CFD simulaties voor kostenbesparing in uw datacenter: Hoe werkt het, en wat levert het op?

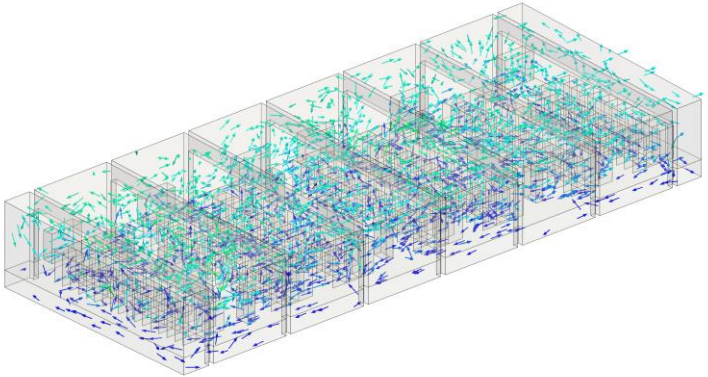
Eric Terry - Actiflow

Introductie Actiflow

- Advies- en ontwerpbureau gespecialiseerd in stromingsleer
- Spin-off van TU Delft, Lucht- en Ruimtevaarttechniek, opgericht in 2005
- Met computerberekeningen maken we luchtstromen zichtbaar
- Advies bij de ontwikkeling van nieuwe gebouwen, apparaten, producten
- Actief in de bouw, medische sector, procesindustrie, automotive, HVAC sector, enz.
- Sinds enkele jaren actief in de datacenter wereld

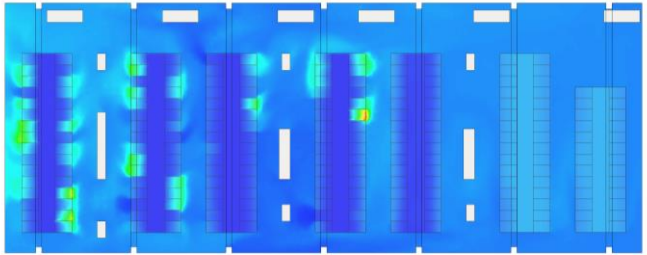
Agenda

- Wat is CFD?
- Vooroordelen rond CFD: fabels of waarheid?
- Hoe kan CFD helpen bij het optimaliseren van een datacenter?
- Praktijkcase

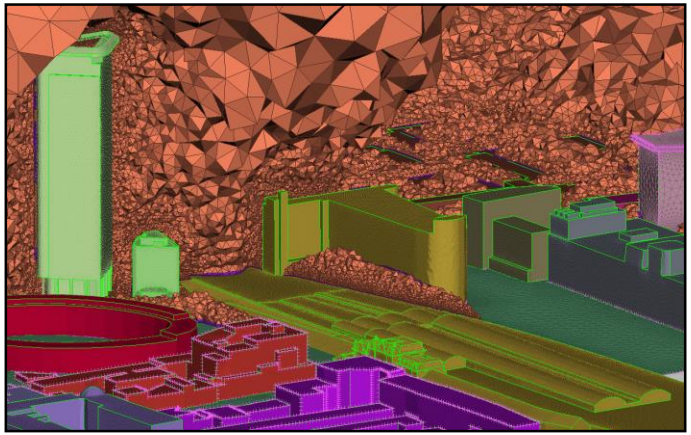


Wat is CFD?

