.

Tevens is er in de westelijke buurt een apart cluster voor het lage temperatuur warmteprofiel gemaakt.

Ten slotte zijn de clusters aangepast op basis van de warmtevraagdichtheid.

Detail kaarten per gemeente zijn in een aparte map bijgevoegd.

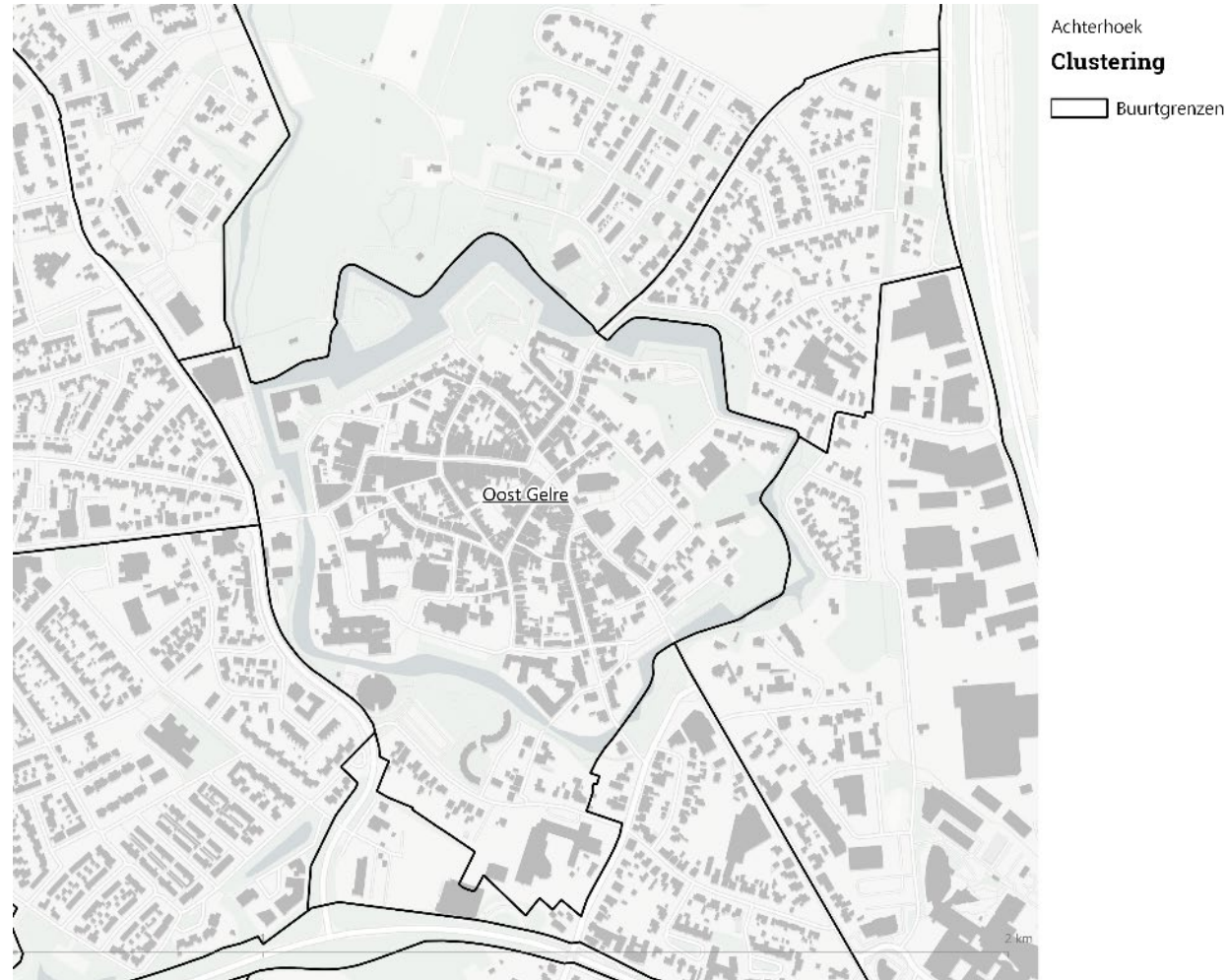


Voorbeeld: Groenlo – oude grenzen

Een ander voorbeeld van waar clustering belangrijk kan zijn voor de doorrekening is Groenlo, in gemeente Oost Gelre.

Groenlo heeft een historische binnenstad, te zien aan de sterformatie in het centrum.

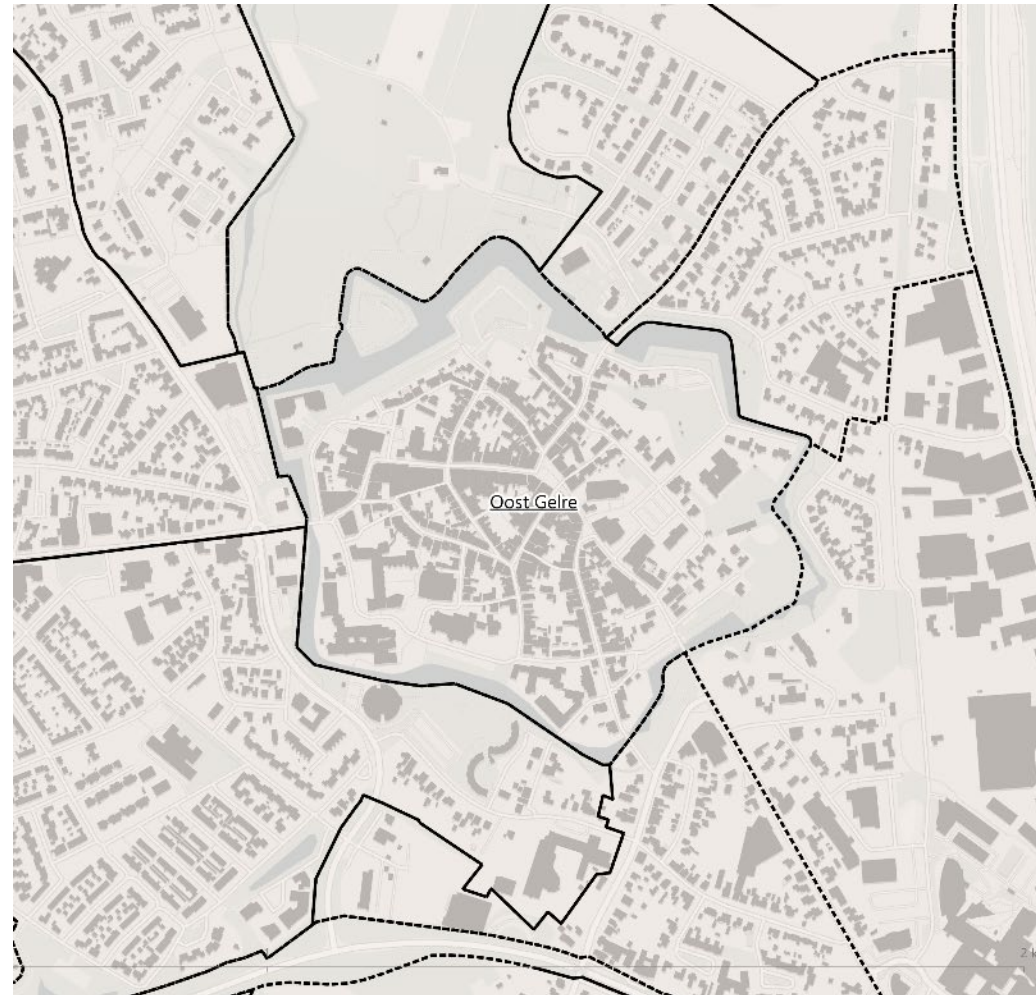
De buurt, waar de historische binnenstad zich in bevindt, bevat ook gebieden *buiten* de historische binnenstad. Deze zijn gescheiden door een (on)natuurlijke grens, namelijk de gracht, en zijn van een compleet ander karakter dan de binnenstad.



Voorbeeld: Groenlo – nieuwe grenzen

De historische binnenstad is nu een eigen cluster geworden. Voor de berekening betekent dit dat alle resultaten alleen betrekking hebben tot de historische binnenstad zelf en niet tot willekeurige panden die er net buiten liggen.

Ook zorgt dit voor een nauwkeuriger resultaat, omdat de kosten voor het overbruggen van de gracht niet op een dusdanig detail-niveau meegenomen kunnen worden.



Achterhoek

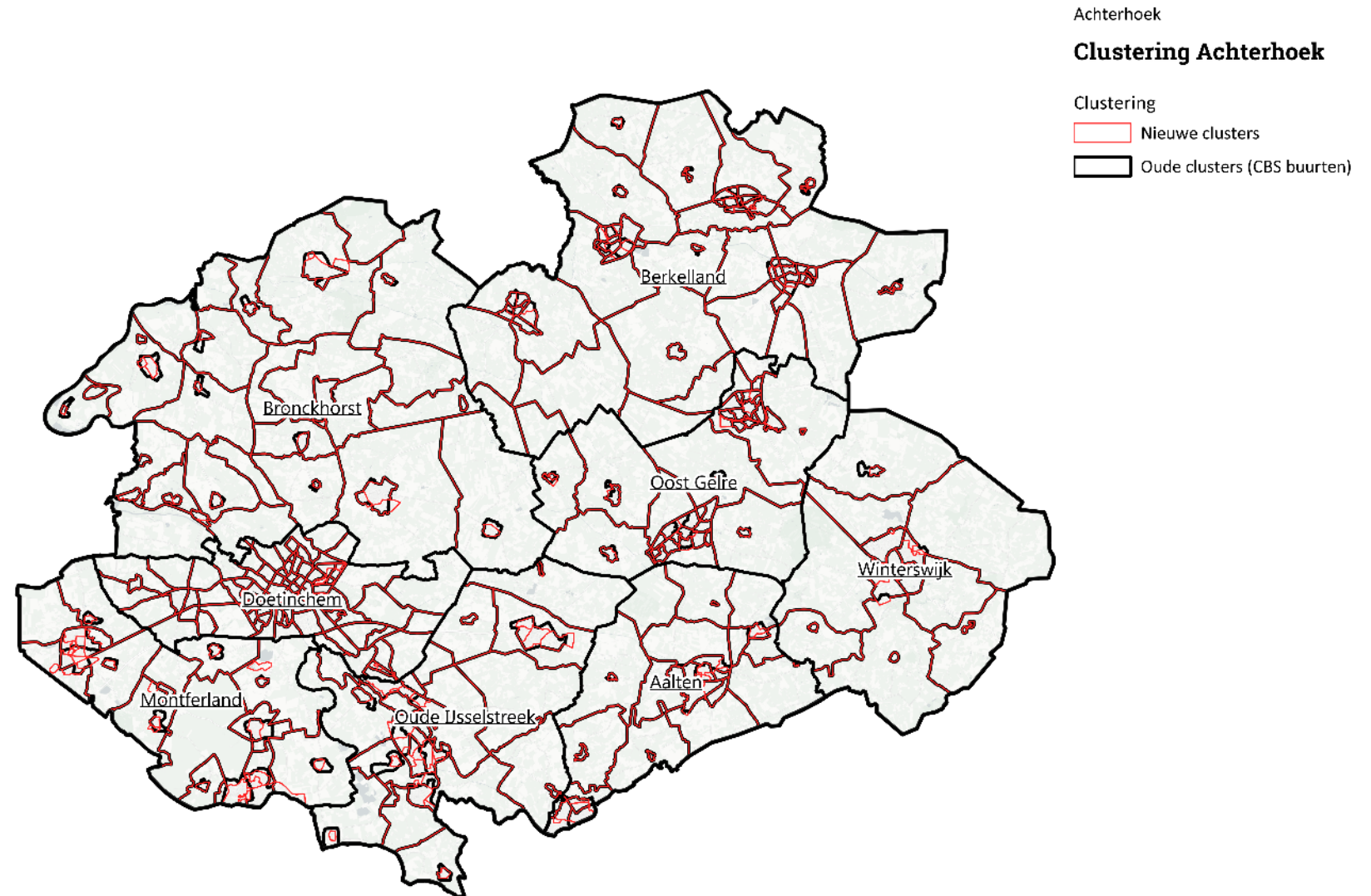
Clustering

--- Nieuwe clustergrenzen

Overzichtskaart nieuwe clustering

In deze kaart is te zien welke clusters er zijn gekozen voor de gehele achterhoek en rood. Op sommige punten is afgeweken van CBS buurtgrenzen (deze zijn zwart).

Detail kaarten per gemeente zijn in bijlage 2 bijgevoegd.



2.4 Logische koppeling van gebouwclusters aan bronnen



Warmte
Transitie
Makers

Koppeling vraag en aanbod

Om te onderzoeken welke warmtevoorziening het gunstigste is per cluster, moet er een technisch-economische doorrekening plaatsvinden. Om deze doorrekening te kunnen maken, moeten er scenario's opgesteld worden en waar mogelijk, bronnen aan clusters gekoppeld worden. Dit doen we in twee stappen:

Stap 1: Algemene doorrekening van 2 scenario's voor ieder cluster

1. de totale nationale kosten (TNK) voor collectieve warmtesystemen met fictieve goedkope bronnen.
2. de totale nationale kosten van individuele systemen

Hierbij wordt uitgegaan van een fictieve goedkope bron. Wat dit is: We doen alsof een goedkope bron IN het cluster aanwezig is, de bronafstand tot de woningen is heel klein. Dit fictieve scenario is meestal niet reëel maar geeft 2 nuttige inzichten:

- A. Het geeft duidelijk inzicht in waar een warmtenet zeker niet uitkan: als zelfs met de fictieve bron een individuele oplossing significant goedkoper is, is het duidelijk en hoeven lokale bronnen niet aan deze gebieden gekoppeld te worden.
- B. Het geeft inzicht in de clusters waarvoor de inzet van een warmtenet het meest kansrijk is: zijn er lokaal bronnen aanwezig? Dan worden die gekoppeld aan de meest kansrijke clusters.

Stap 2: Op basis van deze uitkomsten: een koppeling maken van de bronnen aan de verschillende clusters.

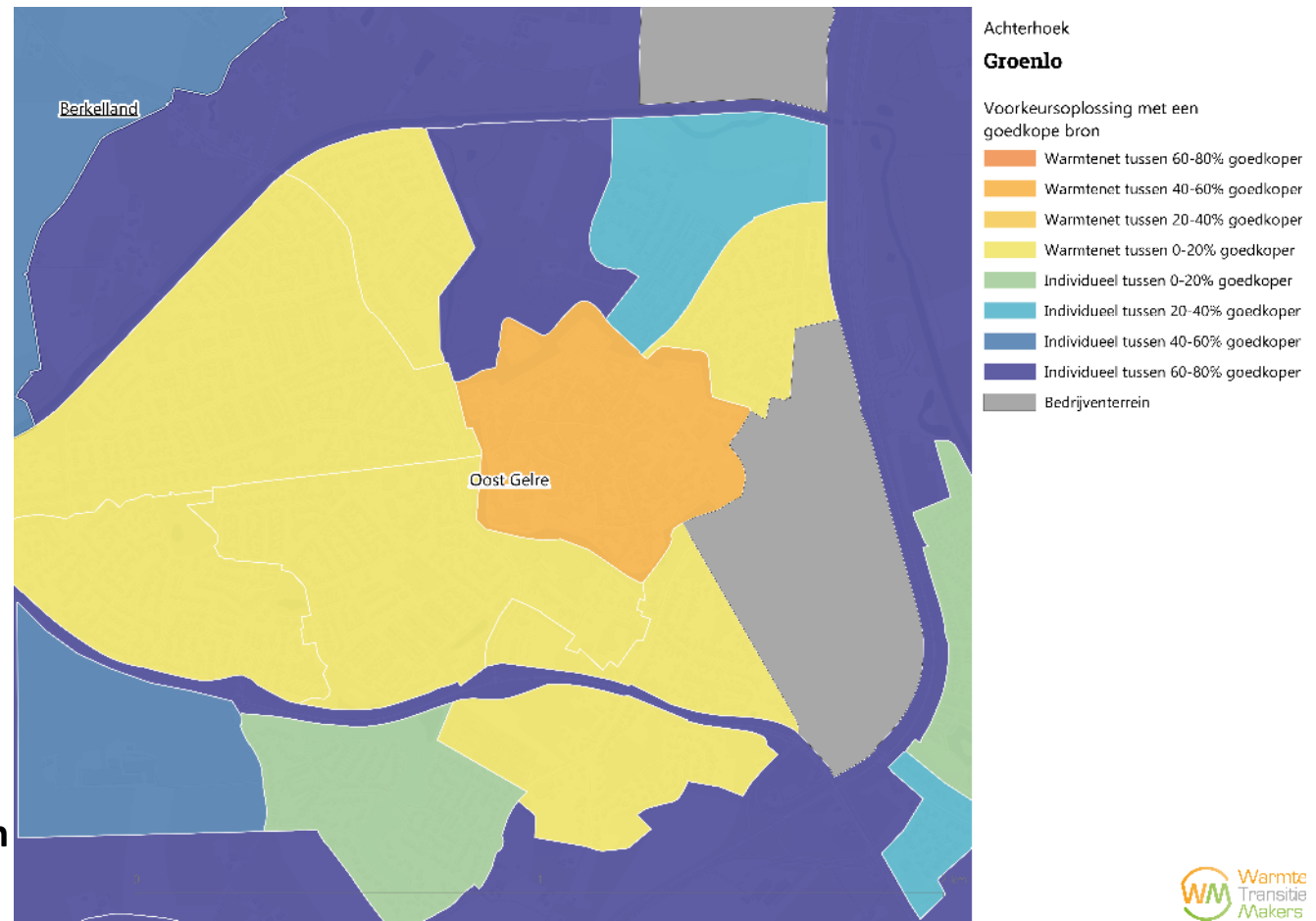
Omdat de potentie van de bronnen in de regio niet oneindig is, zullen we moeten kijken waar we de bronnen het beste in kunnen zetten. In dit onderzoek hebben we ervoor gekozen om de *meest geschikte bronnen* te koppelen aan de *meest geschikte clusters*. Op de volgende slides worden deze 2 stappen verder toegelicht.

Koppeling vraag en aanbod – stap 1

Rechts zie je een voorbeeld van de uitkomst uit stap 1. Voor alle gebieden is een warmtenet met een goedkope, fictieve bron (Hoge temperatuur restwarmte, gesitueerd midden in het cluster) doorgerekend. Deze zijn vergeleken met de kosten wanneer elke woning verwarmd wordt met een individuele warmtepomp.

Des te roder het cluster, des te gunstiger het is voor de gebouwen in dit cluster om over te stappen op een collectief systeem t.o.v. een individueel systeem. **Dit betekent niet dat een warmtenet sowieso gunstiger zal zijn voor een roder cluster. Daarvoor moet eerst gekeken worden of er echt een goedkope bron beschikbaar te maken is.**

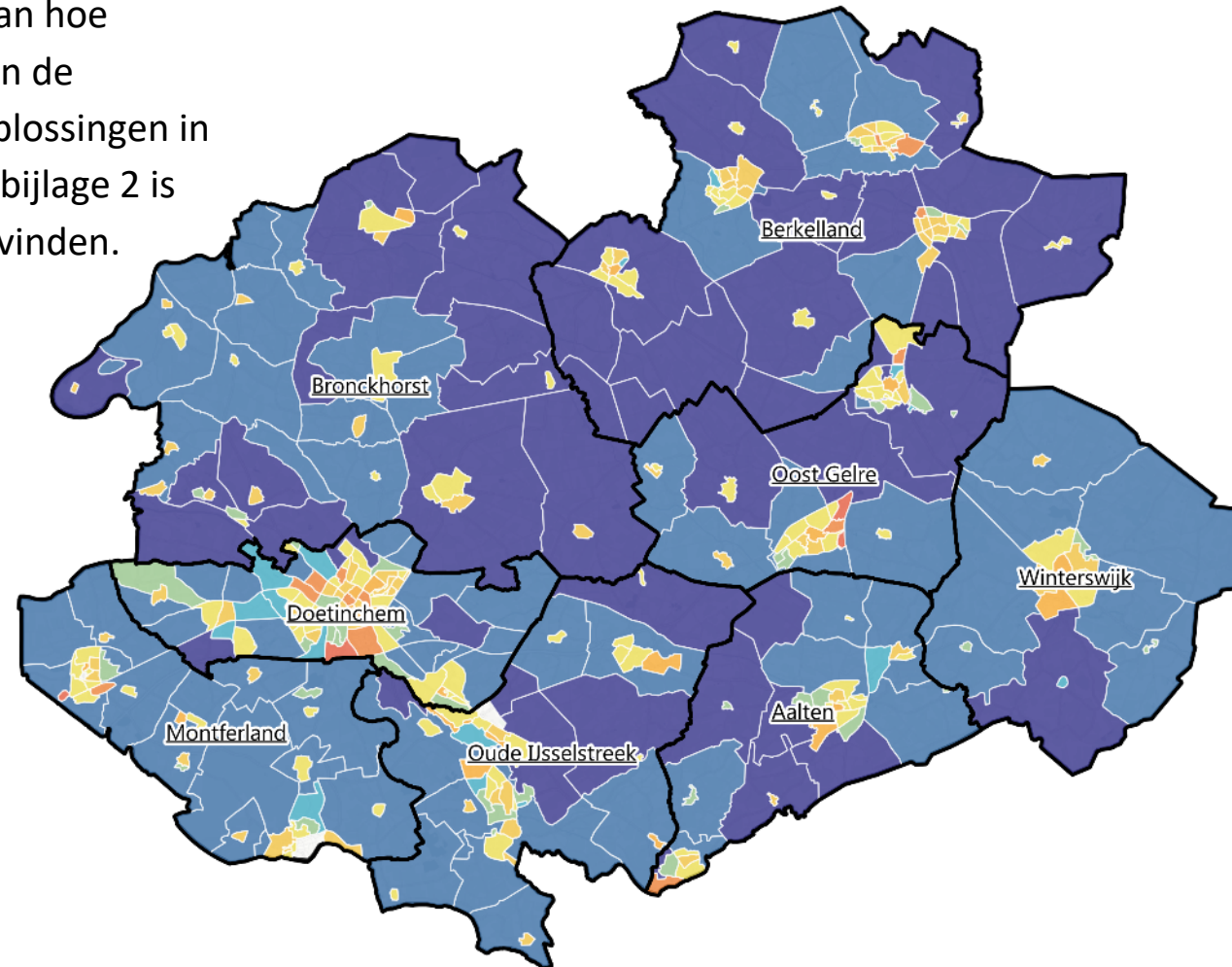
Het centrum van Groenlo, de historische binnenstad, kleurt het donkerst rood. Dit komt waarschijnlijk doordat er veel oude en monumentale panden in staan die baat zouden hebben bij een systeem op midden temperatuur waardoor ze minder hoeven te isoleren.



Gebieden waar het verschil warmtenet of individueel tussen 0 en 20% ligt, kunnen in de praktijk misschien interessant blijken aangezien een modelmatige berekening een onzekerheidsmarge heeft. Gebieden waarvoor de individuele oplossing 20% goedkoper is, of zelfs nog goedkoper, zullen zeker de stap naar een warmtenet niet gaan maken.

Koppeling vraag en aanbod – stap 1

Rechts zie je een totaaloverzicht van hoe geschikt de verschillende clusters in de Achterhoek zijn voor collectieve oplossingen in het geval van een fictieve bron. In bijlage 2 is deze kaart voor elke gemeente te vinden.



Achterhoek

Warmtevraaganalyse

Voorkeursoplossing met een goedkope bron

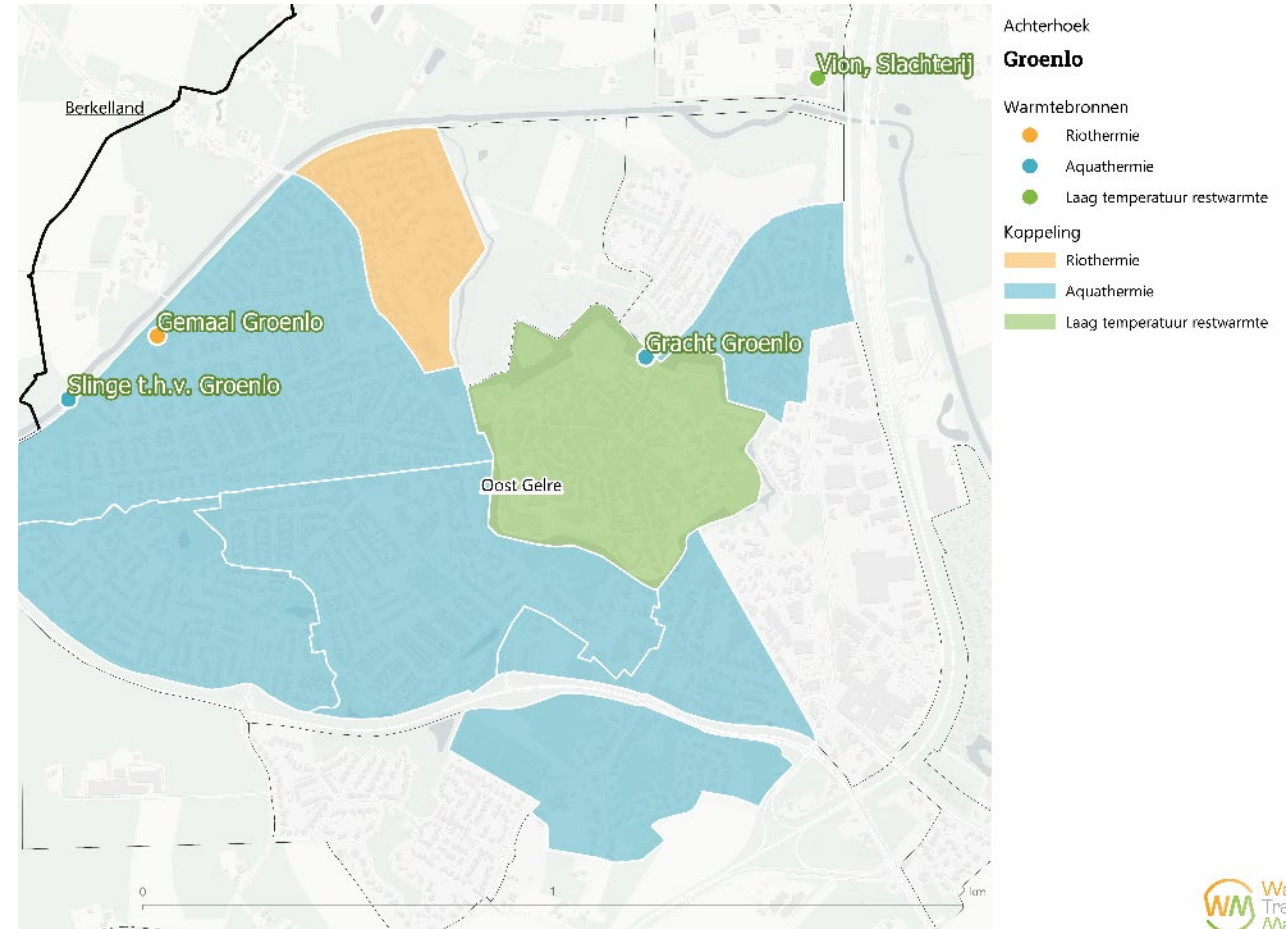
- Warmtenet meer dan 80% goedkoper
- Warmtenet tussen 60-80% goedkoper
- Warmtenet tussen 40-60% goedkoper
- Warmtenet tussen 20-40% goedkoper
- Warmtenet tussen 0-20% goedkoper
- Individueel tussen 0-20% goedkoper
- Individueel tussen 20-40% goedkoper
- Individueel tussen 40-60% goedkoper
- Individueel tussen 60-80% goedkoper

0 1 2 km

Koppeling vraag en aanbod – stap 2

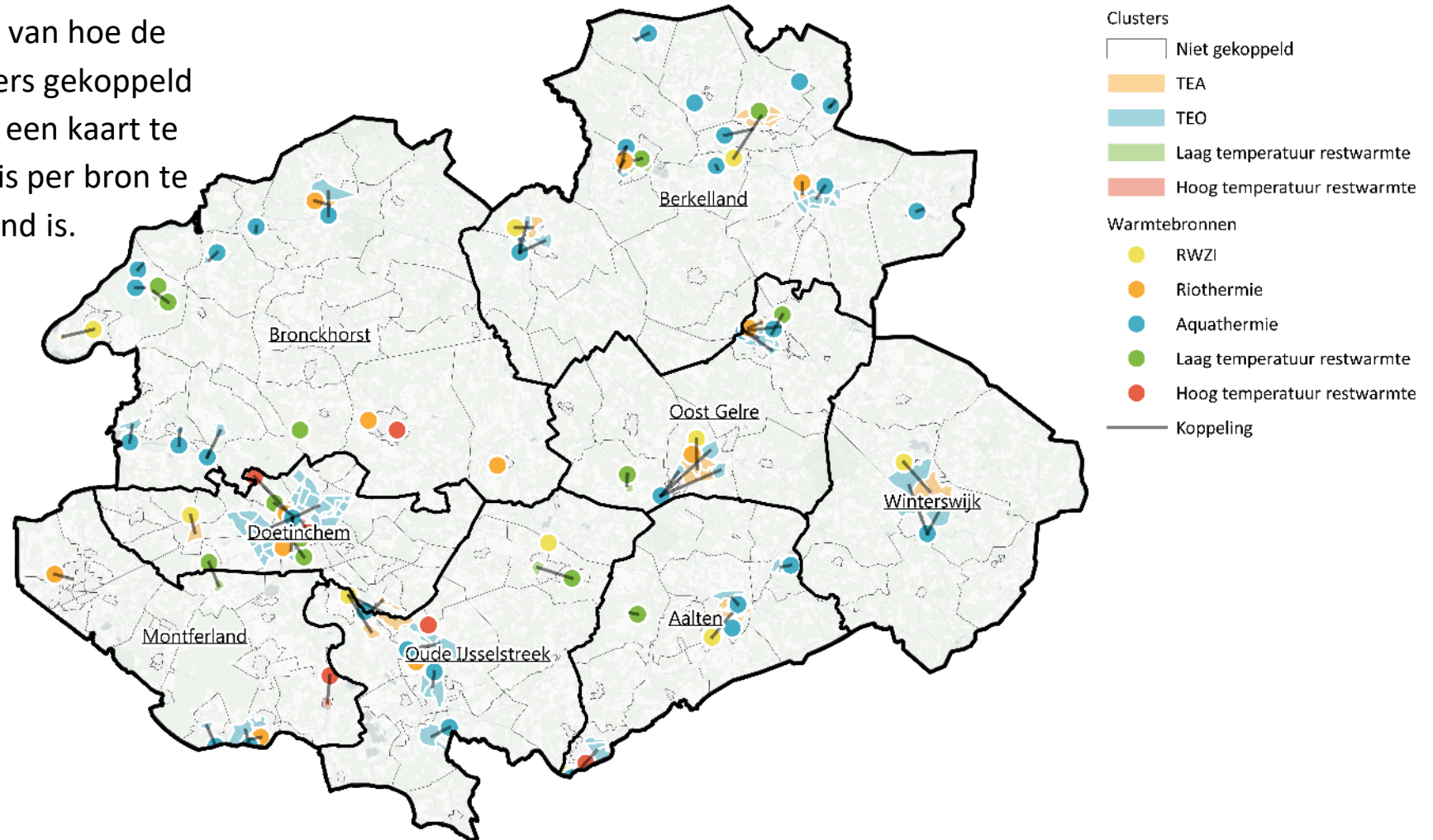
Op basis van de resultaten uit stap 1, wordt stap 2 gezet: er wordt een koppeling gemaakt tussen bronnen en clusters. De historische binnenstad kleurde het donkerst rood, wat betekent dat deze het meeste baat heeft bij een collectieve oplossing. Deze wordt dus gekoppeld aan de gunstigste bron in de buurt: lage temperatuur restwarmte (bron en clusters zijn beide groen gemaakt). Met deze koppeling is de volledige potentie van de restwarmtebron benut. Na de lage temperatuur restwarmte is het gemaal de meest gunstige bron. Deze heeft een kleine potentie en kan slechts aan één cluster gekoppeld worden.

