

Tekst drs. Helger van Halewijn

Eigenaar van Physixfactor, consultant op het gebied van FEM

Wat bereik je met virtuele werkelijkheid?

Finite Element Analysis (FEA, eindige elementen methoden) raakt steeds meer ingeburgerd in de industrie. Grote firma's, bijvoorbeeld in de auto-industrie, hebben al in de jaren 80 FEA toegepast om de kreukelzones te bepalen van de kooiconstructies in auto's. Met de computerkracht van toen en de ontwikkeling van de software was dat een hele opgave. Ook in die tijd kon men in de automotive-industrie er niet omheen dat de consument erbij gebaat was om in een veilige kooi rond te rijden.

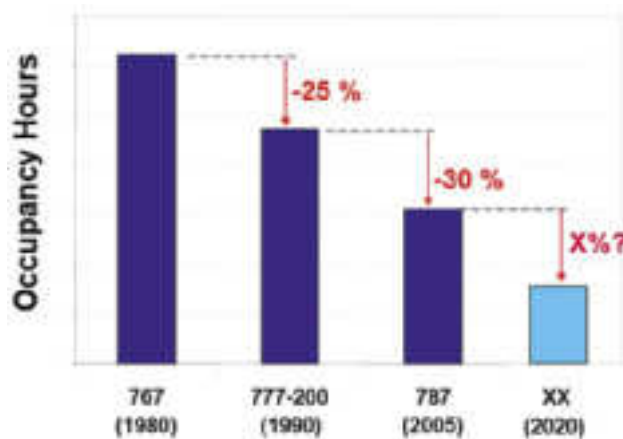
Anno 2013 wordt dit type software toegepast o.a. in de ontwikkeling van nieuwe vliegtuigen. Bij Boeing is bijvoorbeeld de Dreamliner 787 voor een groot gedeelte met behulp van FEA ontworpen (figuur 1). Op basis van deze gegevens heeft men simulatiesoftware gebouwd om de toekomstige piloten ermee te laten trainen. Na de eerste proefvlucht was het commentaar van de piloten dat het echte vliegtuig zich precies zo gedroeg als het virtuele vliegtuig, ofwel de flight simulator. Dit geeft aan dat FEA gebaseerd op de natuurkundige wetten van bijvoorbeeld luchtstromingen een hoge graad van betrouwbaarheid heeft. De software is krachtiger geworden, en ook de rekenchips zijn natuurlijk veel sneller geworden zodat de

berekeningen in een relatief kort tijdbestek gerealiseerd kunnen worden. In figuur 2 is de testtijd weergegeven van nieuwe vliegtui-

gedeeltelijk door CFD-tools overgenomen. Als je deze grafiek zou extrapoleren, zou dan medio 2035 de technologie zover gevorderd zijn dat testen overbodig wordt? Het grote voordeel van deze software is ook dat men verschillende ontwerpen kan testen. Zo kun je bijvoorbeeld de effecten van dunnere of dikkere vleugels doorrekenen en daarvan in je ontwerp de positieve effecten meenemen. Op deze wijze is de toepassing van



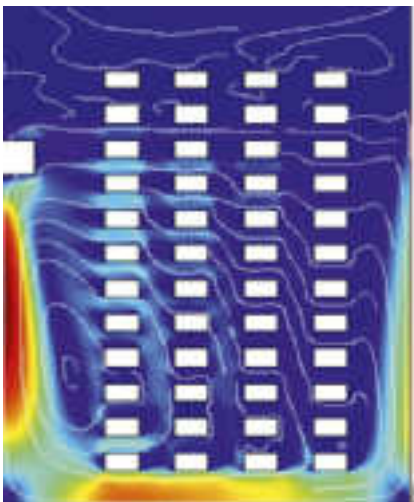
Figuur 1: Schematisch overzicht van delen die met CFD berekend worden. Groen is goed mogelijk. Zwart is al moeilijker. Rood is in de toekomst goed mogelijk.



Figuur 2: Bezettingstijd van windtunnels voor Boeing. Worden de testen medio 2035 overbodig?

gen in wind-tunnels. Een windtunnel wordt in de vliegtuigindustrie gezien als de ultieme test. Door de inzet van CFD-tools kan deze testtijd drastisch worden verkort, en deze dure windtunneltesten worden tegenwoordig

FEA een krachtige tool geworden voor de industrie. Maar een Dreamliner is geen vrieshuis of koelmachine. Kan FEA dan zinvol worden toegepast binnen de branche van warmte- en koudetechnologie? Zeker, met de huidige stand van zaken op het gebied van warmteflow kan met CFD (Computational Fluid Dynamics) een heel scala van luchtstromingen worden gesimuleerd die warmte toevoeren of koude afvoeren. De CFD software tools zijn bijna allemaal uitgerust met een laminaire of en turbulente stromingsmodule, voor o.a. natuur-



Figuur 3: Stromingsprofiel in een vrieshuis. Links boven is een koeler opgenomen die de koude lucht naar beneden blaast. De witte vakjes geven schematisch de vulling weer in een vrieshuis. De lucht circuleert in de constructie.

