

# Een ontwerptool voor nachtventilatie

Dynamische multizone-energiesimulaties zijn nodig om natuurlijke/hybride nachtventilatie te ontwerpen en evalueren, maar de extra studiekosten vallen zeker voor kleinere bouwprojecten te duur uit. Daarom ontwikkelden Universiteit Gent en studiebureau Ingenium voor ventilatiefabrikant Duco Ventilaton & Sun Control een simulatietool waarmee componenten van een nachtventilatiesysteem in een kantoor(gebouw) gedimensioneerd kunnen worden en de prestatie van het systeem geëvalueerd kan worden. De tool verwerkt de gebruikersinvoer, voert simulaties met Trnsys-Trnflow uit en geeft de prestatie weer.

Dr.ir.-arch. K. (Kim) Goethals, ing. F. (Floor) Anseeuw, ing. S. (Stefan) Verbrugge, ir. P. (Pedro) Pattijn, prof.dr.ir.-arch. A. (Arnold) Janssens;  
Universiteit Gent

Bij nachtventilatie koelt 's nachts ventilatie met buitenlucht de gebouwmassa die de dag ervoor een deel van de warmtewinsten opgeslagen heeft. Door nachtventilatie toe te passen vermindert de maximale binnentemperatuur en doet die piektemperatuur zich pas later op de dag voor. Het zomercomfort is aanmerkelijk beter en de eventuele koelinstallaties kunnen kleiner gedimensioneerd worden. Daarom wekt nachtventilatie heel wat interesse van opdrachtgevers in België en Nederland. Recente realisaties met nachtventilatie, van voornamelijk kantoorgebouwen, bewijzen dat. Architecten Stéphane Beel en Xavier De Geyter leverden een inspirerend voorbeeld met hun ontwerp van het Universiteitsforum (kortweg Ufo), een gebouw van Universiteit Gent met kantoren en een auditorium (figuur 1). Buitenlucht komt de kantoren binnen via open ramen en stroomt langs het open trappenhuis opnieuw naar buiten. Het nieuwe gerechtshuis in Antwerpen van Richard Rogers is een ander voorbeeld. Het gebouw maakt gebruik van een hybride nachtventilatiesysteem. In het

tussenseizoenen openen de gevelroosters zich 's nachts terwijl in de zomer een mechanisch ventilatiesysteem koude buitenlucht inblaast via vloerroosters.

Gebouwonwerpers die in hun ontwerp nachtventilatie willen toepassen, moeten heel wat keuzes maken. Volstaat natuurlijke ventilatie of zijn ventilatoren nodig om het ventilatie-debiet te verzekeren? Welk ventilatieconcept is het beste: enkelzijdige ventilatie, dwarsventilatie of schouwventilatie? Moeten de ramen open of volstaat een klein rooster? Welke constructie-elementen moeten thermisch toegankelijk blijven? De mate waarin ontwerpers erin slagen om een optimaal ontwerp te maken hangt in grote mate af van de gebruikte ontwerptools. In omvangrijke projecten is er tijd en budget om geavanceerde simulaties uit te voeren. Ontwerpers van kleine gebouwen moeten het echter doen met vuistregels en voorontwerptools. Zij leveren niet steeds een goed ontwerp af, sommigen durven nachtventilatie zelfs niet eens voor te stellen. Daarom ontwikkelden Universiteit Gent en studiebureau Ingenium voor Duco

Ventilation & Sun Control, een fabrikant van natuurlijke ventilatie- en zonweringssystemen, een simulatietool waarmee eenvoudig en snel de componenten van een natuurlijk/hybride nachtventilatiesysteem van deze fabrikant gedimensioneerd kunnen worden en de prestaties ervan geëvalueerd kunnen worden. Dit artikel beschrijft de mogelijkheden/tekorten van bestaande eenvoudige ontwerptools, legt uit hoe de nieuwe ontwerptool in elkaar steekt en licht het gebruik toe met een voorbeeld.

