

## Hot topic: wiskunde van de warmtetransitie

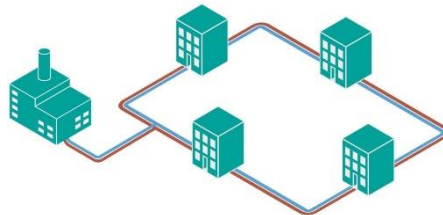
Hoe krijgen we onze huizen energieneutraal? Gemeentes bepalen de komende jaren hoe hele stads-wijken moeten verduurzamen. DHM helpt gemeentes om per wijk de beste strategie te kiezen. Aan SWI de uitdaging om wiskundige modellen te ontwikkelen voor de warmtetransitie.

Bij duurzame energie denken we misschien eerst aan zonnepanelen en windmolens, maar Nederlandse huishoudens gebruiken de meeste energie om warmte op te wekken. Die warmte halen we nog steeds vooral uit aardgas, met de bijbehorende CO<sub>2</sub>-uitstoot. 'Van het gas af' is de opgave, maar hoe moet dat in de praktijk?

Lang niet elke woning in Nederland is geschikt om over te gaan op een warmtepomp. Bij oude arbeiderswijken van rond 1910 is zo ver isoleren praktisch onbetaalbaar. Dan ligt stadswarmte voor de hand, als er tenminste een geschikte warmtebron in de buurt staat. Andere huizen houden misschien een gasaansluiting, aangevuld met duurzamere verwarming. DHM helpt gemeentes om de complexe puzzel van de warmtetransitie te leggen.



*Als je huizen verduurzaamt en de CV op aardgas eruit haalt (links), stap je dan over op een warmtepomp (rechtsboven), stadsverwarming (rechtsonder), of een hybride mix van die twee? Bron: DHM / SWI*



### Verschillende hoeken

Op zoek naar manieren om hun advies stevig te onderbouwen klopt DHM aan bij de Studiegroep Wiskunde met de Industrie. DHM-adviseur Sandra Kamphuis: "We hebben met de studiegroep gekeken welk van onze vraagstukken er geschikt is als SWI-case. De warmtetransitie sprong eruit, omdat het complex is, maatschappelijk actueel en je er vanuit verschillende hoeken wiskundig naar kan kijken."

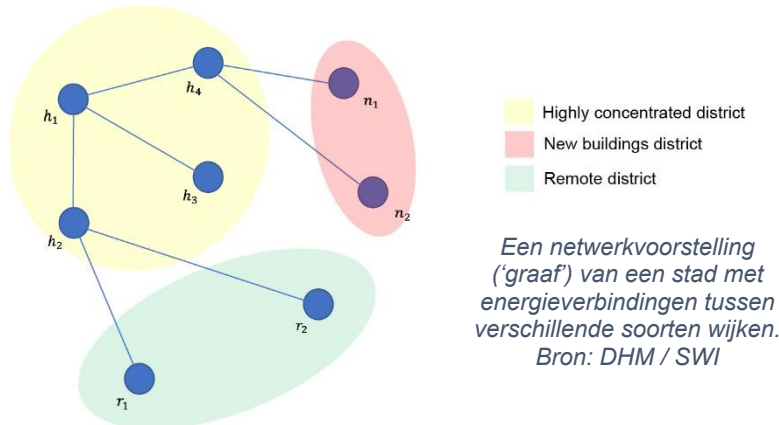
Veertien wiskundigen besluiten de tanden in het vraagstuk te zetten. Zo ook promovenda Leoni Winschermann van de Universiteit Twente. Ze onderzoekt zelf de vergroening van het elektriciteitsnet, en hoeft niet lang te denken als ze de DHM-case langs ziet komen. "Het was heel interessant om een week na te denken over warmte die als product van A naar B stroomt."

### Grafen, rekenmodellen en toekomstbestendigheid

Na een brainstorm over de uitdaging - Winschermann: "gezellig met zijn allen voor een whiteboard discussiëren over wat er interessant en haalbaar is" - gaan de wiskundigen aan de slag met een model dat al snel ingewikkeld wordt.

In een abstract ruimtelijk plaatje (uit de *grafentheorie*) stellen ze verschillende delen van de stad Groningen voor als knooppunten. Elk knooppunt is anders: een goed geïsoleerde nieuwbouwwijk buiten het centrum bijvoorbeeld, een oude stadswijk of een industrieterrein dat warmte produceert. Die kan de computer verbinden met lijnen die verschillende infrastructuur voorstellen.