lijke convectie of geforceerde stroming. Als de stroming warmte of koude meevoert, dan kan de stromingsberekening gecombineerd worden met warmteoverdracht naar andere delen van de stroming en/of constructie. Zo kan de stroming langs isolerende platen gaan, of objecten die opgewarmd of gekoeld moeten worden. Het voordeel van de software is dat men elke constructie kan doorrekenen, en het warmteverlies kan berekenen of visualiseren, zowel statisch als variërend in de tijd. Meestal is er een koppeling mogelijk met 2D of 3D tekenpakketten. Op deze wijze kunnen geometrische veranderingen doorgerekend worden en de invloed van die verandering kan dan inzichtelijk gemaakt worden. Als men enige behendigheid hierin heeft, kunnen vele scenario's vergeleken worden in een korte tijd. Op deze wijze verkrijgt men uiteindelijk het optimale product. Professionele softwaretools zijn uitgerust met krachtige visualisaties, zodat men 2D- of 3D-plaatjes kan produceren die inzicht geven in het warmtegedrag van bijvoorbeeld een vrieshuis.

Op de themamiddag: "Energie efficiëntie", d.d. 24 april 2013, bij Roma

te Raamsdonksveer is stilgestaan bij enkele toepassingen van FEA. In vrieshuizen kunnen door de steeds groter wordende constructies, en het grote temperatuurverschil tussen buiten- en binnenzijde spanningen ontstaan in de constructie ten gevolge van de uitzettingscoëfficiënt van de materialen. Met FEA kan men deze spanningsopbouw goed inventariseren, en mogelijke verbeterpunten aanreiken



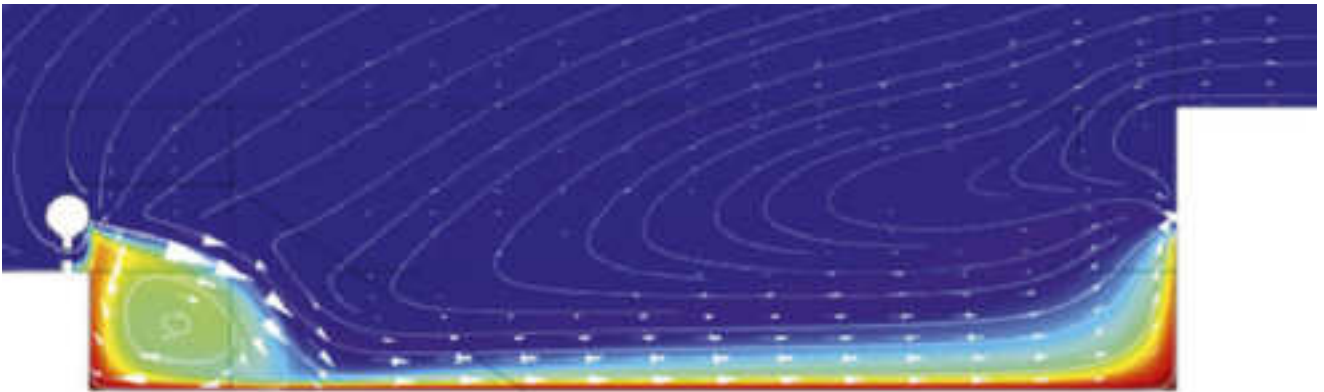
Figuur 4: Temperatuurprofiel in een vrieshuis. Bovenin is de lucht iets warmer. Uiteraard is deze berekening slechts een schets, en men kan met extra ventilatoren de lucht mengen en een homogenere temperatuur realiseren.

om bepaalde grenswaarden niet te overschrijden. Ook kan men met stromingsberekeningen de effecten nagaan van een koelsysteem, en de instroom visualiseren van leklucht. In figuur 3 t/m 5 kan men een indruk verkrijgen van het stromingsprofiel van de lucht in een vrieshuis, waar boven in de rechterhoek een

men. Dit heeft effect in de temperatuurhuishouding op langere termijn bovenin het vrieshuis. De figuren betreffen slechts een schets van wat er kan gebeuren, en wil men een reële berekening maken van een vrieshuis dan zullen meerdere inputgegevens nodig zijn om een goede afspiegeling te krijgen van de werkelijkheid. Dit is dan ook het kernpunt van de toepassing van FEA, de inputgegevens zijn van cruciaal belang of een simulatie je verder helpt bij de oplossing van een probleem of de ontwikkeling van een product. Communicatie met de opdrachtgever en overeenstemming over de inputgegevens nemen tijd in beslag. Een computersysteem kan nog zo intelligent zijn, wanneer het met onjuiste gegevens wordt gevoed, zal het met zekerheid een onzinnig resultaat genereren. Dat geldt vooral voor FEA in het algemeen en CFD-toepassingen in het bijzonder. Maar de oplossing die je genereert voor de opdrachtgever doen meestal de wenkbrauwen fronsen, en wel in positieve zin. Een andere toepassing van CFD is een simulatie waarbij er een soort "afsluitende" laag gevormd moet worden boven een bad met chemicaliën met een temperatuur van 80°C (figuur 6). Men kan zich voorstellen dat de berekeningen in het teken staan van de afsluitende luchtlaag die een remmende werking heeft op het uitdampen van de stoffen en tevens het



Figuur 5: Instroom van leklucht. De geïsoleerde wanden laten een warmtestroom door van ongeveer 6W/m².