## ONTWIKELING

Door de grotere omvang van bouwprojecten en de groeiende complexiteit van de bouwpraktijk maakte het integraal ontwerpen begin jaren 90 opgang. Externe specialisten stonden steeds meer de architect bij in het ontwerp. Mede daardoor werden duurzame technologieën populairder. Zo werden verschillende onderzoeksprojecten gelanceerd met als doel natuurlijke ventilatie te kunnen promoten als alternatief voor mechanische ventilatie en mechanische koeling. Het Europese project Pascool en Annex 28 van het IEA over lage

energie-koeling waren de eerste referentieprojecten en werden snel gevolgd door het Europese Joule-project NatVent en de IEA Annex 35 over hybride ventilatie. Medewerkers van deze en andere projecten hebben verschillende types ontwerptools ontwikkeld, variërend van eenvoudige richtlijnen tot numerieke ventilatiemodellen. Tabel 1 geeft een overzicht van de belangrijkste eenvoudige ontwerptools die tot nu ontwikkeld zijn.

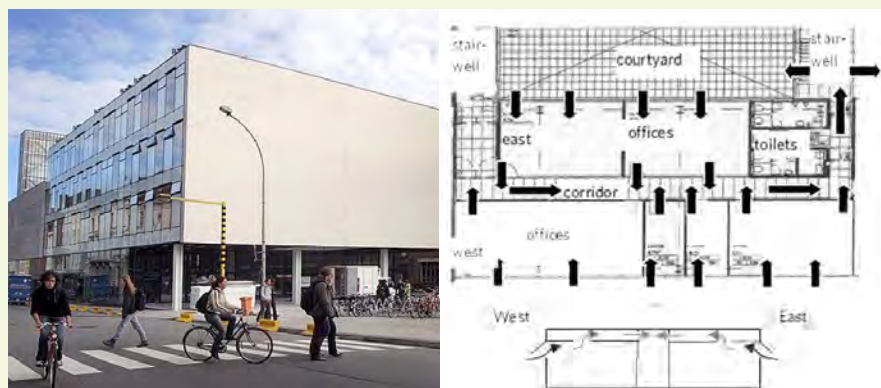
## GRAFISCHE TOOLS EN REKENBLADEN

Chartered Institute of Building Services Engineers ontwikkelde grafieken en rekenbladen die hielpen om ventilatieopeningen van windgedreven ventilatie en/of ventilatie op basis van het schoorsteeneffect te dimensioneren [1]. Zowel de grafieken als de rekenbladen waren echter gebaseerd op expliciete vergelijkingen die met interactie tussen stromingspaden geen rekening hielden. Een andere beperking kwam voort uit de veronderstelling dat alle weerstand langs het stromingspad zich bij de toe- en afvoer bevond. Invoerparameters waren: de lokale windsnelheid, het geschatte temperatuurverschil tussen binnen en buiten, de weerstand langs het stromingspad en het hoogteverschil tussen de ventilatieopening en het neutrale drukvlak (de hoogte waar binnen- en buitendruk gelijk zijn). De grafieken en de rekenbladen gaven de verhouding tussen het ventilatie-debiet en de oppervlakte van de opening als functie van het temperatuurverschil tussen binnen en buiten en/of de windsnelheid.

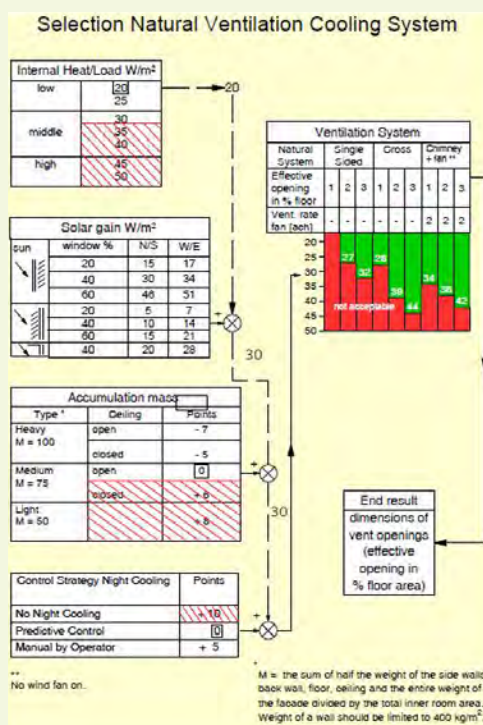
Een van de resultaten van het NatVent-project was de grafische ontwerptool van van Paassen e.a., die ontwerpers in staat stelde ventilatieopeningen voor nachtventilatie in Nederlandse gebouwen te dimensioneren (figuur 2) [2]. De tool was gebaseerd op een grote hoeveelheid dynamische simulatieresultaten. Het simulatiemodel bestond uit een drie-zonemodel: twee kantoren met een gang in het midden. De ontwerptool hield rekening met volgende invoerparameters: twee gebouworiëntaties, drie thermische capaciteiten, vijf niveaus interne warmtewinsten, drie verhoudingen tussen raamoppervlakte-vloeroppervlakte, drie ventilatiestrategieën, verschillende verhoudingen ventilatieopening-vloeroppervlakte en drie regelingen van nachtventilatie. Met de tool konden ontwerpers de nodige oppervlakte van de ventilatieopeningen inschatten.