Ten slotte, zijn er nog verschillende aquathermie bronnen over, waarvan de Slinge de meeste potentie heeft en het meest kansrijk geacht wordt. Deze wordt gekoppeld aan de verschillende andere clusters die in stap 1 een positief resultaat hadden voor een collectief systeem. De clusters die in de vorige stap al een voorkeur voor individueel hadden, zijn niet gekoppeld aan bronnen.



Koppeling vraag en aanbod – stap 2

Rechts zie je een totaaloverzicht van hoe de verschillende bronnen aan clusters gekoppeld zijn. In bijlage 2 is per gemeente een kaart te vinden. In aparte excel bijlage 3 is per bron te zien met welke gegevens gerekend is.



Koppeling vraag en aanbod – stap 3

Wanneer alle bronnen verdeeld zijn worden de scenario's opgesteld. Is er een lokale bron beschikbaar? Voor alle clusters waar een bron aan is gekoppeld worden 3 verschillende collectieve systemen doorgerekend o.b.v. deze gekoppelde bron;

- [Scenario 1](#): de bron (plus centrale warmtepomp) levert midden temperatuur warmte van 70 graden aan de woning
- [Scenario 2](#): de bron (plus centrale warmtepomp) levert lage temperatuur warmte van 50 graden aan de woning
- [Scenario 3](#): (indien mogelijk) de bron levert zeer lage temperatuur voor koelen en verwarmen. Per pand moet de warmte nog worden opgewaardeerd met een warmtepomp om de warmte naar 50 graden te brengen

Koppeling vraag en aanbod – stap 3

Sommige clusters kunnen niet gekoppeld worden aan een lokale bron. Om voor deze gebieden alsnog een doorrekening te kunnen maken van verschillende collectieve en individuele systemen, rekenen we voor deze gebieden ook collectieve systemen door met ‘*maakbare bronnen*’. Dit zijn warmtebronnen die niet vastgebonden zijn aan één geografische locatie en met meer vrijheid geplaatst kunnen worden waar ze nodig zijn. Deze bronnen hebben het voordeel dat ze flexibel te plaatsen zijn. In de regel zijn wel duurder dan locatie gebonden bronnen. Voor deze studie gebruiken we een collectieve lucht-water warmtepomp, zoals het Buurt Energie Systeem in Didam, voor midden en lage temperatuur warmtenetten en gebruiken we een systeem met een WKO en droge koelers voor een bronnet doorrekening.

Deze bron-scenario combinaties zijn doorgerekend voor alle clusters. Daarnaast zijn diverse individuele oplossingen doorgerekend. Dit betekent:

Alle clusters		Clusters mét lokale bron beschikbaar
<u>Collectief</u>	<u>Individueel</u>	<u>Extra collectieve oplossingen doorgerekend:</u>
Collectieve lucht-water warmtepomp, levering op 70 graden	Lucht-water warmtepomp, 70 graden	Lokale bron levert 70 graden
Collectieve lucht-water warmtepomp, levering op 50 graden	Lucht-water warmtepomp, 50 graden	Lokale bron levert 50 graden
Bronnet met WKO en droge koelers, 50 graden	Bodem warmtepomp 50 graden	Indien mogelijk: lokale bron levert 25 graden
Klein collectieve bodem warmtepomp, 50 graden	Hybride warmtepomp op 70 graden met groen gas gecombineerd	
	HR ketel op groen gas, 90 graden	

3. Scenarioanalyse



3.1 Methodiek Warmtetoel



Technisch-economische analyse met 'de warmtetoel'

Met alle verzamelde data, de logische gebouwclusters en de koppeling van bronnen per cluster, staat alles klaar om de technisch-economische doorrekening te doen.

Er wordt gebruik gemaakt van de Warmtetoel. Een analysetool die is ontwikkeld door DWTM op basis van veel praktijkervaring en kennis vanuit diverse projecten. De tool rekent per cluster een aantal kansrijke aardgasvrije scenario's door. Er zijn een aantal scenario's die voor elk cluster worden doorgerekend. Ook zijn er clusters waar extra aardgasvrije scenario's voor worden doorgerekend. Dat is omdat er voor zo'n cluster bijvoorbeeld een lokale bron beschikbaar is.

Per cluster en per doorgerekend aardgasvrij scenario worden een aantal resultaten in kaart gebracht.

Aandachtspunt: Andere modellen zoals de startanalyse, kijken op CBS buurt niveau. In deze bronnenstrategie is per logisch cluster gerekend. Wanneer een vergelijking wordt gemaakt met dergelijke andere modellen die op CBS buurt niveau doorrekeningen maken, zullen de resultaten daarom afwijken.

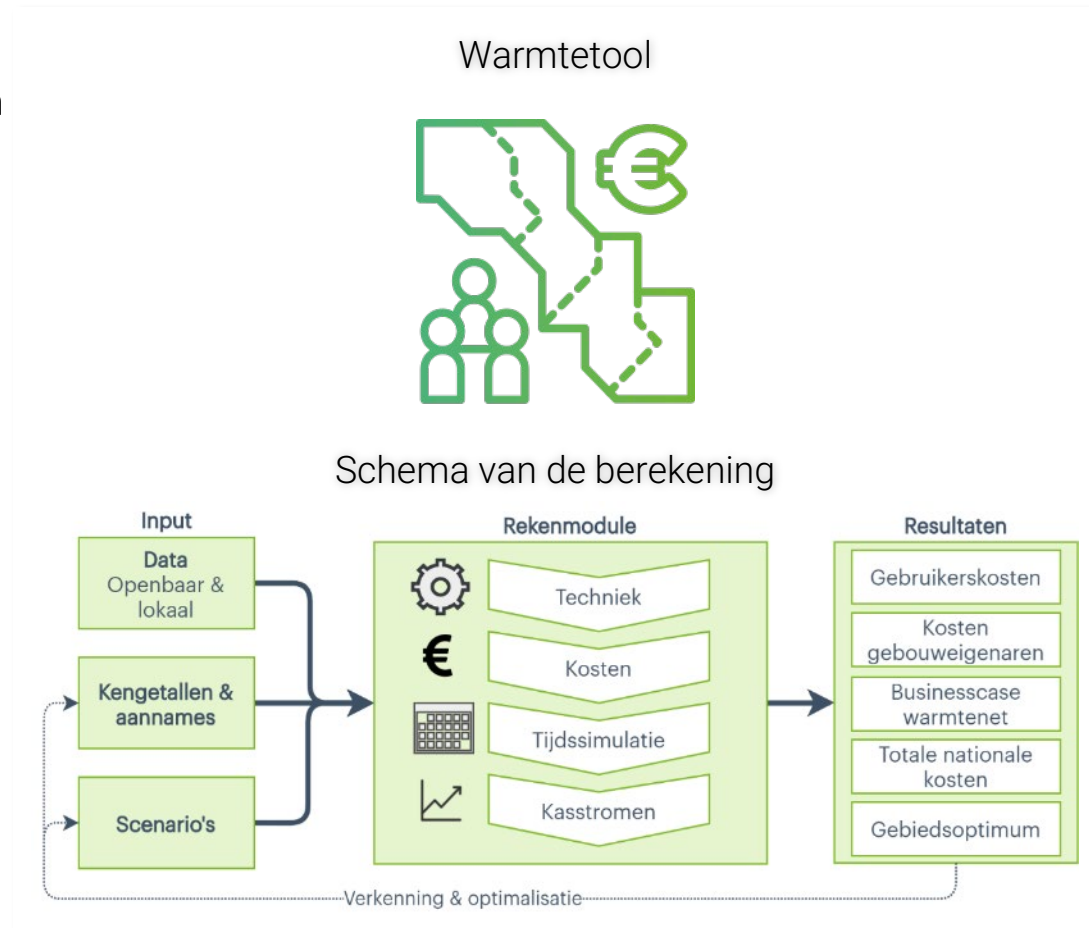
Om de technisch-economische analyse te kunnen doen, moeten een aantal uitgangspunten, ofwel model aannames worden gekozen waarmee gerekend wordt. In deze paragraaf staat een beknopte uitleg van de werking van de warmtetoel en de gekozen uitgangspunten. In 3.2 worden resultaten getoond van de totale nationale kosten. In hoofdstuk 3.2 zijn resultaten van de total cost of ownership te vinden. Omdat het nodig is om aannames te maken bij een rekenmodel, is het ook nuttig inzicht te geven in de vraag: wat als we onze aannames een beetje aanpassen: wat is daarvan dan de impact op de uitkomsten/wat is dan de gevoeligheid daarop van het model? Antwoord op deze vraag is te vinden in 3.4: gevoeligheidsanalyses.

Warmtetoel – inzichten die doorgerekend kunnen worden

De Warmtetoel rekt per cluster en scenario de totale systeemkosten door. Dit zijn de kosten voor het aanleggen van een potentieel warmtenet, het verwijderen/verzwaren/in stand houden van het gas- en elektranet, de investeringen in een grootschalige bron, in warmtepompen, isolatie en afgifte, maar ook de lopende kosten voor onderhoud, energie, vervanging, belastingen en subsidies. Per warmtenet-scenario rekt de warmtetoel ook een business case uit waar bepaalde aansluitvoorwaarden uit naar voren komen.

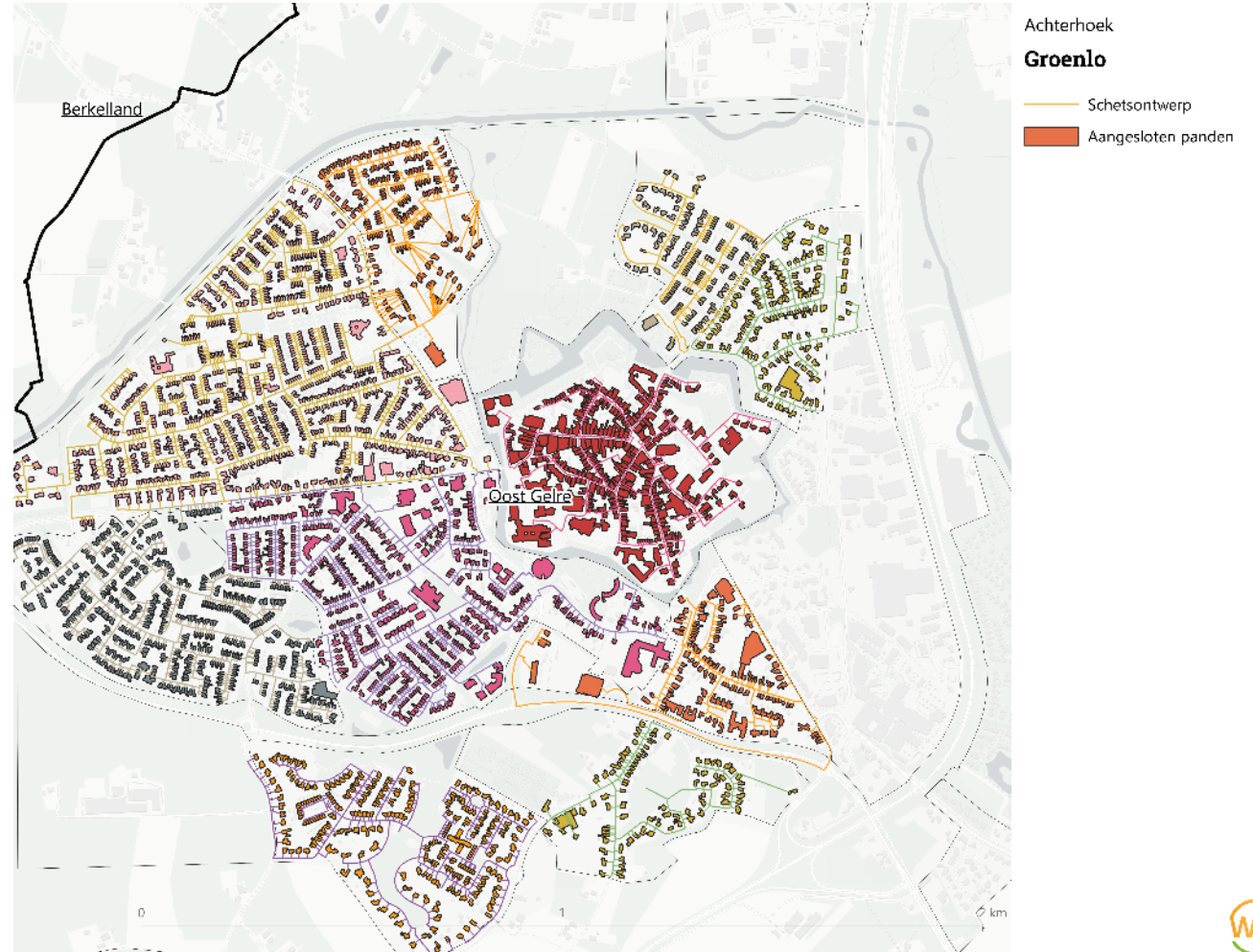
Met al deze kosten kan er met de Warmtetoel een kostenplaatje opgesteld worden voor zowel de maatschappij, als het warmtebedrijf en de bewoner en eigenaar van een woning.

Naast financiële resultaten, berekend de Warmtetoel ook de CO₂-besparing, de totale energievraag of –besparing en de impact op het elektranet, zowel centraal als decentraal.



Warmtetoel –inzichten die doorgerekend worden

Voor **collectieve scenario's** is de doorrekening van de koppeling en het opstellen van de scenario's te zien op de afbeelding rechts. Voor elk cluster wordt in de warmtetoel analyse een schetsontwerp van een collectief warmtesysteem gemaakt. Uit dit schetsontwerp worden de kosten berekend voor het warmte- dan wel bronnet. Ook wordt de afstand van de bronleiding berekend.

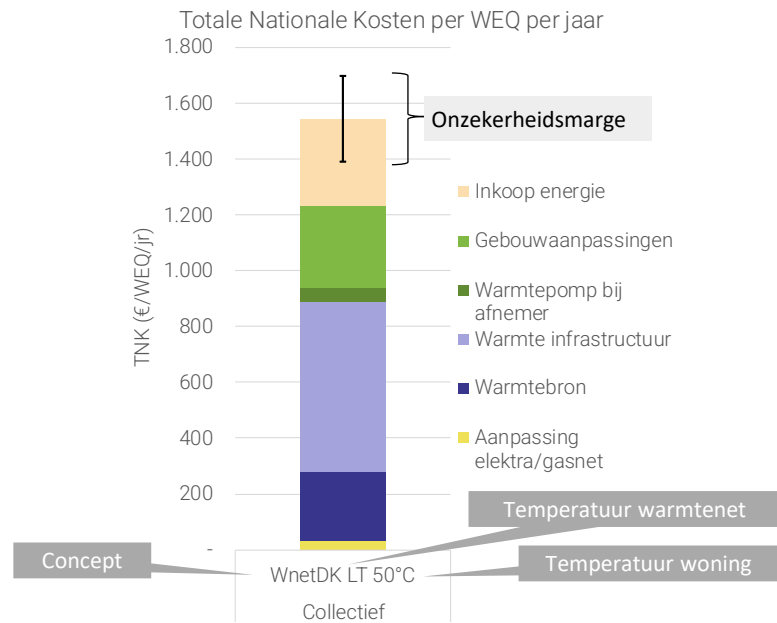


Toelichting – Resultaten kostencriteria

Totale Nationale Kosten (TNK)

Nationale kosten zijn de totale kosten in Nederland van alle maatregelen die nodig zijn om een scenario uit te voeren, voor aanleg en gebruik, **ongeacht wie die kosten betaalt**, inclusief de baten van energiebesparing, maar exclusief binnenlandse kasstromen zoals belastingen, heffingen, subsidies en de warmterekening. Op deze manier kunnen concepten goed vergeleken worden op de maatschappelijke kosten.

De TNK is berekend over 30 jaar en teruggebracht naar een bedrag per WEQ per jaar. Deze kosten zijn verdisconteerd over de tijd. Dit wil zeggen dat er rekening gehouden wordt met de waarde van het product in de toekomst. 1 WEQ is gelijk aan de gemiddelde woning in het gebied. Er is een **onzekerheidsmarge** in de uitkomsten van 20%, dit geldt voor alle uitkomsten in het model.

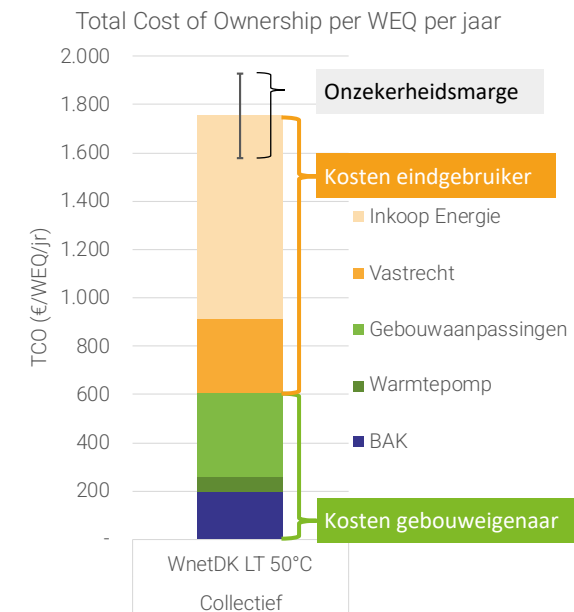


Total Cost of Ownership

Total cost of ownership kosten zijn de totale kosten die de eigenaar/gebruiker van een woning betaalt, inclusief btw en subsidies.

De kosten voor de **gebouweigenaar** bestaan uit de investeringskosten voor bijvoorbeeld aansluiting op een warmtenet, de aanschaf van een warmtepomp of isolatiemaatregelen en de bijbehorende ISDE-subsidies. De kosten voor de **eindgebruiker** zijn de doorlopende kosten, ook wel de energierekening.

De TCO is berekend over 30 jaar en teruggebracht naar een bedrag per WEQ per jaar. Deze kosten zijn verdisconteerd over de tijd. Dit wil zeggen dat er rekening gehouden wordt met de waarde van het product in de toekomst. 1 WEQ is gelijk aan de gemiddelde woning in het gebied.



Uitgangspunten

Voor een doorrekening moeten er een aantal uitgangspunten gekozen worden. Uitgangspunten zijn systeeminstellingen en aannames over bijvoorbeeld hoeveel mensen er aan zullen sluiten. Deze aannames zullen zo veel mogelijk reflecteren wat wenselijk en waarschijnlijk is. Tijdens een werksessie heeft DWTM een aantal uitgangspunten voorgelegd aan de 8 gemeenten. In overleg is samen gekomen tot een set uitgangspunten. De belangrijkste uitgangspunten staan hier onder benoemd.

Uitgangspunt	Keuze	Toelichting
Participatiegraad	70%	Reële schatting van het aantal deelnemers op een warmtenet, DWTM expert judgement.
Isolatiestrategie	Naar wat nodig is	Voor oplossingen die 70 graden warmte leveren is schillabel D voldoende. Voor oplossingen die 50 graden leveren is schillabel B nodig.
Piekvoorziening	Op groen gas	Huidige warmtenetten hebben vaak een piekvoorziening op aardgas maar uiteindelijk moeten we naar aardgasvrij.
Koeling	Altijd meenemen	Warmtepompen en ZLT warmtenetten kunnen standaard koelen. Overige warmteopties niet. Daar wordt een airco bij doorgerekend.
Warmtetarieven	15% onder de ACM tarieven	Het ACM heeft een maximaal tarief voorgeschreven waar warmtenetten in de praktijk vaak net onder gaan zitten.
Subsidies	WIS, SDE++ en ISDE subsidies meenemen	
Rendement van het warmtebedrijf	5,2%	Veel voorkomende rendementseis op basis van DWTM expert judgement

3.2 Resultaten Totale Nationale kosten



Toelichting resultaten Totale Nationale Kosten

In warmteprogramma's van elke gemeente komt een inzicht over de totale nationale kosten van de verschillende aardgasvrije oplossingen. Het ligt voor de hand om te kiezen voor de oplossing met de laagste totale nationale kosten. Daarnaast is het belangrijk te kijken welke oplossing de laagste Total Costs of Ownership geeft. Bij voorkeur maakt een gemeente een gebalanceerde afweging tussen deze twee en relevante andere uitgangspunten zoals mogelijkheid voor inpassing in de woning en wensen van bewoners.

In deze paragraaf wordt met twee voorbeeldgebieden toegelicht wat de totale nationale kosten zijn per oplossing. Daarna is met kaarten uitgelicht wat deze resultaten zijn voor alle clusters in de 8 Achterhoekse gemeenten voor:

- Verschil in TNK tussen goedkoopste individuele en goedkoopste collectieve oplossing: Het is interessant om te zien waar verschillen klein zijn.
- Verschil in TNK tussen goedkoopste individuele en goedkoopste collectieve oplossing waarbij minder duurzame oplossingen weg zijn gelaten: De beschikbaarheid van groen gas is onzeker en mogelijk kostbaar. Daarmee zijn scenario's die daarvan gebruik maken mogelijk minder duurzaam. De inzet van een middentemperatuur warmtepomp, geeft een hogere netbelasting dan de inzet van een lage temperatuur warmtepomp. De impact op het net maakt deze oplossing ook minder duurzaam.
- Per cluster de oplossing met de laagste TNK waarbij minder duurzame oplossingen zijn weggelaten;
- Overzicht van per oplossing de aantallen gebouwen in de achterhoek waarvoor dit de laagste TNK geeft.

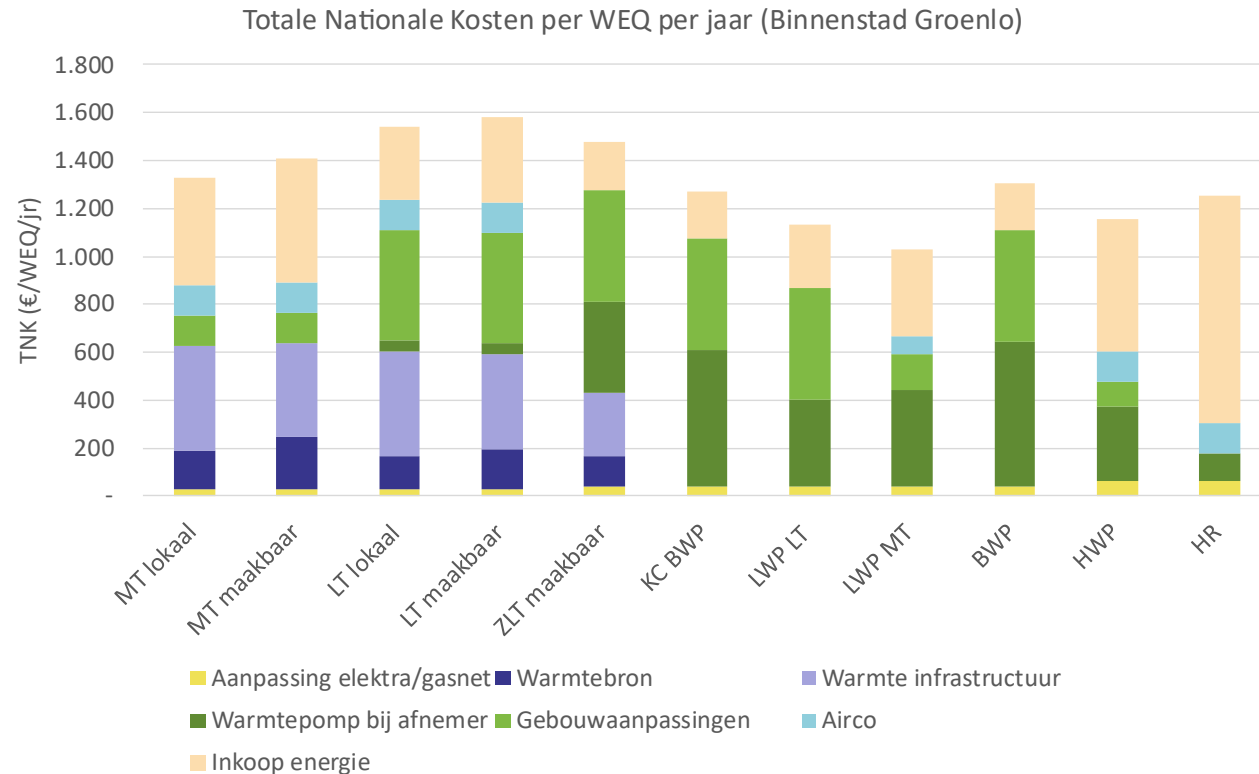
In aparte excelbijlage 6 is per cluster alle informatie te vinden over de totale nationale kosten per scenario.

Voorbeeld van TNK resultaten, Groenlo centrum (1/2)

In de grafiek rechts zie je een overzicht van de resultaten van één cluster (Binnenstad Groenlo). Op de x-as staan de verschillende doorgerekende scenario's met aan de linkerkant de collectieve scenario's en aan de rechterkant de individuele scenario's. Op de y-as zie je de hoogte van de totale nationale kosten (TNK).

MT lokaal en LT betekent een lokale bron die midden- of lage temperatuur aanlevert. Voor Groenlo gaat dit om de Vion slachterij. Deze kan geen ZLT leveren dus dat scenario is niet doorgerekend. Voor andere clusters zijn er andere lokale bronnen of soms geen lokale bronnen, zie kaarten bijlage 2.

De paarse kleuren zijn de kosten voor de collectieve onderdelen, zoals de grootschalige warmtebron of het warmtenet. Groene kleuren zijn de kosten aan het gebouw zelf, zoals installatie- of isolatiekosten. De lichtblauwe kleur vertegenwoordigt de kosten die gemaakt moeten worden om te kunnen koelen. De oranje balken bovenop zijn de energiekosten en de gele balk onderaan zijn de kosten voor het verzwaren, verwijderen en in stand houden van het gas- en elektranet.



