

## ROLWEERSTAND

Strikt genomen is de constructie van het wiel pas af als de buitenband eromheen zit. De rolweerstand van een wiel neemt theoretisch af met het groter worden van de diameter. Onder wieldiameter wordt hier verstaan: de buitenmaat van de opgepompte band. Kleine wieltjes hebben dus een grotere rolweerstand, tenminste als de bandconstructie en bandenspanning identiek zijn. Een voorbeeld waar dat goed te zien is, zijn de Swallow Stelvio banden; de rolweerstand van de 28 inch versie is circa 40% lager dan de 20 inch versie. De rolweerstand van bredere banden is lager, maar omdat de druk gewoonlijk ook lager is, verdwijnt dit voordeel weer. Sommige fabrikanten maken van hetzelfde ontwerp meerdere bandbreedtes, b.v. 20, 23 en 25mm; de 25mm versie heeft dan een wat lagere rolweerstand bij dezelfde druk.

**Het ontwerp van de band** (niet zichtbaar en niet meetbaar) en **de druk**, vormen de belangrijkste factoren voor de rolweerstand. De minst belangrijke waarde voor de rolweerstand is de bandbreedte!

**Let op: er zijn hele grote verschillen** tussen de diverse banden; **bij eenzelfde druk en bandbreedte kan de ene band, een tweemaal zo hoge rolweerstand hebben als de andere**, door een stugge en dikke wand en dito loopvlak.

Extra smalle bandjes als de 20mm racebandjes gebruiken dus wat meer energie dan hun 25mm brede broers; ze wegen natuurlijk wel iets minder. Ook de ondergrond telt mee: **ruw asfalt en slechtwegdek kunnen de rolweerstand verdubbelen!** Zeker antilekbanden hebben een relatief hoge rolweerstand; ook losse antilek strips leveren extra rolweerstand op. De rolweerstandscoefficiënt  $C_R$  op een gladde betonvloer is voor de volgende banden ongeveer:

Clement Seta tube 22mm met 8 bar = 0,002	Raceband 23 mm met 7 bar = 0,003
Toerband 32 mm met 5 bar = 0,005	ATBband grof profiel 47 mm met 2,5 bar = 0,008
Antilekband 37 mm met 5 bar = 0,007	Antilekband 37 mm met 3 bar = 0,01

Bij de onderste twee waarden in de tabel zien we het belang van de bandenspanning. Dit is bij stugge banden niet direct te voelen. De rolweerstand  $R_{rol} = m \cdot g \cdot C_R$ . Voor het opgenomen vermogen door rolweerstand moeten we dit vermenigvuldigen met snelheid  $v$  (in m/s) en delen door het rendement van de aandrijving (95%= 0,95).

Voorbeeld: fietser 70 kg + stadsfiets van 20 kg met antilekbanden bij 24 km/u:

$$P_{Rol} = 90 \cdot 9,81 \cdot 0,007 \cdot 6.67 / 0,95 = 43W.$$

Zet dezelfde fietser nu eens op een echte racer van 8 kg bij dezelfde snelheid:

$$P_{Rol} = 78 \cdot 9,81 \cdot 0,003 \cdot 6.67 / 0,95 = 16W. \text{ Juist bij lage snelheden is de rolweerstand van grote invloed!}$$

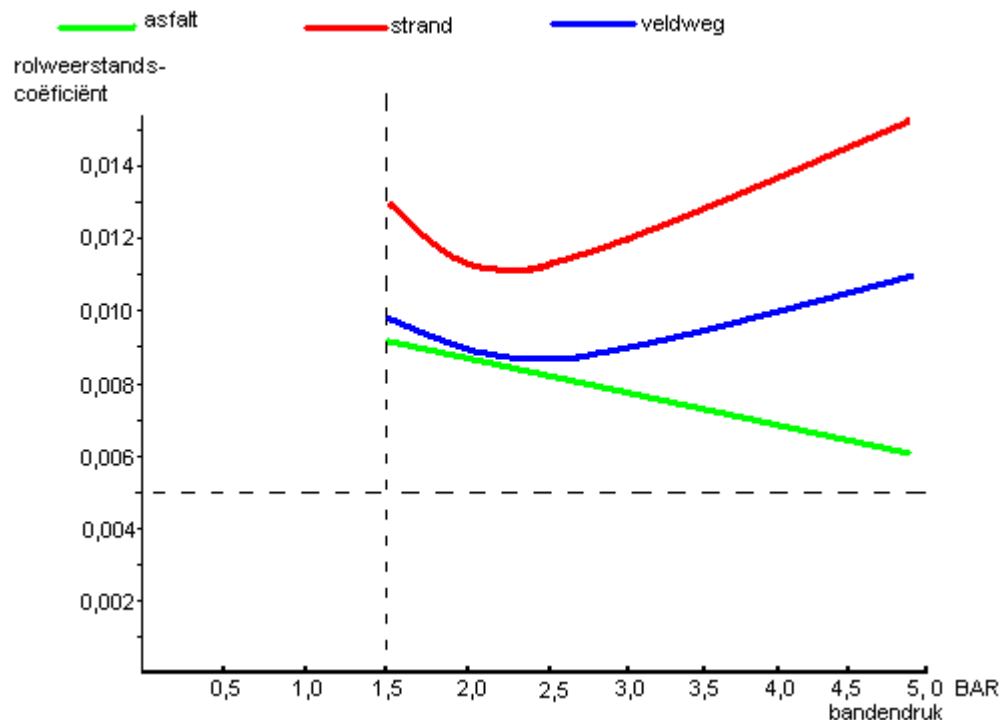


FIG.1 Rolweerstand, ondergrond en bandenspanning.