- CFD staat voor “Computational Fluid Dynamics”
- Methode om te rekenen aan gas- en vloeistofstromen en hun effect op de omgeving
- Luchtstromen (en dus ook warmtestromen) worden zichtbaar in en rond een datacenter
- Plaatjes geven inzicht in werking en effectiviteit van de koeling in een datacenter, maar ook bijv. in het effect van wind op het uitblazen en aanzuigen van buitenlucht



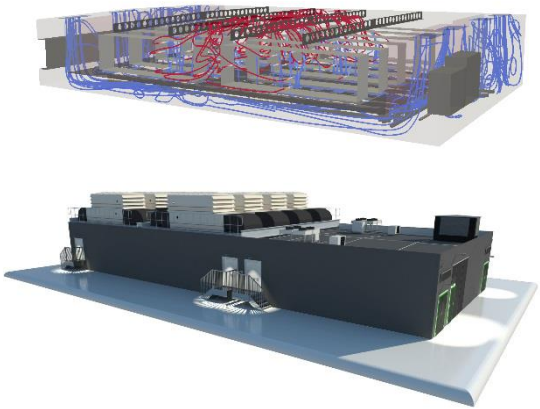
Hoe werkt het precies?

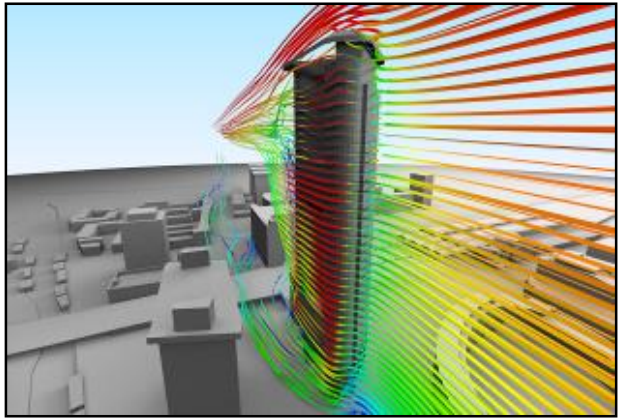


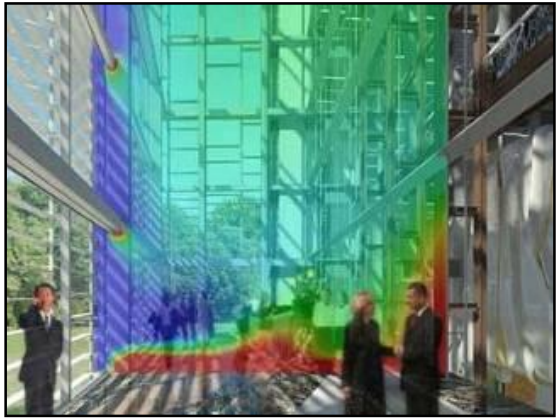
- Startpunt: 3D computermodel van een auto, een stad, een (datacenter)ruimte, …
- Er wordt een luchtvolume getekend waar de luchtstroming moet worden berekend
- Het luchtvolume wordt verdeeld in een groot aantal kleine cellen (het rekenrooster)
- Aan de randen van het luchtvolume worden randvoorwaarden ingevoerd
- In een iteratief proces worden door de computer in elke cel van het rekenrooster de stromingsvergelijkingen (“Navier-Stokes” vgl.) opgelost

Hoe werkt het precies?

- Het resultaat is een 3D dataset van luchtsnelheden, drukken, temperaturen, enz., die vervolgens worden omgezet in plaatjes







Vooroordelen rond CFD

- “CFD komt niet overeen met de werkelijkheid”
- “CFD is te duur”
- “Meten is weten”
- “CFD is niet betrouwbaar”
- “Ik heb dat soort technieken niet nodig”
- “Een CFD studie kost te veel tijd”

Fabels of waarheid?

$$\frac{\partial \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 \bar{u}_i}{\partial x_j^2}$$

$$\rho\left(\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u}\cdot\nabla\vec{u}\right) = -\nabla p +$$

- De formules achter CFD zijn correct en gevalideerd
- De gebruiker (randvoorwaarden/aannames) bepaalt betrouwbaarheid van het CFD resultaat
- Foute invoer (aannames) zorgen voor foute resultaten
- Metingen kunnen onzekerheden in aannames wegnemen en zorgen voor validatie. Een combinatie van meten en rekenen is optimaal
- De kracht van CFD is het doorrekenen van “what-if” scenario’s:
  - Wat als er een CRAH unit uitvalt?
  - Wat als ik straks 50kW aan servers toevoeg in gang 3?
  - Wat als ik de fan speed van mijn CRAH units met 10% verlaag?

