

Auteur

Dr. ir. C.J. Wisse

Inzet van CFD voor beter



Door de invoering van de lagere EPC en de ontwikkelingen van nieuwe technieken staat een gezond binnenklimaat weer midden in de belangstelling. Een goed ontwerp is hierbij van groot belang. Gedegen analyses op basis van theorie en praktijk kunnen hierbij uitkomst bieden. Dit artikel laat aan de hand van voorbeelden zien hoe analyses met Computational Fluid Dynamics (CFD) kunnen bijdragen aan een beter ontwerp van atria en systemen met natuurlijke ventilatie. De CFD-analyses worden hierbij gecombineerd met praktijkervaringen.

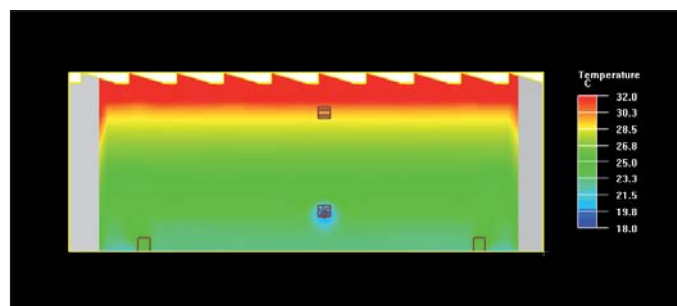
Waterschapshuis Hollandse Delta (Visualisatie EGM Architecten).

Computational Fluid Dynamics (CFD) is een krachtig hulpmiddel voor het ontwerp van een comfortabel binnenklimaat. De ongreepbare luchtstromingen worden gevisualiseerd (zie kader 'Wat is CFD?'). Van verschillende ontwerpvarianten kunnen de consequenties op elk gewenst punt in de ruimte worden bekeken. Aan de hand van het volgende drietal concrete voorbeelden wordt de toegevoegde waarde van CFD-analyses geïllustreerd:

- Ontwerp atrium Waterschapshuis Hollandse Delta te Ridderkerk.
- Ontwerp natuurlijke ventilatie kantoor 3B-wonen te Bergschenhoek.
- Analyse natuurlijke ventilatie in woningen.

Ontwerp atrium Waterschapshuis Hollandse Delta. Het Waterschapshuis Hollandse Delta is een ontwerp van EGM Architecten bv. Met het bouwteam met daarin onder andere DWA installatie- en energieadvies en Kraan Consulting bv, is een ontwerp gemaakt waarin duurzaamheid en een goed binnenklimaat een belangrijke rol spelen. Een van de karakteristieken is het atrium dat wordt omgeven door kantoorvertrekken. De binnengevel van het atrium biedt de mogelijkheid deuren van de kantoorvertrekken te openen naar het atrium. Bij hoge buitentemperaturen en zonbelasting kunnen boven in het atrium oncomfortabele situaties ontstaan bij het openen van de deuren.

Om dit te analyseren, zijn door DWA CFD-analyses uitgevoerd voor een warme zomerse dag. Figuur 1 geeft de resultaten voor het atrium met een gesloten glaskap. Op de bovenste verdieping zal de temperatuur dan oplopen tot 32 graden Celsius. Met CFD-berekeningen is geanalyseerd welke oplossing het meeste effect heeft: extra zonwering, extra ventilatie of afvoer van ventilatielucht door de glaskap. Op basis hiervan is besloten ventilatie-afvoer via het dak mogelijk te maken. Met CFD-analyses is bovendien overdimensionering van de kostbare dakafvoer voorkomen.



Figuur 1. CFD-analyse temperatuurgelaagdheid in atrium Waterschapshuis.

Ontwerp natuurlijke ventilatie kantoor 3B-wonen. In oktober 2002 heeft DWA installatie- en energieadvies een CFD-onderzoek uitgevoerd voor het ventilatieconcept van het kantoor van 3B-wonen te Bergschenhoek. DWA was betrokken bij het ontwerp van de technische installaties.

