

Rekenen aan een skydivetunnel

Een skydivetunnel vraagt om extreme luchtverplaatsingen, al is dit meer dan een grote ventilator aanzetten. Er dient een gelijkmatige constante flow te worden gerealiseerd, zodat de optimale condities ontstaan voor skydiven. Daarnaast dient ook rekening te worden gehouden met de kwaliteit van het binnenklimaat om de condities acceptabel te houden voor de skydivers. Een skydivetunnel vereist dus een grote luchtverplaatsing, verenigd met goede controle over de flow en de binnencondities. CFD (Computational Fluid Dynamics) kan hierbij het juiste ontwerpgereedschap zijn.

Ir. S.P. (Bas) de Bont en ir. R.P.W. (Reinier) Maas, Actiflow b.v.

Binnen gebouwen tracht men in ruimten waar mensen verblijven de luchtsnelheden te beperken om tocht te voorkomen. Een tegengesteld voorbeeld is een skydivetunnel, waar juist hoge snelheden noodzakelijk zijn met grote controle over de flow.

Een skydivetunnel is te zien als een verticale windtunnel, waarbinnen zich mensen bevinden. De tunnel in dit artikel is een gesloten tunnel, dus een gesloten luchtcircuits. De tunnel is weergegeven in figuur 1. Om in een skydivetunnel te kunnen zweven, zijn luchtsnelheden nodig van circa 200 tot 270 km/h, ofwel 75 m/s. De skydivesectie van de tunnel is rond met een diameter van 4,1 m. Het luchtdebiet dat bij 75 m/s verplaatst moet worden is dan 3,5 miljoen m³/h.

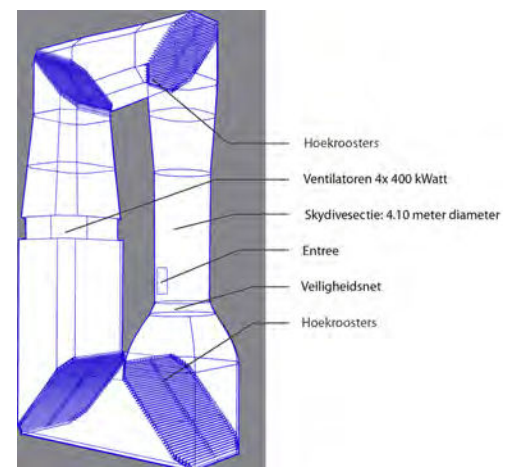
De geometrie van de tunnel is in een aantal iteraties aerodynamisch geoptimaliseerd met CFD (Computational Fluid Dynamics) als ontwerpgereedschap. Met CFD is het mogelijk het ontwerp stap voor stap te laten evolueren naar een gewenst eindresultaat. Dit eindresultaat heeft een stromingsprofiel in de skydivesectie dat zeer gelijkmatig is, zodat de condities

ontstaan waaronder de skydivers controle kunnen houden over hun vlucht. Daarbij wordt ook rekening gehouden met de ventilatie van de tunnel, die minimale invloed moet hebben op het stromingsprofiel. Daarnaast dient de energie die benodigd is te worden geminimaliseerd.

■ INITIËEL PLAN

In eerste instantie was een eenvoudige geometrie ontworpen. Alvorens het ontwerp te optimaliseren is een studie gedaan van deze uitgangspositie. Hierbij zijn het verloop van de snelheden, drukken en het energiegebruik in de tunnel onderzocht.

Vanwege vertrouwelijkheid kan niet alles worden getoond; getoond wordt enkel de skydivesectie. Bij het eerste ontwerp blijken grote verschillen op te treden in de snelheden in de skydivesectie (zie figuur 2), zowel over de doorsnede als over de tijd (turbulentie). Hierdoor zal het voor de skydivers lastig zijn de vlucht te controleren. Daarnaast bleek door de verstoringen in de stroming het energiegebruik van de tunnel relatief hoog te zijn. Om de



-Figuur 1- Overzicht van de skydivetunnel met de verschillende onderdelen

beoogde 75 m/s te halen heeft de ventilator ca. 3 MW vermogen nodig.

■ ONTWERP NEEMT EEN VLUCHT

In een aantal iteraties is de aerodynamica van de tunnel geoptimaliseerd, door de vorm en het verloop van de doorsnede aan te passen

en door de luchtgeleiding in de hoeken te verbeteren. Bij de vorm is de positie van de ventilatoren aangepast, de positie en mate van contractie ten behoeve van versnelling in de skydivesectie en de mate en positie van expansie ten behoeve van een lager energiegebruik. Voor de luchtgeleiding in de hoeken zijn schoepen geplaatst, waarbij is gezocht naar het optimum tussen goede luchtgeleiding, minimale weerstand voor minimaal energiegebruik en minimale loslating voor een gelijkmatig stromingsprofiel.

In de skydivesectie wil men zo constant mogelijke snelheden over de gehele doorsnede realiseren. Dit geldt ook aan de wanden, waar door wrijving lagere snelheden optreden, zoals te zien is in figuur 3.

De skydivesectie heeft een nauwere doorgang dan de rest van de tunnel, waardoor de snelheden oplopen, ook aan de wanden. Door de contractie van het kanaal juist te positioneren wordt het gebied met lage snelheden aan de wanden van de tunnel geminimaliseerd. Een verdere optimalisatie van onder andere dit punt van contractie, heeft uiteindelijk geleid tot een definitieve vorm van de tunnel, zoals in figuur 4.

