

# Wiskunde voor een goed klimaat in de klas

**Hoe is het klimaat bij u op school? Is het 's winters lekker warm en 's zomers lekker koel? Of tocht het wel eens of is het wel eens benauwd? Als bouwfysicus is Elphi Nelissen gespecialiseerd in het realiseren van een goed binnenklimaat in gebouwen. Ze maakt zich onder andere sterk voor duurzame en gezonde schoolgebouwen. Wiskunde speelt daarbij een belangrijke rol.**



Naast directeur van haar eigen ingenieursbureau is Elphi Nelissen sinds kort ook decaan van de faculteit bouwkunde van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) en hoogleraar Building Sustainability. Ondanks haar zeer drukke baan, trekt Nelissen tijd uit om te vertellen over de vele toepassingen van wiskunde in de bouwfysica: omdat ze het belangrijk vindt om jonge mensen te enthousiasmeren voor wiskunde en techniek én omdat ze er zelf zichtbaar plezier in heeft.

## Goed begrijpen wat er gebeurt

Tijdens het gesprek komt de wiskunde al snel om de hoek. Nelissen heeft legio voorbeelden in haar beroepspraktijk. We lichten er een paar uit:

### • Sinussen en cosinussen

Om in gebouwen een gezond en comfortabel leefklimaat te realiseren, moet je kunnen voorspellen hoe het warmtetransport in een gebouw zich gedraagt. “Je hebt variatie tussen dag en nacht en tussen winter en zomer”, legt Nelissen uit. “Om dat te beschrijven, gebruik je sinussen en cosinussen, differentiaalvergelijkingen en integralen. In principe doen we dat voor elk uur, 24 uur per dag, 365 dagen per jaar. Dat levert verschrikkelijk veel berekeningen. Het is goed om die een keer met de hand te doen, zodat je feeling krijgt met wat er in een gebouw gebeurt. In de dagelijkse praktijk doen we die berekeningen natuurlijk met de computer.”

### • E-machten

Met behulp van e-machten kun je de consequenties van ventileren - of de CO<sub>2</sub>-concentratie in een ruimte - voorspellen. “Je kunt hiermee bijvoorbeeld berekenen wat er gebeurt als je een raam openzet”, vertelt Nelissen. Afhankelijk van de CO<sub>2</sub>-concentratie binnen en buiten, de hoeveelheid verse lucht door een raam of inblaasrooster en een aantal andere variabelen, kun je voorspellen hoe snel het weer fris wordt in een benauwd klaslokaal. En hoe snel het weer benauwd wordt als je het raam weer sluit. Het geeft inzicht in wat je qua luchtverversing in school zou moeten doen.

### • Oppervlakte- en sterkteberekeningen

Soms hebben gebouwen een grillige vorm. Ook dan wil je weten hoe groot het oppervlak is waardoor bijvoorbeeld warmte tussen binnen en buiten wordt uitgewisseld. Bij de Blob in Eindhoven

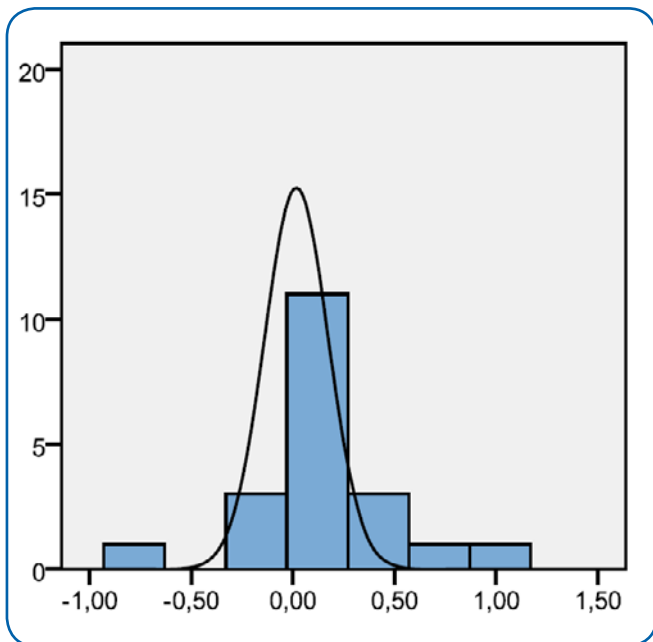
is geen enkel raam hetzelfde. Een oppervlakteberekening is dan wel iets ingewikkelder dan bij een vierkant flatgebouw. Ook komt er veel wiskunde kijken bij het berekenen van constructies. Gaat een balk knikken of niet, hoeveel gaat een vloer doorbuigen? Hoe gedraagt een ingeklemde constructie zich ten opzichte van een opgelegde? Als bouwkundige moet je goed snappen wat er wel en niet mogelijk is.