In de uitvoeringsfase is om esthetische redenen gekozen voor een iets andere configuratie dan in het ontwerp. Toen er gebruikersklachten optraden, is het CFD-onderzoek opnieuw geraadpleegd. Na een even simpele als doeltreffende maatregel op basis van het CFD-onderzoek, is het comfort weer op het gewenste niveau.

In deze paragraaf wordt uitgewerkt hoe CFD is ingezet voor het ontwerp van het ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer in combinatie met betonkernactivering (thermische activering van betonnen vloeren).

Concept met natuurlijke ventilatie. Het concept voor natuurlijke ventilatie betreft natuurlijke toevoer van ventilatielucht en mechanische afvoer. Via (geregelde) roosters wordt de buitenlucht het vertrek binnengebracht. Kritisch hierin is het tochtvrij binnenbrengen van de buitenlucht in de wintersituatie. De buitenlucht stroomt boven het verlaagde plafond het vertrek binnen. Boven het verlaagde plafond krijgt de lucht (beperkt) de mogelijkheid op te warmen door menging, voordat deze via open stroken in het plafond het vertrek binnenstroomt.

Als hoofdverwarming werd een systeem met vloerverwarming voorgesteld dat in de zomersituatie als koelsysteem dient. Vervolgens stond het ontwerpteam voor de volgende vragen:

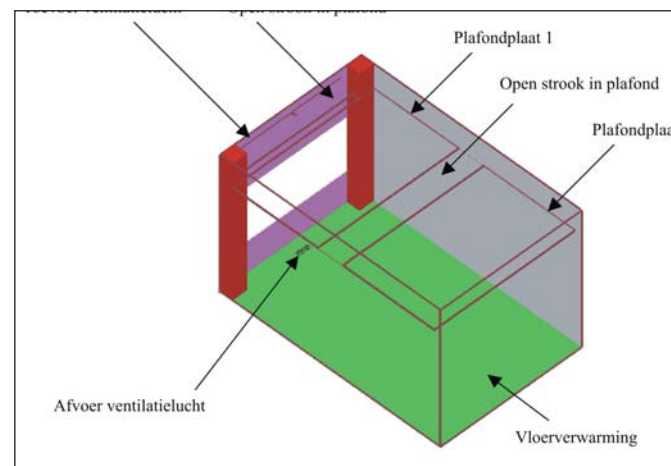
- Wat zijn ontwerpcriteria voor de geometrie en de positie van de open stroken in het plafond?
- Is aanvullende verwarming nodig?

Dit is onderzocht door middel van een CFD-model, waarvan de basisconfiguratie is weergegeven in figuur 2.

Geen open strook bij de gevel. De open strook bij de gevel levert bij lage buitentemperaturen problemen op. Bij buitentemperaturen van -5 graden Celsius valt de buitenlucht 'als een blok' naar beneden. Bij hogere buitentemperaturen wordt de ruimte niet effectief doorspoeld en treedt kortsluiting op tussen de toevoer en de afvoer van de ventilatielucht. Voor de toevoer van de ventilatielucht wordt daarom enkel gebruik gemaakt van de open strook midden in het plafond. Op bijgaande foto's is te zien hoe dit in werkelijkheid is gerealiseerd.

Toch naverwarmen. Met een dichte strook bij de gevel treedt ogenschijnlijk een comfortabele situatie op (zie de luchttemperaturen in figuur 3). De luchttemperaturen bevinden zich in de leefzone boven de 21 graden Celsius. Hoge luchtsnelheden zorgen er echter voor dat er tochtklachten zullen ontstaan. De hoge luchtsnelheden ontstaan doordat de koude lucht onvoldoende mengt met de warme lucht en de lucht bij binnenkomst in het vertrek alsnog naar beneden 'valt'. Om die reden zijn boven het verlaagde plafond heaters gemonteerd die de binnenstromende lucht voorverwarmen.