Fabels of waarheid?

- Voor het ontwerp van een nieuw datacenter: geen metingen mogelijk; de betrouwbaarheid van de simulaties hangt dan af van de ervaring van de gebruiker
- Tijd: Het opzetten van een CFD model kost enkele weken tijd. Het analyseren van “what if” scenario’s duurt typisch enkele dagen
- Kosten: typisch tussen EUR 15k en 40k. Eerste simulatie veruit het duurst. Vervolgsimulaties kosten slechts een fractie van de eerste simulatie.

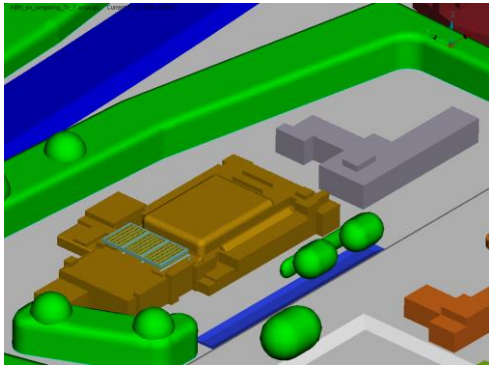
Wat levert CFD op tijdens de ontwerpfase?

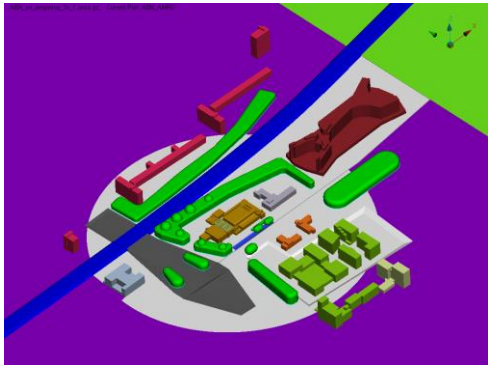
CFD wordt in deze fase met name ingezet om risico's te vermijden:

- Op zaal: testen van worst case scenario's bij verschillende vermogens op zaal
- Rond het datacenter: waar gaat onze warmte lucht heen bij verschillende windrichtingen, en hoe kan kortsluiting vermeden worden?

Praktijkvoorbeeld: luchtstroming rond een datacenter

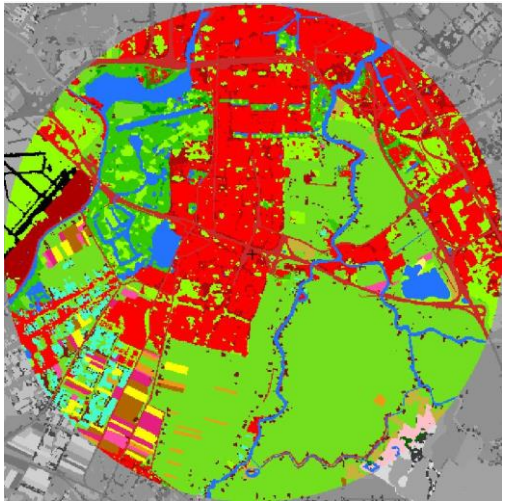
- Luchtstroming rond een gebouw is met name afhankelijk van 3 factoren:
  - Vorm van het gebouw (enige factor die beïnvloed kan worden)
  - Omgeving van het gebouw
  - Windsnelheid en –richting





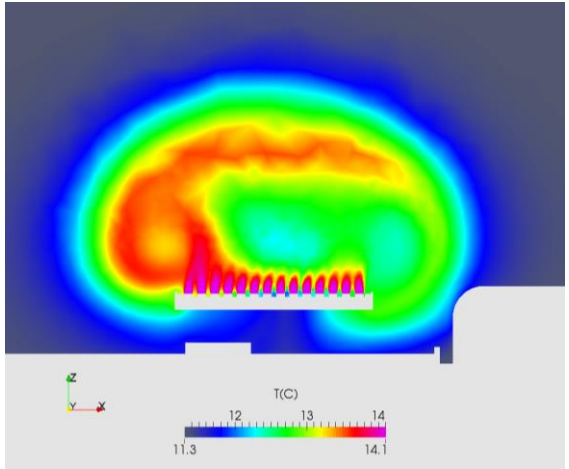
Praktijkvoorbeeld: luchtstroming rond een datacenter