In de geoptimaliseerde situatie zijn de snelheden over de skydivesectie veel constanter dan bij de initiële situatie. Ook de snelheden in andere tunnelsecties zijn constanter over de doorsnede. Dit is het gevolg van betere luchtgeleiding, waardoor er minder verstoringen aanwezig zijn. Minder verstoringen zorgen ook voor minder rendementsverlies en een aanzienlijk lager energiegebruik. Het energiegebruik is gedaald naar ca. 900 kW (was initieel 3 MW) bij een snelheid van 75 m/s.

Als laatste stap in de optimalisatie van de stroming zijn twee personen in de skydivesectie geplaatst. Hierbij is gekeken naar de verstoring van de stroming en het energiegebruik. Met twee personen in de skydivesectie stijgt het energiegebruik met circa 10%.

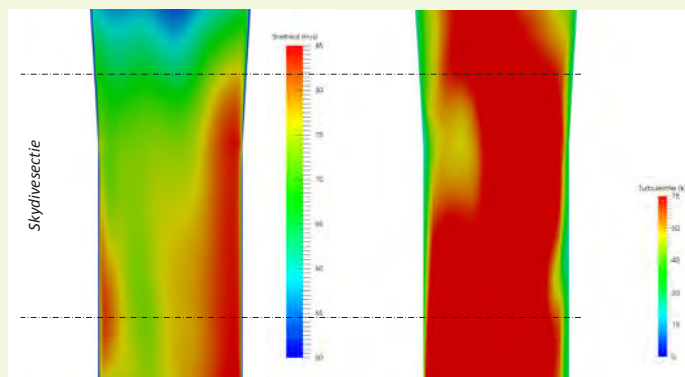
De optimalisatie heeft geleid tot een veel betere stroming en een aanzienlijk lager energiegebruik ten opzichte van het vertrekpunt. Bij een 'normale' gebruikssituatie met snelheden van 55 m/s in de skydivesectie, zal het energiegebruik circa 350 kW bedragen, wat relatief laag is voor een skydivetunnel.

■ CFD ALS ONTWERPTOOL

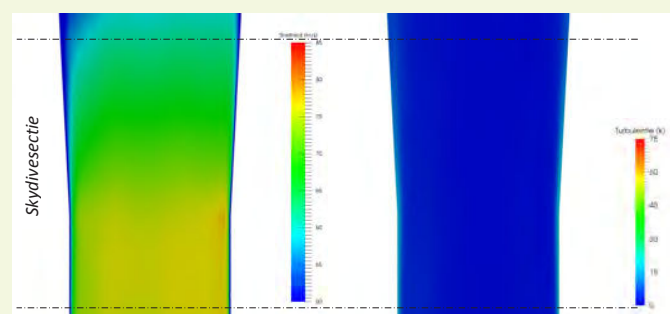
Binnen dit project hebben CFD-simulaties een belangrijke rol gespeeld en is deze techniek als ontwerpgereedschap ingezet. Door CFD vroeg in het ontwerpproces in te zetten, kan een ontwerp op aerodynamisch vlak worden geoptimaliseerd. Bij een skydivetunnel is dit evident, echter zijn er meer situaties te bedenken waar luchtstromingen (bijvoorbeeld

wind of ventilatie) van groot belang zijn bij het slagen van een ontwerp. Door juist vooraan in het proces aerodynamische expertise in te

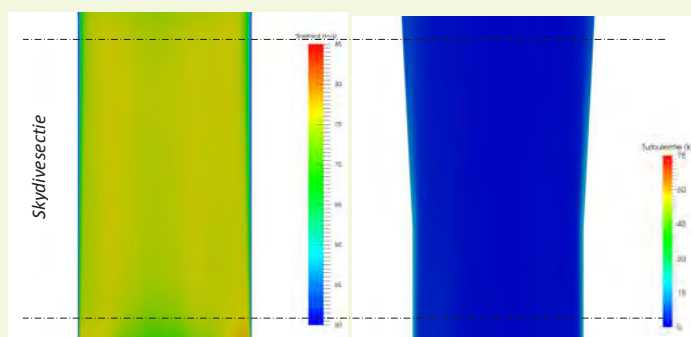
zetten, kan de aerodynamica met de juiste kennis, methoden en technieken, een geïntegreerd onderdeel uitmaken van het ontwerp.



-Figuur 2- Resultaat snelheden in de skydivesectie bij het initieel ontwerp. Rechts de mate van turbulentie, gegeven door de kinetische energie. Er is een grote mate van turbulentie aanwezig, waardoor de skydivers lastig controle kunnen behouden over de vlucht.



-Figuur 3- Tussenresultaat optimalisatie skydivesectie, waarbij de snelheden in de skydivesectie zijn weergegeven. De snelheden zijn constanter ten opzichte van de initiële simulatie, echter levert de wrijving nog een relatief groot verloop van de snelheden aan de wanden. Door de vorm van de tunnel aan te passen wordt dit verder geoptimaliseerd. Rechts wederom de mate van turbulentie, gegeven door de kinetische energie, waarbij de schaal gelijk is aan de afbeelding in figuur 2. De turbulentie is veel kleiner en daardoor zal de controle van de skydivers veel groter zijn.



-Figuur 4- Resultaat optimalisatie skydivesectie, waarbij de snelheden in de skydivesectie zijn weergegeven.