De adder onder het gras. Met de naverwarming met de heater lijkt alles in orde te zijn. Wellicht rijst de vraag: had je dat ook niet zonder CFD kunnen bedenken en gewoon de heaters als voorzorg kunnen installeren? Toch zou dat problemen hebben opgeleverd. Met een open strook in het midden van het plafond treden er ondanks de naverwarming, onverwacht toch nog hoge luchtsnelheden op. Figuur 4 geeft de



Figuur 2. Basisconfiguratie ontwerp.

ontwerp van het binnenklimaat

oppervlakken met een luchtsnelheid van 18 cm/s weer. In de regel wordt dit als comfortgrens aangehouden. De gebieden waarbij deze grens wordt overschreden, worden sterk gereduceerd door toepassing van een rooster met een beperkte vrije doorstroming.

Werk in uitvoering. In het uitvoeringstraject zijn de open stroken, om esthetische redenen, uitgevoerd met grofmazige roosters met vrijwel 100% vrije doorstroming. In het najaar van 2004 kwamen er echter klachten van de gebruikers dat tochtproblemen optraden. De resultaten van het reeds uitgevoerde CFD-onderzoek boden hierbij uitkomst. De stromingsweerstand van de open stroken in het plafond is verhoogd door toepassing van filterdoek, in combinatie met het grofmazige rooster). Dit heeft ertoe geleid dat de klachten zijn verdwenen.

Lage EPC en natuurlijke ventilatie in de woningbouw. Natuurlijke ventilatie in combinatie met vloerverwarming staat ook voor woningbouw weer midden in de belangstelling sinds de verlaagde waarde van de EPC. De vloerverwarming geeft de mogelijkheid tot het toepassen van warmtepompsystemen. Met natuurlijke toevoer van ventilatielucht kan gebalanceerde ventilatie worden vermeden. Of dit leidt tot een comfortabel binnenklimaat is nog maar de vraag. In de woningbouw is geen verlaagd plafond gebruikelijk. Wat zijn dan de mogelijkheden voor natuurlijke ventilatie?

Figuur 5 geeft de resultaten bij een buitentemperatuur van 5°C. De koude luchtstroom 'valt' naar beneden en kan daarbij tochtklachten veroorzaken. Dit probleem kan, zoals al lang bekend is, worden voorkomen door onder het ventilatierooster een radiator te plaatsen die voldoende vermogen heeft en gedurende een groot deel van de tijd warmte afgeeft (figuur 6). In een goed geïsoleerde woning is het laatste niet het geval. Betekent dit dat natuurlijke ventilatie beter niet toegepast kan worden? Zo zwart wit ligt dat niet. In een goed geïsoleerde woning of een woning met vloerverwarming heeft het de voorkeur voorverwarmde lucht in te blazen (gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning). Is dit om de een of andere reden niet gewenst, dan kan natuurlijke toevoer een optie zijn.

In opdracht van Uneto-VNI heeft DWA ook praktijkonderzoek met interviews met bewoners uitgevoerd. Hieruit blijkt dat bewoners met name knelpunten ervaren bij ongeregelde natuurlijke ventilatieroosters. Goede voorlichting zonder valse verwachtingen te wekken, is van groot belang bij toepassing van natuurlijke ventilatie. De kloof die hierbij moet worden overbrugd, is eigenlijk niet zo groot: bewoners vinden het ook normaal dat als je het raam opent er tochtverschijnselen optreden.



Open strook in het midden van het plafond.

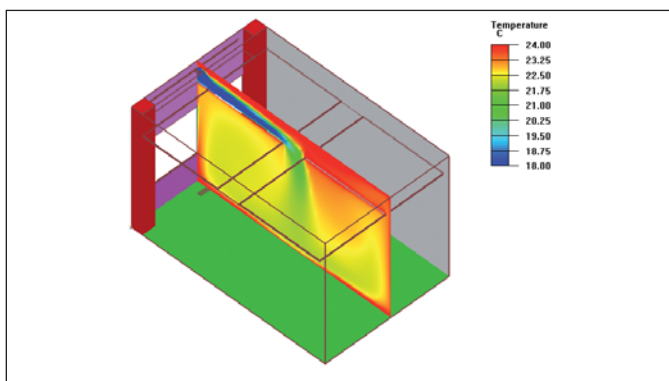


De plus van CFD-onderzoek. Met behulp van CFD-onderzoek is het mogelijk voor innovatieve klimatiseringssystemen een goed ontwerp te maken voor het binnenklimaat. In combinatie met praktijkervaring vormt het een krachtig instrument voor het ontwerp. Voor het atrium van het Waterschapshuis is op basis van het CFD-onderzoek gekozen voor een glaskap met open delen die de warme lucht 's zomers af kan voeren. Het CFD-onderzoek heeft voor het kantoor van 3B-wonen de volgende zaken aangetoond:

