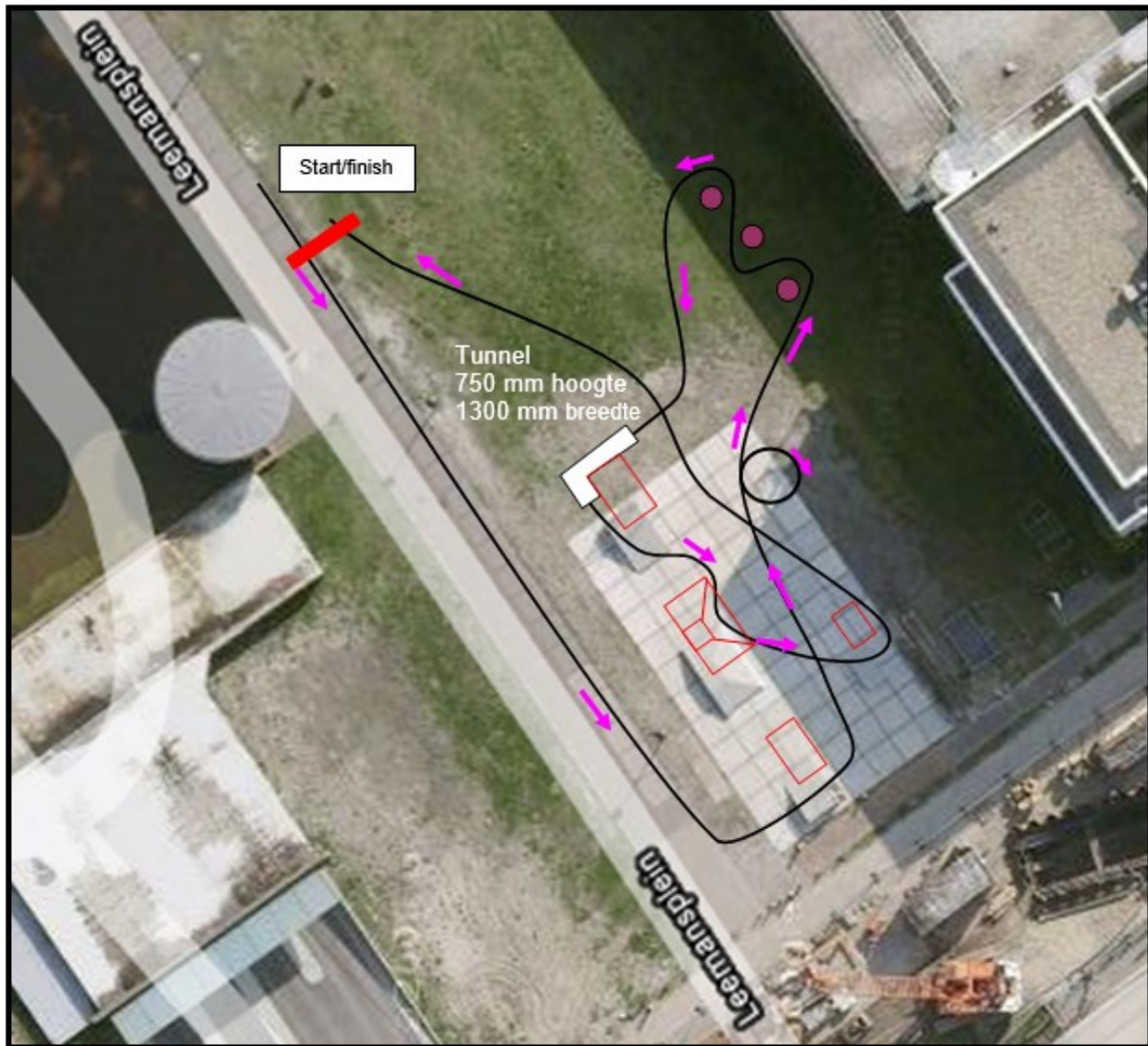


Parcours

In dit hoofdstuk zal worden gekeken naar het af te leggen parcours en de obstakels die daarbij komen kijken, zoals het kantelpunt en de draaicirkel.



Figuur 1: parcours

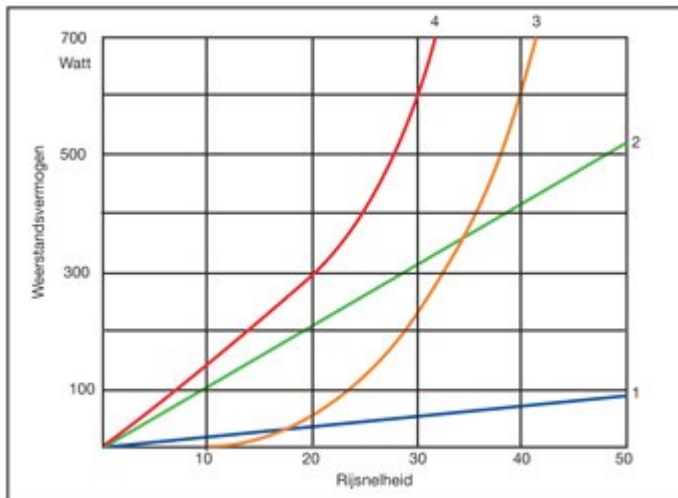
Indien naar het parcours gekeken wordt, zie Figuur 1, valt op dat zo'n 2/3 van het parcours over vaste ondergrond moet worden afgelegd en zo'n 1/3 deel over het gras. Verder dient er een helling van 5% te worden genomen en is er een slalom aanwezig en een draaiproef waarbij het voertuig een maximale draaicirkel van 3500mm mag hebben.