Voorbeeld van TNK resultaten, Groenlo centrum (2/2)

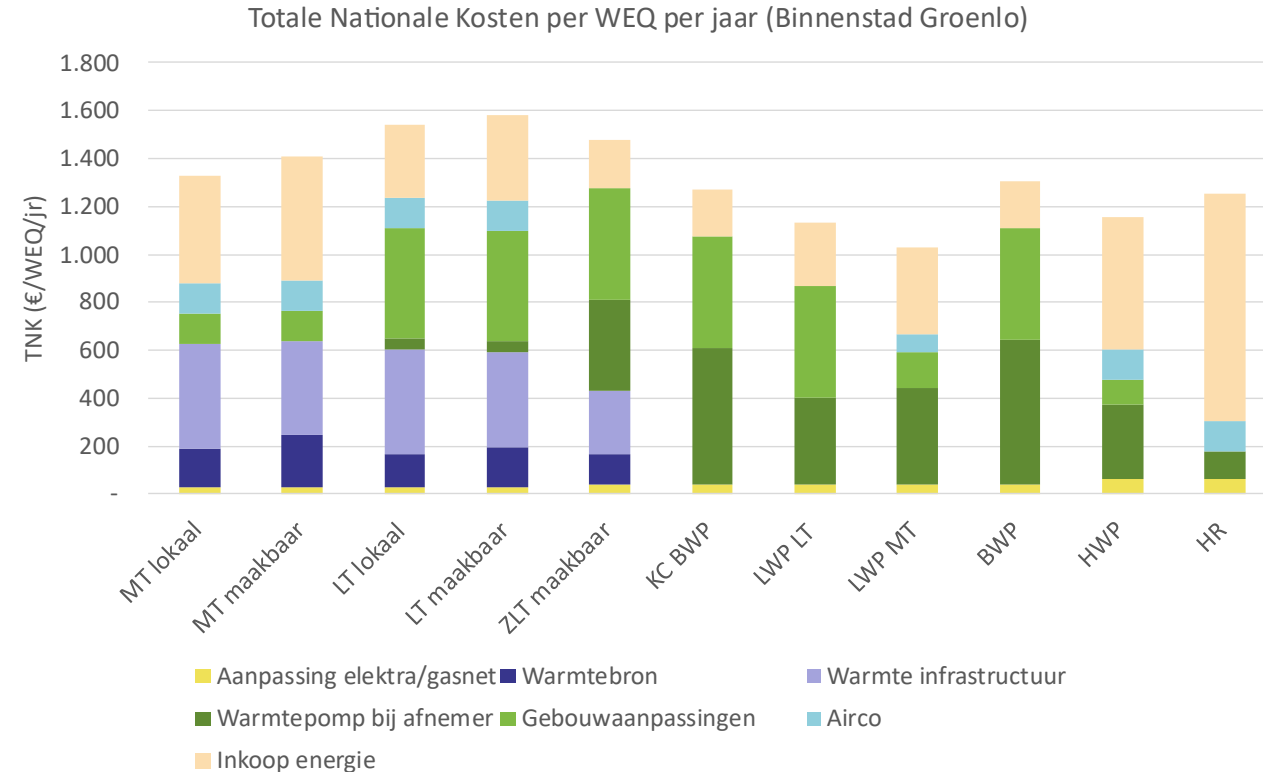
Er zijn duidelijke verschillen te zien tussen de scenario's, afgezien van de verschillen in kosten.

Bij collectieve oplossingen bedragen de kosten voor de collectieve onderdelen ca. een derde tot de helft van de totale nationale kosten. Bij individuele oplossingen is de individuele installatie in de woning goed voor ca. de helft van de kosten.

Voor scenario's waar de woning op lage temperatuur verwarmd wordt, zijn de isolatiekosten ongeveer een derde van de totale kosten. Bij scenario's op midden temperatuur is dit nog maar een tiende en bij de HR ketel hoeven er geen extra kosten voor isolatie gemaakt te worden.

In ruil daarvoor hebben oplossingen op lage temperatuur de helft van de energiekosten die oplossingen op midden temperatuur hebben.

Ten slotte, kan er met sommige oplossingen inherent gekoeld worden, terwijl er bij andere oplossingen een extra airco aangeschaft moet worden.

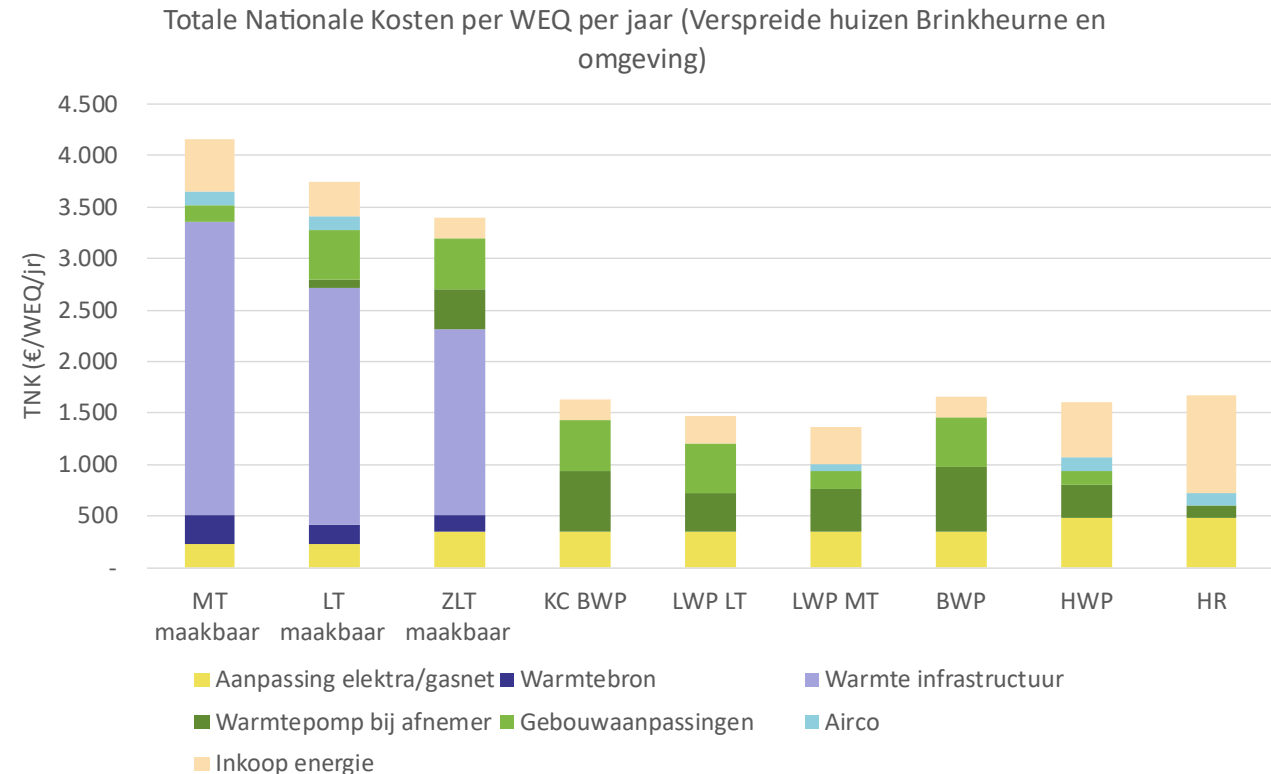


Voorbeelden van TNK resultaten, buitengebied

In de figuur rechts zie je de resultaten van een cluster in het buitengebied. Wat duidelijk opvalt is dat de collectieve oplossingen significant duurder zijn door de lange afstand die het warmtenet moet afleggen om alle woningen aan te sluiten.

Ook valt op dat de kosten voor het verzwaren, verwijderen en in stand houden van het gas- en elektranet een veel groter aandeel zijn dan in het vorige voorbeeld. Dit heeft dezelfde reden als voor de kosten van het warmtenet, namelijk dat de aantal meters leiding/kabel per woning veel groter is dan in een dichtbebouwd gebied en daarom de totale kosten per woning ook veel hoger zijn.

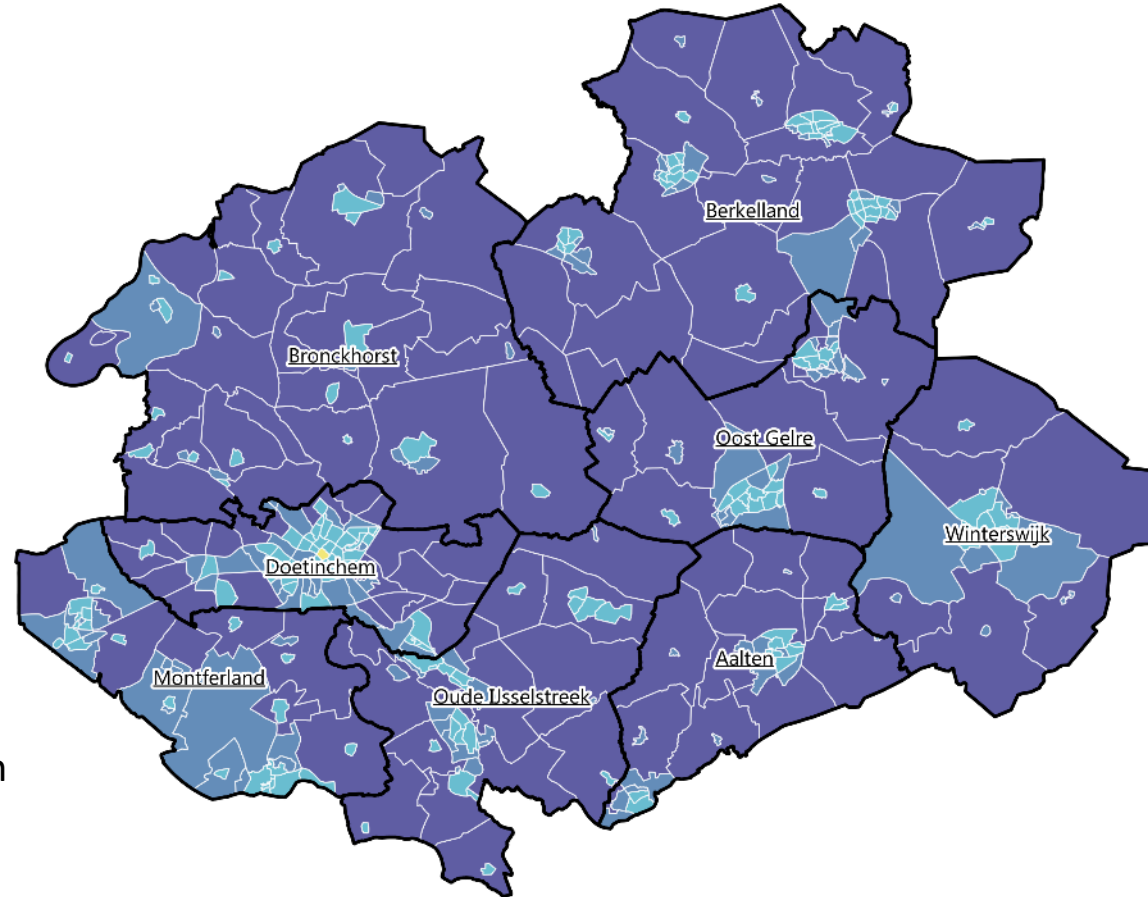
In dit voorbeeld zijn veel gebouwaanpassingen nodig voor een LT of ZLT warmtebron: hierin valt onder andere woningisolatie. In een cluster met goed geïsoleerde woningen zal de post gebouwaanpassingen voor LT of ZLT oplossingen kleiner zijn.



Per cluster het verschil in TNK voor goedkoopste warmtenet optie en goedkoopste individuele oplossing (1/2)

In de kaart zie je het verschil in totale nationale kosten (TNK) tussen de goedkoopste collectieve en goedkoopste individuele oplossing o.b.v. de standaard uitgangspunten. Des te donkerder blauw de kleur des te goedkoper is een individuele oplossing voor het cluster ten opzichte van een collectieve oplossing. Hoe geler/groener hoe gunstiger is de collectieve oplossing t.o.v. een individuele oplossing.

Wat opvalt is dat overal de individuele oplossing goedkoper is dan de collectieve oplossing, met uitzondering van Doetinchem Centrum. Verschillen die kleiner dan 20% zijn, noemen we insignificant door de onzekerheidsmarge in het model. Voor gebieden die groen of licht geel kleuren (hier Doetinchem Centrum) is het warmtenet goedkoper maar is het verschil in kosten dus insignificant. Voor de gebieden die licht tot donkerblauw kleuren is het



Achterhoek
Resultaten

Verskil o.b.v. TNK met standaard uitgangspunten

- Warmtenet tussen 0-20% goedkoper
- Individueel tussen 20-40% goedkoper
- Individueel tussen 40-60% goedkoper
- Individueel tussen 60-80% goedkoper

verschil wel significant. Er zijn geen groene gebieden: gebieden waarvoor de individuele oplossing insignificant goedkoper is. In aparte bijlage 2 zijn de kaarten per gemeente te vinden.

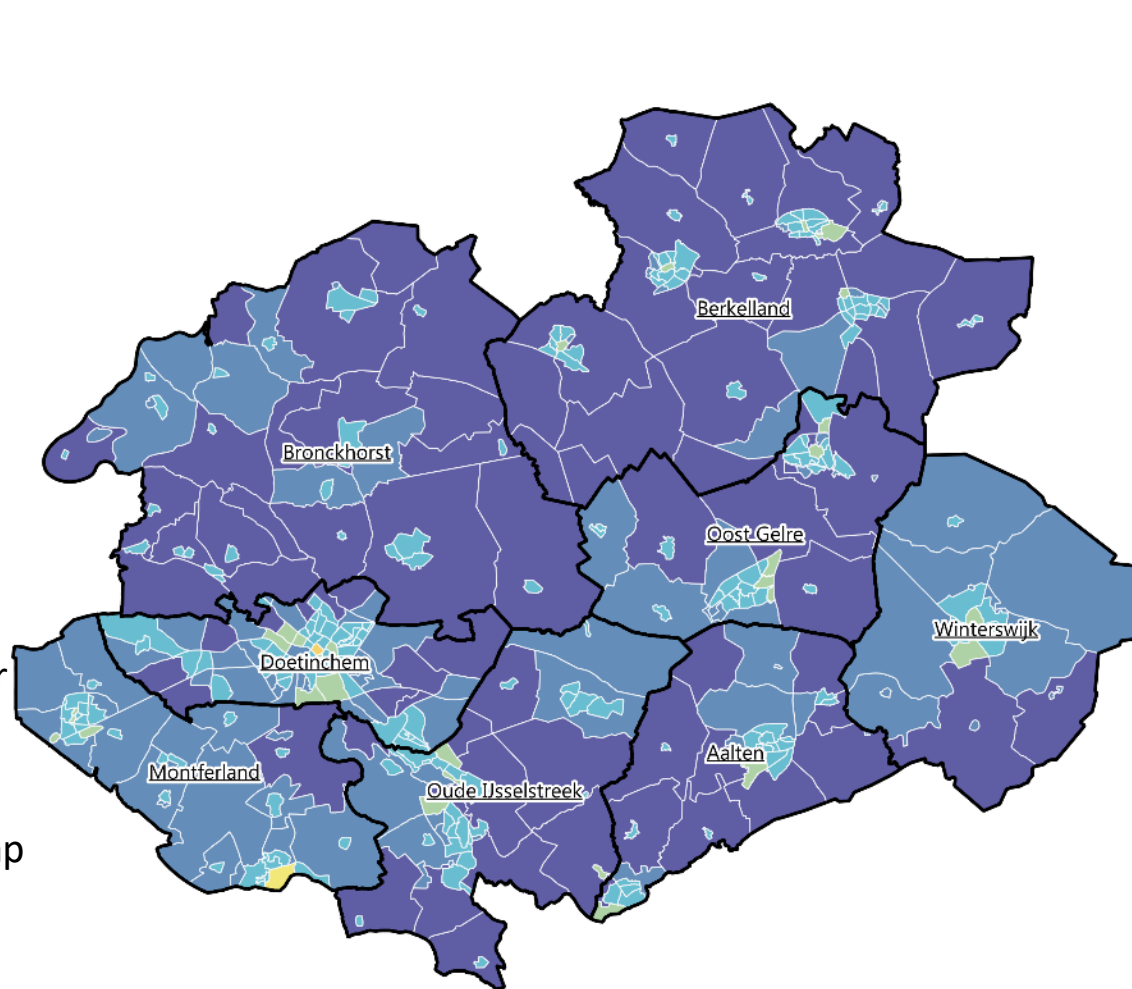
0 1 2 km

Per cluster het verschil in TNK voor goedkoopste warmtenet optie en goedkoopste individuele oplossing, zonder minder duurzame oplossingen (1/2)

De kaart rechts toont opnieuw het verschil tussen de goedkoopste collectieve en goedkoopste individuele oplossingen. In dit overzicht zijn echter de minder duurzame oplossingen buiten beschouwing gelaten namelijk de individuele:

- Lucht-water warmtepomp met 70 graden levering, vaak de goedkoopste oplossing per cluster
- Hybride warmtepomp met groengas met 70 graden levering
- HR-ketel met groengas met 90 graden levering

Deze oplossingen zijn mogelijk minder gewenst wanneer een alternatief ook kansrijk is. Dit komt doordat de eerste zorgt voor extra belasting op het elektriciteitsnet ten opzichte van de individuele lucht-water warmtepomp op 50 graden. Voor de andere twee scenario's geldt dat de beschikbaarheid en kostprijs van groengas voor de gebouwde omgeving nog onzeker zijn. In aparte bijlage 2 zijn deze kaarten per gemeente te vinden.



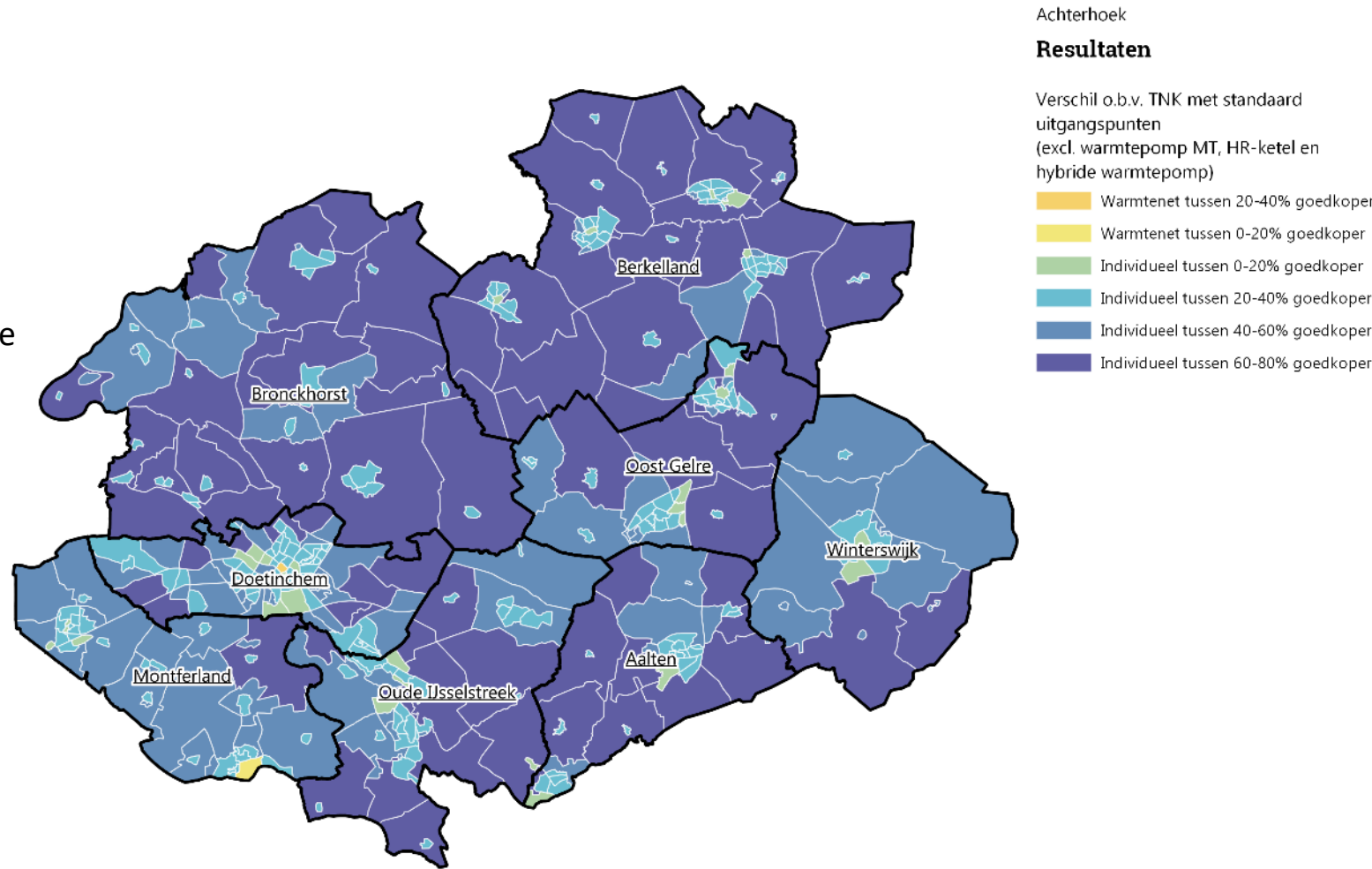
Per cluster het verschil in TNK voor goedkoopste warmtenet optie en goedkoopste individuele oplossing, zonder minder duurzame oplossingen (2/2)

Wanneer men de minder duurzame oplossing buiten beschouwing laat, worden de verschillen tussen de goedkoopste collectieve en goedkoopste individuele oplossingen kleiner.

De belangrijkste veranderingen zijn daar te zien waar het verschil tussen collectief en individueel insignificant geworden is door het weglaten van de minder duurzame oplossingen. Dit is het geval in een aantal kernen in de Achterhoek, zoals Winterswijk, Aalten, Lichtenvoorde, Groenlo, Neede, Borculo, Ruurlo en Didam.

Daarnaast is het warmtenet in een cluster in het centrum van Doetinchem nu significant goedkoper dan het individuele alternatief.

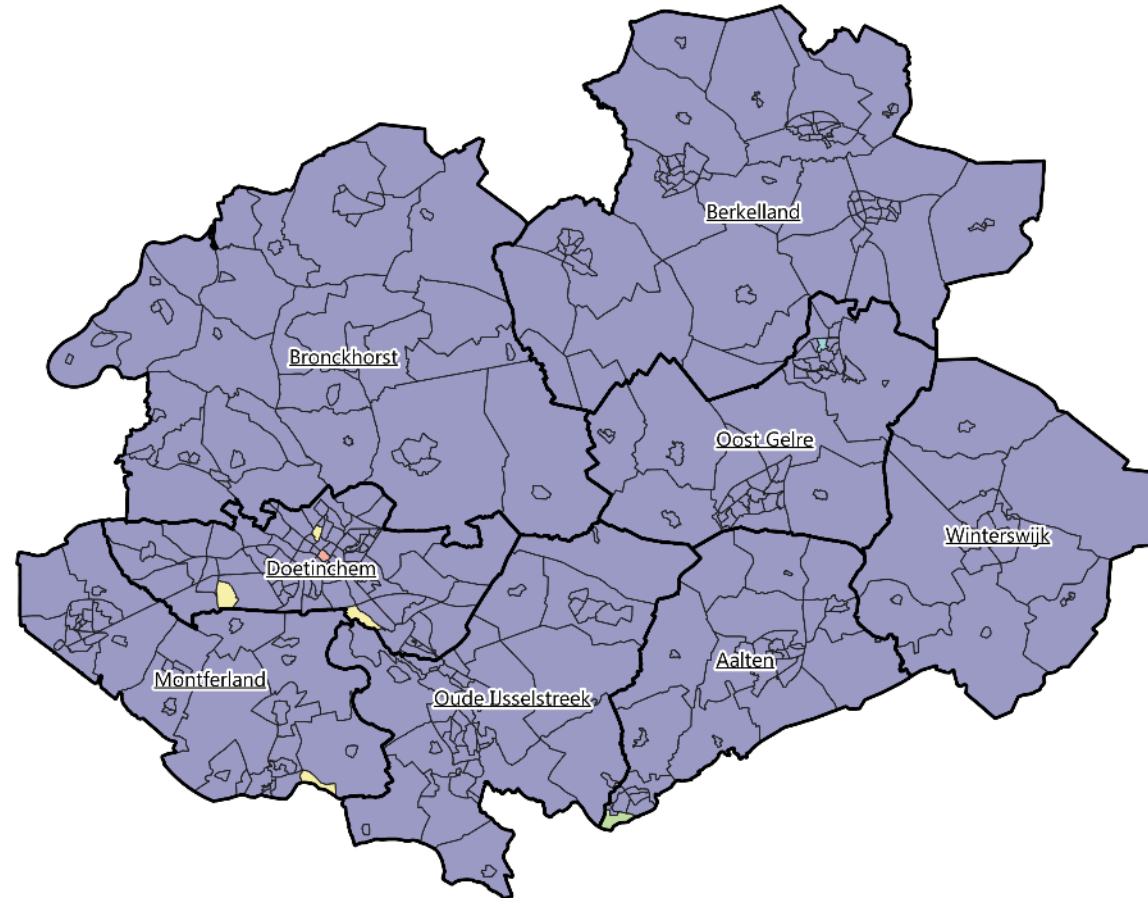
In het algemeen kan er gesteld worden dat de kosten voor een individuele oplossing in het buitengebied significant goedkoper qua nationale kosten zijn en dat er enkele gebieden in de kernen zijn waar het verschil tussen collectief en individueel insignificant is.



Per cluster: oplossing met laagste TNK

De kaart rechts toont welke oplossing de laagste nationale kosten heeft, zonder het kostenverschil te tonen.

- Voor het overgrote deel van de clusters resulteert de MT individuele lucht-water warmtepomp in de laagste nationale kosten,
- Let op: Het verschil is in Doetinchem Centrum insignificant
- Voor een paar andere clusters (bedrijventerreinen voornamelijk) komt het klein-collectieve systeem als gunstigste naar voren.
- 1 gebiedje in gemeente Aalten geeft de hybride warmtepomp als meest betaalbare optie. Dit komt omdat de gebouwen in dit gebied veel warmte vragen. De inzet van een MT warmtepomp wordt dan relatief minder interessant.



Achterhoek
Resultaten

Voorkeursoplossing o.b.v. TNK
Standaard uitgangspunten

- Warmtepomp MT
- Warmtepomp LT
- Klein-collectief bodemwarmtepomp
- Warmtenet MT lokale bron
- Hybride groengas

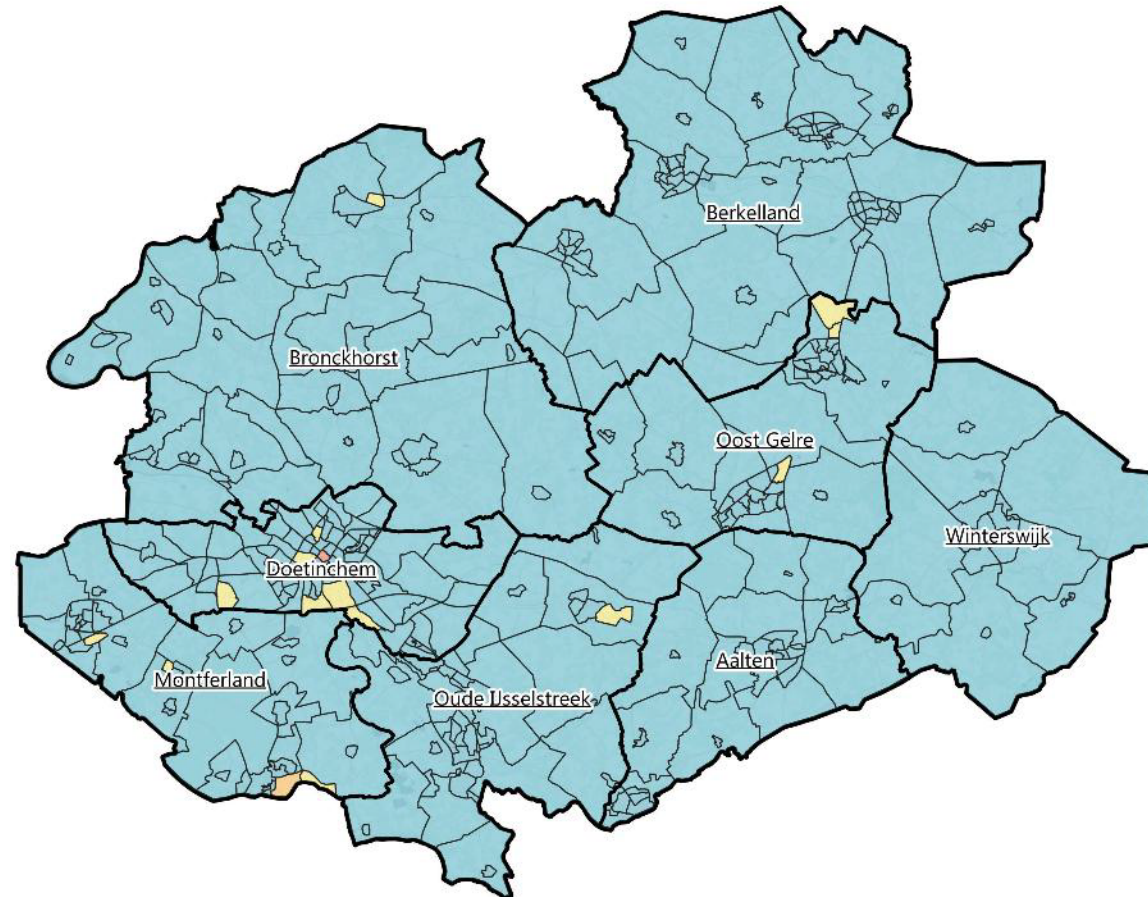
- 1 gebied boven Groenlo geeft een LT warmtepomp als beste optie: hier liggen goed geïsoleerde woningen.