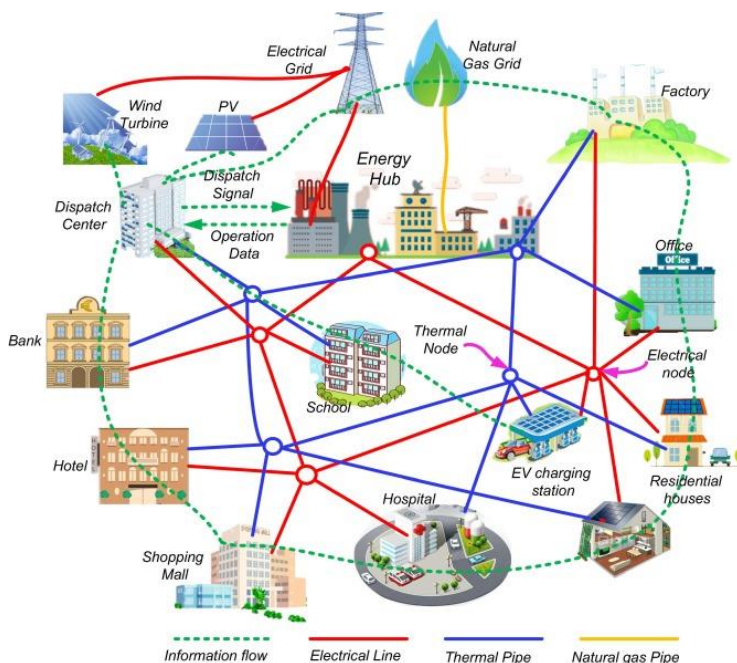
Zelfs met een paar knooppunten is het aantal mogelijke verbindingen al te groot om met de hand door te rekenen. Daarom stellen de wiskundigen voor om een computer een zogeheten Monte Carlo-simulatie uit te laten voeren die steeds verschillende netwerken tussen stadsdelen tekent en inplant hoe wijken verduurzamen. Door te vergelijken welk van die duizenden netwerken het beste presteert, komt er een geschikte strategie voor de warmtetransitie naar boven.



### Afsplitsing

Vraagstuk opgelost? Net zoals gemeentes, inwoners en bedrijven in de echte energietransitie hebben de wiskundigen verschillende ideeën over de beste aanpak van het warmteprobleem. Dat levert een tweede computermodel op. Dat *energy hub*-model bekijkt stadswijken als bronnen en verbruikers van warmte, stroom en water, elk met een eigen kostenplaatje. Ook kosten voor het aanleggen en onderhouden van de infrastructuur voor gas, water en licht worden meegenomen.

“Het mooie aan dit model is dat je het kunt versimpelen tot een paar stadsdelen, of inzoomen tot individuele buurten en woningen”, vertellen de onderzoekers in hun eindpresentatie. Dat gaat ver: wie wil, kan zelfs de watertemperatuur van warmtenetten instellen. Het levert een bijna levensechte simulatie van de energieinfrastructuur op. Maar ook: een statisch plaatje. Daarom besluit een derde groep onderzoekers om de Groningse warmtetransitie te simuleren in de loop der tijd. Ze verrekenen de aanleg, bedrijfskosten en uitgespaarde energie in een computermodel dat, gegeven aannames over toekomstige energieprijzen, de goedkoopste route naar een duurzame stad uittekent.



**Startpunt**

Bij DHM is Sandra Kamphuis enorm te spreken over de opbrengst van SWI. Ze wil voortborduren op het resultaat: "Echt bijzonder om te zien hoe enthousiast de wiskundigen waren en hoeveel ze in een week tijd konden doen. Dankzij hun modellen kunnen we uit een heel andere hoek naar de warmte-transitie kijken. Dat leidt tot beter afgewogen adviezen en uiteindelijk betere oplossingen."

"Het was genieten om met ervaren wiskundigen in zo'n *sprint* een probleem aan te pakken", kijkt Leoni Winschermann terug op SWI. "Er liggen nu drie flexibele modellen die je echt toe kunt spitsen op specifieke situaties." Dat was ook een doel van de onderzoekers: "We zochten naar een balans tussen wat er wiskundig allemaal mogelijk is, en wat gemeentes en beleidsmakers ook echt kunnen gebruiken. Je model moet goed advies geven, maar ook zo inzichtelijk en eenvoudig zijn dat mensen dat advies accepteren." Zo rekenen we ons een weg naar de duurzame toekomst.