In dit hoofdstuk zal worden gekeken naar de rolweerstand, het kantelpunt en de draaicirkel van het voertuig om het parcours te kunnen afleggen.

Rolweerstand

Bij de rollende beweging van de band, vindt voortdurend vervorming plaats. Bij deze bandvervorming vindt er energieverlies kwijt, de rolweerstand komt overeen met dit

energieverlies. De rolweerstand is echter veel minder dan bijvoorbeeld de luchtweerstand en de component van de zwaartekracht die overwonnen moet worden bij een helling, zie Figuur 2



Figuur 2: diverse weerstanden, 1: rolweerstand, 2: stijgweerstand bij een helling van 5%, 3: luchtweerstand, 4: totale weerstand (1+2+3). Bron: <http://www.schwalbe.com/nl/rollwiderstand.html>

De rolweerstand is slechts een kleine component van de totale weerstand, maar moet toch meegenomen worden. De rolweerstand wordt bepaald door de bandenspanning, de banddiameter, de bandbreedte, het profiel van de band en natuurlijk de ondergrond. De bandenspanning is van grootste invloed op de rolweerstand. Bij een egale weerstand geldt: hoe hoger de bandenspanning, hoe lager de rolweerstand. Op een oneffen terrein is dit echter andersom. Eerder bleek dat zo'n twee derde van het parcours een harde ondergrond is en een derde een zachter ondergrond. Voor de bandenspanning dient de ideale spanning voor een harde egale ondergrond zwaarder mee te wegen. De rolbeweging wordt minder geremd bij oneffenheden bij een zachte band, doordat de band meer kan mee vervormen, wat de rolbeweging ten goede komt.

Ook de wieldiameter is van belang. Een kleiner wiel, heeft een grotere rolweerstand. Door de kleine diameter wordt het wiel simpelweg meer de ondergrond in geduwd, waardoor de rolweerstand hoger ligt. Een groter wiel, betekend ook een hoger voertuig en dus een groter oppervlak waar de luchtweerstand op werkt.

Niet alleen de bandendruk, maar ook de breedte van de band is van invloed op de rolweerstand. De rolweerstand wordt bepaald door de vervorming van de band. Bij een gelijke druk heeft een brede band meer de mogelijkheid om in de breedte in te veren. Een smalle band kan dit echter minder en dient dus in de lengte in te veren. Deze lengte invering maakt dat het meer energie kost en de rolweerstand hoger is bij een smalle band (en gelijke bandendruk) dan een brede band. Een brede band van 60mm van 2 bar heeft eenzelfde rolweerstand als een smalle band van 37mm bij 4 bar. Smalle banden zijn daarentegen wel harder op te pompen en daardoor worden deze toch vaak gebruikt voor fietsen op een harde ondergrond.

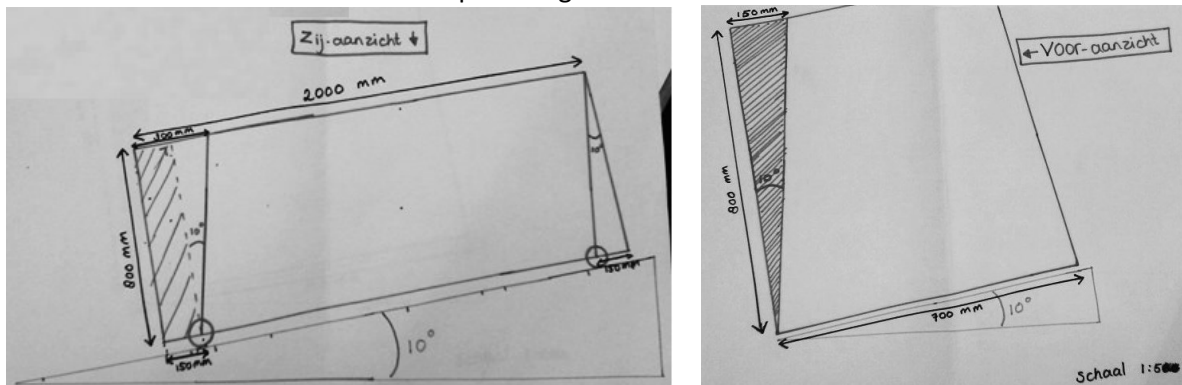
Conclusie

Uit voorgaande constatering blijkt dat de rolweerstand slechts een klein aandeel heeft aan de totale weerstand. De rolweerstand wordt bepaald door verschillende factoren, maar is voornamelijk afhankelijk van de ondergrond. Een harde ondergrond vergt een harde band (hoe

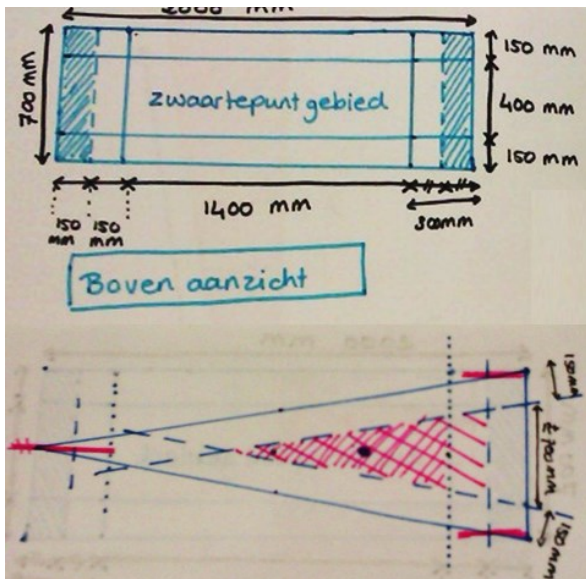
harder, hoe beter), weinig profiel en een grote diameter. Een zachte ondergrond daarentegen vraagt een zachte band (ongeveer 2,5 bar), profiel voor de grip en een grote diameter. Het enige wat gesteld kan worden is dat een grote diameter gunstiger is, maar daarentegen minder gestroomlijnd.