In bijlage 2 is deze kaart voor elke gemeente weergegeven. Ook is daar de kaart met de laagste TNK te vinden waarbij minder duurzame oplossingen zijn weggelaten.

Per cluster: oplossing met laagste TNK (zonder minder duurzame oplossingen)

De kaart rechts toont welke oplossing de laagste nationale kosten heeft, zonder het kostenverschil te tonen.

- Voor het overgrote deel van de clusters resulteert de individuele lucht-water warmtepomp in de laagste nationale kosten,
- Let op: Het verschil is voor een aantal clusters in de kernen insignificant (zie groene en lichtgele clusters vorige slide).
- Voor een paar andere clusters (bedrijventerreinen voornamelijk) komt het klein-collectieve systeem als gunstigste naar voren.
- Voor twee clusters heeft een collectief systeem de laagste nationale kosten. Één cluster in 's-Heerenberg en één in Doetinchem centrum.



Achterhoek
Resultaten

Standaard uitgangspunten
(excl. warmtepomp MT, HR-ketel en
hybride warmtepomp)

- Warmtepomp LT
- Klein-collectief bodemwarmtepomp
- Warmtenet MT luchtwarmtepomp
- Warmtenet MT lokale bron

In bijlage 2 is deze kaart voor elke gemeente weergegeven. Ook is daar de kaart met de voorkeursoplossing met minder duurzame oplossingen te vinden.

Overzicht in getallen

De grafiek rechts toont hoeveel adressen binnen de gehele Achterhoek een bepaalde voorkeursoplossing hebben en of dit resultaat significant is of niet.

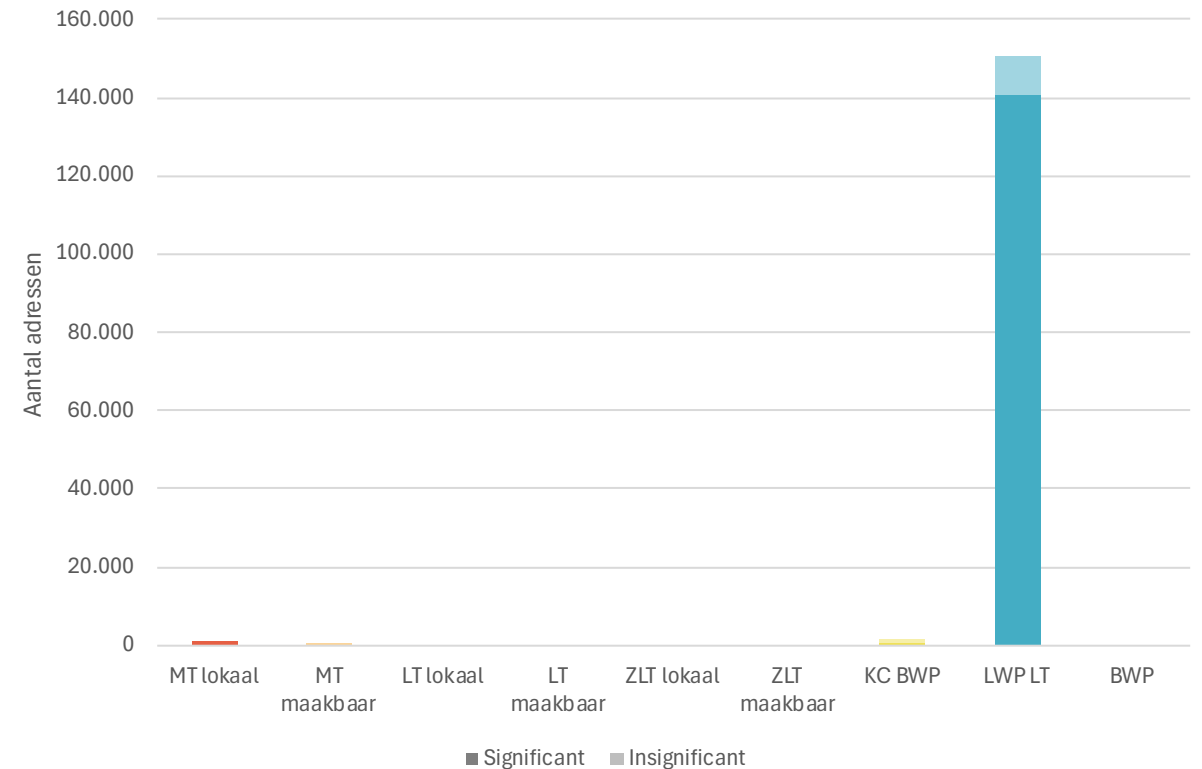
Voor het overgrote deel van de adressen zijn de nationale kosten voor een lage temperatuur individuele lucht-water warmtepomp (LWP LT) significant lager dan de kosten van andere oplossingen.

Voor ongeveer 1.000 woningen zijn de kosten voor een MT warmtenet op basis van een lokale bron significant goedkoper.

Ook blijkt dat voor ca. 11.000 (7%) woningen het verschil in kosten tussen de goedkoopste en een-na-goedkoopste oplossing insignificant groot is. Dit betekent dat ze binnen de [onzekerheidsmarge](#) vallen: deze oplossing is minder dan 20% goedkoper dan de volgende oplossing.

	MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Significant	996	0	0	0	0	0	656	140.752	0
Insignificant	0	311	0	0	0	0	861	9.832	0

Voorkeursoplossing met standaard uitgangspunten o.b.v. TNK (excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



3.3 Resultaten Total Cost of Ownership



Toelichting resultaten Total Cost of Ownership

In warmteprogramma's van elke gemeente komt een inzicht over de totale nationale kosten van de verschillende aardgasvrije oplossingen. Daarnaast is het belangrijk te kijken welke oplossing de laagste Total Costs of Ownership geeft: wat betekent het voor de eindgebruiker om over te stappen. Bij voorkeur maakt een gemeente een gebalanceerde afweging tussen deze twee en relevante andere uitgangspunten zoals mogelijkheid voor inpassing in de woning en wensen van bewoners.

In deze paragraaf wordt met twee voorbeeldgebieden toegelicht wat de Total Cost of Ownership zijn per oplossing. Daarna is met kaarten uitgelicht wat deze resultaten zijn voor alle clusters in de 8 Achterhoekse gemeenten voor:

- Verschil in TCO tussen goedkoopste individuele en goedkoopste collectieve oplossing: Het is interessant om te zien waar verschillen klein zijn.
- Verschil in TCO tussen goedkoopste individuele en goedkoopste collectieve oplossing waarbij minder duurzame oplossingen weg zijn gelaten, net als in paragraaf 3.2.
- Per cluster de oplossing met de laagste TCO waarbij minder duurzame oplossingen zijn weggelaten;
- Overzicht van per oplossing de aantallen gebouwen in de achterhoek waarvoor dit de laagste TCO geeft.

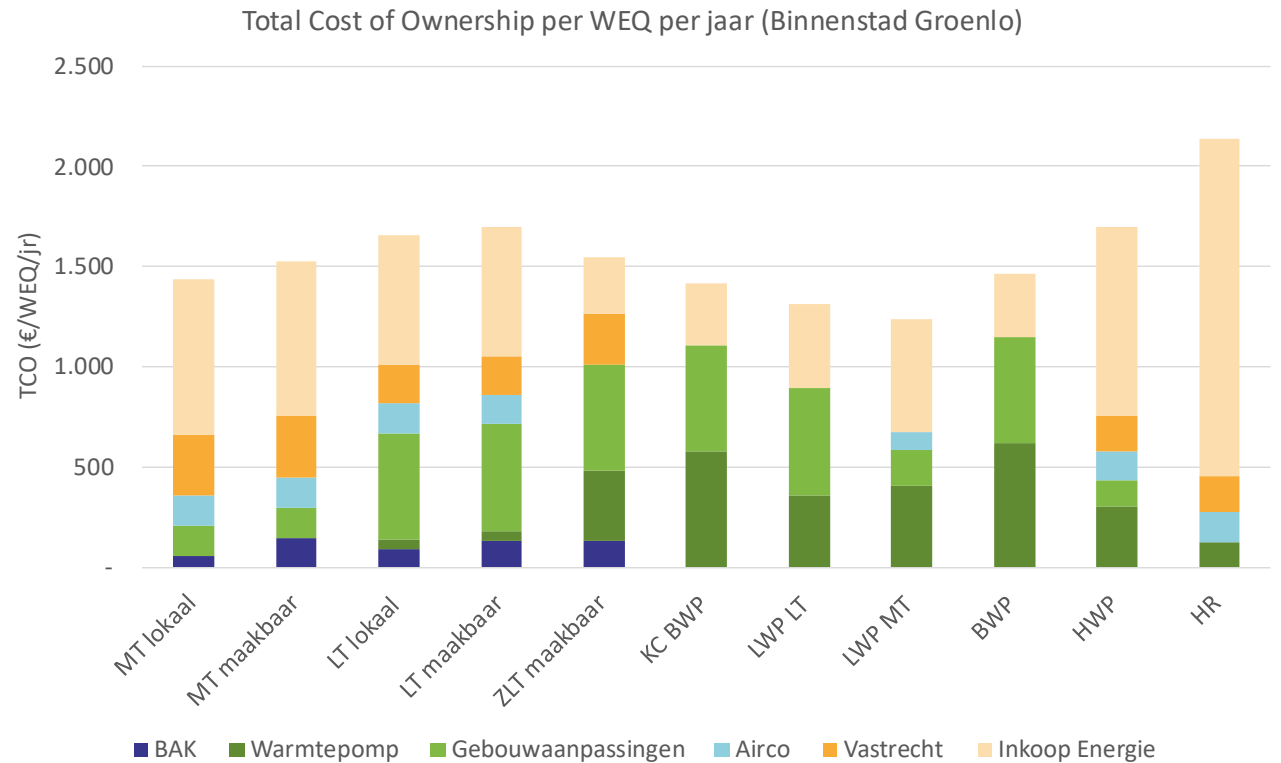
In aparte excelbijlage 6 is per cluster alle informatie te vinden over de total cost of ownership per scenario.

Voorbeelden van TCO resultaten, Groenlo centrum

In de grafiek rechts zie je opnieuw een overzicht van de resultaten voor Groenlo centrum. Deze keer geeft de grafiek de Total Cost of Ownership (TCO). De TCO zijn alle kosten en baten voor een eigenaar of bewoner van een pand over 30 jaar voor een bepaalde oplossing.

De donkerblauwe kleur is voor de bijdrage aansluitkosten (BAK) voor een warmtenet. De hoogte van de BAK hangt af van hoe goed de business case van het warmtenet is. De lichtblauwe kleur is hier voor de airco. De groene kleuren representeren de kosten voor aanpassingen aan het gebouw en de installatie en de oranje kleuren staan voor de gebruikskosten. Ook kan je de blauwe en groene kleuren zien als investeringskosten en de oranje kleuren als lopende kosten.

De kosten van de verschillende scenario's liggen dichterbij elkaar dan bij de TNK. Dit komt doordat er in de TCO subsidies en belastingen meegenomen worden. Het doel hiervan is om de kostenverschillen te verkleinen en om duurzame alternatieven aan te moedigen.



Voorbeelden van TCO resultaten, buitengebied

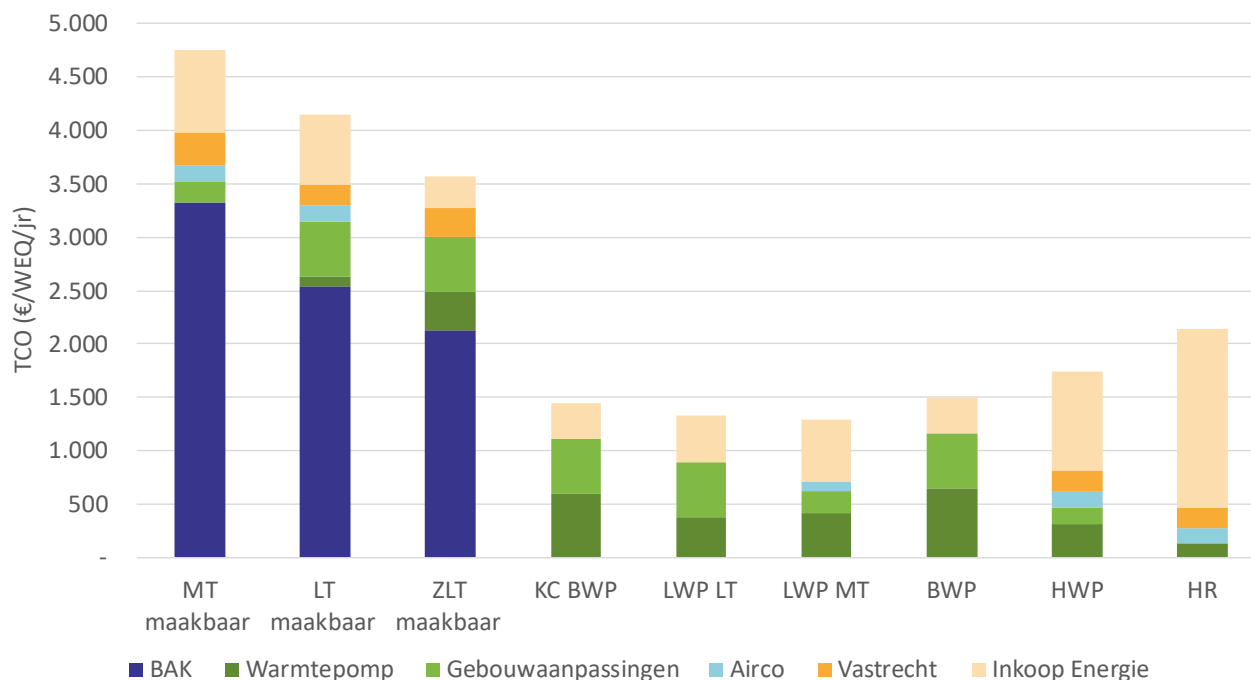
In het voorbeeld rechts van een buitengebied is opnieuw goed te zien hoe slecht de business case voor een collectief systeem is door de hoogte van de BAK.

In tegenstelling tot de kosten voor de collectieve systemen zijn de kosten voor de individuele oplossingen relatief vergelijkbaar met de vorige cluster. Dit komt doordat het niet afhangt van hoe de woningen gepositioneerd zijn, maar alleen van wat voor soort woningen in het cluster staan.

Wat opvalt is dat zowel in het buitengebied als in Groenlo Centrum de MT lucht-water warmtepomp als meest betaalbare naar voren komt. Dit geldt voor vrijwel alle gebieden. Dit komt doordat:

- Deze warmtepomp in aanschaf niet veel duurder is dan een LT lucht-water warmtepomp terwijl het vanwege MT warmtelevering niet nodig is de woning vooraf te isoleren
- Een warmtepomp is zeer efficiënt in het maken van warmte. Hoewel een LT warmtepomp efficiënter is dan een MT warmtepomp, is de energierekening van een MT warmtepomp nog steeds redelijk laag ten opzichte de rekening bij een collectief MT systeem.

Total Cost of Ownership per WEQ per jaar (Verspreide huizen Brinkheurne en omgeving)

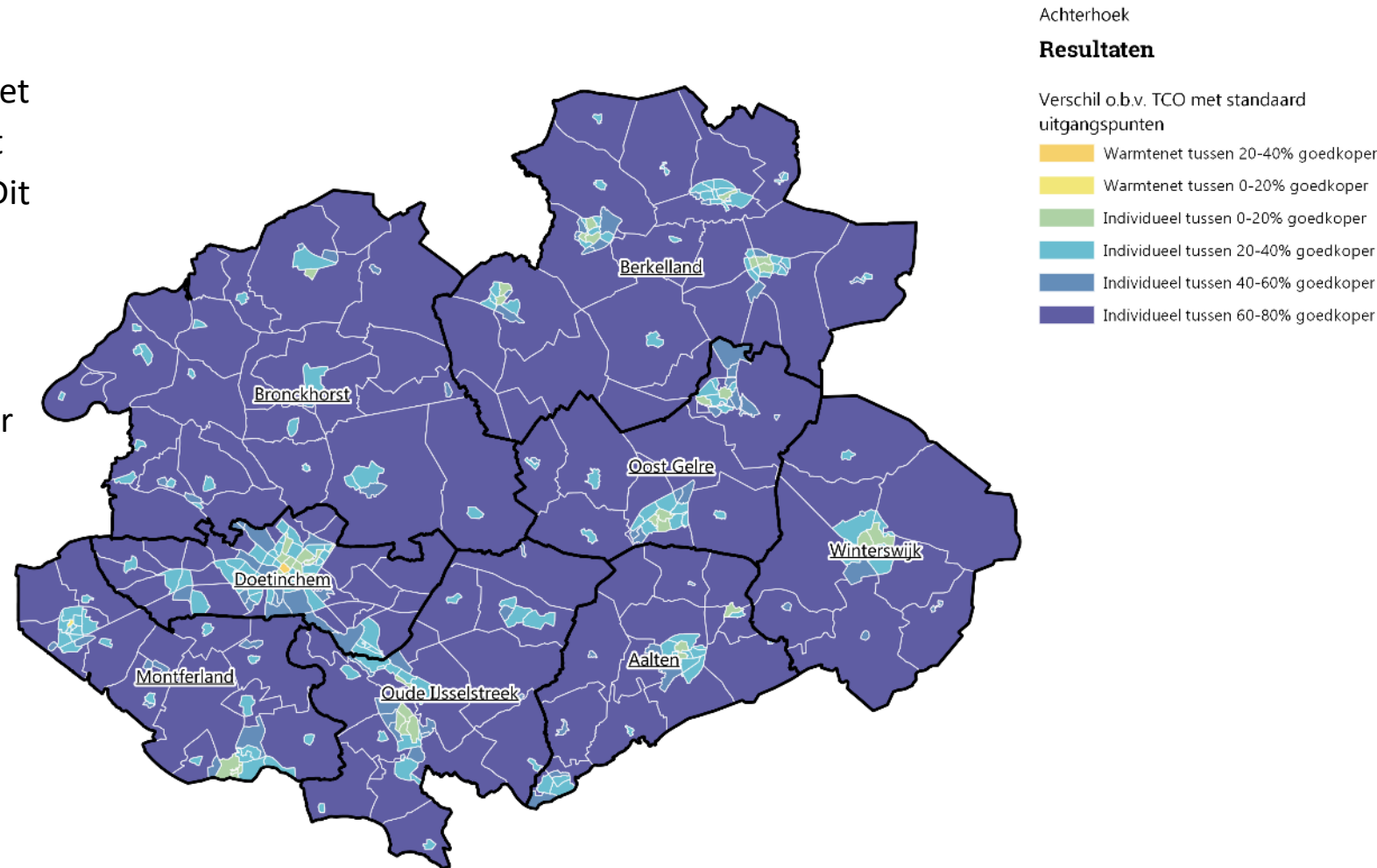


Per cluster het verschil in TCO voor goedkoopste warmtenet optie en goedkoopste individuele oplossing

Wanneer je naar de resultaten voor de hele Achterhoek kijkt, is te zien dat voor meer clusters het verschil tussen collectief en individueel insignificant ($< 20\%$) is: het valt binnen de onzekerheidsmarge. Dit komt met name door subsidies die de kosten voor verschillende oplossingen gelijk trekken.

Met name in de verschillende kernen zie je dat collectief er kansrijker uit komt dan wanneer je naar de TNK kijkt. In Winterswijk, Lichtenvoorde, Aalten, Groenlo, Borculo, Ruurlo, Eibergen, Ulft en 's-Heerenberg zijn er gebieden bij gekomen die nog een voorkeur voor individueel hebben, maar die nu voor een insignificant verschil zorgt.

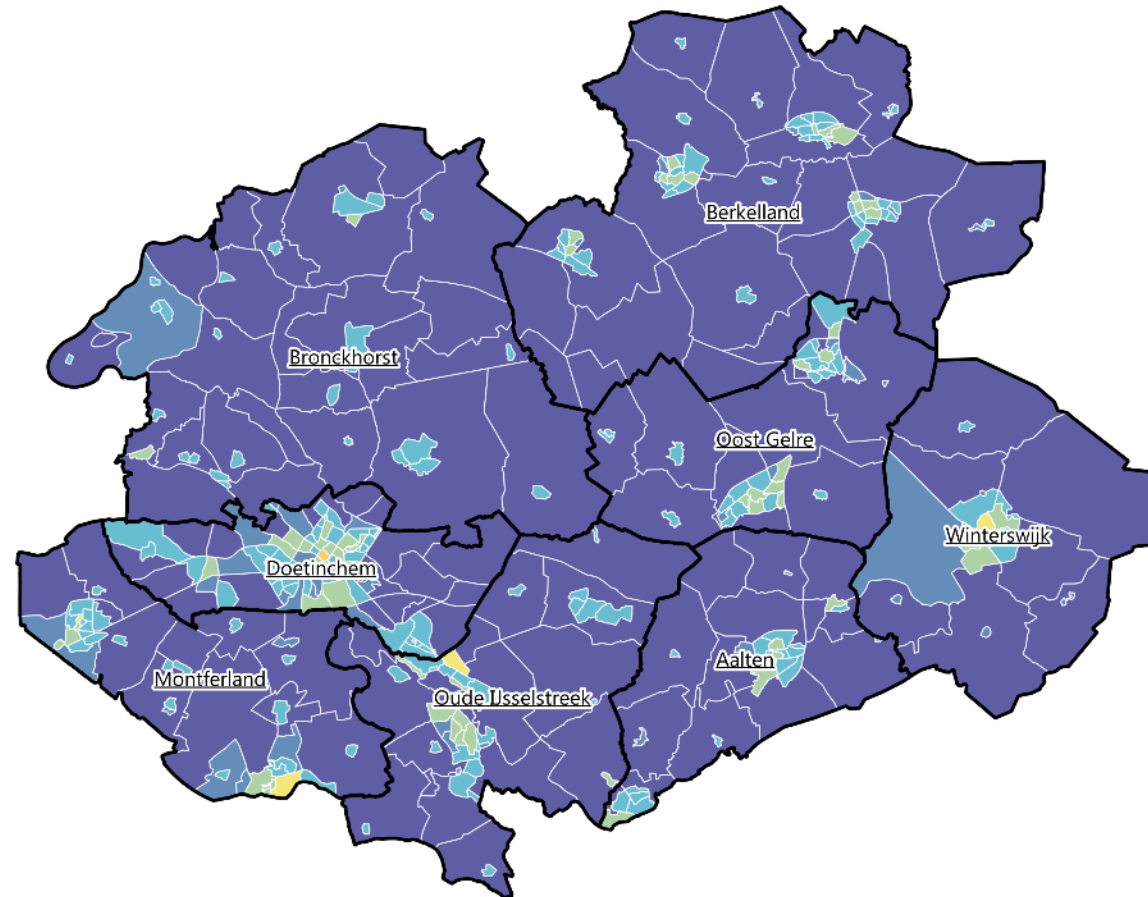
In Didam Centrum valt de voorkeur nu naar collectief, hoewel insignificant, en in Doetinchem heeft het centrum nu een significant verschil in het voordeel van een collectieve oplossing.



Per cluster het verschil in TCO voor goedkoopste warmtenet optie en goedkoopste individuele oplossing, zonder minder duurzame oplossingen (1/2)

Wanneer je de relatief betaalbare, minder duurzame individuele oplossingen weghaalt, komen er meer plekken naar voren waar de individuele oplossing insignificant goedkoper is. In de praktijk zou hier het warmtenet even duur kunnen worden.

In verschillende kernen is er meer dan één cluster waarvoor dit zo is. Dit geldt met name voor de bedrijventerreinen. Dit biedt kansen om een groter warmtenetgebied te vormen per kern. Dit kan ervoor zorgen dat de kosten voor aanleg van een warmtenet zoals projectmanagement verdeeld worden over een groter gebied wat kan leiden tot een gunstigere business case.



