

Aerodynamic simulation of rotating wheels in a solar car

Introductie

Het Solar team strijdt elke twee jaar voor de eerste plaats in de Bridgestone World Solar Challenge tegen studenten vanuit de hele wereld. Voor deze race ontwikkelen zij een voertuig met een ultra lage aerodynamische weerstand aangedreven door zonne-energie. De focus voor het verbeteren van de wagen ligt elk jaar op het verlagen van deze aerodynamische weerstand. Hiervoor worden eerst CFD-simulaties (virtuele windtunneltesten) uitgevoerd welke daarna geverifieerd worden in een echte windtunnel. Doordat CFD-simulaties zeer rekenintensief zijn voor de computer, werden in het verleden de wielen van de zonnwagen niet mee gemodelleerd. In de windtunnel is de wagen wel uitgerust met wielen maar draaien deze niet rond omdat de constructie van de windtunnel dit niet toelaat. Zowel in de huidige CFD-simulaties als in de windtunnel is er dus geen situatie gemodelleerd zoals deze tijdens de echte race zich voordoet. Hierdoor is er dus een afwijking tussen de theoretische aerodynamische weerstand en de werkelijke. Omdat de wielen, en in het bijzonder het roteren van de wielen, een significante invloed hebben op de aerodynamica van het voertuig, wordt dit in deze thesis bestudeerd om zo een nauwkeuriger beeld te hebben van de aerodynamische weerstand.

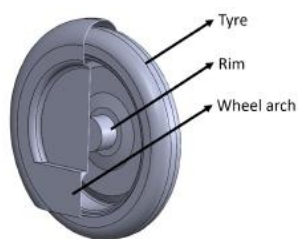


Figuur 1: De recentste zonnwagen (2019)

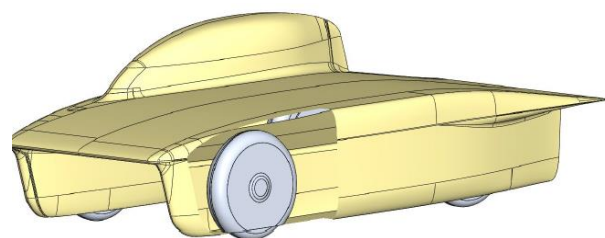
Set-up

Tijdens deze thesis zullen enkele CFD-simulaties uitgevoerd worden. Eerst en vooral worden de wielen in dit onderzoek wel in rekening gebracht. Ten tweede wordt de aerodynamische weerstand vergeleken tussen een wagen met stilstaande en een wagen met roterende wielen. Zo kan er beter ingeschat worden wat de werkelijke weerstand is tijdens de race (roterende wielen) als er resultaten zijn uit de windtunnel (stilstaande wielen).

De opbouw van de wielen is te zien op figuur 2. De wielen bevatten een band en een velg en zijn dan omringd door een wielkap om zo weinig mogelijk luchtstroom rond het wiel te creëren. Deze wielen worden dan in de wagen geplaatst zoals te zien op figuur 3.



Figuur 2: opbouw wiel



Figuur 3: plaatsing wiel in de zonnwagen

Door de zeer intensieve rekenkracht die nodig is bij CFD-simulaties wordt er slechts een halve wagen gesimuleerd. Deze waarden worden daarna geëxtrapoleerd tot een volledige wagen.

Voor de CFD-simulaties is het nodig een mesh te maken van de geometrie. Een mesh betekent dat de echte wereld, die continu is, wordt omgezet naar eindige structuur (digitaal). De geometrie wordt benaderd door knopen. Hoe meer knopen er gebruikt worden, hoe beter de echte wereld benaderd wordt, maar des te intensiever worden de berekeningen. Dit compromis is een complex, iteratief

proces om er voor te zorgen dat er goede resultaten worden behaald met een zo ruw mogelijke mesh, welke het minste rekentijd in beslag neemt. Finaal ziet de mesh eruit zoals op figuur 4. Complexere delen van de wagen hebben een fijnere meshstructuur nodig zoals te zien aan de voorste boog van de wagen. Ook in de wielen is een zeer fijne mesh nodig omdat het zeer kleine details zijn, alsook dat de fenomenen rondom de wielen de focus zijn van het onderzoek. De simulaties worden uitgevoerd op een server met een rekenkracht gelijk aan 15 moderne computers.