## SIMULATIEMODELLEN

Een van de onderzoeksresultaten van het Pascool-project was Lesocool, een simulatietool die toeliet het effect van (natuurlijke) nachtventilatie te evalueren [2]. Het rekenmo-



-Figuur 1- Universiteitsforum met natuurlijke nachtventilatie (toevoer via ramen, afvoer via trappenhall)



-Figuur 2- Grafische ontwerptool van Van Paassen e.a.

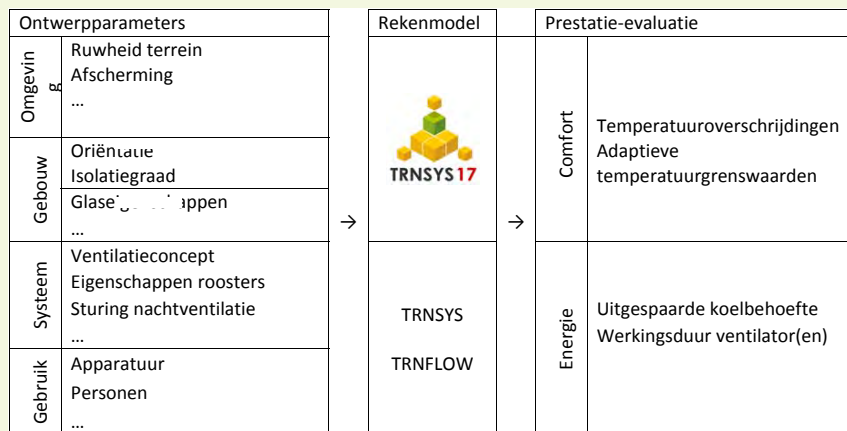
Tool	Tool	Rekenmodel	Gebouwmodel	Output
Grafische tools en rekenbladen	CIBSE methode	Expliciete vergelijkingen	1 zone	Momentopname
	Grafiek van Van Paassen e.a.	Thermisch en ventilatiemodel	1 zone	Dimensies ventilatieopeningen
Simulatiemodellen	Lesocool	Thermisch en ventilatiemodel	Maximum 9 zones (enkel stromingspad)	Dagprofiel
	Nitecool	Thermisch en ventilatiemodel	1 zone	Weekprofiel
	NatVent	Thermisch en ventilatiemodel	1 zone	Jaarprofiel
	LoopDA (Contam)	Thermisch en ventilatiemodel	Meerdere zones	Dimensies ventilatieopeningen
	Coolvent	Thermisch en ventilatiemodel	Meerdere zones	Jaarprofiel

-Tabel 1- Overzicht ontwerptools voor nachtventilatie

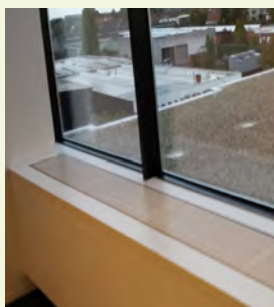
del omvatte een stationair thermisch model in combinatie met een opslagmodel en een ventilatiemodel voor een enkele ventilatiestroom door maximum negen zones. Gebruikers van Lesocool konden volgende parameters aanpassen: het ventilatietype (natuurlijke of mechanische), de eigenschappen van de openingen (vb. positie, grootte, afvoercoëfficiënt), de regeling (op basis van temperatuur of tijd), de thermische massa van de zone (vier standaardniveaus), de constructieoppervlaktes, de interne warmtewinsten (drie standaardniveaus) en de oppervlakte en de U-waarde van de beglazing. De tool gaf voor een typische dag de variatie van het ventilatiedebiet, de binnentemperatuur, de gemiddelde oppervlaktetemperatuur en het koelvermogen.