Achterhoek

Resultaten

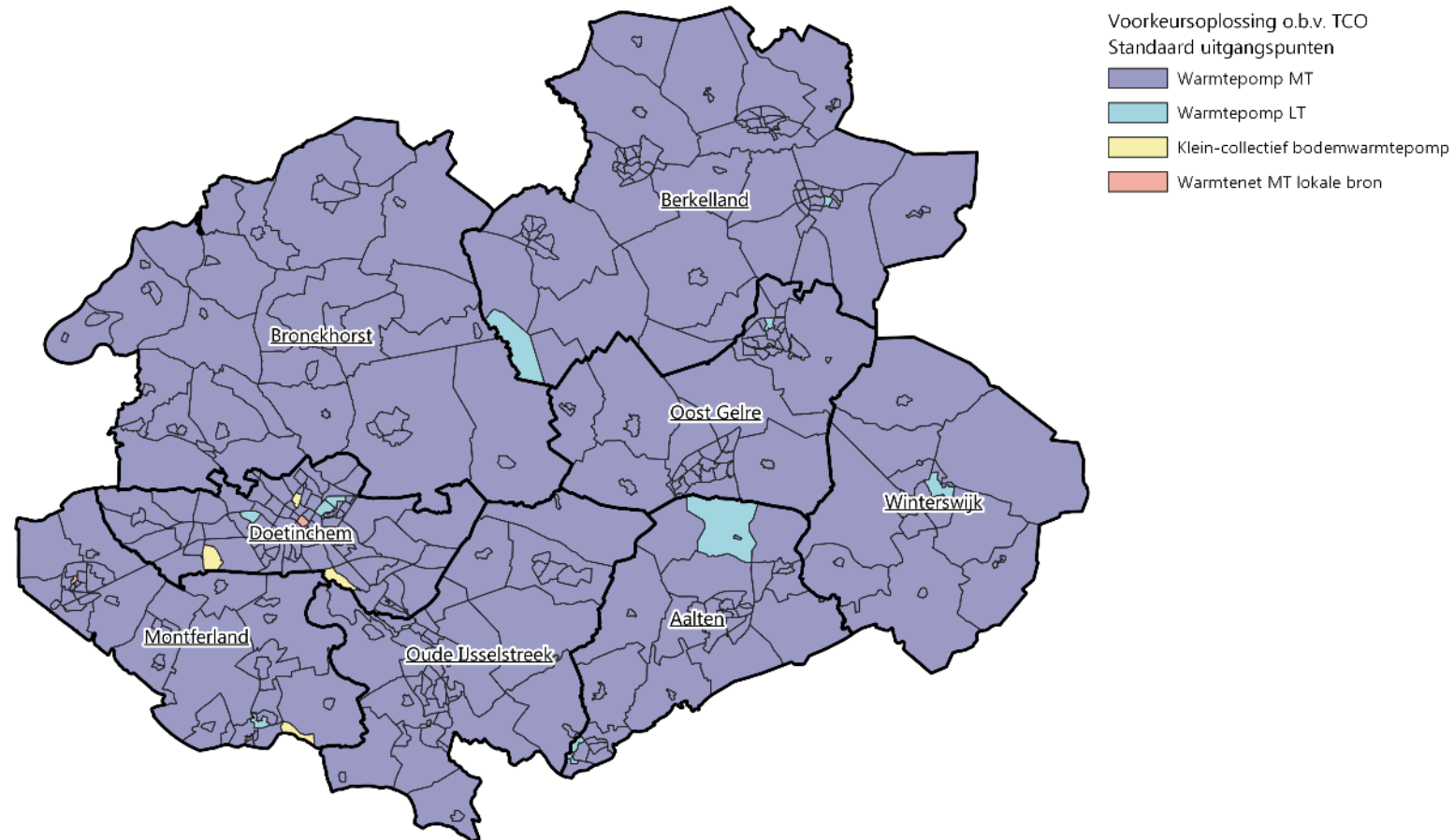
Verskil o.b.v. TCO met standaard uitgangspunten (excl. warmtepomp MT, HR-ketel en hybride warmtepomp)

- Warmtenet tussen 20-40% goedkoper
- Warmtenet tussen 0-20% goedkoper
- Individueel tussen 0-20% goedkoper
- Individueel tussen 20-40% goedkoper
- Individueel tussen 40-60% goedkoper
- Individueel tussen 60-80% goedkoper

0 1 2 km

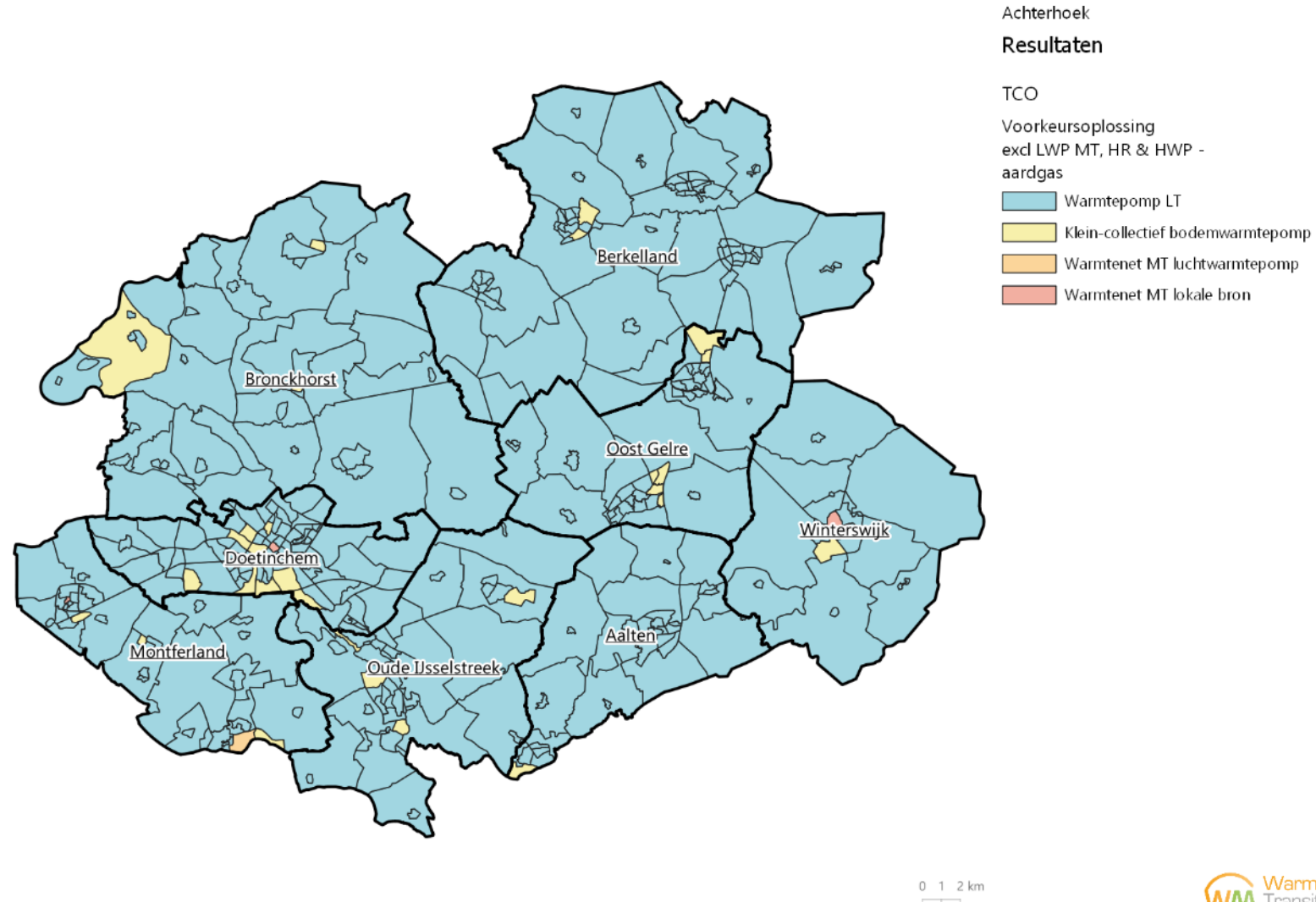
Per cluster: oplossing met laagste TCO

Ten opzichte van de kaart met per cluster de oplossing met de laagste TNK, toont deze kaart een extra cluster waarvoor een warmtenet voor de laagste TCO zorgt (hoewel met een insignificant verschil, zoals we op de vorige pagina's hebben gezien). Het gaat om het centrum van Didam. Ook zijn er nog een aantal extra gebieden waarvoor de LT warmtepomp beter uitkomt. Het effect van subsidies op isolatie speelt hier een rol.



Per cluster: oplossing met laagste TCO, zonder minder duurzame oplossingen

Ten opzichte van de kaart met per cluster de oplossing met de laagste TNK, toont deze kaart twee extra clusters waarvoor een warmtenet voor de laagste TCO zorgt (hoewel met een insignificant verschil, zoals we op de vorige pagina's hebben gezien). Het gaat om twee buurten: het centrum van Didam en Winterwijk.



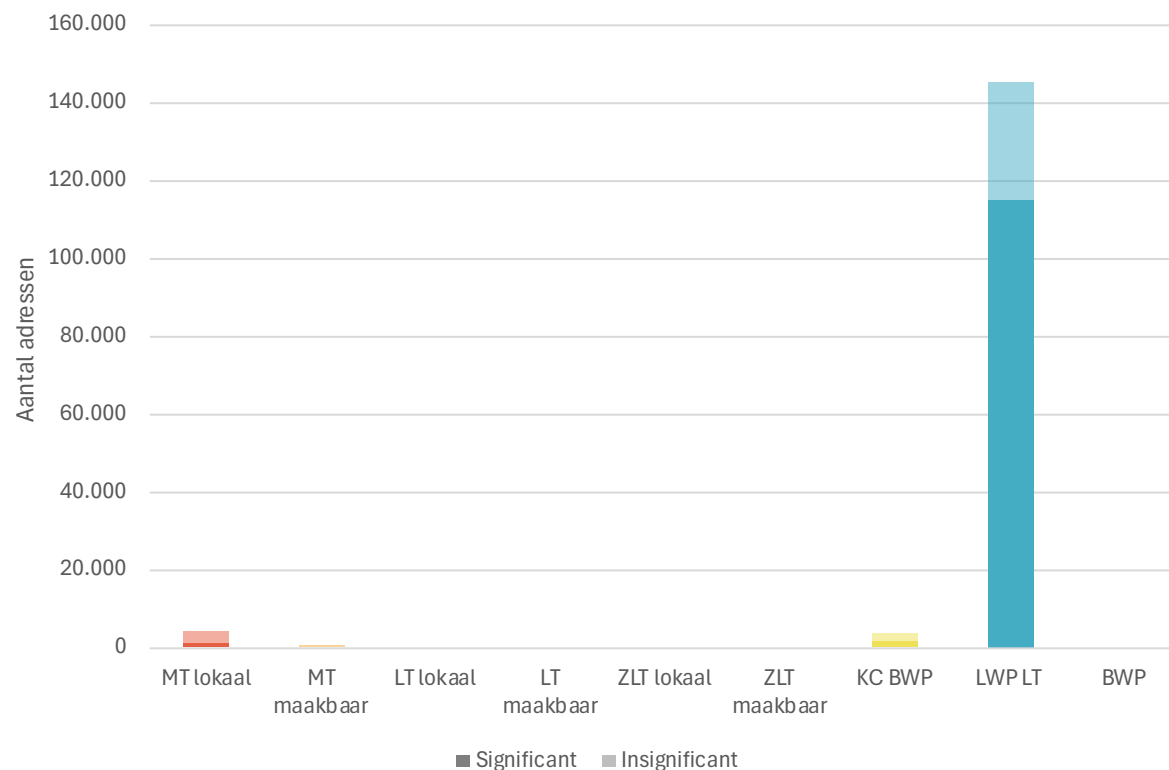
Overzicht in getallen

Wanneer je kijkt naar het totale aantal woningen is voor ca. 75% van de woningen een voorkeur voor een individueel systeem op basis van de TCO.

Ten opzichte van de vergelijking op basis van TNK echter, zijn er meer buurten waar het verschil tussen collectief en individueel insignificant geworden is.

Voor 35.760 woningen, of 23% van het totaal, is de conclusie over de voorkeursoplossing insignificant. Voor ca. 3.500 hiervan is resulteert een collectief systeem in de laagste kosten met een insignificant verschil. Voor deze woningen heeft een collectief systeem met een lokale bron vaker de voorkeur.

Voorkeursoplossing met standaard uitgangspunten o.b.v. TCO
(excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



	MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Significant	996	0	0	0	0	0	1.856	114.796	0
Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.820	30.449	0

3.4 Resultaten gevoeligheidsanalyse



Gevoeligheidsanalyse

De scenario's zijn doorgerekend met gezamenlijk bepaalde uitgangspunten. Dit zijn keuzes of aannames die gemaakt moeten worden om een techno-economische doorrekening te kunnen maken.

De uitgangspunten bepalen veel over hoe het technische systeem er uit zal zien en hoe de kosten worden berekend. De uitgangspunten staan echter niet vast en kunnen nog aangepast worden indien gewenst. Om die reden is onderzocht welk effect het aanpassen van een aantal van de belangrijkste uitgangspunten heeft op de resultaten.

De meest belangrijke uitgangspunten staan in de tabel rechts vermeld. In de tweede kolom staat wat het uitgangspunt is in de standaard doorrekening. In de meest rechter kolom staat hoe dit uitgangspunt varieert in de gevoeligheidsanalyse.

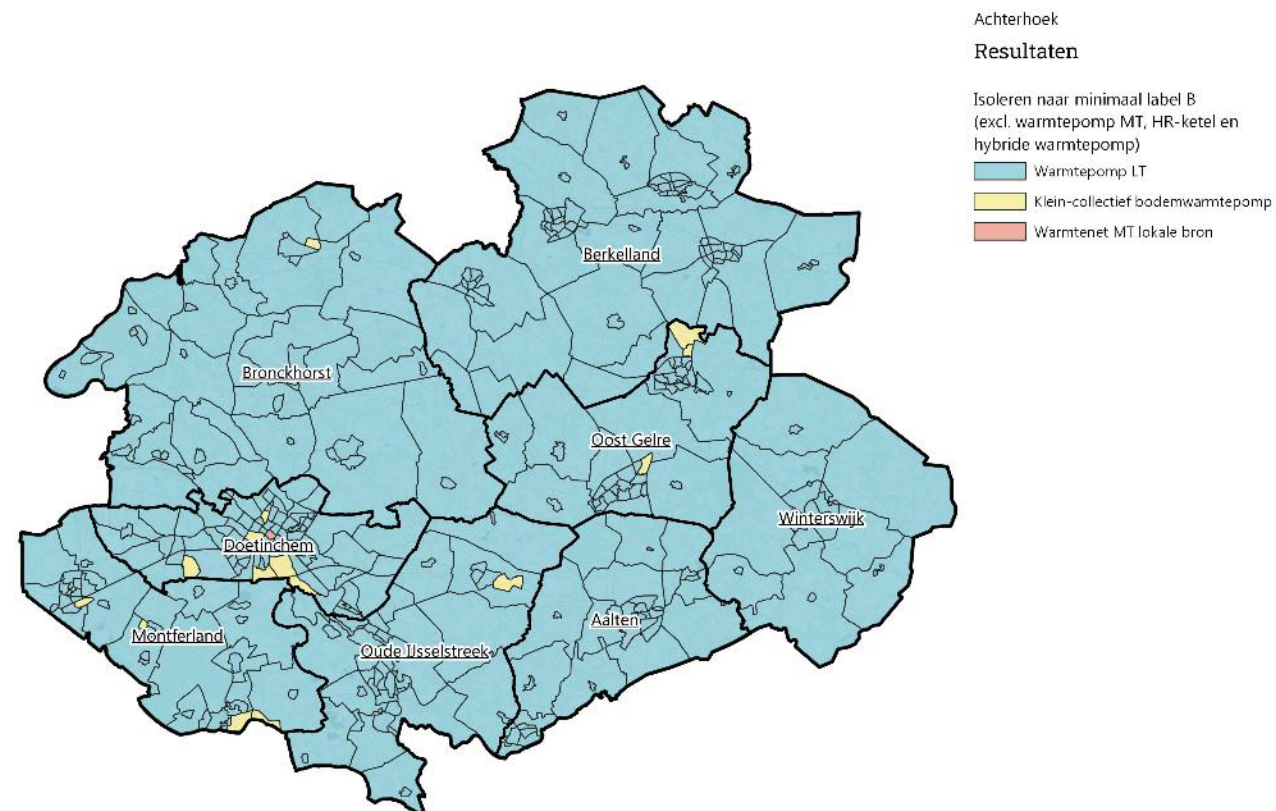
In de komende slides zullen we aantonen in hoeverre de resultaten veranderen wanneer een of meerdere uitgangspunten worden aangepast.

Uitgangspunt	Standaard	Gevoeligheid
Isolatie	Tot wat nodig is	Altijd naar minimaal label B
Piekvoorziening	Groengas	Aardgas
Koeling	Wel meegenomen	Niet meegenomen
Participatiegraad	70%	90%
Warmtetarieven	15% onder ACM tarieven	30% onder ACM tarieven

Gevoeligheidsanalyse – isolatie naar label B (impact op TNK)

Het verplicht isoleren tot label B leidt tot hogere gebouw-aanpassingskosten in scenario's waar dat voorheen niet nodig was. Deze kosten worden niet geheel gecompenseerd door de extra energiebesparing en dus lagere inkoop energie. Hierdoor zijn gebieden die voorheen financieel voordelig waren voor collectieve warmteoplossingen nu minder gunstig geworden. Dit betekent dat de situatie voor individuele oplossingen gunstiger geworden is.

De klein collectieve bodemwarmtepomp blijft interessant omdat isoleren naar label B sowieso al nodig was voor dit scenario.



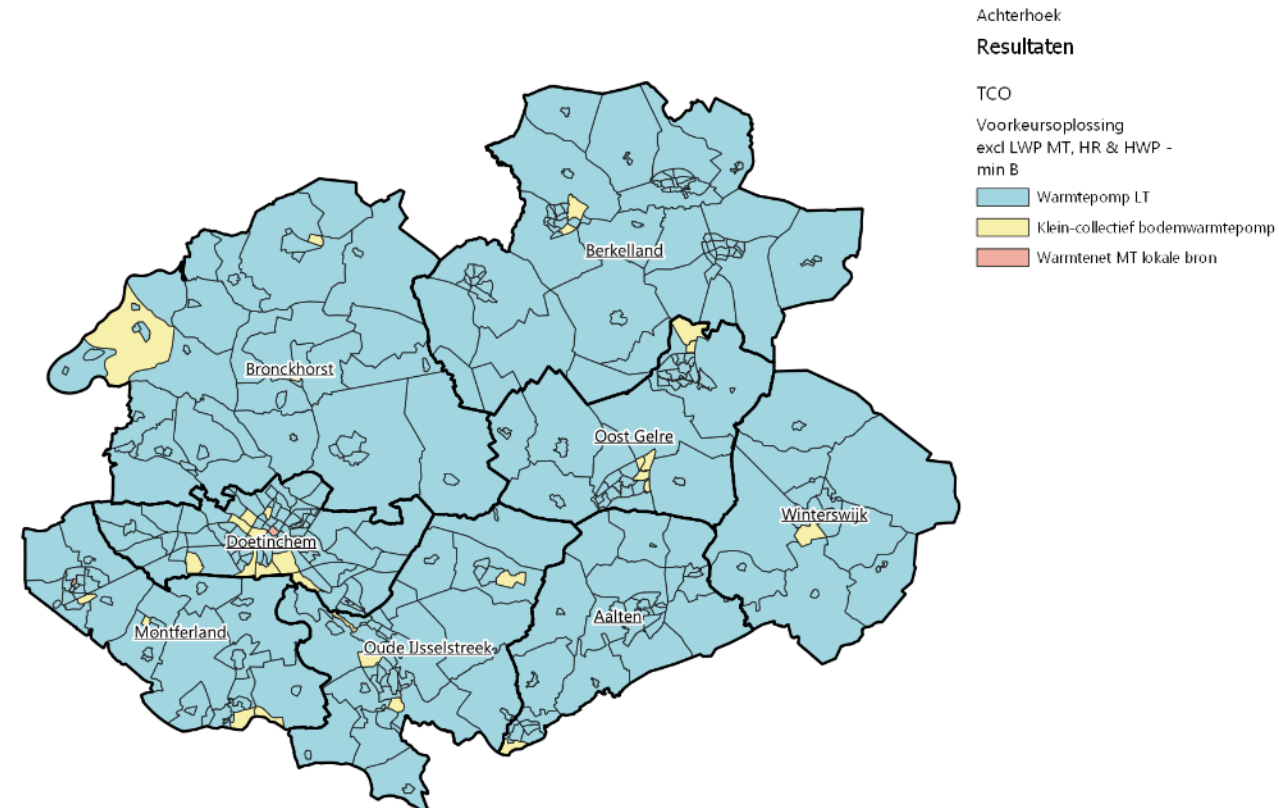
		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	656	140.752	0
	Insignificant	0	311	0	0	0	0	861	9.832	0
Gevoeligheid	Significant	0	0	0	0	0	0	1.000	148.480	0
	Insignificant	996	0	0	0	0	0	828	2.104	0

Gevoeligheidsanalyse – isolatie naar label B, impact op TCO

De gevoeligheidsanalyse toont een vergelijkbaar effect op de TCO als op de TNK. Er zijn meer gebouwkosten voor de bewoners. Door altijd te isoleren tot label B in plaats van wat nodig is, verschuift de economische haalbaarheid voor collectieve oplossingen. Hierdoor zijn nu meer gebieden significant goedkoper voor individuele warmteoplossingen.

		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	1.856	114.796	0
	Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.820	30.449	0
Gevoeligheid	Significant	0	0	0	0	0	0	3.103	120.752	0
	Insignificant	1.456	0	0	0	0	0	884	27.213	0

Voorkeursoplossing TCO - Minimaal label B (excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



Gevoeligheidsanalyse – aardgas piek – effect op TNK

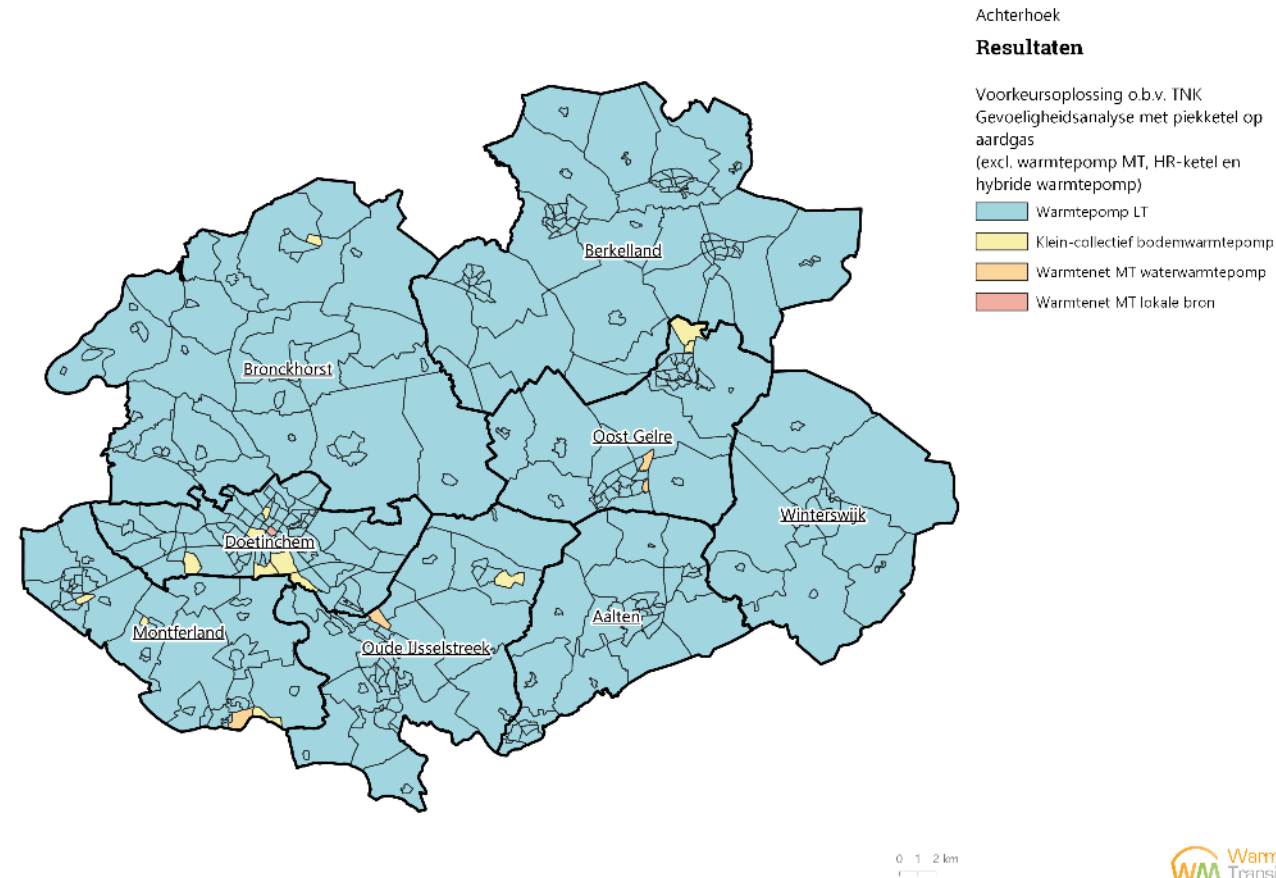
De gevoeligheidsanalyse onderzoekt de impact van het gebruik van aardgas in plaats van groengas voor de piekvraag van warmtenetten. Omdat aardgas goedkoper is, dalen de kosten voor collectieve systemen aanzienlijk.

Hierdoor zijn er meer clusters waar collectieve warmteoplossingen (Let op: voor de periode tot 2050) goedkoper zijn dan individuele oplossingen. Bovenal is in veel clusters waar individuele opties voorheen veel goedkoper waren, het verschil in kosten nu insignificant geworden.

Voorkeursoplossing TNK- Aardgas piek
(excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	656	140.752	0
	Insignificant	0	311	0	0	0	0	861	9.832	0
Gevoeligheid	Significant	996	0	0	0	0	0	610	126.056	0
	Insignificant	0	797	0	0	0	0	784	24.165	0



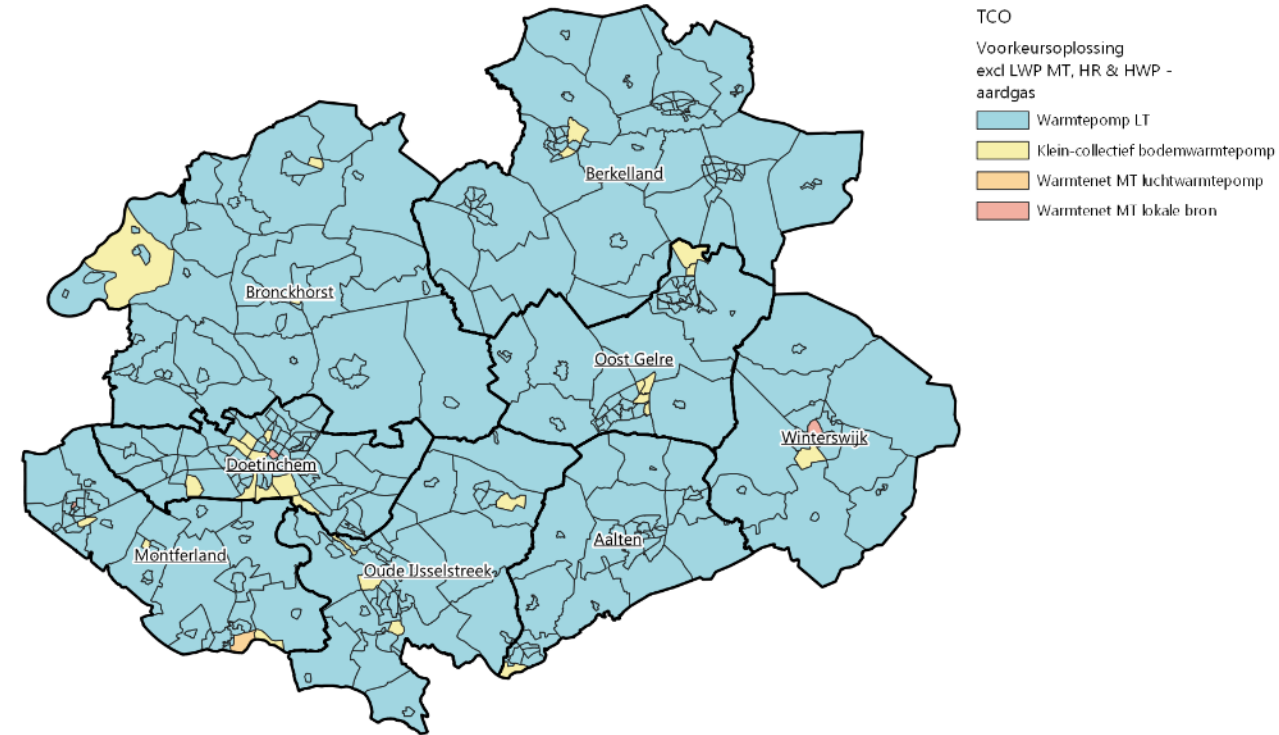
Gevoeligheidsanalyse – aardgas piek – effect op TCO

Wat betreft de TCO is niet direct een verschil te zien. De kosten zijn wel veranderd, maar het is niet genoeg om een cluster van individueel naar collectief of insignificant naar significant te veranderen.

Dit komt ook doordat de subsidies delen van de kostenveranderingen kunnen opvangen. Sommige subsidies voor warmtenetten zijn gebaseerd op de onrendabele top. Als deze verandert kan de hoeveelheid verkregen subsidie veranderen en daarmee de kosten voor de eindgebruiker gelijk blijven.

		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	1.856	114.796	0
	Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.820	30.449	0
Gevoeligheid	Significant	996	0	0	0	0	0	1.856	114.796	0
	Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.820	30.449	0

Voorkeursoplossing TCO- Aardgas piek
(excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



Achterhoek
Resultaten

TCO
Voorkeursoplossing
excl LWP MT, HR & HWP -
aardgas

- Warmtepomp LT
- Klein-collectief bodemwarmtepomp
- Warmtenet MT luchtwarmtepomp
- Warmtenet MT lokale bron

0 1 2 km

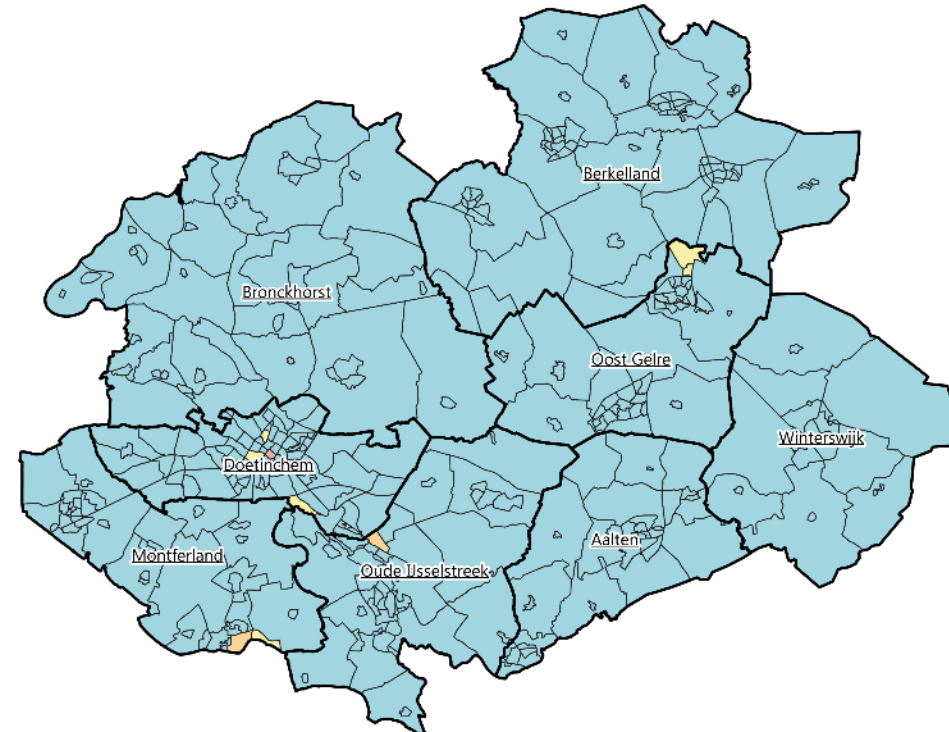
Gevoeligheidsanalyse – geen koeling – effect op TNK

In deze doorrekening nemen we geen koeling mee. Dit heeft de grootste impact op de oplossingen zonder warmtepomp. Met een warmtepomp kan namelijk inherent gekoeld worden. Voor de andere oplossingen moet er een airco aangeschaft worden.