*De Blob in Eindhoven, geen enkel raam is hetzelfde*

### • Normale verdeling, standaarddeviatie

Als onderzoeker heb je veel te maken met statistiek. Bijvoorbeeld om uit te zoeken hoe een koude luchtstroom van invloed is op het gevoel van comfort. “Een van mijn afstudeerders heeft daar pas onderzoek naar gedaan”, vertelt Nelissen. Daarbij werden proefpersonen blootgesteld aan een koudeval op hun voeten, handen, armen en hoofd. De huidtemperatuur bleek een goede maat voor het gevoel van comfort. Statistisch gezien bleken de voeten gevoeliger dan de andere gemeten lichaamsdelen. “Statistiek maakt veel gebruik van grote rekenpakketten, maar ook hier moet je goed begrijpen wat er gebeurt en wat bijvoorbeeld een normale verdeling of standaarddeviatie is.”



Frequentieverdeling van de temperatuursensatie bij een koude luchtstroom, horizontaal de 'Thermische Sensatie Schaal',  $N=20$ , gemiddelde= $0,10$ , standaarddeviatie= $0,365$   
(Bron: afstudeerverslag Suzan Timmers)

#### • Formules in Excel

"Als ingenieurbureau dingen we regelmatig mee in Europese inschrijvingen", vertelt Nelissen. "In principe krijgt de inschrijving met de meeste punten de opdracht. Je moet dus weten waar je punten mee scoort en welke weegfactoren er worden toegepast. Wat moet je zwaar aanzetten, wat kan of moet wat minder? Om het puntentotaal van een inschrijving te optimaliseren, gebruiken we vaak sheets en formules in Excel."

#### Eerste in Nederland

Dat je met al die wiskunde leuke dingen kunt doen, blijkt wel uit de verhalen van Nelissen. Met haar bureau verzorgt zij onder andere de klimaatregelingen voor het Van Abbe-museum in Eindhoven, de rechtbank in Maastricht en het nieuwe stadhuis in

Nieuwegein. "Het stadhuis in Nieuwegein krijgt een grote open hal. De ambtenaren worden gehuisvest op uitstekende verdiepingen die met die hal in verbinding staan. Met berekeningen konden we aantonen dat deze inrichting qua luchtbeweging en geluid niet zonder meer geschikt zou zijn als werkplek. Met extra maatregelen zoals een hogere borstwering en een extra wand van glas, is dat straks wel het geval."



Impressie van de hal van het nieuwe Stadhuis in Nieuwegein

"In de rechtbank in Maastricht hebben we een systeem voor vloerverwarming en -koeling aangelegd. Het was toen het eerste in zijn soort in Nederland. 's Winters werkt het als verwarming, in de zomer stroomt er koel water doorheen voor koeling. Door de manier van stralingsoverdracht levert het systeem een hoog comfort en verbruikt het 70% minder energie dan een luchtbeheersysteem."

Wiskunde maakt het mogelijk om dit soort grote stappen te maken en is daarom een onmisbaar vak voor bouwkundigen. "Je hoeft niet heel goed te zijn in wiskunde, je moet er gewoon aan beginnen", is de ervaring van Nelissen, "Het valt wel mee hoe moeilijk het is, je moet vooral leren dat wiskunde ook leuk is."