UK Department of the Environment sponsorde de ontwikkeling van Nitecool [3]. Deze simulatietool moest ontwerpers van Britse kantoren in staat stellen om snel de invloed van enkele belangrijke parameters op de prestatie van de nachtventilatie te kunnen bepalen. Het programma simuleerde warmtetransport in een typisch individueel kantoor met een weerstand-capaciteit-model en luchttransport met een eenvoudig ventilatiemodel. Gebruikers konden de volgende parameters ingeven: site-locatie, gebouworientatie, thermische massa, infiltratiedebiet, glasoppervlakte, interne warmtewinsten, bezettingstijd en zonwering. Bovendien hadden zij de keuze uit negen koelsystemen voor dag- en/of nachtwerking en uit drie types regeling van het nachtventilatiesysteem. De resultaten waren beperkt tot een weekprofiel van de temperatuur en het uitgespaarde piekvermogen/energiegebruik voor koeling.

De NatVent-tool werd ontwikkeld in het gelijknamige onderzoeksproject. Het thermisch rekenmodel was een eerste-ordesysteem, het ventilatiemodel was een één-zonemodel dat een heel gebouw voorstelde. Gebruikers konden vier categorieën van invoerparameters aanpassen: locatie, gebouw, ventilatie en ramen. Locatie omvatte o.a. het klimaat en de oriëntatie van het gebouw. Onder de categorie gebouw hoorden de geometrie, de isolatiegraad en de luchtdichtheid. Het label ventilatie liet toe om de grootte van de openingen, de interne warmtewinsten, de ventilatiestrategie en de eigenschappen van eventuele ventilatoren in te geven. Het gedeelte ramen omvatte de eigenschappen van de ramen en de zonwering. Het resultaat van de tool was het ventilatiedebiet en de binnentemperatuur gedurende een zomer, een winter of een jaar. National Institute of Standards and Technology ontwikkelde de Loop Design Analysis tool (LoopDA) en integreerde dit in het multi-zone ventilatiemodel Contam [4].



-Figuur 3- Configuratie van de nieuwe ontwerp tool



-Figuur 4- Toevoer van verse lucht via luiken weggewerkt in een omkasting

De bijhorende Loop Equation Design Method beschreef de stappen die nodig zijn om tot een correct gedimensioneerd ventilatiesysteem te komen met het simulatieprogramma. Het rekenmodel omvatte een stationaire warmte- en massabalans, die na elkaar berekend werden. Gebruikers van de tool moesten volgende parameters ingeven: de gebouwkarakteristieken (zoals geometrie, gemiddelde U-waarde), de eigenschappen van het ventilatiesysteem (zoals minimum ventilatie-eisen) en de ontwerpvoorwaarden (na te streven binnentemperatuur, windsnelheid). De tool gaf eerst een ruwe inschatting van de ventilatieopeningen, om daarna met bijkomende randvoorwaarden (zoals maximale luchtsnelheid door de opening) met Contam verder te rekenen.

Coolvent, een multi-zone energiesimulatiemodel voor natuurlijke ventilatie in gebouwen, werd ontwikkeld aan Massachusetts Institute of Technology. Het was een gebruiksvriendelijke en robuuste tool die een geavanceerd thermisch model en ventilatiemodel als rekenkern had. In tegenstelling tot bijvoorbeeld LoopDA loste het de warmte- en de massabalans tegelijk op. De invoerparameters waren beperkt tot de meest invloedrijke en werden opgedeeld in twee categorieën: algemene info en gedetailleerde gebouw informatie. De algemene info omvatte: ventilatieconcept, gebouworientatie, gebruikersprofielen, terreininfo en klimaatdata. Bij gebouw informatie hoorden: de afmetingen van het gebouw, de dimensies van ramen en openingen, de

thermische massa en strategieën om ramen te openen. Het resultaat van de tool was een profiel van de binnentemperatuur en het ventilatiedebiet tijdens de bestudeerde periode.