Kantelpunt

Om te zorgen dat de fiets niet (onbedoeld) gaat kantelen, mag het zwaartepunt niet buiten het steunvlak liggen. Voor het vluchtmiddel is berekend wanneer er kantelgevaar dreigt voor een drie- en vierwieler, indien deze een helling van 10° neemt. Waarbij de maximale afmetingen genomen zijn; $2000 \times 700 \times 800 \text{ mm}$, in Figuur 3 is te zien hoe dit bepaald is. Het vluchtvoertuig is hiervoor op een helling getekend. Vervolgens zijn de contactpunten van elk wiel bepaald ten opzichte van het vluchtvoertuig. De tekeningen zijn op schaal getekend en daaruit zijn de maten bepaald. Zoals te zien in de tekeningen maakt de hoogte van het zwaarte punt ook uit. Om misverstanden te voorkomen, zal van deze schuine lijnen het verste punt bepaald worden als eis voor het vlak waarbinnen het zwaartepunt mag vallen.



Figuur 3: Zij- en voor aanzicht bij een helling van 10 graden



Figuur 4 Zwaartepunt gebieden

Uit deze tekeningen zijn de volgende conclusies gedaan:

Het zwaartepunt moet bij een rechthoek en driehoek minimaal: 150 mm van beide zijanten liggen en 300 mm vanaf de voor- en achterkant. Ter verduidelijking zijn de zwaartepunts gebieden weergegeven in Figuur 4. Bij de rechthoek staat in het gebied zwaartepuntgebied geschreven en bij de driehoek is dit gebied rood-geruit.

Indien dit oppervlak waar het zwaartepunt mag liggen met elkaar vergeleken wordt, komt dit voor de driehoek neer op een zwaartepunts-oppervlak van: 135.000 mm^2 en voor de rechthoek: 560.000 mm^2 . Hieruit kan worden opgemaakt dat de rechthoek meer stabiliteit geeft. Echter zal het lichaam

ook het een en ander kunnen compenseren.

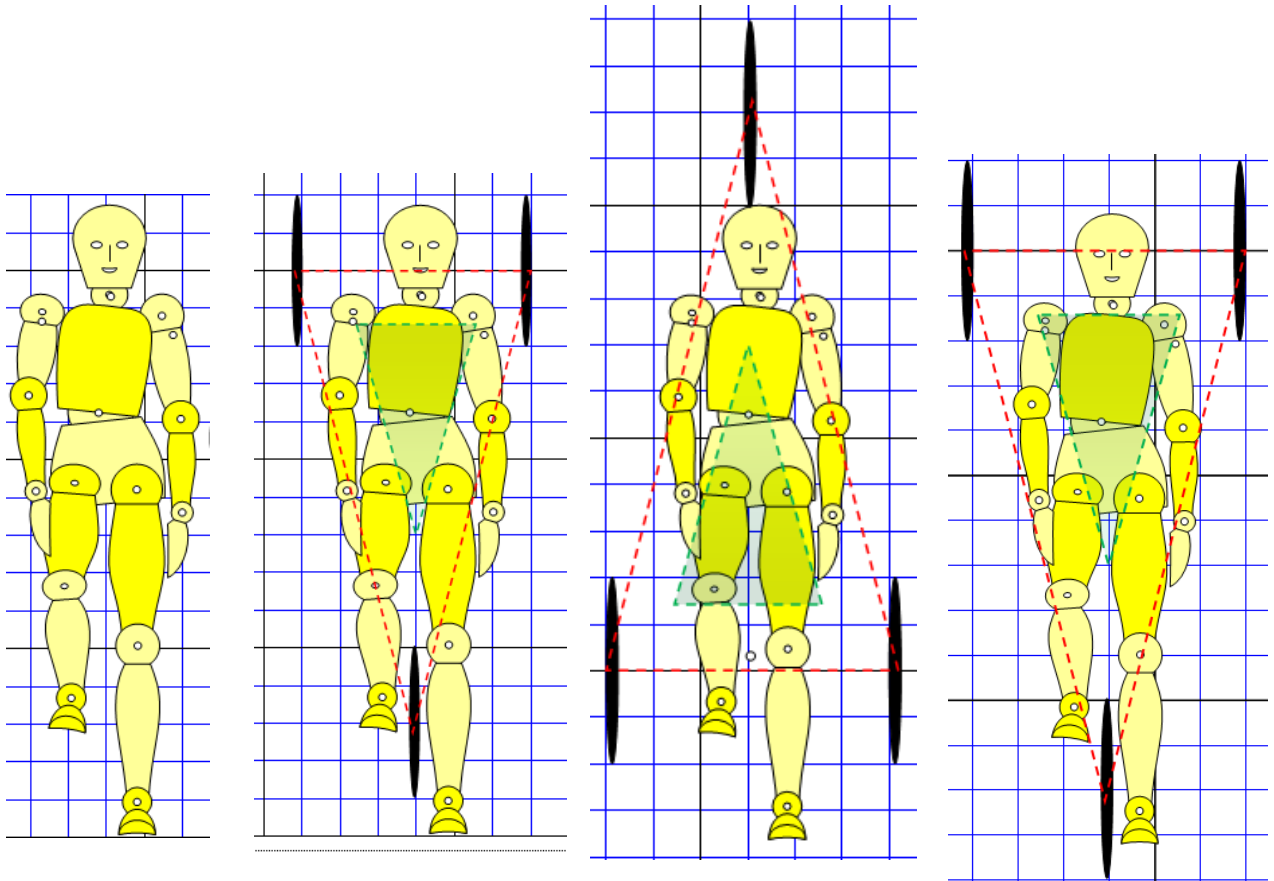
$$\begin{aligned} \text{tet. opp } \Delta &= \frac{300 \cdot 900}{2} = 135.000 \text{ mm}^2 \\ \text{tet. opp } \square &= 1400 \cdot 400 = 560.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