Er is wel een verschil tussen welke warmtepomp. Bodem warmtepompen en warmtepompen aangesloten aan een bronnet kunnen veel efficiënter koelen dan een lucht-water warmtepomp.

		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	656	140.752	0
	Insignificant	0	311	0	0	0	0	861	9.832	0
Gevoeligheid	Significant	996	0	0	0	0	0	226	125.955	0
	Insignificant	0	589	0	0	0	0	32	25.610	0

Voorkeursoplossing TNK- Geen koeling
(excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



Achterhoek

Resultaten

Voorkeursoplossing o.b.v. TNK
Gevoeligheidsanalyse zonder koeling
(excl. warmtepomp MT, HR-ketel en
hybride warmtepomp)

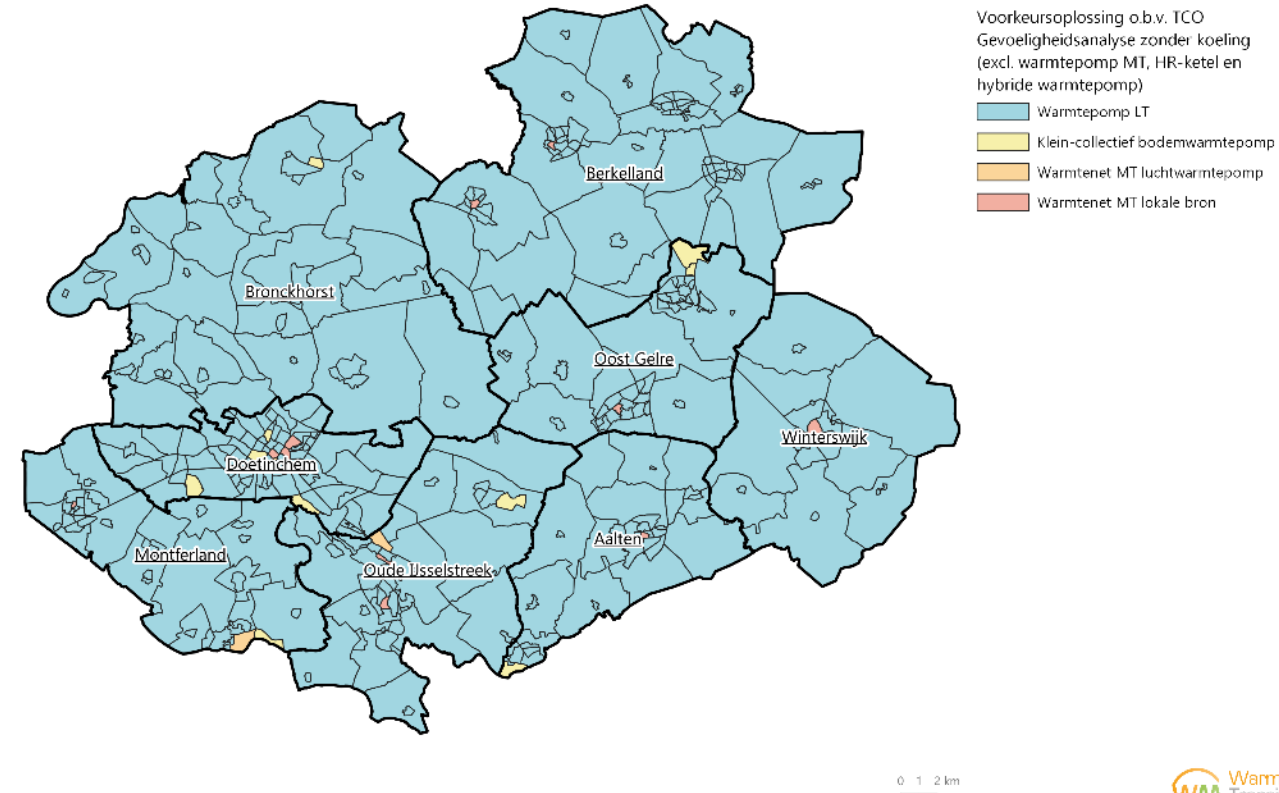
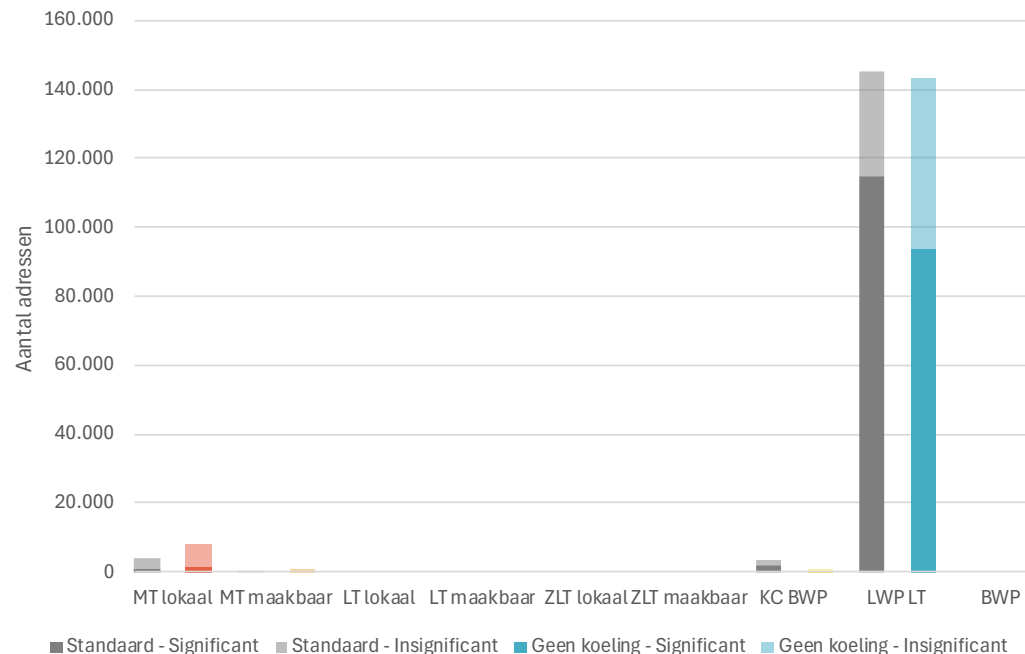
- Warmtepomp LT
- klein-collectief bodemwarmtepomp
- Warmtenet MT luchtwarmtepomp
- Warmtenet MT lokale bron

Gevoeligheidsanalyse – geen koeling – effect op TCO

Wanneer koeling niet wordt meegenomen, komen er veel meer clusters naar voren waar collectief kansrijk is. Ook zijn er veel meer woningen (20.000) waarvoor het verschil insignificant geworden is.

		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	1.856	114.796	0
	Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.820	30.449	0
Gevoeligheid	Significant	1.456	0	0	0	0	0	610	93.624	0
	Insignificant	6.793	1.121	0	0	0	0	182	49.622	0

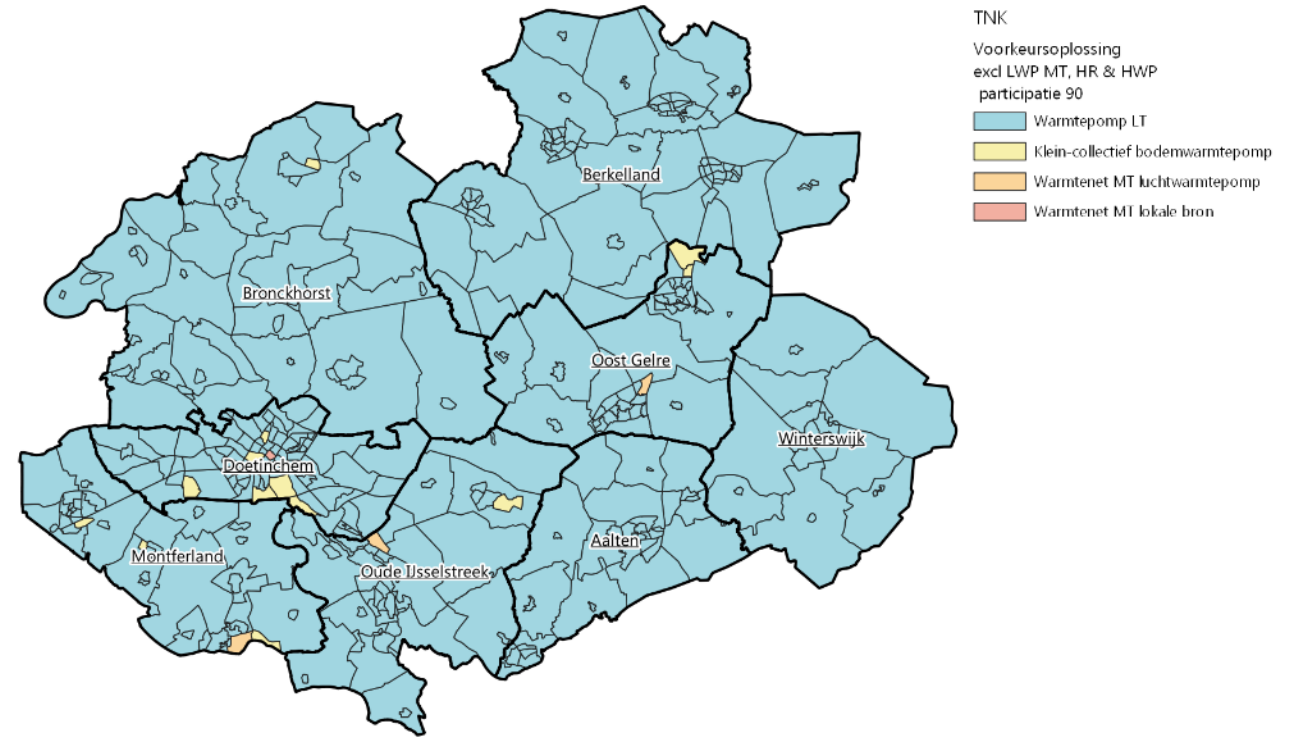
Voorkeursoplossing TCO- Geen koeling
(excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



Gevoeligheidsanalyse – participatiegraad – effect op TNK

De participatiegraad is belangrijk voor de haalbaarheid van een warmtenet. Een verhoging van 70% deelname naar 90% maakt het gemiddeld per woning goedkoper. Voor ca. 10.000 woningen wordt het verschil tussen individueel en collectief daardoor insignificant.

Het effect van participatiegraad kan soms gedempt worden, omdat in de modelmatige berekening de kosten van de energiecentrale mee schalen met het aantal afnemers. Meer afnemers kan dus ook meer kosten in de energiecentrale betekenen. Het heeft vooral een voordelig effect wanneer er hoge vaste kosten zijn, zoals een lange bronafstand. Dat is in deze scenario's meestal niet het geval.



Achterhoek
Resultaten

TNK
Voorkeursoplossing
excl LWP MT, HR & HWP
participatie 90

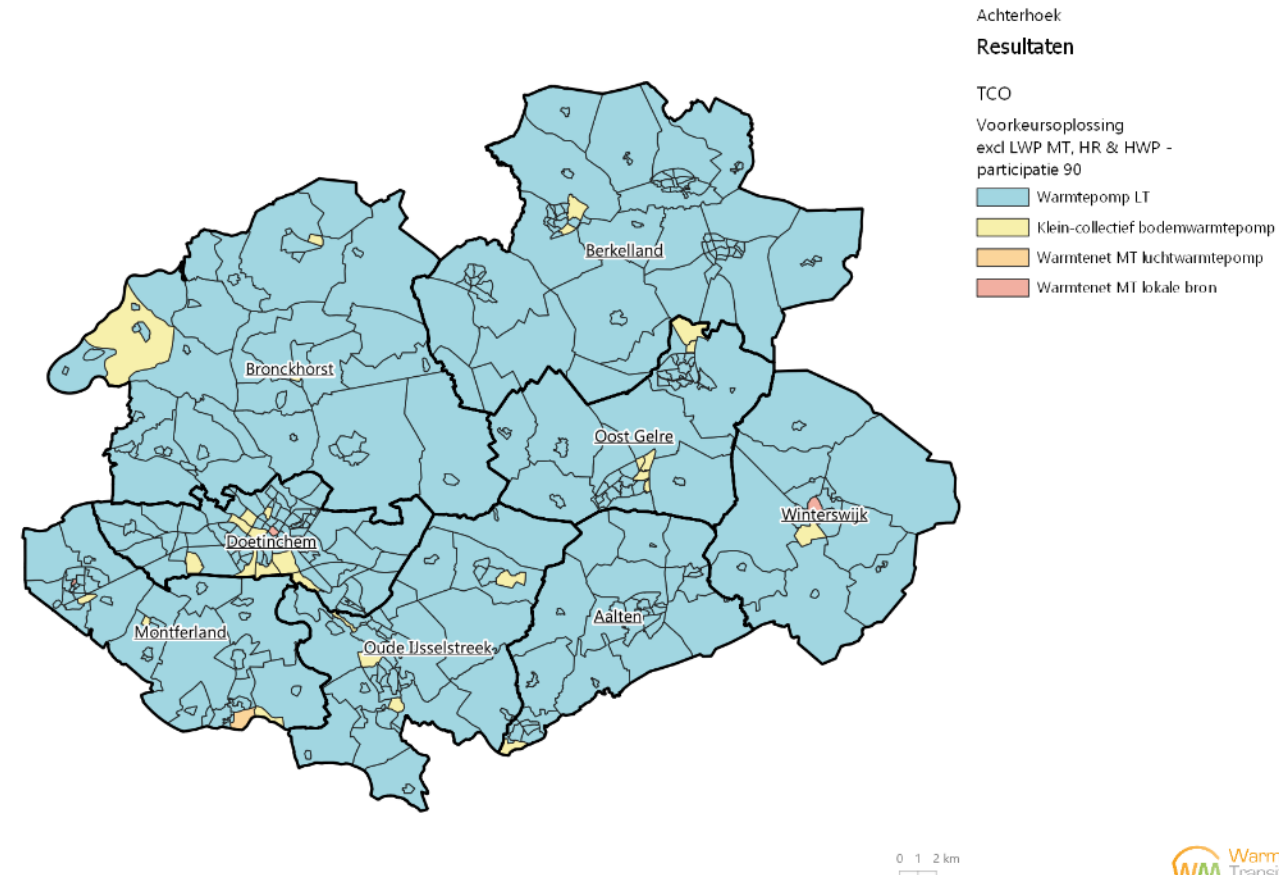
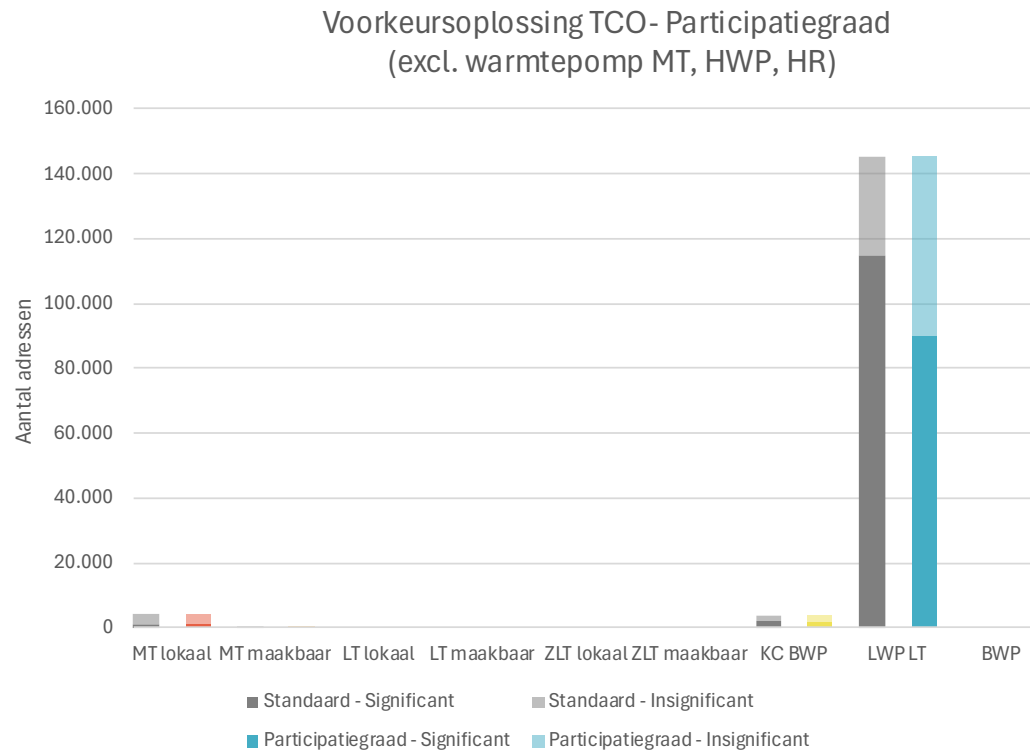
- Warmtepomp LT
- Klein-collectief bodemwarmtepomp
- Warmtenet MT luchtwarmtepomp
- Warmtenet MT lokale bron

		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	656	140.752	0
	Insignificant	0	311	0	0	0	0	861	9.832	0
Gevoeligheid	Significant	996	0	0	0	0	0	525	132.493	0
	Insignificant	0	512	0	0	0	0	869	18.013	0

Gevoeligheidsanalyse – participatiegraad – effect op TCO

Voor de TCO zie je dat voor 25.000 extra adressen het verschil tussen individueel en collectief insignificant wordt. De aansluitkosten zullen lager worden wanneer de kosten over meer aangeslotenen verdeeld worden.

		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	1.856	114.796	0
	Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.820	30.449	0
Gevoeligheid	Significant	996	0	0	0	0	0	1.679	89.925	0
	Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.997	55.320	0



Gevoeligheidsanalyse – ACM tarieven (1/2)

Een verandering van de warmtetarieven heeft alleen een impact op de TCO, omdat het een interne kasstroom is en deze niet opgevangen wordt in de TNK. Bij lagere warmtetarieven, moeten afnemers meer vooraf betalen om het verschil voor de business case van het warmtebedrijf te dekken.

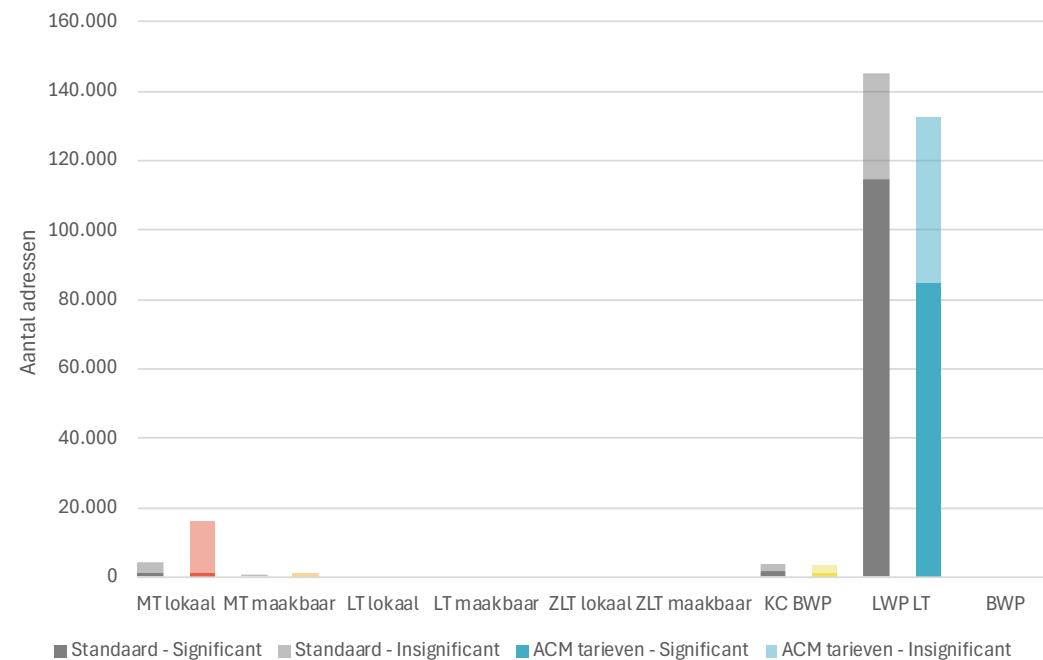
Deze ruil is voor bewoners belangrijker dan voor het warmtebedrijf. Omdat aansluiten op een warmtenet sowieso al met lage investeringen gepaard gaat, kan een kleine verhoging ervan minder kwaad.

Daarnaast ziet een warmtebedrijf liever geld vooraf dan geld in de toekomst om risico's te mijden. Dit wordt ook rekenkundig meegenomen in de vorm van een discountvoet, wat in feite aangeeft hoe belangrijk verschillende stakeholders geld nu en in de toekomst vinden.

Al met al heeft het aanpassen van de warmtetarieven een zeer grote impact op de resultaten. Met name in het aantal warmtenetten dat, dan wel met insignificant verschil, de voorkeur heeft gekregen.

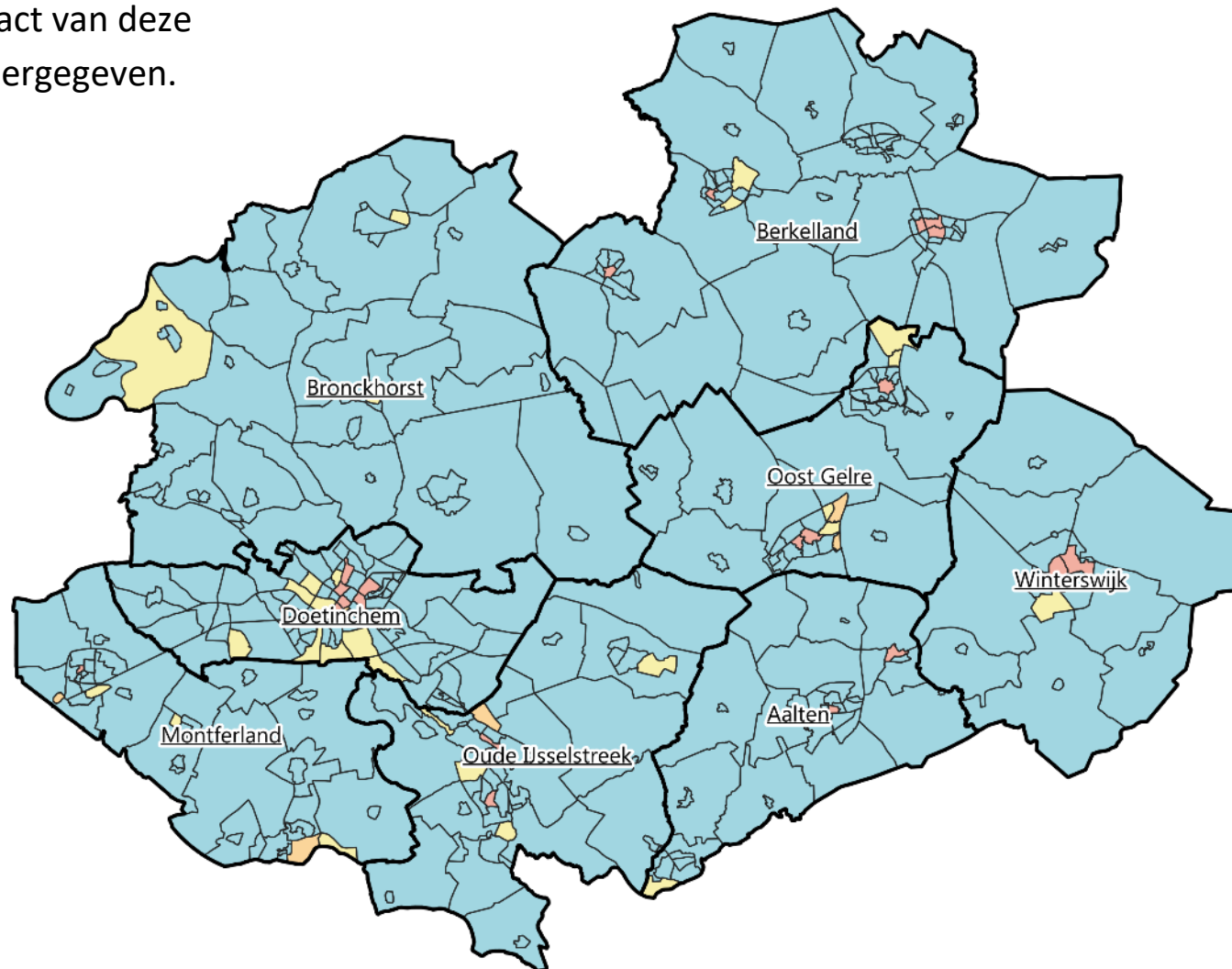
		MT lokaal	MT maakbaar	LT lokaal	LT maakbaar	ZLT lokaal	ZLT maakbaar	KC BWP	LWP LT	BWP
Standaard	Significant	996	0	0	0	0	0	1.856	114.796	0
	Insignificant	3.180	311	0	0	0	0	1.820	30.449	0
Gevoeligheid	Significant	1.456	0	0	0	0	0	1.008	84.409	0
	Insignificant	14.748	1.391	0	0	0	0	2.460	47.936	0

Voorkeursoplossing TCO- ACM tarieven
(excl. warmtepomp MT, HWP, HR)



Gevoeligheidsanalyse – ACM tarieven (1/2)

In de afbeelding hiernaast is de impact van deze gevoeligheidsanalyse per cluster weergegeven.



Achterhoek

Resultaten

Voorkeursoplossing o.b.v. TCO
Gevoeligheidsanalyse met warmtetarieven
30% lager dan ACM tarieven
(excl. warmtepomp MT, HR-ketel en
hybride warmtepomp)

- Warmtepomp LT
- Klein-collectief bodemwarmtepomp
- Warmtenet MT luchtwarmtepomp
- Warmtenet MT lokale bron

0 1 2 km

3.5 Resultaten netcongestie



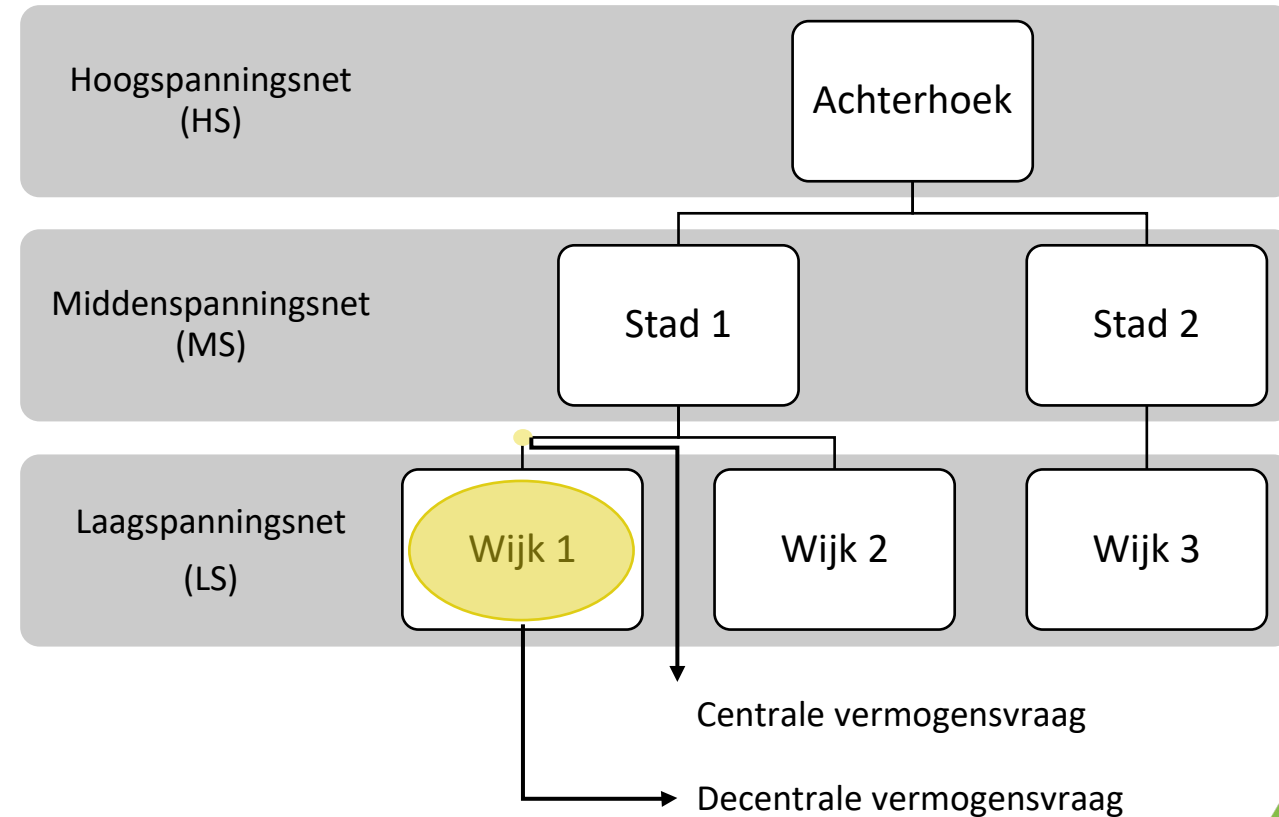
Impact op het elektriciteitsnet

Naast de financiële resultaten is het ook belangrijk om te kijken naar de impact op het elektriciteitsnet voor de haalbaarheid van verschillende oplossingen.