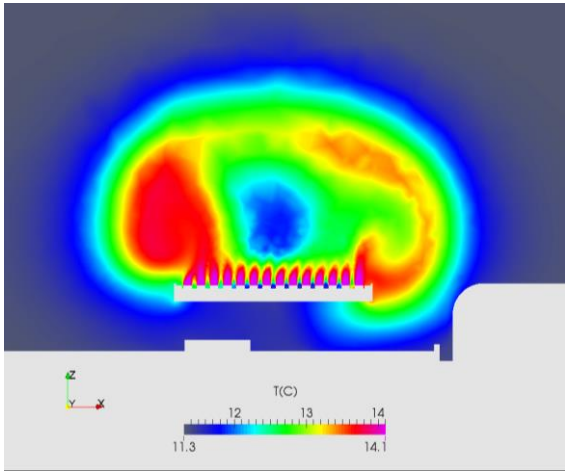
- Invloed van de omgeving wordt als volgt meegenomen:
  - Gebouwen, hoogteverschillen en bomen in een gebied tot 200 m rond het gebouw worden expliciet meegenomen
  - Bomen en bosjes worden meegenomen als poreus medium
  - De invloed van gebouwen op grotere afstand worden gemodelleerd door een ruw grondvlak op te geven. Ruwheid hangt af van het soort terrein



Praktijkvoorbeeld: luchtstroming rond een datacenter

- Verschillende windcondities kunnen leiden tot erg verschillende resultaten
- Kleine aanpassingen kunnen significante verbeteringen veroorzaken





Wat levert CFD op tijdens de operationele fase?

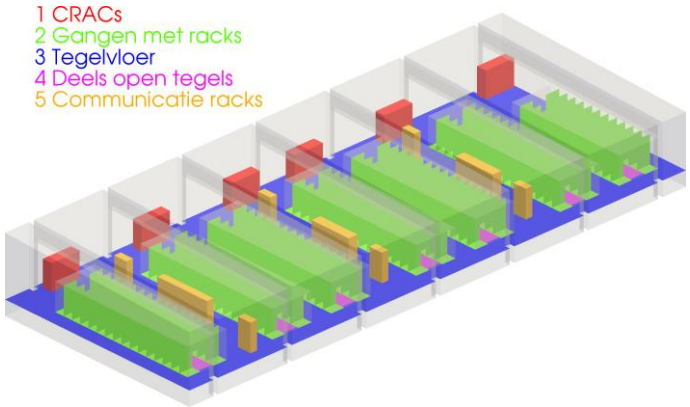
- Tijdens deze fase wordt CFD ingezet met als doel:
  - Kosten voor koeling te reduceren
  - De operator inzicht te geven: wat gebeurt er precies en waar zijn de risico’s
  - Aan te tonen aan klanten van het datacenter dat de koeling op een hoogwaardige manier wordt gemonitord en voldoet aan de SLA

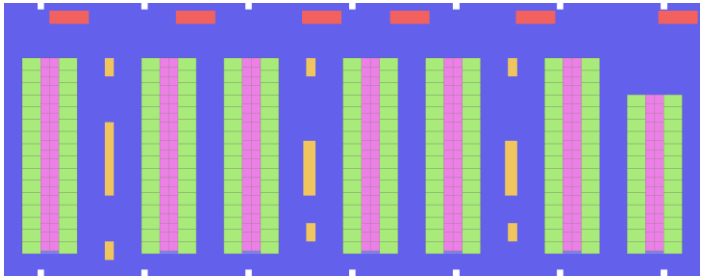
Wat levert CFD op tijdens de operationele fase?