## DYNAMISCHE MULTI-ZONE ENERGIESIMULATIE

Uit voornoemd overzicht blijkt dat de meeste bestaande tools sterk vereenvoudigd zijn. Ofwel werden simulatieresultaten in een ontwerp tool gegoten met een beperkt aantal invoerparameters, ofwel ontwikkelde men een sterk vereenvoudigd rekenmodel dat de warmte- en luchtstromen apart berekende. De belangrijkste reden was de beperkte computerkracht. Evenwel, bij natuurlijke/hybride nachtventilatie variëren de drijvende krachten in de tijd, wat de prestatie van een dergelijk systeem hoogst onzeker maakt. Ook hangen de temperatuurverschillen en de ventilatiedebieten onderling van elkaar af. De binnentemperatuur beïnvloedt het natuurlijk ventilatiedebiet en het ventilatiedebiet heeft een invloed op de binnentemperatuur. Daarom zijn dynamische multi-zone energiesimulatieprogramma's die gebaseerd zijn op een gekoppeld thermisch en ventilatiemodel nodig om natuurlijke/hybride nachtventilatie goed te ontwerpen en correct de prestatie ervan te evalueren.

Verschillende obstakels verhinderen echter het algemeen gebruik van dynamische multi-zone energiesimulatieprogramma's. Simulaties uitvoeren vergt heel wat kennis en is tijdsintensief. De rekenalgoritmes kunnen heel complex

worden en de gebruikersomgeving is niet steeds gebruiksvriendelijk. Een simulatie-model wordt bepaald door een grote hoeveelheid parameters, die allemaal ingevoerd moeten worden. Ook is het dikwijls moeilijk om partijen ervan te overtuigen dat de hogere initiële studiekosten zich snel terugverdienen, zeker wanneer het gaat over kleinere projecten. Als dan toch een snelle inschatting van de prestatie van natuurlijke/hybride ventilatie nodig is, zijn er twee mogelijkheden. Een simulatiespecialist kan een uitgebreide parameterstudie uitvoeren om vervolgens de resultaten in een ontwerpgrafiek/-tabel te gieten. Of men ontwikkelt een eenvoudige, toegepaste interface voor het aansturen van een energiesimulatieprogramma. Het direct aansturen van een rekenkern heeft weliswaar voordelen boven een afgeleide grafiek/tabel. De keuze van parameterwaarden is niet beperkt tot een aantal discrete waarden, maar kan om het even welke numerieke waarde zijn. Daarbij zijn vrijwel alle parametercombinaties mogelijk. Omwille van die veelzijdigheid kozen Universiteit Gent en Ingenium, in overleg met Duco Ventilaton & Sun Control, ervoor om een interface te maken voor een bestaand commercieel simulatieprogramma, namelijk Trnsys-Trnflow [5]. Met de tool zou Duco Ventilaton & Sun Control een aantal invoerparameters kunnen aanpassen om tot een goede voorspelde prestatie van het natuurlijk/hybride ventilatiesysteem te komen. Bijvoorbeeld door het type rooster aan te passen wordt het beoogde zomercomfort behaald. De focus lag op kantoorgebouwen, omdat nachtventilatie in dit soort gebouwen interessant is.

## ■ CONFIGURATIE

De ontwerptool verwerkt de gebruikersinvoer, voert simulaties met Trnsys-Trnflow uit en geeft de simulatieresultaten weer (figuur 3). De omgeving die de gebruiker hanteert is een rekenblad, Microsoft Excel. In dit blad zitten codes in Visual Basic for Applications (VBA) en Visual Basic .NET (VB.NET) die het gros van de acties uitvoeren. Excel-handelingen staan in voor een klein gedeelte van de verwerking van de gebruikersinvoer en van de resultaten. VBA-codes doen de rest van de gebruikersinvoer, maken ook computermappen op, zetten de simulatieomgeving op (zoals klimaatdata, gebruikersprofielen) en verwerken de resultaten. De VB.NET-codes leveren het complexe gebouwmodel.

De invoerparameters worden onderverdeeld in eigenschappen van de omgeving, gebouwkarakteristieken, systeemeigenschappen en gebouwgebruik. De omgeving bepaalt in het bijzonder de winddrukken op de gevels. Daarom dienen eigenschappen als de ruwheid