De volgende eis komt hieruit naar voren:

Het zwaartepunt van het vluchtvoertuig, zonder persoon, ligt minimaal: 150 mm van beide zijkanten af en 300 mm vanaf de voor- en achterkant. (Er vanuit gaande dat het contact oppervlak van het wiel 150 mm centraler ligt dan het uiteinde van voor- en achterzijde.)

Voor of achter twee wielen?

Indien voor de driewieler gekozen wordt, zal er bepaald moeten worden of er het beste gekozen kan worden voor twee wielen voor en één achter of juist andersom. Daarom zal hier kort aandacht besteed worden aan diverse situaties bij het plaatsen van een persoon in een driewieler. Waarin rekening wordt gehouden met het zwaartepunt en de afmetingen van de driewieler.



Figuur 5 diverse plaatsings methodes van een persoon op een driewieler (bovenaanzicht)

In Figuur 5 zijn diverse mogelijkheden voor het plaatsen van een persoon op een driewieler. De personen zijn allemaal op dezelfde manier weergegeven en er is rekening gehouden met verkortingen die van bovenaf te zien zijn bij hoeken in: knie, heup, romp, schouder & elleboog. Echter zijn de figuren allemaal hetzelfde. De groene vlakken die te zien zijn, zijn de vlakken waarin het zwaartepunt behoort te vallen zoals bij het kantelpunt is gegeven. Het zwaartepunt ligt ongeveer op de witte stip in de buik. Deze valt bij alle drie in het zwaartepunt-gebied. Echter

Is de fiets met de wielen voor een stuk langer dan de rest van de fietsen. Waardoor dit minder gunstig is voor het, te ontwerpen, vluchtmiddel. Daarnaast is ook te zien dat dit model de enige is, waarbij een groot deel van het zwaartepuntsgebied niet 'gedekt' wordt door de persoon. Naar verwachting zal het sturen van één wiel makkelijker zijn dan twee wielen. Daarnaast zal er juist meer kracht geleverd kunnen worden indien deze op twee wielen wordt overgebracht.

Daarom zal ook de voorkeur uitgaan naar een driewielen als in het meest rechtse voorbeeld van Figuur 5. En ontstaat de volgende eis:

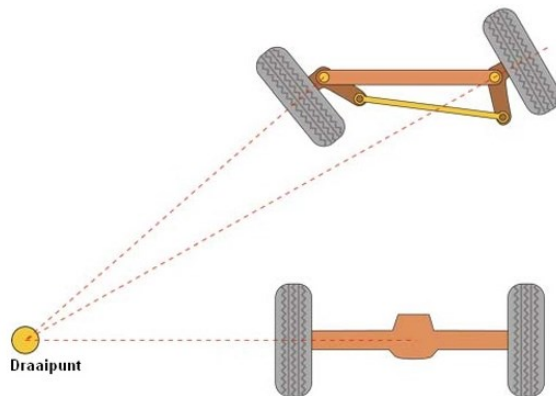
Indien gebruik wordt gemaakt van een driewieler, dient deze twee achterwielen en één voorwiel te hebben.

Draaicirkel

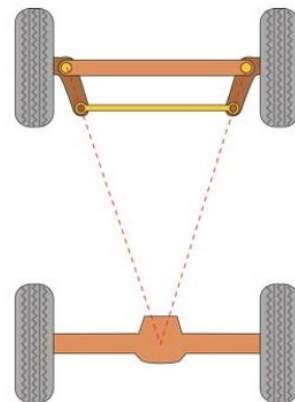
De draaicirkel is afhankelijk van het aantal wielen aan het voertuig. Om deze reden zal dus apart worden gekeken naar de voertuigen met achtereenvolgend vier, twee en drie wielen.

Draaicirkel vier wielen

Bij een voertuig met vier wielen, is het van belang dat de voorwielen een afwijkende draaihoek maken. Bij het nemen van een bocht moet de het binnenste wiel een kleinere draaihoek maken, dan het buitenste wiel. Anders hebben de wielen geen gemeenschappelijk draaipunt en zal dus het binnenste wiel gaan slippen. Met behulp van Figuur is dit inzichtelijk gemaakt.