- Door een gebrek aan informatie en inzicht zijn de marges in de temperatuur op zaal vaak erg ruim (met name in build-out fase). In veel datacenters is er dus een behoorlijk besparingspotentieel
- CFD simulaties zorgen voor een beter inzicht in de marge die men heeft t.o.v. de SLA, waardoor optimalisatie mogelijk is zonder risico's
- Een kostenbesparing kan gerealiseerd worden door:
  - Een verlaging van de fan speed in de CRAH units
  - Het realiseren van een hogere "delta T" over de CRAH units, waardoor de warmte-uitwisseling efficiënter wordt
  - Het uitstellen van investeringen in bijkomende CRAH units

Praktijkvoorbeeld: zaal layout

Recent, klassiek opgebouwd datacenter met valse vloer, 7 koudegangen met geperforeerde tegels en 6 CRAH units opgesteld aan 1 kant van de zaal





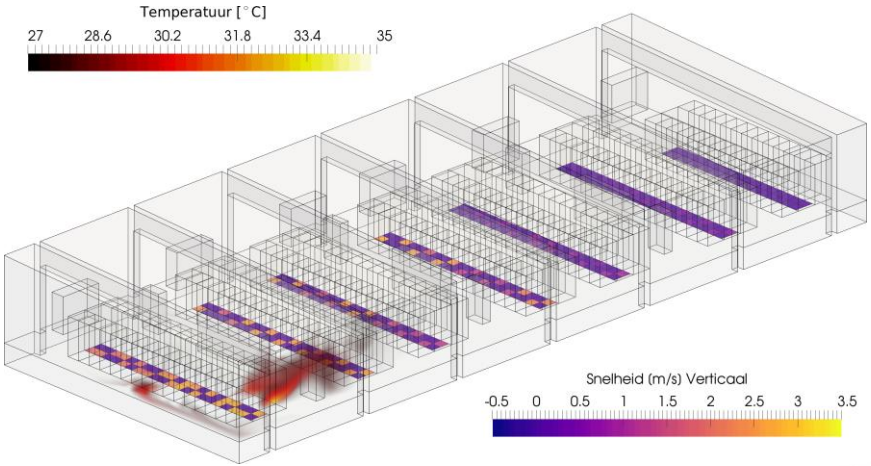
Bovenaanzicht

Praktijkvoorbeeld: uitgangspunten

- Het datacenter was voor ongeveer 50% gevuld
- Settings van CRAH units en vloertegels niet geoptimaliseerd
- Vermogens niet uniform verdeeld: 30% - 25% - 20% - 15% - 5% - 5% - 0%
- Naar aanleiding van enkele klachten zijn er in de loop der tijd CRAH units harder gezet en lokaal extra vloertegels geopend, zonder succes
- Een CFD studie moest meer inzicht brengen, klachten vermijden en energie besparen door de settings van de CRAH units en tegels af te stemmen op de belasting van de zaal

Praktijkvoorbeeld: eerste resultaat

Simulatie van de huidige situatie bevestigde dat er te veel wordt gekoeld, maar toonde geen lokale temperatuurproblemen



Praktijkvoorbeeld: validatie

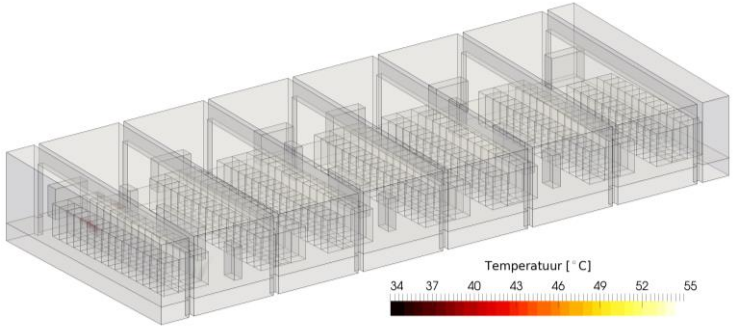
- Metingen van volumestroom door vloertegels met een balometer of “flow hood” kwamen niet overeen met de CFD simulatie
- Een balometer mag echter niet gebruikt worden in een datacenter. Deze meet structureel te lage volumestromen (fouten van 50% en meer)