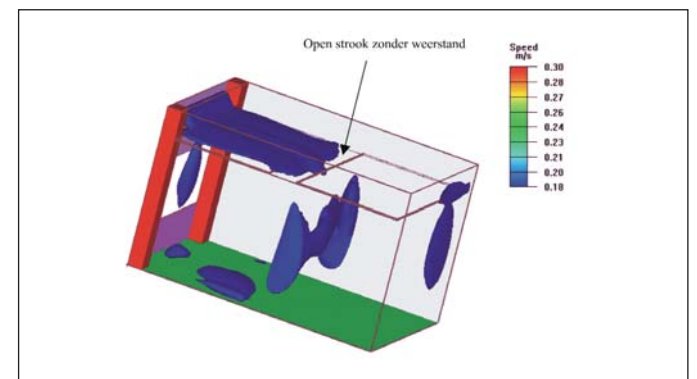
- De noodzaak van het sluiten van de open strook in het plafonddeel aan de gevel.
- De noodzaak van naverwarming met heaters.
- De noodzaak van extra weerstand in de open stroken in het plafond.

Zonder het CFD-onderzoek zou het een uitgebreid onderzoek vergen om de oorzaak van de tochtklachten achteraf te achterhalen. Voor de woningbouw is gebleken dat bij toepassing van natuurlijke ventilatie in goed geïsoleerde woningen de nodige voorzichtigheid is geboden.

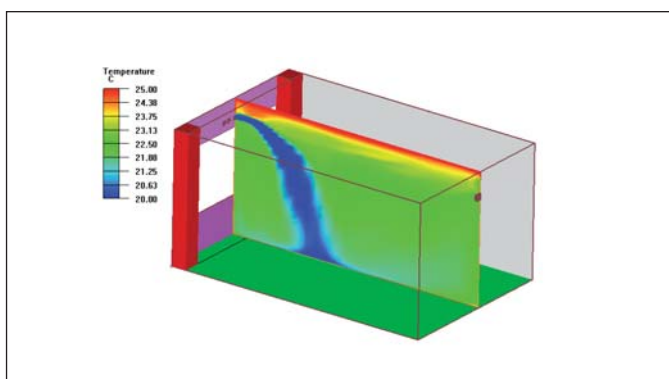
Dr. ir. C.J. Wisse, DWA installatie- en energieadvies, Bodegraven.



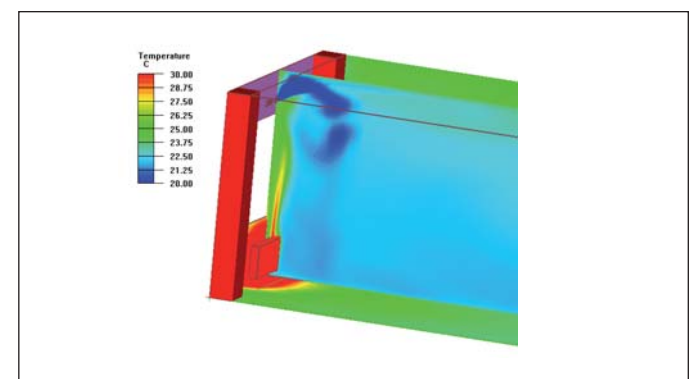
Figuur 3. Luchttemperatuur bij dichte strook bij de gevel, buitentemperatuur 5 graden Celsius.



Figuur 4. Oppervlakken met een luchtsnelheid van 18 cm/s, open strook met vrije doorstroming.



Figuur 5. Vloerverwarming met natuurlijke toevoer: luchttemperaturen bij buitentemperatuur van 5 graden Celsius.



Figuur 6. Radiator met natuurlijke toevoer: luchttemperaturen bij buitentemperatuur van 5 graden Celsius.