Figuur 6: draaipunt vierwieler



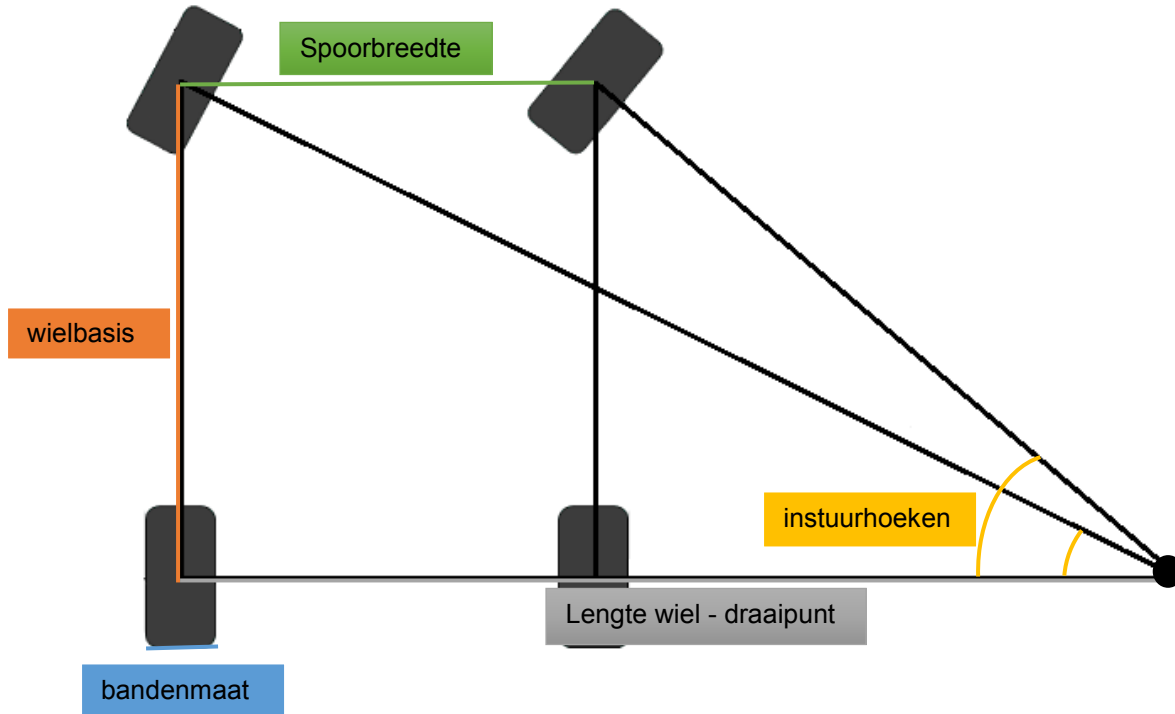
Figuur 7: uitlijning vierwieler volgens het Ackermann principe

Om de wielen op de juiste manier uit te lijnen, moeten volgens het Ackermann principe de hartlijnen van de fusee-armen elkaar snijden in het middelpunt van de achteras, zoals te zien is in Figuur .

De draaicirkel van een voertuig met vier wielen kan berekend worden indien een aantal factoren bekend zijn, zie ook Figuur :

- De spoorbreedte (afstand tussen beide wielen)
- Bandenmaat (breedte van de banden)
- Wielbasis (afstand tussen het voor- en achterwiel)
- Lengte tot het draaipunt
- Instuurhoek

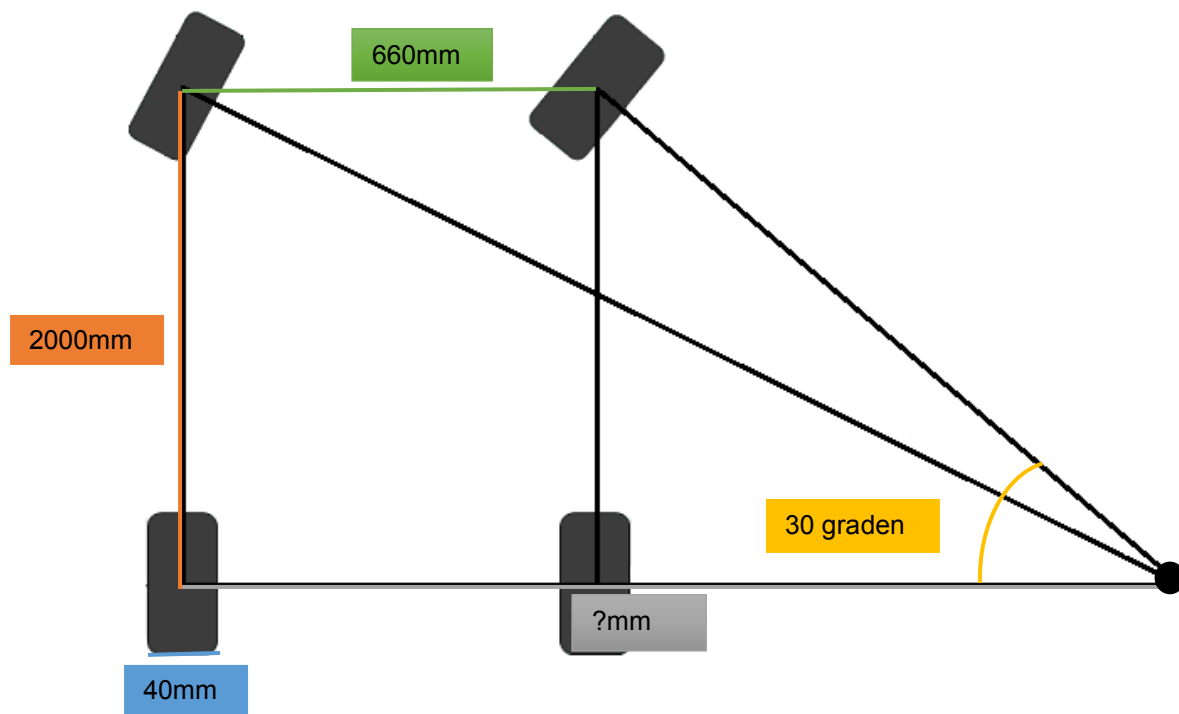
De draaicirkel mag niet groter zijn dan 3500mm, er kan dus ook voor worden gekozen de met de bekende draaicirkel bovenstaande factoren uit te rekenen en de invloed van bepaalde factoren te achterhalen. De straal van de draaicirkel is de draaicirkel – de halve bandbreedte



Figuur 8: factoren van invloed op de draaicirkel

Indien eerder genoemde factoren bekend zijn, kan de draaicirkel berekend worden.