De impact is onderverdeeld in een centrale en decentrale bijkomende elektrische vermogensvraag. Centraal geeft aan dat de vermogensvraag geconcentreerd is op één locatie, bijvoorbeeld voor een energiecentrale. Decentraal geeft aan dat de vraag verspreid is door de wijk, bijvoorbeeld voor warmtepompen of tapwater boosters*.

Wanneer de elektrische vermogensvraag toeneemt, kan het zijn dat de maximale capaciteit van het bestaande net bereikt wordt, waardoor het elektriciteitsnet verzwakt moet worden. Centraal of decentraal geeft aan op welke plek deze verzwaring nodig is. Verzwaken van het net heeft een waterval effect naar boven. Als het net binnen een buurt (LS niveau) verzwakt moet worden, moet er ook meer capaciteit beschikbaar komen op het MS-net en vervolgens op het HS-net. Wanneer de bijkomende elektrische vermogensvraag geconcentreerd kan worden op één centrale locatie, betekent dit dat er op één niveau minder verzwakt hoeft te worden.

* Zie begrippenlijst



Impact op het elektriciteitsnet

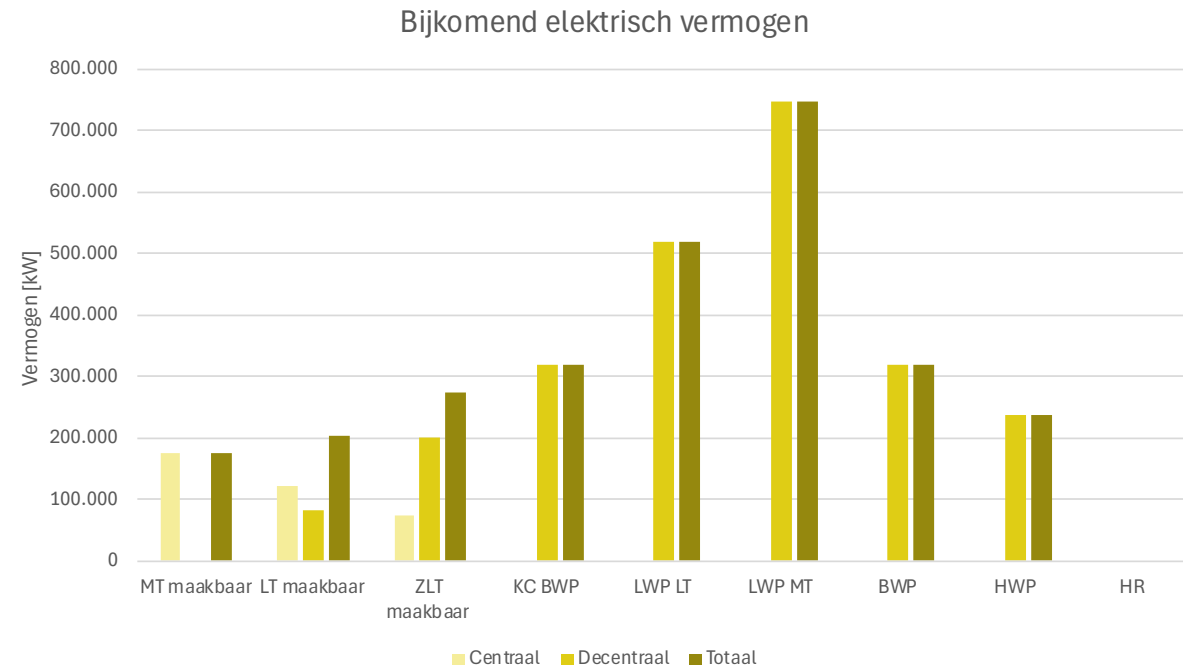
In de grafiek rechts staat een overzicht van de impact op het elektriciteitsnet wanneer elke woning in de Achterhoek zou overstappen op één bepaalde oplossing. Zoals benoemd in de vorige slide is de impact verdeeld in een centrale en decentrale vermogensvraag, maar ook in de totale vermogensvraag, omdat sommige oplossingen zowel een centrale als decentrale vermogensvraag hebben.

Collectieve systemen hebben met name een centrale vermogensvraag en individuele systemen hebben alleen een individuele vermogensvraag.

Tevens hebben collectieve systemen een veel lagere vermogensvraag. Voor MT en LT netten komt dit doordat de piekvoorziening, welke 70% van het vraagvermogen voorziet, niet-elektrisch is. Voor ZLT netten komt dit door een hogere COP*: het systeem werkt daar heel efficiënt.

Bij individuele systemen komt het verschil in vermogen door de COP op het piekvraagmoment. Bij lucht warmtepompen daalt de COP dan, omdat deze afhankelijk is van de temperatuur van de buitenlucht. Voor MT warmtepompen is deze piek nog hoger, omdat de hogere opwektemperatuur ook voor een lagere COP zorgt.

Netcongestie kan voorkomen dat een oplossing gerealiseerd kan worden of kan de ontwikkeling van nieuwbouw of nieuwe industrie belemmeren.



* Zie begrippenlijst

4. Conclusies en aanbevelingen



Conclusies (1)

Warmtebronnen in de 8 Achterhoekse gemeenten:

- Er zijn voldoende duurzame warmtebronnen om gebouwen in de Achterhoek aardgasvrij mee te verwarmen
- Er zijn diverse lokale warmtebronnen beschikbaar die kunnen worden ingezet voor het verwarmen van een warmtenet. Zo zijn er in Doetinchem kansen voor koppeling aan de papierfabriek, voor centrum Winterswijk is er kans voor koppeling aan de RWZI en voor Didam zou warmte uit het gemaal kunnen worden gehaald. In bijlage 3 is voor alle lokale warmtebronnen weergegeven aan welke gebieden deze gekoppeld kunnen worden hoewel voor de meeste gebieden minder betaalbaar.
- De mogelijkheden om lokale bronnen in te zetten zijn beperkt omdat:
 - Een aantal bronnen niet dicht genoeg in de buurt van de dorpen en steden in de Achterhoek liggen.
 - Een aantal bronnen onvoldoende vermogen heeft jaar-rond alleen gedurende een korte periode vermogen kan leveren wat de bron ook ongeschikt maakt.

In bijlage 3 zijn bronnen weergegeven die wél interessant zijn op basis van nabijheid en jaar-rond vermogenslevering.

Warmtebronnen algemeen

- Daar waar de gebouwvoorraad geschikt is voor een warmtenet en geen lokale bron aanwezig is, kan een bron worden geïntroduceerd, denk aan het Buurt Energie Systeem zoals nu in Didam is aangelegd.
- Is de gebouwvoorraad niet geschikt of de aanleg van een warmtenet niet haalbaar, dan is er de mogelijkheid een warmtepomp in te zetten (diverse typen beschikbaar).
- Daar waar een warmtenet en/of een warmtepomp niet passen, is er (op sommige plekken) inzet van groen gas mogelijk. De mogelijkheden van inzet zijn beperkt, zie [aanbevelingen](#).

Conclusies (2)

Conclusies op TNK en TCO in de 8 Achterhoekse gemeenten:

- De analyse met het DWTM model genaamd 'warmtetoel', is een representatie van de werkelijkheid maar heeft een onzekerheidsmarge. De werkelijke kostenverschillen tussen oplossingen wijken tot 20% af van de gemodelleerde kosten, is de ervaring van DWTM.
- De warmtevraagdichtheid is in de meeste gebieden in de Achterhoek niet groot. Dit maakt de clusters van woningen minder interessant voor de inzet van een warmtenet.
- Analyse resultaat: Voor de meeste gebieden geeft de inzet van een individuele MT warmtepomp significant de laagste TNK en laagste TCO. Dit geldt zowel binnen de kernen als in buitengebieden. Uitzonderingen daarop zijn:
 - Centrum Doetinchem: daar geeft de inzet van een warmtenet met lokale bron zowel de laagste TNK als laagste TCO.
 - Centrum Didam: daar geeft de inzet van een warmtenet met lokale bron de laagste TCO
 - In enkele gebieden geeft de inzet van de LT warmtepomp significant de laagste TCO en bij 1 gebied geeft dit de laagste TCO en TNK. Dit is omdat daar vrijwel alleen goed geïsoleerde huizen staan.
- Analyse resultaat: Een aantal aardgasvrije oplossingen zijn minder duurzaam dan andere*. Wanneer deze oplossingen uit de analyse worden gehaald verandert het beeld: de inzet van de individuele LT warmtepomp geeft dan in de meeste gebieden significant de laagste TNK en laagste TCO. Uitzonderingen daarop zijn:
 - Centrum Doetinchem: daar geeft de inzet van een warmtenet met lokale bron zowel de significant laagste TNK als significant laagste TCO.
 - Centrum Didam en centrum Winterswijk: daar geeft de inzet van een warmtenet met lokale bron de laagste TCO maar dit is insignificant, voor de TNK is de individuele oplossing insignificant het laagst.

* De inzet van de MT warmtepomp geeft grotere pieken op het elektriciteitsnet in vergelijking met andere aardgasvrije opties. De inzet van ofwel de hybride warmtepomp met groen gas of de HR ketel met groen gas gaat uit van voldoende beschikbaarheid van groen gas: dit is onzeker of misschien alleen voor een deel van de clusters van toepassing. Ook de kostprijs van dit groene gas is, mede door de onzekere beschikbaarheid, onduidelijk. Deze oplossingen zijn daarom, als gevoeligheidsanalyse weg gelaten.

Conclusies (3)

Woningen – vergelijking goedkoopste collectieve en goedkoopste individuele oplossing

De conclusie kan verder worden verdiept door het kostenverschil tussen de goedkoopste individuele oplossing en de goedkoopste collectieve oplossing per cluster te bekijken. Overal waar dit verschil tussen 0 en 20% ligt, is het verschil insignificant. Dit levert het volgende verdiepende beeld op voor woongebieden. Het aantal woningen en procenten waarvoor dit geldt:

- Laagste TNK, exclusief minder duurzame oplossingen:

	MT lokaal	MT maakbaar	KC BWP	LWP LT
Significant	996 0,7%	0	656 0,4%	140.752 91,7%
Insignificant	0	311 0,2%	861 0,6%	9.832 6,4%

- Laagste TCO, exclusief minder duurzame oplossingen:

	MT lokaal	MT maakbaar	KC BWP	LWP LT
Significant	996 0,7%	0	1.856 1,2%	114.796 74,8%
Insignificant	3.180 2,1%	311 0,2%	1.820 1,1%	30.449 19,8%





Vergelijking	Alle aardgasvrije scenario's	Minder duurzame oplossingen weggelaten
TNK en TCO: collectief significant goedkoper	-	Doetinchem Centrum
TNK: collectief insignificant goedkoper TCO: collectief significant goedkoper	Doetinchem centrum	-
TNK: collectief insignificant goedkoper TCO: collectief insignificant goedkoper	-	-
TNK: individueel insignificant goedkoper TCO: collectief insignificant goedkoper	-	Didam centrum, Winterswijk centrum
TNK: individueel significant goedkoper TCO: collectief insignificant goedkoper	Didam centrum	-
TNK: individueel insignificant goedkoper TCO: individueel insignificant goedkoper	-	Didam centrum zuid, Doetinchem centrum-zuid, Silvolde centrum, Breedenbroek, Winterswijk noordoost en zuidwest, historisch centrum Groenlo, Neede Moeshof en centrum
TNK: individueel significant goedkoper TCO: individueel insignificant goedkoper	's-Heerenberg centrum, Doetinchem centrum-noord, Ulft centrum, Silvolde centrum, Aalten centrum, Bredevoort, Winterswijk centrum, Lichtenvoorde centrum, historisch centrum Groenlo, Eibergen centrum, Neede Moeshof, Borculo centrum, Ruurlo centrum, Vorden zuid	's-Heerenberg centrum, Doetinchem centrum-noord, Ulft centrum, Aalten centrum, Bredevoort, Lichtenvoorde centrum, Groenlo Banninghof, Eibergen centrum, Borculo centrum, Ruurlo centrum, Vorden zuid, Drempt
TNK en TCO: individueel significant goedkoper	Alle overige clusters	Alle overige clusters

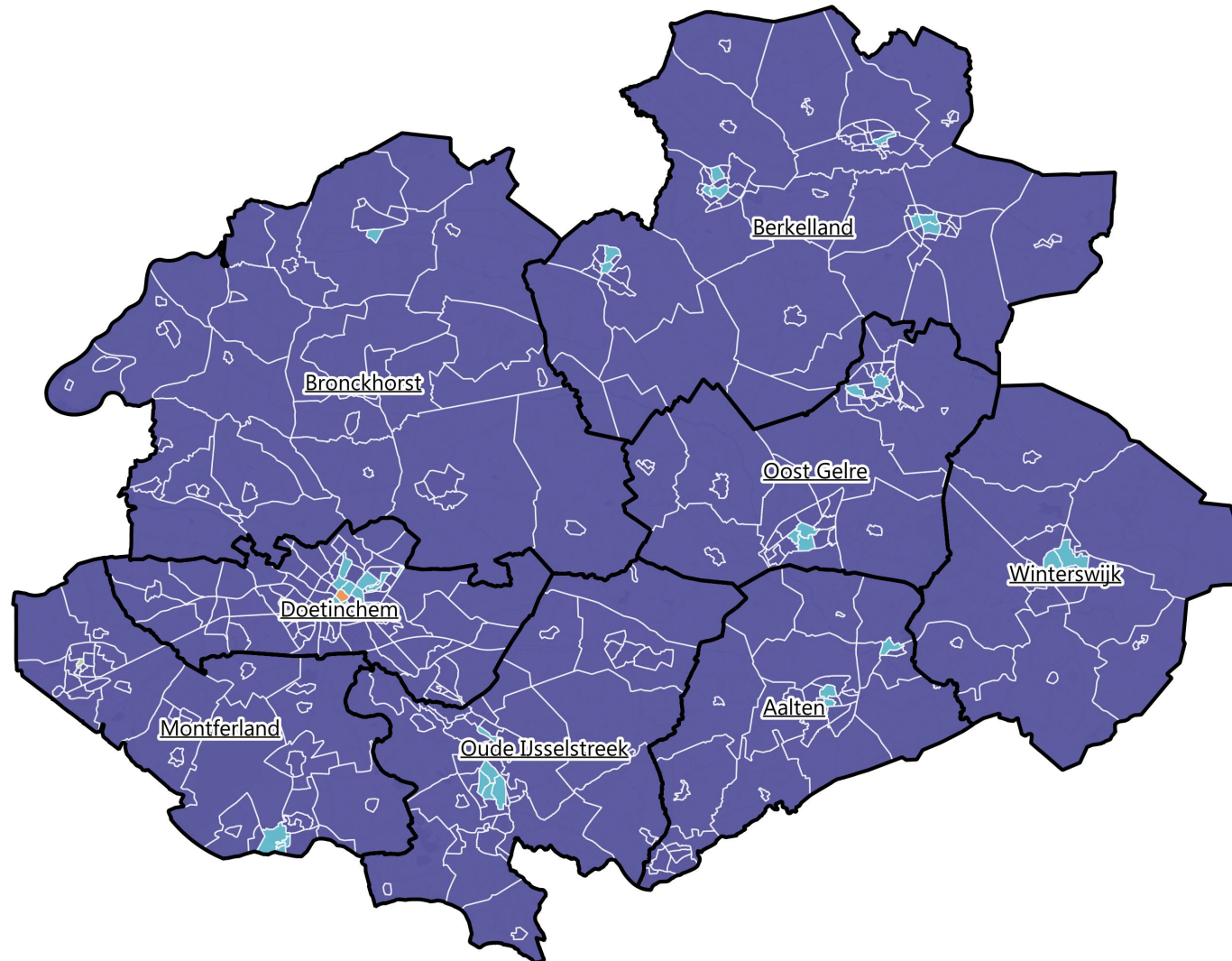
Kaart bij conclusie (3): Kansen voor collectief op de kaart

Achterhoek

Legenda

Resultaten - Visiekaart

-  Collectief insignificant goedkoper o.b.v. TNK en significant goedkoper o.b.v. TCO
-  Individueel significant goedkoper o.b.v. TNK en collectief insignificant goedkoper o.b.v. TCO
-  Individueel significant goedkoper o.b.v. TNK en insignificant goedkoper o.b.v. TCO
-  Individueel significant goedkoper o.b.v. zowel TNK als TCO



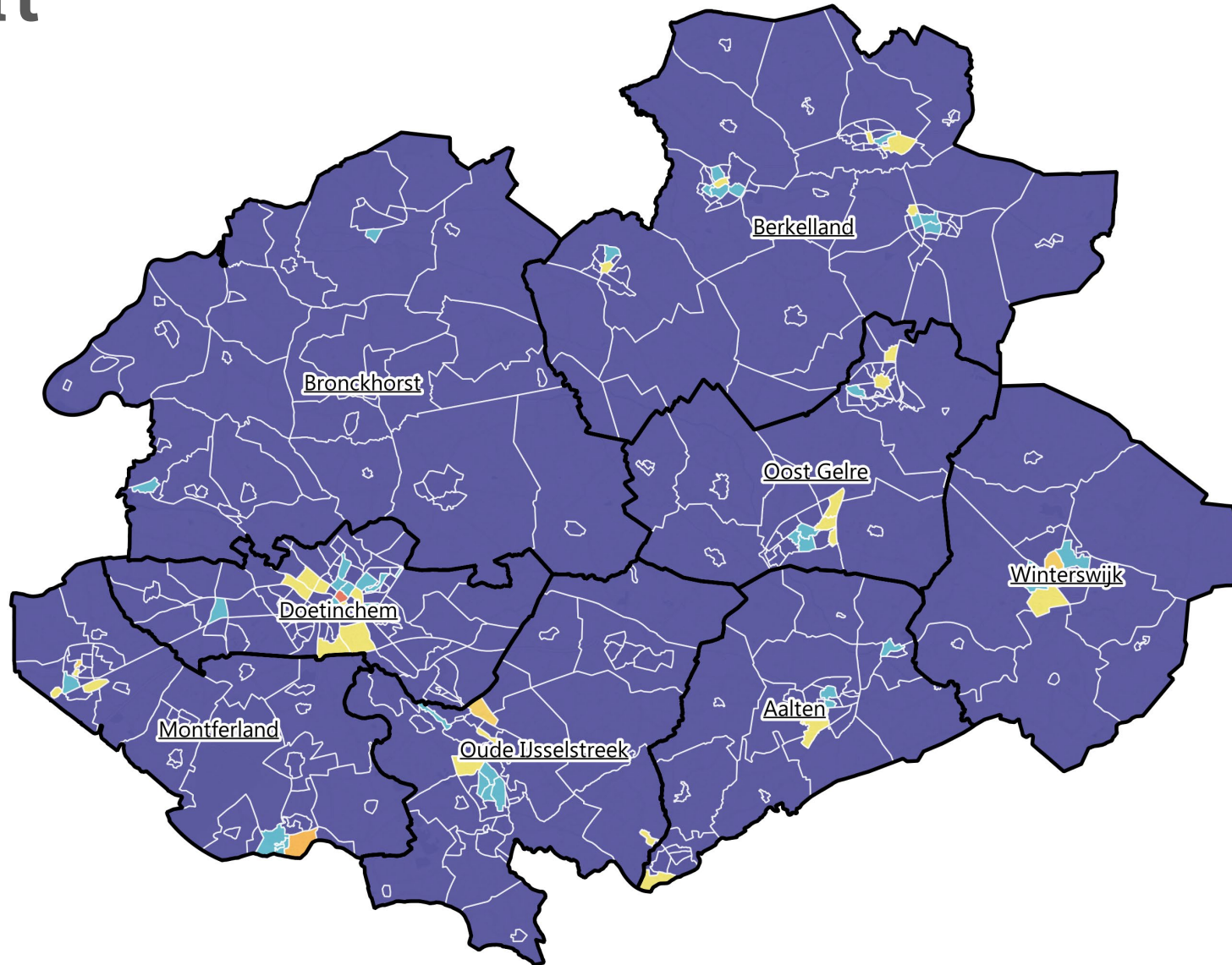
0 1 2 km

Kaart bij conclusie (3): Kansen voor collectief op de kaart

Legenda

Resultaten - Visiekaart (zonder minder duurzame oplossingen)

- Collectief significant goedkoper o.b.v. zowel TNK als TCO
- Collectief insignificant goedkoper o.b.v. zowel TNK als TCO
- Individueel insignificant goedkoper o.b.v. TNK en collectief insignificant goedkoper o.b.v. TCO
- Individueel insignificant goedkoper o.b.v. zowel TNK als TCO
- Individueel significant goedkoper o.b.v. TNK en insignificant goedkoper o.b.v. TCO
- Individueel significant goedkoper o.b.v. zowel TNK als TCO



Conclusies (4)

Woningen- gevoeligheidsanalyses

Er zijn meerdere gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. De meeste effecten zijn te zien bij aanpassingen in het ACM tarief en bij het weglaten van koeling.

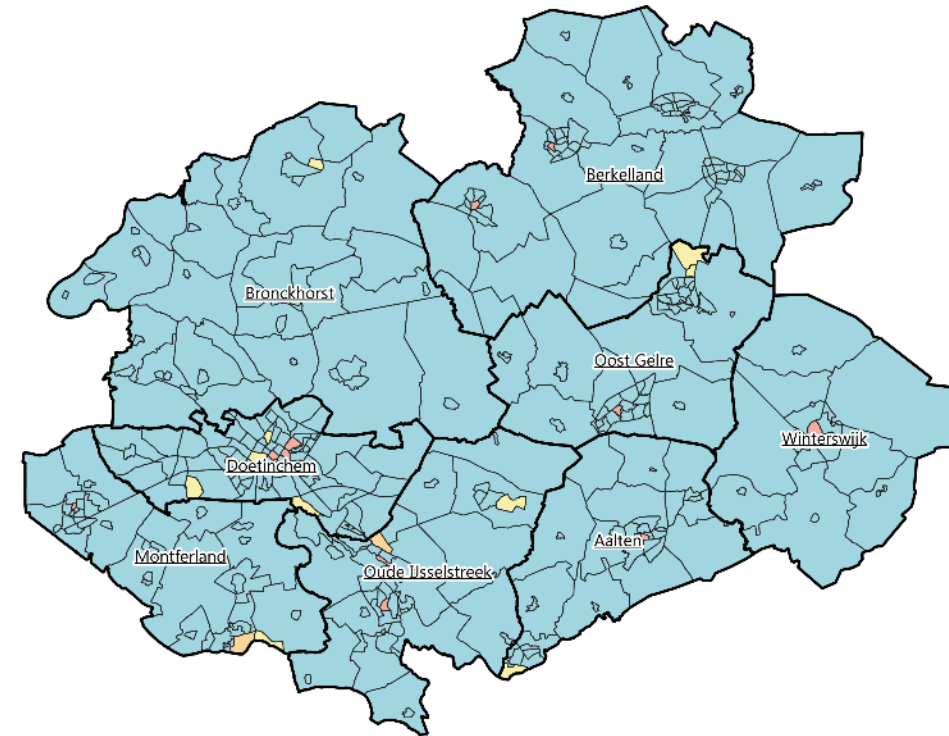
- Het veranderen van het uitgangspunt: '15% korting op het ACM tarief bij warmtenetten' naar '30% korting op ACM tarief bij warmtenetten': hierdoor wordt het aantal woningen waarvoor een warmtenet (in)significant een betere oplossing is zo'n 4,5 x hoger.
- Het niet inzetten van koeling geeft meer kansen voor MT warmtenetten. Het aantal woningen dat (in)significant voor een MT warmtenet de laagste TCO heeft verdubbeld. Dit komt doordat de kosten van een airco in dit geval vervallen. Bij andere warmteoplossingen is koeling al standaard mogelijk als onderdeel van het warmtesysteem en worden de kosten dus niet lager.
- Isoleren naar label B zorgt ervoor dat collectieve oplossingen relatief duurder worden en alleen nog insignificant de laagste TNK en TCO geven in Doetinchem en insignificant de laagste TCO geven in Didam Centrum.
- Wanneer de piekvoorziening van een warmtenet niet met groen gas maar met het, nu nog verkrijgbare, goedkopere aardgas wordt ingevuld, zorgt dit ervoor dat bij meerdere gebieden de laagste TNK verschuift van significant individueel naar insignificant individueel. Voor de TCO is hier geen effect. Dit komt ook doordat de subsidies delen van de kostenveranderingen kunnen opvangen. Sommige subsidies voor warmtenetten zijn gebaseerd op de onrendabele top. Als deze verandert kan de hoeveelheid verkregen subsidie veranderen en daarmee zullen de kosten voor de eindgebruiker gelijk blijven.
- Wanneer 90% ipv 70% van de woningen in een cluster aan worden gesloten op een warmtenet, heeft dit het effect dat het voor een aantal woningen de individuele oplossing niet meer significant, maar insignificant het goedkoopste is. Meer deelnemers zorgt ook voor meer kosten. Er zijn geen grote vaste kosten die constant blijven dus daarom is het effect van veranderende participatiegraad beperkt.

Met de effecten van de gevoeligheidsanalyse zal de TNK significant het laagste zijn bij inzet van de individuele lucht-water warmtepomp voor tussen de 82% (bij geen koeling) en 97% van alle gebouwen (minimaal label B). De individuele lucht-water warmtepomp geeft de significant laagste TCO voor 55% (bij 30% korting op het ACM tarief) tot 78% (minimaal label B) van de gebouwen.

Conclusies (5)

Woningen - Koeling

Het is duidelijk dat koeling een grotere rol zal gaan spelen in de (nabije) toekomst. In deze strategie hebben we koeling meegerekend in de vorm van airco's of doordat het systeem zelf koel water aan kan voeren. Wanneer deze vormen van koeling niet worden meegerekend, liggen er meer kansen voor de inzet van middentemperatuur warmtenetten. In de kaart hiernaast zijn de gebieden te zien waar een MT warmtenet dan de laagste (in)significante TCO geeft.



Achterhoek

Resultaten

Voorkeursoplossing o.b.v. TCO
Gevoeligheidsanalyse zonder koeling
(excl. warmtepomp MT, HR-ketel en
hybride warmtepomp)

- Warmtepomp LT
- Klein-collectief bodemwarmtepomp
- Warmtenet MT luchtwarmtepomp
- Warmtenet MT lokale bron

Bedrijven

Voor bedrijven komt de inzet van een individuele oplossing vaker als insignificant laagste TCO en TNK naar voren. Er zijn meerdere bedrijventerreinen waar de klein-collectieve bodemwarmtepomp de laagste TCO en of laagste TNK geeft. Voor het bedrijventerrein in 's Heerenberg geeft een collectieve lucht-water warmtepomp zowel insignificant de laagste TNK als laagste TCO. Er is in deze gebieden meer onzekerheid over lange termijn energieverbruik en minder voorspelbaarheid in energieverbruik. De uitkomsten uit de warmtetoel analyse voor de bedrijventerreinen hebben daarom een lagere betrouwbaarheid.

0 1 2 km

Aanbevelingen (1/8)

Warmtebronnen:

Aanbeveling 1: De inzet van warmtepompen zorgt voor een hogere belasting van het elektriciteitsnet. Met name op koude winterse dagen wanneer er weinig duurzame elektriciteit wordt opgewekt. Om netuitval te voorkomen, is het nodig regelmatig af te stemmen met de netbeheerder over benodigde netverzwaring en de planning daarvan. Ook is het een mogelijkheid beleid te voeren om alleen de zo duurzaam mogelijk warmtepompen in te zetten. Dit zijn over het algemeen de lage-temperatuur water-water warmtepompen zoals PVT warmtepompen en bodemwarmtepompen. Deze zijn over het algemeen duurder dan lucht-lucht of lucht-water warmtepompen.

Aanbeveling 2: Lucht-lucht warmtepompen en lucht-water warmtepompen hebben een geluidproducerend buitendeel. Een klein deel van warmtepompbezitters en hun omwonenden ervaart hierdoor overlast*. Het is belangrijk hiervoor aandacht te hebben. Mitigerende maatregelen kunnen bijvoorbeeld zijn: het maken van beleid op maximale geluidsproductie in dB van warmtepompen en geluidsisolerende buitenkasten, beleid over preferentie locaties** en/of het stimuleren van inzet van water-water warmtepompen of van lucht-water/lucht-lucht warmtepompen die het buitendeel binnenshuis kunnen wegwerken.