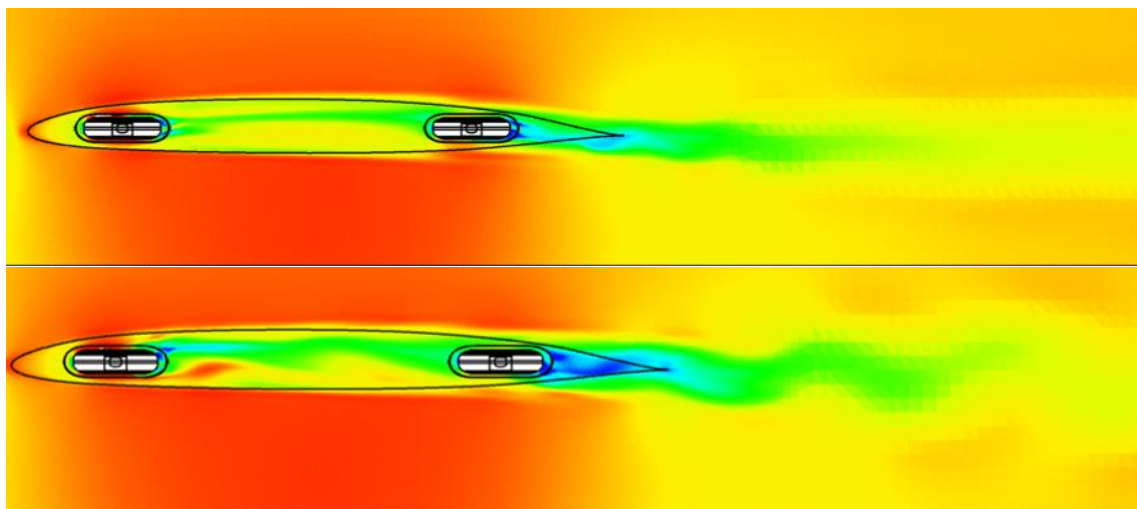


Figuur 4: mesh van zonnwagen

Resultaten

De simulaties hebben steeds een bepaalde tijd nodig om te stabiliseren. Voor de simulatie met stilstaande wielen duurde dit 440 uur. De simulatie met roterende wielen had slechts 44 uur nodig. Dit is een tienvoud verschil, wat belangrijk is voor het Solar Team vermits snellere simulaties leiden tot meer simulaties en dus ook meer verbeteringen aan het design.

Het verschil in tijd tussen de simulaties is volledig toe te wijden aan het verschil in vortex shedding tussen de twee situaties. Vortex shedding is een fenomeen waarbij vortexen aan beide zijden van een lichaam in resonantie treden. Hierdoor ontstaat er een groot lagedrukgebied achter het lichaam. De rotatie van de wielen onderdrukt deze vortex shedding, dit is te zien op figuur 5.



Figuur 5: magnitude of V: roterende wielen (bovenaan); stilstaande wielen (onderaan)

Uit de resultaten blijkt dat de skin friction weerstand weinig invloed ondervindt van al dan niet roterende wielen. De pressure drag ondervindt veel invloed van de roterende wielen, deze daalt met 40%, wat een totale weerstandsreductie van 10% teweeg brengt. Dit is opnieuw te wijten aan het onderdrukken van de vortex shedding.

Conclusie

Dit onderzoek draagt bij tot snellere en correctere simulaties voor het Solar team, hierdoor kunnen zij meer simulaties uitvoeren en dus ook meer verbeteringen doorvoeren. Zij beschikken nu over een model waarmee ze de reële aerodynamische weerstand beter kunnen schatten uit de resultaten afkomstig van de windtunnel. Met de set-up opgebouwd in deze thesis om de wielen te simuleren, kan nu verder onderzoek gedaan worden naar het verbeteren van de weerstand afkomstig van de wielen.