- De spoorbreedte: 660mm
- Bandenmaat 40mm
- Wielbasis 2000mm
- Lengte tot het draaipunt:
- Instuurhoek: 30 graden van het binnenste wiel



Figuur 9: vierwieler met ingevulde maten

Allereerst dient de lengte tot het draaipunt te worden berekend. Dit kan gedaan worden door de volgende berekening:

$$\tan(\text{instuurhoek}) = \frac{\text{wielbasis}}{\text{lengte binnenste wiel tot draaipunt}}$$

$$\tan 30 = \frac{2000}{\text{lengte}}$$

$$\text{lengte} = \frac{2000}{\tan 30} = 3464\text{mm}$$

De lengte van het buitenste wiel tot aan het draaipunt is dus $3464 + \text{de wielbasis} = 3464 + 660 = 4124\text{mm}$.

Vervolgens kan de draaicirkel berekend worden met behulp van de stelling van Pythagoras:

$$\text{draaicirkel}^2 = \text{wielbasis}^2 + \text{lengte buitenste wiel tot draaipunt}^2$$

$$\text{draaicirkel} = \sqrt{(2000^2) + (4124^2)} = 4583,4\text{mm}$$

Bij een stuurhoek van 30 graden en de maximale toegestane afmetingen van het voertuig, komt de straal van de draaicirkel uit op 4583,4mm.

Bij een halvering van het voertuig, en dus een halvering van de wielbasis, is de straal van de draaicirkel als volgt:

$$\tan 30 = \frac{1000}{\text{lengte}}$$

$$\text{lengte} = \frac{1000}{\tan 30} = 1732\text{mm}$$

De lengte van het buitenste wiel tot aan het draaipunt is dus $1732 + \text{de wielbasis} = 1732 + 660 = 2392\text{mm}$.

Vervolgens kan de draaicirkel berekend worden met behulp van de stelling van Pythagoras:

$$\text{draaicirkel}^2 = \text{wielbasis}^2 + \text{lengte buitenste wiel tot draaipunt}^2$$

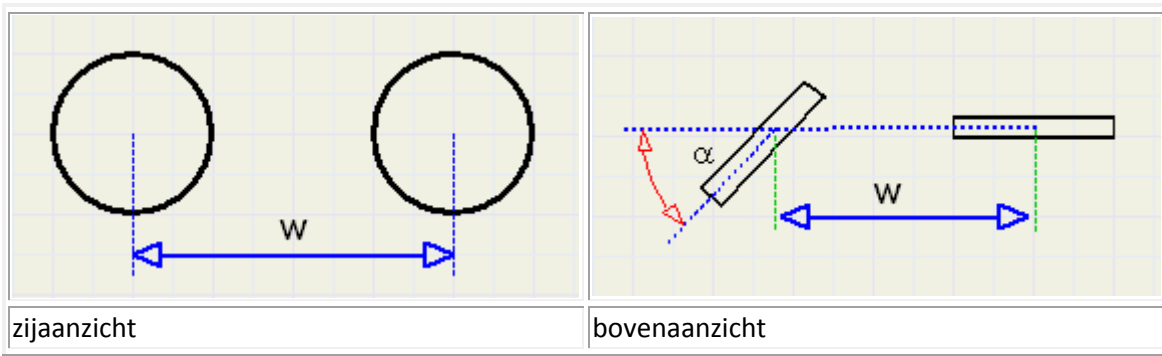
$$\text{draaicirkel} = \sqrt{(1000^2) + (2392^2)} = 2592\text{mm}$$

Een halvering van de wielbasis levert een verkleining van 45% de straal van de draaicirkel op. De andere 5% wordt bepaald door de breedte van het voertuig.

Tweewieler

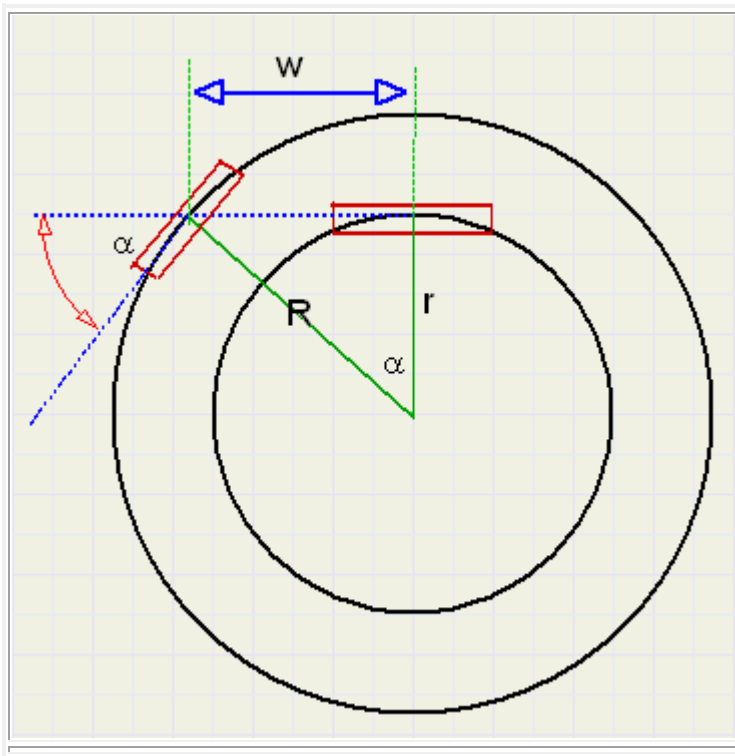
De draaicirkel van een voertuig met twee wielen wordt bepaald door de grootte van de wielbasis en de stuurhoek, zie Figuur .