Aanbeveling 3: De beschikbaarheid van groen gas is beperkt in Nederland. Er is wel veel interesse bijv. ook vanuit de sector industrie, om groen gas in te zetten. Dit maakt de toepassing van groen gas in de gebouwde omgeving onzeker en mogelijk kostbaar tijdens gebruik. We raden aan verwachtingen vanuit bewoners te temperen en te bekijken hoe de betaalbaarheid van het groene gas kan worden gewaarborgd, eventueel door garantstelling hierop vanuit de gemeente voor een beperkt aantal woningen.

*<https://www.milieucentraal.nl/persberichten/hybride-warmtepomp-bekendheid-en-zorgen-over-geluid-nemen-toe/>

** https://www.nplw.nl/nieuws/regie-op-warmtepompen?mtm_campaign=Nieuwsbrief%2011%20september%202025&utm_source=Laposta&utm_campaign=NPLW+nieuwsbrief+september+2025&utm_medium=email



Aanbevelingen (2/8)

Warmtebronnen: Inzet Klimaatneutrale gassen:

- **Aanbeveling 4:** Pas klimaat neutrale gassen, waterstof en groen gas toe volgens de [waterstofladder](#).
- **Aanbeveling 5:** Onderzoek in moeilijk te verduurzamen gebieden (historische binnensteden, monumentale panden) of inzet van een warmtepomptype of een warmtenet mogelijk is. Zo niet (vanwege te dunne straatbreedtes, te weinig perceel oppervlak, niet te isoleren woningen), dan moet groen gas (en eventueel waterstof) hier ingezet worden.
- **Aanbeveling 6:** Creëer waar nodig garanties voor de betaalbaarheid: Over de kostprijs van groen gas en waterstof is nog veel onzekerheid. Voor woningen die zijn aangewezen op één van deze klimaatneutrale gassen, is dat een onwenselijke situatie. Creeër garanties voor dit beperkte aantal woningen zodat duidelijk is wat de kostprijs gaat zijn nu en voor langere tijd.

Aanbevelingen (3/8)

Warmtebronnen

- **Aanbeveling 7:** Prioriteer kansrijke warmtenet gebieden: Dit kunnen bijvoorbeeld gebieden zijn met gebiedsontwikkelingen, waar interesse is vanuit bewoners of waar veel woningen staan waar de inpassing van warmtepompen ingewikkeld is. Denk dan aan monumenten of appartementen. Koppel de ontwikkeling van collectieve warmte aan datgene dat er speelt zoals gebiedsontwikkeling; bij rioolvervanging, wijkvernieuwing, etc. Er zijn praktijk voorbeelden waarbij één coördinerend aannemer is ingezet om gebiedsontwikkelingen tegelijkertijd op te pakken en plannings af te stemmen.
- **Aanbeveling 8:** Sommige bronnen hebben langer nodig om ontwikkeld te worden. Een warmtenet kan alvast opgestart worden met een andere flexibelere bron, zoals een collectieve lucht warmtepomp en op een later moment overstappen op een duurzamere bron. Onderzoek of deze tussenoptie interessant is.

Op basis van de TNK en TCO

- **Aanbeveling 9:** Bespreek en leg vast per gemeente welke andere uitgangspunten dan kosten van belang zijn. Andere uitgangspunten dan kosten worden van betekenis in gebieden waar de uitkomst insignificant is. Er zijn een aantal centra waar de inzet van een warmtenet door deze insignificantie in de praktijk even duur kan uitvallen als de inzet van een individuele oplossing. In deze situatie moet de keuze voor een aardgasvrije oplossing gebaseerd worden op andere uitgangspunten. Denk bijvoorbeeld aan kwantitatieve zaken zoals het aantal appartementen en in hoeverre daar een warmtepomp oplossing in past, het % woningcorporatiebezit of het aantal monumenten. Kwalitatieve uitgangspunten die dan van belang kunnen zijn, zijn ontzorging van bewoners, keuze voor lage investering vooraf, interesse van bewoners. Per gemeente en per gebied zullen andere uitgangspunten doorslaggevend of zelfs rand voorwaardelijk zijn.

Aanbevelingen (4/8)

- **Aanbeveling 10:** DWTM doet de aanbeveling op korte termijn te onderzoeken of er kansen zijn voor collectief verwarmen in de gebieden waar de TNK en TCO insignificant zijn voor de individuele oplossing of nog sterker richting het warmtenet wijzen. Het gaat om de volgende gebieden:
 - Doetinchem Centrum, Didam Centrum, Winterswijk Centrum, Didam centrum zuid, Doetinchem centrum-zuid, Silvolde centrum, Breedenbroek, Winterswijk noordoost en zuidwest, historisch centrum Groenlo, Neede Moeshof en centrum

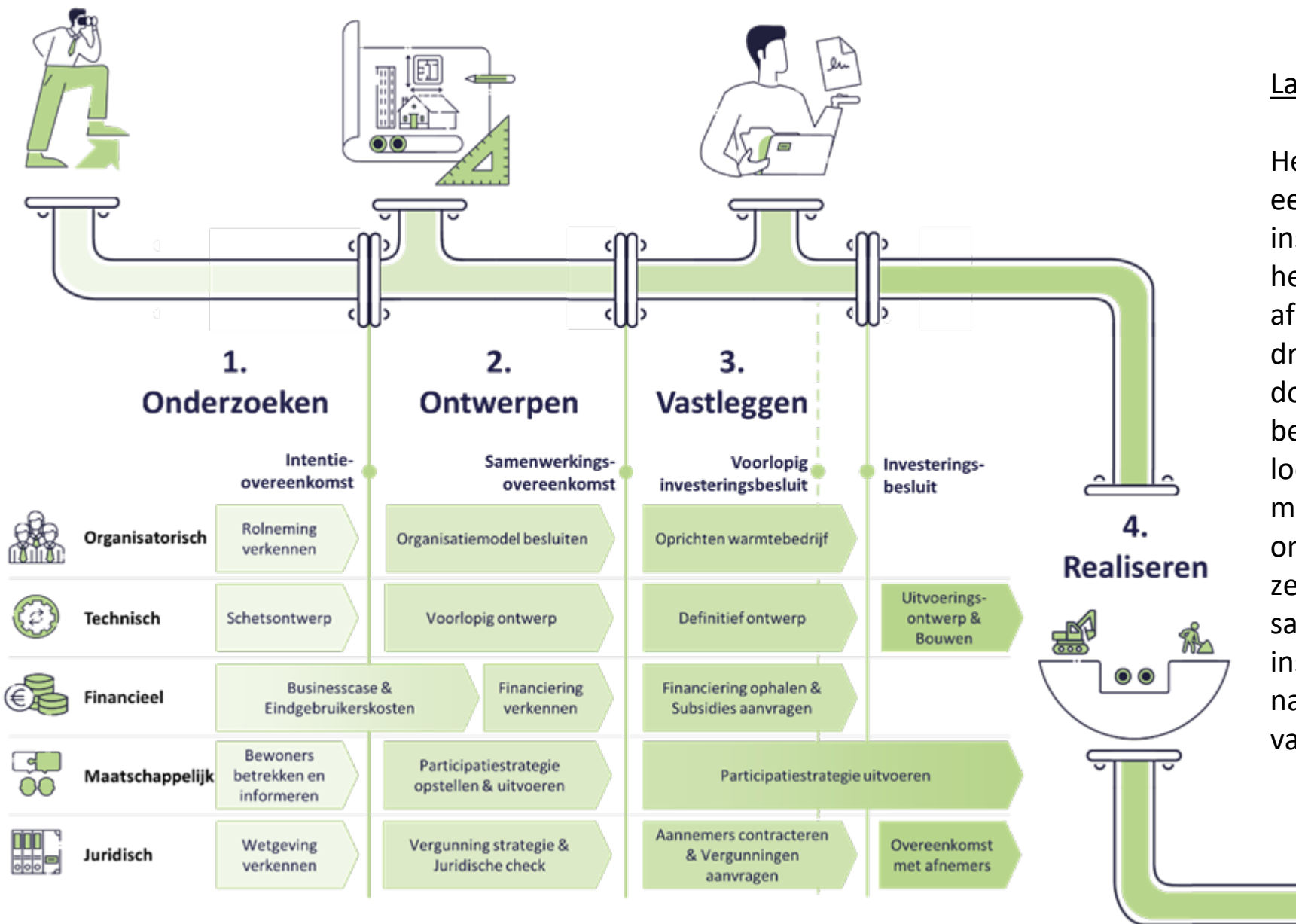
De korte termijn wordt aanbevolen vanwege:

 - De lange doorlooptijd om tot beslissing van aanleg van een warmtenet te komen (schetsmatig weergegeven op de volgende slide);
 - Het daarmee samenhangende risico op natuurlijke volloop met warmtepompen. Mensen gaan op een natuurlijk moment zelf de stap naar een warmtepomp maken. Dit ondermijnt de businesscase van een eventueel collectief systeem.
 - In de DWTM warmtetoel is nog geen rekening is gehouden met de ruimtelijke inpassing. Juist bij appartementen kan de inpassing van een warmtepomp in de praktijk uitdagend zijn. Voor die woningen die anders niet over kunnen op aardgasvrij, wil je ook snel duidelijkheid bieden.
- **Aanbeveling 11:** Onderzoek of er synergiekansen zijn voor warmtenetgebieden in de Achterhoek. Momenteel* wordt gewerkt aan een handreiking kleine kernen die hierin mogelijk ondersteuning biedt. De gebieden zijn kleinschalig en liggen verder uit elkaar maar mogelijk zijn er op de volgende onderdelen kansen:
 - Richt een provinciaal warmte(net)bedrijf op (zoals GWB), zodat overhead verkleint wordt, risico's verspreid worden en processen gestroomlijnd kunnen worden;
 - Maak een handreiking waarin vastgesteld wordt hoe de kosten verdeeld zullen worden in de regio (volledige socialisatie of juist niet bv.) en wat de bewoners kunnen verwachten aan kosten (transparantie en vertrouwen);
 - Open een provinciaal/regionaal investeringsfonds voor collectieve warmtesystemen. Zo bundel je de krachten om nieuwe projecten makkelijker van de grond te krijgen.

* Deze handreiking wordt verwacht eind 2025 en één van de vragen is in hoeverre GWIB een rol kan spelen in het faciliteren van meerdere kleine kernen als één project.



Aanbeveling (5/8) Toelichting op aanbeveling 10



Lange doorlooptijden te verwachten

Het proces om te komen tot de aanleg van een warmtenet, is multidisciplinair en vereist inspanning van alle betrokken partijen vanaf het eerste begin. Er zijn ook veel afhankelijkheden: Is er veel maatschappelijk draagvlak: dan kan een business case worden doorgerekend met veel aangesloten bewoners. Verdwijnt de interesse in de looptijd, dan wordt de business case daarmee meer onzeker. Ook kost het tijd en inspanning om gezamenlijk een organisatiemodel op te zetten. Door intentieovereenkomst en samenwerkingsovereenkomst wordt een inspanningsverplichting geborgd. De route naar investeringsbesluit duurt in de ervaring van DWTM meestal meer dan 5 jaar.

Aanbevelingen (6/8)

Netcongestie

Aanbeveling 12: Voor veel gebieden is het eindbeeld duidelijk: een individuele (hybride-) warmtepomp geeft significant de laagste TNK en TCO. Hier zijn een aantal acties aanbevolen:

- Stem regionaal af hoe en waar het elektranet verzwaard zal worden en stem af hoe de capaciteit verdeeld zal worden.
- Bespreek met de netbeheerder een strategie met aandacht voor de netbewuste oplossing, hoeveel én waar is nog iets mogelijk, bijvoorbeeld:
 - De inzet van energiezuinige water/water warmtepompen, eventueel gecombineerd met thuisaccu's en/of zonnepanelen kunnen de netcongestie problemen mogelijk gedeeltelijk verminderen.
 - Het selecteren van maar een paar gebieden tegelijk waar de gemeente actief informatie verspreid over de mogelijkheid van aardgasvrij verwarmen met een all-electric warmtepomp. Dit in combinatie met het afraden van die stap in andere gebieden
 - Het kan ook een optie zijn om de hybride warmtepomp gemeentebreed onder de aandacht te brengen bij bewoners en de stap naar all-electric nog uit te stellen.
- Stem intern af welke lijn gekozen wordt en welke regierol de gemeente pakt.
- Informeer bewoners over de diverse mogelijkheden in afstemming met de netbeheerder en in lijn met de eigen regierol en het gemeentelijk communicatiebeleid.
- Bij de inzet van all-electric warmtepompen is isoleren vaak nodig: informeer bewoners hierover.
- Bewoners kunnen ook samen met een buur of straat kiezen voor een klein collectief. Het is aan te bevelen dit soort duurzame initiatieven procesmatig te ondersteunen bijvoorbeeld door uitleg te geven over de governance structuur bij kleine collectieven.

Aanbevelingen (7/8)

- **Aanbeveling 13:** Denk als gemeenten samen maar ook samen met de afdelingen klimaatadaptatie na over een koelstrategie: MT warmtenetten kunnen niet koelen. Er gaat wel steeds meer behoefte tot koelen ontstaan. Ook als een MT warmtenet wordt aangelegd zonder koelmogelijkheid, of in de tijd totdat een warmteoptie met koeling is geïnstalleerd, zijn er al stappen te zetten. Er zijn, naast inzet van de airco, veel methoden om woningen passief te koelen. De effecten hiervan kunnen soms ook voldoende zijn. We bevelen aan bewoners goed te informeren over de mogelijkheden. Bijvoorbeeld door het opstellen van een regionale koelteladder en deze te verspreiden. Zie hier een voorbeeld opgesteld door het overleg standaarden voor klimaatadaptatie.



Aanbevelingen (8/8)

Bedrijven

- **Aanbeveling 14:** Een specifieke (regionale) bedrijventerreinen aanpak om verder te onderzoeken wat het energieverbruik is, ook de lange termijn. Te denken valt aan:
 - Breng de warmte- en koudebehoefte goed in kaart. Splits het op in ruimteverwarming of –koeling en procesverwarming of –koeling. Wellicht via de omgevingsdienst/milieuvergunning-aanvragen
 - Werk samen om een aanpak voor overige winkels en restaurants te bedenken, deze hebben vaak hele andere behoeftes qua verwarming en koeling.
 - Winkels hebben vaak bv. genoeg aan simpelweg een airco
 - Restaurants/ andere horeca moeten ook duurzaam kunnen koken wat voor heel andere investeringen en energierekeningen zorgt.
 - Andere utiliteiten (kantoren, scholen, ziekenhuizen) kunnen goed verduurzaamd worden met standaard technieken en zijn tevens ook zeer geschikte afnemers voor warmtenetten. Het is dus aan te bevelen deze partijen te betrekken wanneer je een warmtenet aanleg overweegt. Dit maakt de Business Case van een warmtenet robuuster en gunstiger voor andere afnemers.

Bijlagen



Bijlage 1 - Begrippenlijst

- Schillabel: Het schillabel dient als indicatie van de mate van isolatie. Energetische verbeteringen door installaties tellen niet mee in het schillabel. Uitgangspunt in een schillabel is het energielabel dat een woning heeft als het uitgerust zou zijn met een HR-ketel voor ruimteverwarming en warm tapwater en als er geen zonneboiler en/of zonnepanelen aanwezig zijn
- WKO + drycooler: Bij een drycooler wordt er thermische energie uit de lucht onttrokken. Door middel van drycoolers, oftewel grote ventilatoren in de buitenlucht, wordt warmte in de zomermaanden onttrokken aan de buitenlucht en opgeslagen in een warmte/koude opslag (WKO).
- Tapwater boosters: Wanneer een aardgasvrije verwarmingsoptie water op 50 of lager aanlevert, is dit onvoldoende om warm mee te kunnen douchen of heet water uit de kraan te tappen. Om toch voldoende en snel heet water hiervoor beschikbaar te hebben, worden dan tapwater boosters ingezet: vaak elektrische- of warmtepompboilers.
- COP: Coefficient of performance: Dit is een getal dat uitdrukt hoe efficiënt een systeem warmte omzet. Een COP van 4 betekent dat er met 1 deel elektriciteit 4 delen warmte kunnen worden gemaakt. Voor een warmtepomp is een COP rond de 4 redelijk normaal, dit is een efficiënt systeem. Een elektrische CV ketel of een infrarood paneel zet 1 deel elektriciteit om in 1 deel warmte en heeft daarom een COP van 1.

Bijlage 2 – hoge resolutie kaarten (aparte map)

In de toegezonden map '20250908 Kaarten rapport' zijn de volgende detailkaarten in png kaart te vinden:

- a. Clusters en bijbehorende clusternamen voor het totaal van 8 gemeenten en per gemeente
- b. Verschil tussen CBS buurgrenzen en clusters voor het totaal van 8 gemeenten en per gemeente
- c. Koppeling van lokale bron met lokaal cluster voor het totaal van de 8 gemeenten en per gemeente
- d. Huidige en toekomstige warmtevraagdichtheid én koudevraagdichtheid voor het totaal van de 8 gemeenten en per gemeente
- e. Warmteprofielen voor het totaal van de 8 gemeenten en per gemeente
- f. Doorrekening met goedkope fictieve bron voor het totaal van de 8 gemeenten en per gemeente
- g. Resultaten TCO en gevoeligheidsanalyses voor het totaal van de 8 gemeente en per gemeente
- h. Resultaten TNK en gevoeligheidsanalyses voor het totaal van de 8 gemeenten en per gemeente
- i. Vergelijking goedkoopste collectieve oplossing en goedkoopste individuele oplossing voor het totaal van de 8 gemeenten en per gemeente in TCO en TNK en mét en zonder de minder duurzame oplossingen.

Bijlage 3 – koppeling warmtebronnen aan clusters

In een aparte excelbijlage genaamd 'DWTM-P10346-GBE-Bronnen_en_clusters_en_koppeling' is te vinden:






- Welke warmtebronnen er zijn;
- Met welke waarden (aanvoertemperatuur, vermogen, efficiency) gerekend is;
- Welke warmtebronnen aan welke clusters gekoppeld zijn.

Bijlage 4 - Waterstofladder

Met behulp van dit stappenplan is een beeld geschetst van de wenselijke toepassingen, de vraag en het aanbod van waterstof in de diverse RES-regio's. De markt voor waterstof is nog in ontwikkeling, het is daarom niet verwonderlijk dat er nog onzekerheden en onduidelijkheden zijn.

Bron:

<https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/NM-Waterstof.pdf>

 ESSENTIEEL	 BELANGRIJK	 MOGELIJK	 BEPERKT	 GERING
<p>Dit zijn de meest prioritaire toepassingen van waterstof, waar op termijn geen duurzame alternatieven voor zijn.</p>	<p>De alternatieven, die op termijn beschikbaar komen, zijn in de meeste gevallen niet meer geschikt dan waterstof.</p>	<p>De alternatieven die op termijn beschikbaar komen, kunnen in gevallen meer geschikt zijn dan waterstof, in andere gevallen zal waterstof de meest geschikte toepassing zijn.</p>	<p>De alternatieven die op termijn beschikbaar komen, zijn in de meeste gevallen meer geschikt dan waterstof.</p>	<p>Voor deze toepassingen bestaan al geschikte duurzame alternatieven.</p>
Toepassing	Toepassing	Toepassing	Toepassing	Toepassing
<ol style="list-style-type: none">1 Grondstof productie kunstmest2 Zeer hoge temperatuur industriële proceswarmte	<ol style="list-style-type: none">1 Grondstof in plastic- en staalindustrie ter vervanging van fossiele grondstof2 Balansfunctie energie-infrastructuur (bufferfunctie)3 Intercontinentaal vliegen en varen	<ol style="list-style-type: none">1 Niches gebouwde omgeving2 Binnenvaart3 Continentaal vliegen	<ol style="list-style-type: none">1 Hoge temperatuur industriële proceswarmte2 Internationaal wegvervoer	<ol style="list-style-type: none">1 Lage temperatuur industriële proceswarmte2 Verwarmen, douchen, koken3 Regionaal en nationaal wegvervoer4 Treinen, regionale bussen, personenvervoer
Mogelijke alternatieven	Mogelijke alternatieven	Mogelijke alternatieven	Mogelijke alternatieven	Mogelijke alternatieven
<ol style="list-style-type: none">1 Geen alternatief2 Geen reële grootschalige alternatieven	<ol style="list-style-type: none">1 Recycling2 Batterijopslag; Netverzwaringen; Afschakelen hernieuwbare productie3 Geen grootschalige alternatieven	<ol style="list-style-type: none">1 Elektrisch verwarmen, warmtenetten2 Elektrische scheepvaart3 Elektrisch vliegen, trein	<ol style="list-style-type: none">1 Hoge temperatuur warmtepompen2 Elektrisch vervoer	<ol style="list-style-type: none">1 Elektrisch verwarmen2 Elektrisch verwarmen3 Elektrisch vervoer4 Elektrisch vervoer

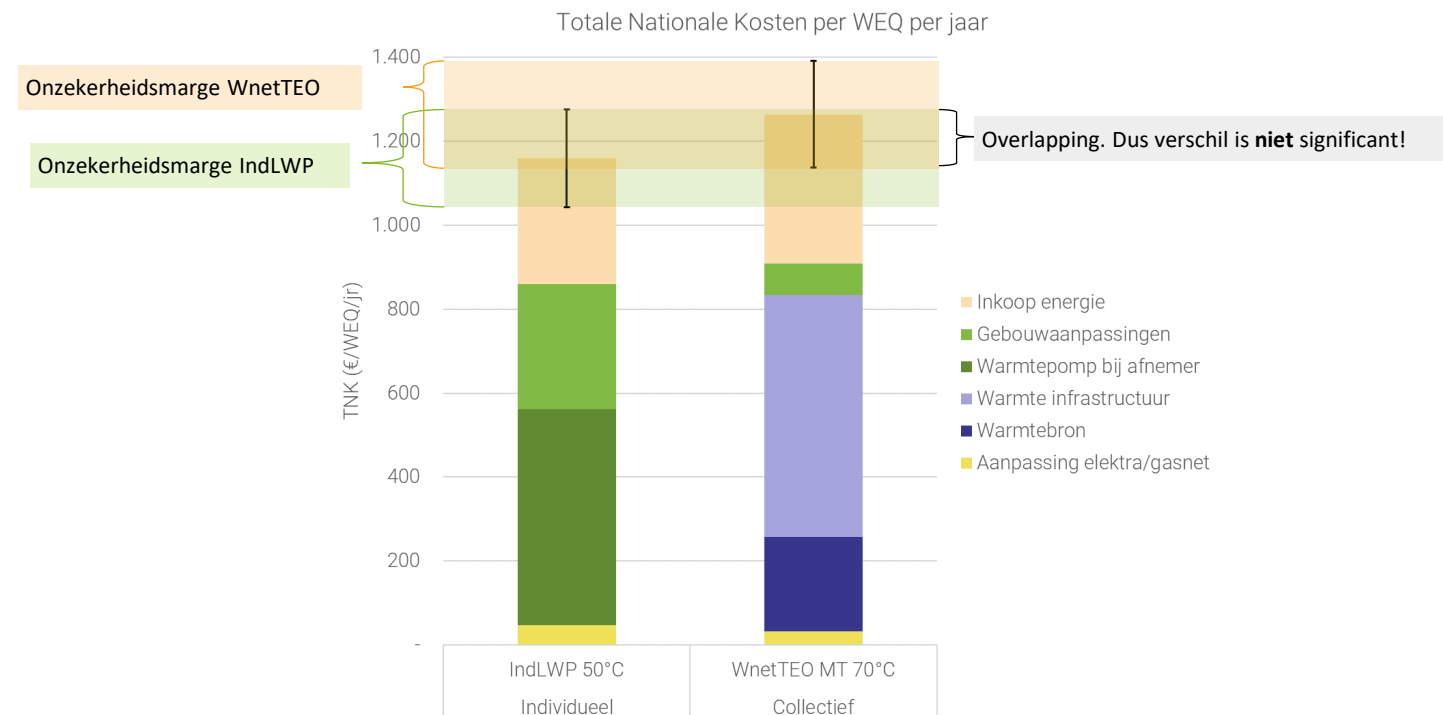
Bijlage 5 – Onzekerheidsmarge model

Onzekerheidsmarge

Ondanks onze rekenmethodes die frequent geüpdatet worden, blijven de waarden van bijvoorbeeld prijsontwikkelingen en participatiegraad aannames.

Dit betekent dat de resultaten vooral geschikt zijn om scenario's per buurt onderling te vergelijken. Bij de interpretatie van de resultaten als absoluut en opzichzelfstaand, dient rekening gehouden te worden met onzekerheidsmarge van 40%. Om te beoordelen of het relatieve verschil tussen scenario's significant is dient rekening te worden gehouden met een marge van 20%.

Om dit visueel te maken, worden de resultaten weergegeven met een onzekerheidsmarge. Deze balken geven de onzekerheid van + en – 10% weer op het resultaat van elk van de concepten. Wanneer de balk overlapt met de balk van een ander concept is het resultaat niet significant, omdat het verschil minder is dan 20% (2x 10% marge). Zie onderstaande afbeelding voor een voorbeeld van een niet significant verschil. Wanneer de balken onderling niet overlappen is het verschil significant.



Bijlage 6 – excel met uitkomsten TNK en TCO per cluster (aparte map) (1/2)

In het excelbestand genaamd 'DWTM-P10346-GBE-Resultaten onderzoek' zijn per cluster de uitkomsten van de TNK en TCO te vinden van alle doorgerekende scenario's. Ook zijn de resultaten te vinden waarbij de standaard uitgangspunten aangepast zijn naar:

Uitkomsten voor alle scenario's (kolom D t/m CI)

- Koeling is niet meegenomen;
- Er is geïsoleerd tot minimaal label B
- De piekketel van een warmtenet is niet met groen gas maar met aardgas gestookt
- De piekketel van een warmtenet is niet met groen gas maar met aardgas gestookt én koeling is niet meegenomen;
- De participatiegraad, het aantal mensen dat meedoet met een warmtenet is verhoogd naar 90% per cluster;
- Het warmtetarief dat bewoners moeten betalen bij aansluiting op een warmtenet is aangepast naar 30% korting ten opzichte van het huidige ACM tarief;

Beste scenario per cluster

- Meest betaalbare oplossing, hoeveel % goedkoper deze is tov van de 1 na goedkoopste oplossing
- Meest betaalbare collectieve oplossing

Bijlage 6 – excel met uitkomsten TNK en TCO per cluster (aparte map) (2/2)

In het excelbestand genaamd 'DWTM-P10346-GBE-Resultaten onderzoek' zijn per cluster de uitkomsten van de TNK en TCO te vinden van alle doorgerekende scenario's. Ook zijn de resultaten te vinden waarbij de standaard uitgangspunten aangepast zijn naar:

Beste scenario per cluster (kolommen CJ t/m EF)

1. Meest betaalbare oplossing (type en TNK)
2. Hoeveel % goedkoper de meest betaalbare oplossing is ten opzichte van de 1 na goedkoopste oplossing;
3. Meest betaalbare collectieve oplossing (type en TNK);
4. Meest betaalbare individuele oplossing (type en TNK);
5. Waarden 1 t/ m 4 waarbij koeling niet is meegenomen;
6. Waarden 1 t/m 4 waarbij alle woningen in het cluster geïsoleerd zijn naar minimaal label B
7. Waarden 1 t/m 4 waarbij bij warmtenetconcepten gerekend is met aardgas als piekvoorziening
8. Waarden 1 t/m 4 waarbij bij warmtenetconcepten gerekend is met aardgas als piekvoorziening én koeling niet is meegenomen;
9. Waarden 1 t/m 4 waarbij de participatiegraad voor aansluiten op een warmtenet naar 90% is gezet;
10. Waarden 1 t/m 4 waarbij 30% korting op het ACM tarief is gerekend als warmtetarief bij warmtenetten;

Bijlage 6 – excel met uitkomsten TNK en TCO per cluster (aparte map) (2/2)

In het excelbestand genaamd 'DWTM-P10346-GBE-Resultaten onderzoek' zijn per cluster de uitkomsten van de TNK en TCO te vinden van alle doorgerekende scenario's.

Kolommen EG, EH en EI geven de inzichten uit analyse stap 1: wat als er een fictieve goedkope bron aanwezig zou zijn. Wat is dan de TNK (TNK_GK) en TCO (TCO_GK). Wat als er alleen een dure collectieve warmtepomp (TNK_DB en TCO_DB) kan worden geplaatst: wat zijn dan de kosten. En hoe verhouden die zich tot de kosten van de meest betaalbare individuele lucht-water warmtepomp (TNK_IND en TCO_IND).

Let op: dit betreft een fictieve bron en een eerste inschatting bedoeld als eerste analysestap en om de bronnen goed te verdelen over de clusters. De TNK_GK en TCO_GK zijn geen reële waarden tenzij zich in een cluster toevallig écht een goedkope restwarmte bron bevindt.

Bijlage 7 - DWTM-P10346-GBE-Memo uitgangspunten Warmtetoel

Externe bijlage met alle uitgangspunten en rekenregels die in de warmtetoel doorrekening zijn toegepast en die de technisch-economische resultaten in deze bronnenstrategie geven.