-Figuur 5- Input ventilatie in de tool

van het terrein (platteland, voorstad, stad) en de mate van afscherming (open, half afgeschermd en afgeschermd) te worden bepaald. Maar ook de vorm van het gebouw heeft een impact, meer bepaald de hoogte van het gebouw en de verhouding van de gevels. Deze laatste parameters horen evenwel bij gebouwkarakteristieken thuis. Andere gebouwparameters zijn: oriëntatie van het gebouw (8 oriëntaties), de geometrie van de kamer(s) (numerieke waarden), de verdieping waar de kamer zich bevindt (numerieke waarde), de isolatiegraad (5 isolatieniveaus), de luchtdichtheid (numerieke waarde), de thermische capaciteit (4 niveaus), de beglazing (numerieke waarden van oppervlakte en g-waarde). Systeemkarakteristieken omvatten: het ventilatieconcept (enkelzijdige ventilatie, dwars- of schoorsteenventilatie in een kamer of schoorsteenventilatie voor een kantoorgebouw met drie verdiepingen die elk bestaan uit twee kantoren met een gang ertussen), de eigenschappen van de toevoerroosters en de extractieventilator voor hygiënische ventilatie (o.a. ventilatiedebiet en hoogtes van toevoerrooster en extractieventilator), de karakteristieken van de nachtventilatie-roosters en de eventuele extractieventilator (o.a. oppervlakte, K-factor en hoogte van het toevoerrooster) en de regeling van het nachtventilatiesysteem en tot slot de regeling van de zonwering. Het gebouwgebruik wordt bepaald door de interne warmtelast (numerieke waarden) en de mogelijkheid tot extra ventilatie overdag.

Om het zomercomfort te evalueren worden de temperatuuroverschrijdingen en de adaptieve temperatuurgrenswaarden gekozen. Volgens de temperatuuroverschrijdingmethode mag de binnentemperatuur niet hoger zijn dan 25,5 °C en 28 °C gedurende meer dan

100 h respectievelijk 20 h van de bezettingsperiode. De methode van adaptieve temperatuurgrenswaarden stelt dat een bepaalde bovengrens, die varieert in functie van de buitentemperatuur, niet meer dan 3% van de bezettingstijd overschreden mag worden (in dit geval volgens klasse B). De rendabiliteit van het nachtventilatiesysteem wordt beoordeeld aan de hand van de uitgespaarde koelbehoefte en de werkingstijd van het ventilatiesysteem. De uitgespaarde koelbehoefte volgt uit twee simulaties: een met nachtventilatie en mechanische koeling en een ander met enkel mechanische koeling. De werkingstijd van een nachtventilatiesysteem ondersteund door een extractieventilator wordt afgeleid van een simulatie met enkel nachtventilatie.

## ■ TOEPASSING

Televic, een producent van hoogtechnologische communicatiesystemen, wilde nachtventilatie om de koellast in haar nieuwe kantoor te beperken. Het ontwerp van het gebouw was zo uitgevoerd dat de buitenlucht via luiken werd toegevoerd en binnenlucht natuurlijk of mechanisch werd afgevoerd (figuur 4). Televic nam Duco in de arm om de diverse componenten te dimensioneren en te detailleren. Duco Ventilaton & Sun Control beschikte namelijk over de componenten, de kennis en een reken-tool die intensieve ventilatie in een gebouw mogelijk maken.

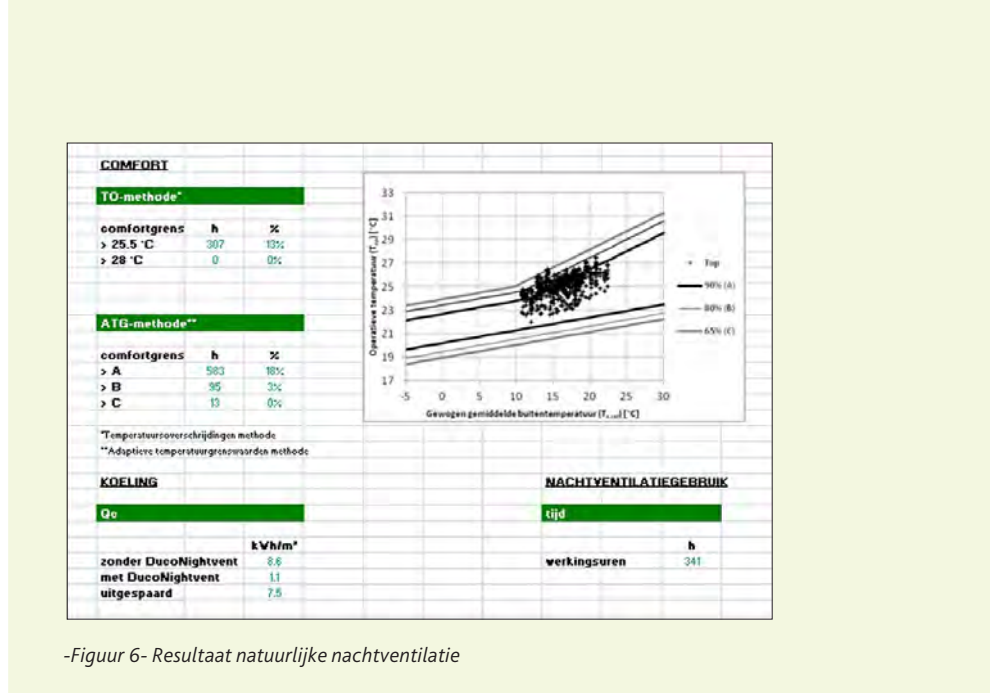
Duco Ventilation & Sun Control simuleerde met de tool twee situaties in een typische kantoorruimte met dwarsventilatie. In de eerste situatie gebeurde nachtventilatie uitsluitend natuurlijk. Het vooropgestelde aantal volumewisselingen per uur bedroeg 7. In de tweede situatie was er een extra afvoerventilatieventilator met een capaciteit van 2 volumewisselingen per uur. Figuur 5 geeft de parameterinvoer