De wielbasis is ook hier de afstand tussen het voor- en het achterwiel en in het vervolg wordt de stuurhoek weergegeven met α .



Figuur 10: factoren van invloed op de draaicirkel. Bron: <http://www.davdata.nl/draaicirkel.html>

De instuurhoek α , is gelijk aan de hoek tussen de straal van het voor- en achterwiel, zoals te zien is in Figuur .



Figuur 11: draaicirkel tweewielers Bron: <http://www.davdata.nl/draaicirkel.html>

Met behulp van de sinus en de tangens kan vervolgens de straal van de draaicirkel van het voor- en achterwiel worden achterhaalt.

Indien de wielbasis 2000mm bedraagt en de stuurhoek 30 graden, kan de straal van de draaicirkel worden uitgerekend, door middel van de volgende berekening:

$$\sin \alpha = \frac{\text{wielbasis}}{\text{straal van de draaicirkel}}$$

$$\sin 30 = \frac{2000}{\text{straal van de draaicirkel}}$$

$$\text{straal van de draaicirkel} = \frac{2000}{\sin 30} = 4000\text{mm}$$

Bij een voertuig met twee wielen van 2000mm lang en een stuurhoek maakt van 30 graden, heeft een straal van 4000mm. Er valt op dat dit een halve meter kleiner is dan de straal van de draaicirkel bij een vierwieler.

Indien het voertuig wordt gehalveerd en de wielbasis dus twee keer zo klein wordt, wordt de straal van de draaicirkel als volgt:

$$\sin \alpha = \frac{\text{wielbasis}}{\text{straal van de draaicirkel}}$$

$$\sin 30 = \frac{1000}{\text{straal van de draaicirkel}}$$

$$\text{straal van de draaicirkel} = \frac{1000}{\sin 30} = 2000\text{mm}$$

Bij een halvering van het voertuig, vindt dus ook een halvering van de straal van de draaicirkel plaats.

Driewieler

Bij een driewieler is het afhankelijk van het voertuig wat de draaicirkel is. Indien er sprake is van een driewieler met één sturend voorwiel of achterwiel, is de draaicirkel als volgt:

Wielbasis: 2000mm

Spoorbreedte: 660mm

Bandbreedte: 20mm

Als met behulp van bovenstaande gegevens de draaicirkel berekend wordt, moet allereerst de straal van de draaicirkel berekend worden.

Deze straal is gelijk aan w1 in **Error! Reference source not found..**

De straal kan berekend worden door middel van de stelling van pythagoras:

$$w1 = \sqrt{\text{halve spoorbreedte}^2 + \text{wielbasis}^2}$$

$$w1 = \sqrt{\left(\frac{660}{2}\right)^2 + 2000^2}$$

$$w1 = 2027\text{mm}$$

Bij een instuurhoek van 30 graden is de draaicirkel als volgt:

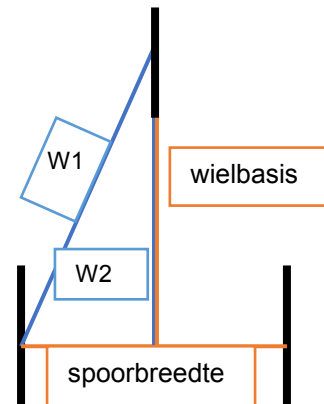
$$\sin \alpha = \frac{w1}{\text{straal van de draaicirkel}}$$

$$\sin 30 = \frac{2027}{\text{straal van de draaicirkel}}$$

$$\text{straal van de draaicirkel} = \frac{2027}{\sin 30} = 4054\text{mm}$$

Hoe breder het voertuig, hoe groter de draaicirkel zal zijn. Indien de straal van de draaicirkel echter tussen een tweewieler en een driewieler wordt vergeleken, valt echter op dat bij een instuurhoek de straal van de draaicirkel slechts 50mm groter is bij de driewieler.

Er kan dus worden gesteld dat de breedte een kleine invloed heeft op de draaicirkel, maar voornamelijk de lengte van het voertuig is van belang voor de grootte van de draaicirkel.



Figuur 12: driewieler

Indien het voertuig wordt gehalveerd bedraagt de straal van de draaicirkel:

$$w1 = \sqrt{\text{halve spoorbreedte}^2 + \text{halve wielbasis}^2}$$

$$w1 = \sqrt{\left(\frac{660}{2}\right)^2 + 1000^2}$$

$$w1 = 1053\text{mm}$$

Dus bij een halvering van het voertuig, is de straal van de draaicirkel vrijwel gehalveerd.