Praktijkvoorbeeld: validatie

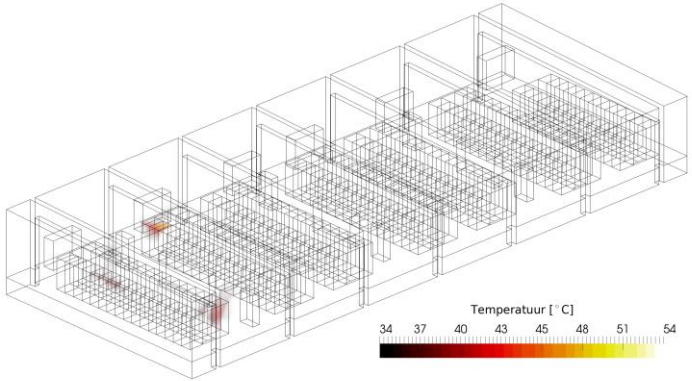
- De enige manier om goede metingen uit te voeren van de flow door vloertegels is met hittedraad sensoren
- De metingen met hittedraadsensoren toonden goede overeenkomst met de CFD simulaties (foutmarge van maximaal 5-10%)
- Het lokaal temperatuurprobleem met 1 van de servers bleek uiteindelijk te wijten aan een “luchtgeleidingsconstructie” binnenin een serverrack

Praktijkvoorbeeld: optimalisatie

- Stap 1: testen van een situatie zonder vloertegels (alles 100% open)
- Mits de juiste CRAH settings bleek deze optie mogelijk, maar …



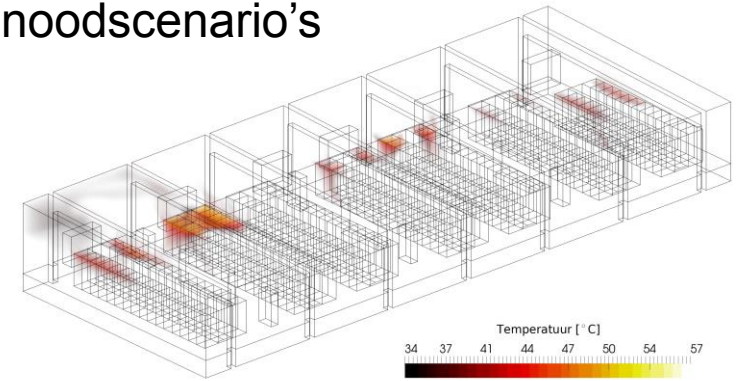
Huidige load, normale situatie, geen vloertegels



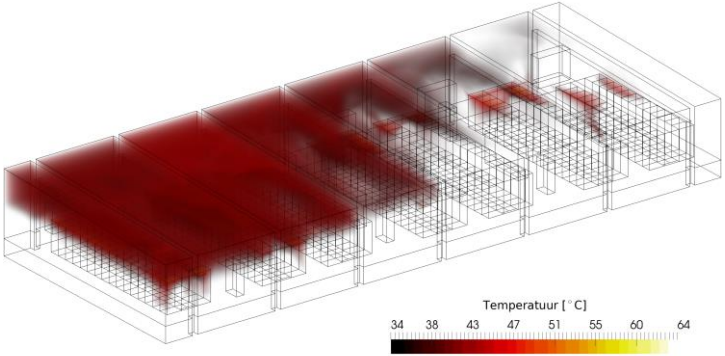
Huidige load, 1 chiller uit, geen vloertegels

Praktijkvoorbeeld: optimalisatie

- Stap 1: testen van een situatie zonder vloertegels (alles 100% open)
- Mits de juiste CRAH settings bleek deze optie mogelijk, maar bij uitbreiding van het geïnstalleerd vermogen zou dit tot problemen leiden, met name in noodscenario's