Figuur 6: Stromingsprofiel boven een galvanisch bad, links de inblaasinrichting en rechts wordt de lucht afgezogen. Lucht wervelt gecontroleerd over de vloeistof en vormt een “afsluitende” deken. Rood is warm, en blauw is koeler (de omgevingslucht).

warmteverlies beperkt. Dit type berekeningen toont aan dat de toepassing van FEA degelijk kosten besparend kan werken, en door het vertragen van het uitdampen van de chemische stoffen een bijdrage levert aan een betere luchtkwaliteit in de fabriekshal.

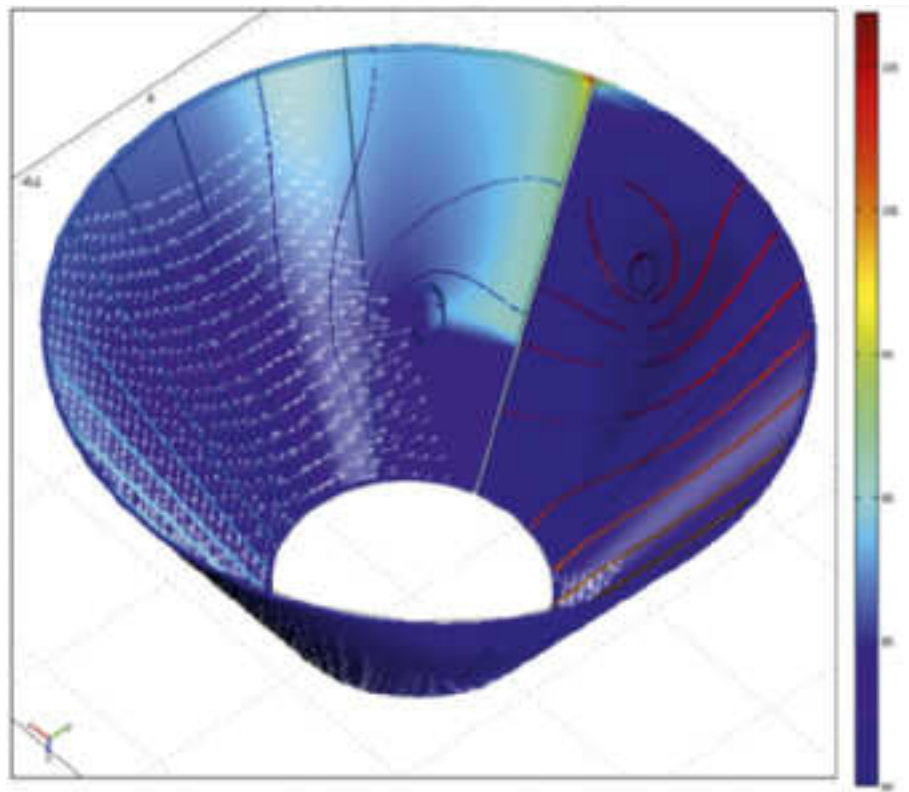
Een andere illustratie van een stromingsprofiel in een conusvormige warmtewisselaar is opgenomen in figuur 7. Dat is een toepassing van koude vloeistoffen om en nabij de -200°C , in een moleculaire vacuümpomp. De vloeistof is opgesloten tussen dunne platen, en de figuur laat de opgesloten vloeistof zien. Bij deze berekening wordt warmteoverdracht naar de omgeving hoofdzakelijk via straling gerealiseerd. Deze conusvormige constructie is een illustratie van de vrijheid die men heeft in het doorrekenen van de geometrie. Elke gewenste vorm kan geprogrammeerd worden.

Tijdens de presentatie bij ROMA is ruimschoots stilgestaan bij deze toepassingen van FEA en in het bijzonder Computational Fluid Dynamics. Tijdens de presentatie werd gevraagd of men bereid zou zijn in een vliegtuig te stappen die alleen op de tekentafel en een computer is getest, en zijn eerste vakantievlucht zou uitvoeren. De aarzeling was zeer groot. Toch laat figuur 2 u zien dat dit anno 2035 werkelijkheid zou kunnen worden. In ieder geval kunnen we FEA vandaag de dag goed toepassen in

de industrie. De virtuele werkelijkheid, mits goed toegepast en gevoed met de juiste gegevens, is de nieuwe realiteit van vandaag. Dure testen kunnen worden vermeden, en inzicht wordt verkregen in een verbetering of gedrag van uw product. Door het vermijden, of op z'n minst het verminderen van dure testen kan men op deze wijze de ontwikkelkosten reduceren en de 'time to market' versnellen.

Meer informatie

Physixfactor R&D Solutions
Parkzoom 25
6525 PC Nijmegen
T: 024-3883722
M: 06-55817912
E: info@physixfactor.com
I: www.physixfactor.com



Figuur 7: Warmteprofiel in een conusvormige warmtewisselaar.