van de ventilatie in de tool weer.

Zowel de natuurlijke als de mechanisch ondersteunde nachtventilatie leverde een aanzienlijke vermindering van de koelbehoefte op: tot 7.5 kWh/m<sup>2</sup>. Het gebouw beschikte immers over voldoende thermische massa en de zonbelaste gevels waren van zonwering voorzien. Figuur 6 toont het resultaat van de situatie met uitsluitende natuurlijke nachtventilatie. Televic koos voor het hybride nachtventilatiesysteem. Doorgaans stroomde buitenlucht via de (openstaande) deuren naar de centrale trappenhal verder te gaan. In de trappenhal voerden luiken en/of ventilatoren de lucht af.

## BESLUIT

Nachtventilatie is een techniek met heel wat potentieel, zeker in kantoren. De complexiteit van het ontwerp is echter doorgaans zo hoog dat basiskennis of ervaring niet volstaan om ontwerpmaatregelen te evalueren (zoals impact van dimensionering roosters). In deze gevallen kunnen simulaties helpen, weliswaar als die efficiënt kunnen worden ingezet. De tool ontwikkeld door Universiteit Gent en studie bureau Ingenium voor Duco Ventilaton & Sun Control laat toe dat Duco Ventilation & Sun Control snel en eenvoudig met de rekenkern Trnsys-Trnflow een aantal ontwerp-



-Figuur 6- Resultaat natuurlijke nachtventilatie

varianten van een nachtventilatiesysteem in een kantoor(ruimte) kan doorrekenen. Duco Ventilation & Sun Control heeft de tool al verschillende keren succesvol ingezet.

## REFERENTIES

1. Cibse, Cibse Guide A: Environmental Design, Chartered Institution of Building Services Engineers, 2006
2. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lesocool, 1996
3. Kolokotroni, M., Tindale, A. en Irving S.J.,

Nitecool: Office Night Ventilation Pre-Design Tool, in: 18th AIVC conference, 1997

4. NIST, LoopDA 3.0 – Natural Ventilation Design And Analysis Software User Guide, 2012
5. Solar Energy Laboratory, Trnsys 17 – A transient system simulation program, 2012
6. Svensson, C. en Aggerholm S., NatVent, 1998
7. Van Paassen A., Liem, S. en Gröninger, B., Control of Night Cooling With Natural Ventilation, in: 19th AIVC conference, 1998

## LSA Frico BV

Specialist in luchtgordijnen & verwarming

Wij denken in mogelijkheden.



**LSA**  
air curtains

**FRICO**



Van Leeuwenhoekstraat 2, 3846 CB Harderwijk, The Netherlands

T +31 (0)341 - 439 100 F +31 (0)341 - 439 190

I www.lsafrico.nl I www.frico.se

E info@lsafrico.nl

Kwaliteit en veiligheid in  
luchtbevochtiging heeft  
een naam: natufog®



Natufog, betrouwbaar in duurzame en veilige bevochtigingsinstallaties voor onder andere kantoren, gezondheidszorg, theaters en industrie. Scan de QR-code voor enkele van onze referenties of ga naar [www.natufog.com](http://www.natufog.com) en klik op 'projecten'.

T +31(0)43-407 3007 / INFO@NATUFOG.COM / WWW.NATUFOG.COM