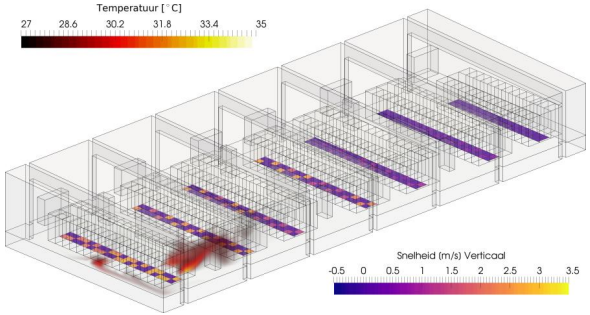
Maximale load, normale situatie, geen vloertegels

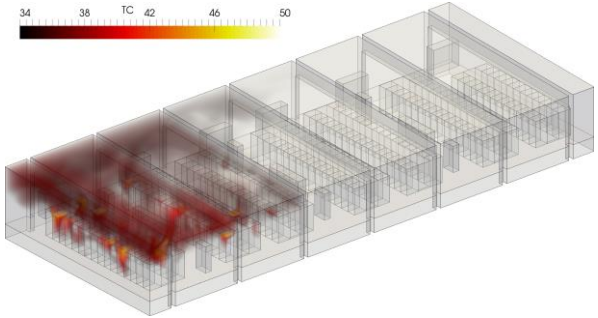


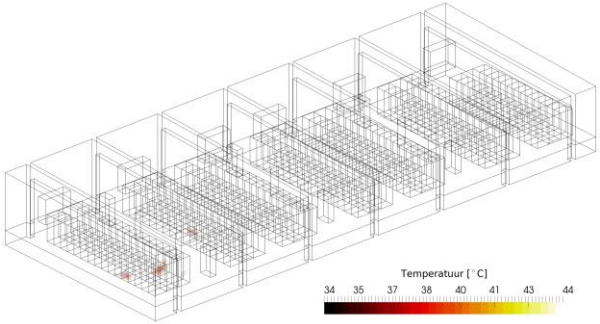
Maximale load, 1 chiller uit, geen vloertegels

Praktijkvoorbeeld: optimalisatie

- Keuze gemaakt om CRAH settings en de tegelconfiguratie te optimaliseren, mits enige marge voor korte termijn uitbreidingen
- Iteratief werden settings aangepast om tot het gewenste resultaat te komen







Praktijkvoorbeeld: resultaat

- De haalbare winst is sterk afhankelijk van het uitgangspunt. In dit geval was het op voorhand duidelijk dat de haalbare winst groot zou zijn
- Totaal volume koellucht gereduceerd met 55% en “delta T” over de CRAH units aanzienlijk verhoogd. Verbruik van fans gehalveerd
- Veel extra inzicht in de luchtstroming, en operatoren weten waar de eerste hot spots kunnen ontstaan
- De resultaten van de CFD studie worden nu al gebruikt in de marketing
- De klant heeft de daadwerkelijke aanpassing van de zaal gepland voor eind dit jaar

Tot slot

- Het optimaliseren van het energieverbruik volgens de belasting van de zaal houdt in dat er regelmatig een evaluatie moet worden gehouden
- Als het CFD model beschikbaar is, is deze eenvoudig te updaten
- In ontwikkeling: CFD tool waarmee operatoren zelf eenvoudig “what-if” scenario’s kunnen doorrekenen en hun datacenter zelf kunnen optimaliseren
- Consortium (Perf-IT, TNO, Vortech, SenseAnywhere, Actiflow) werkt aan oplossing om CFD en real-time metingen te combineren, en daarmee een real-time gevalideerd CFD model aan te bieden voor monitoring en energie-optimalisatie

Contactgegevens

eric.terry@actiflow.com
+31 (0)6 43 83 1885

Actiflow BV
Halstraat 31A
4811 HV Breda
+31 (0)76 54 22 220
contact@actiflow.com