Het kan ook voorkomen dat de driewieler, niet één sturend voorwiel heeft, maar bijvoorbeeld twee sturende achterwielen, of twee sturende voorwielen. In dit geval stuurt het voertuig zoals een voertuig met vier wielen. Het voertuig is echter smaller, waardoor toch de draaicirkel kleiner zal zijn.

De wielbasis is de lengte zoals aangegeven is met $w2$ in Figuur , voor de berekening bedraagt deze 2000mm:

$$\tan(\text{instuurhoek}) = \frac{w2}{\text{lengte voorwiel tot draaipunt}}$$

$$\tan 30 = \frac{2000}{\text{lengte}}$$

$$\text{lengte} = \frac{2000}{\tan 30} = 3464\text{mm}$$

Deze lengte is gelijk aan de straal van de draaicirkel.

Als de lengte van het voertuig halveert, halveert ook de straal van de draaicirkel, namelijk 1732mm.

Conclusie

Om de draaicirkel zo klein mogelijk te houden, dient het voertuig zo min mogelijk wielen te hebben. Indien voor een driewieler wordt gekozen, is het van belang of het voertuig één of twee sturende wielen heeft. Bij eenzelfde afmeting is de straal van de draaicirkel bij de tweewieler zo'n 15% kleiner dan de straal van de vierwieler en zo'n 1% kleiner dan een driewieler met één sturend voorwiel.

Indien de draaicirkel zo klein mogelijk moet blijven, wordt er aangeraden de wielbasis zo klein mogelijk te houden. Een halvering van de wielbasis levert bij een tweewieler en een driewieler met één sturend wiel vrijwel een halvering van de draaicirkel op. Bij de vierwieler en een driewieler met twee sturende wielen speelt echter ook de breedte van het voertuig nog een rol. Bij een driewieler met twee sturende wielen is de invloed van de breedte van het voertuig groter, dan bij een driewieler met één sturend wiel.

Wensen:

- De wielbasis van het voertuig dient zo kort mogelijk te zijn
- Het voertuig dient drie of minder wielen te hebben

Maximale lengtes

Om een draaicirkel van 3500mm te behalen bij een instuurhoek van 45 graden is bij de diverse voertuigen een verschillende maximale lengte van het voertuig. Hierna zal besproken worden wat de maximale lengte van de wielbasis is bij een twee- en driewieler, aangezien hiervoor de wens is gesteld dat het vluchtvoertuig niet meer dan drie wielen heeft. Bij de driewieler wordt de breedte van tussen de wielen op 660mm gesteld.

Tweewieler

$$\sin \alpha = \frac{\text{wielbasis}}{\text{straal van de draaicirkel}}$$
$$\sin 45 = \frac{\text{wielbasis}}{(3500 : 2)}$$
$$\text{wielbasis} = \sin 45 * 1750 = 1237\text{mm}$$

Eis: Bij een instuurhoek van 45 graden, mag een tweewieler met één sturend wiel, niet langer zijn dan 1235mm.

Driewieler

Als een driewieler één sturend voorwiel heeft en het voertuig een maximale draaicirkel van 3500mm mag maken, kan de maximale lengte van het voertuig worden berekend. Bij de berekening wordt aangenomen dat de maximale instuurhoek 45 graden bedraagt.

$$\sin \alpha = \frac{w1}{\text{straal van de draaicirkel}}$$
$$\sin 45 = \frac{w1}{(3500 : 2)}$$
$$w1 = \sin 45 * 1750 = 1237\text{mm}$$

De maximale wielbasis van het voertuig bedraagt in dit geval:

$$w1^2 = \text{halve spoorbreedte}^2 + \text{wielbasis}^2$$
$$1237^2 = \left(\frac{660}{2}\right)^2 + \text{wielbasis}^2$$
$$\text{wielbasis} = \sqrt{1237^2 - \left(\frac{660}{2}\right)^2} = 1192,6\text{mm}$$

Bij een instuurhoek van 45 graden, een breedte van het voertuig van 660mm, mag een driewieler met één sturend wiel, niet langer zijn dan 1190mm.

Als een driewieler twee sturende wielen heeft en het voertuig een maximale draaicirkel van 3500mm mag maken, kan de maximale lengte van het voertuig worden berekend. Bij de berekening wordt aangenomen dat de maximale instuurhoek 45 graden bedraagt.

$$\sin \alpha = \frac{w2}{\text{straal van de draaicirkel}}$$
$$\sin 45 = \frac{w2}{(3500 : 2)}$$
$$w2 = \sin 45 * 1750 = 1237\text{mm}$$

Bij een instuurhoek van 45 graden, een breedte van het voertuig van 660mm, mag een driewieler met twee sturende wielen, niet langer zijn dan 1230mm.

Indien er gebruik wordt gemaakt van een driewieler met twee sturende wielen, zal deze 50mm korter kunnen zijn dan een driewieler met één sturend voorwiel om een draaicirkel van 3500mm te behalen bij een instuurhoek van 45 graden. Het verschil tussen beiden is zo klein, dat het verschil te verwaarlozen is.

Eis: de wielbasis van het voertuig mag niet langer zijn dan 1190mm, indien er gebruik wordt gemaakt van een driewieler.

Bronnen:

<http://www.schwalbe.com/nl/rollwiderstand.html>

<http://www.velofilie.nl/driewielers.htm>

<http://www.marcovw.nl/Motor/Wielgeometrie/uitspoor-in-de-bocht.htm>

<http://www.davdata.nl/draaicirkel.html>