In **FIG.1** zien we de invloed van het terrein, op de rolweerstand bij diverse soorten ondergrond van een **47mm semi-slick ATB-band**. Duidelijk is te zien, dat de rolweerstand op de weg lineair afneemt, met de toename van de bandenspanning. Zachtere ondergronden hebben een hogere rolweerstand door vervorming van de bodem. In het zand (rode lijn) loopt de weerstand sneller op dan op de veldweg (de blauwe lijn loopt vlakker). Hoe smaller de band, hoe steiler de rode en blauwe curve omhoog lopen. De minimale rolweerstand in het terrein ligt rond de 2,5 bar. Dit is dan ook een druk die door veel ATB'ers gebruikt wordt. Als er veel asfalt in de route voorkomt, kun je wat meer druk gebruiken; dit geldt ook bij een bevroren ondergrond.

**Montage van een noppenband in plaats van de semi-slick, levert in elk terrein een toename van de rolweerstand met zo'n 10% op.**

Uiteraard zorgen die noppen er wel voor, dat je bij dat modderige klimmetje, je kracht kwijt kunt aan de ondergrond. Een keer doorslippen met de semi-slick band en je staat stil.

In het algemeen zal een hard opgepompte band een lagere rolweerstand hebben, maar hier is de bodem een belangrijke factor. Als we met onze racefiets op een rul zandpad terecht komen, staan we binnen enkele meters stil. De rolweerstand neemt enorm toe; de vervorming van het zand door onze bandjes slokt zoveel energie op! Als we met onze ATB met 2,5 bar in de noppenbanden over een asfaltweg gaan, lijkt het alsof er iemand permanent aan het truitje trekt. De vervorming van de banden, door het drukken op de contactplaats met het asfalt, vreet energie en levert dus een hoge rolweerstand op. Wanneer we met deze fiets over het rulle zandpad rijden merken we nauwelijks verschil met het rijden op de weg. De druk per vierkante centimeter contactoppervlak ligt veel lager. Het zand zal maar weinig vervormen, omdat de contactplaats van de band met de ondergrond veel groter is. De rolweerstand van de ATB noppenbanden met 2,5 bar op zand is dus lager dan die van de 8 bar Clement Extra Seta racetube. Ook door stuiteren kan er een aanzienlijk energieverlies ontstaan. Als je met keiharde bandjes over de kasseien knalt, is dit goed voelbaar; naast loszittende fietsonderdelen en vullingen van je gebit, gaat er ook veel energie verloren. Een wat bredere band met een wat lagere druk, houdt contact met de weg en kan op kasseien lichter lopen dan een acht bar superlichte racetube. Ook hier geldt de wet van Cruijff : elk voordeel heb ze nadeel!

Vervorming neemt dus energie op. In de jaren negentig was er een firma "Greentire", die banden met een vaste polyurethaan schuimvulling verkocht. Nooit lek, gingen heel lang mee; zolang zelfs, dat ik ze maar heb weggegooid voor ze versleten waren. De rolweerstand was gigantisch door energieopname van het schuim. Dit was goed te demonstreren door het wielteje te laten stuiteren op de vloer van de werkplaats. Een racewielteje komt tot dezelfde hoogte terug; het vaste bandje kwam amper tot de helft. Antilekbanden bezitten een wapening tegen inrijden van scherpe deeltjes. Wolber koos vroeger voor een metalen gaas onder het loopvlak; tegenwoordig kiest men een laag sterke vezel als Kevlar, of een extra taaie kunststoflaag, zoals bij Dutchtire en Schwalbe. De nieuwste generatie racebandjes gebruikt een wapening van Vectran.

Bij een noppenband zullen op asfalt de noppen ver naar binnen gedrukt worden. Het profiel van een band leidt dus ook tot vervorming. Voor een harde ondergrond zal een band met gesloten middenrille een lagere rolweerstand hebben. Natuurlijk zal zo'n band eerder doorslaan in een modderige klim, maar hier kunnen we door het kiezen van een iets lagere bandenspanning, de band voldoende grip laten houden via de noppen aan de zijkant van het profiel. Ondergrond, rijstijl, gewicht en persoonlijke voorkeur spelen een grote rol bij de juiste bandenkeuze.

Op smalle racebandjes is de druk per vierkante centimeter contactoppervlak met de weg zo hoog, dat de invloed van het profiel nihil is. Een zeer belangrijke factor bij de rolweerstand van banden is de soepelheid van de zijwand. Dit wordt bepaald door de keuze van de draad voor het karkas. Hoe dunner de draad, hoe meer draadjes per centimeter, hoe soepeler de band, hoe lager de rolweerstand. In ouderwetse tubes werd hier voor Egyptische katoen gekozen of zelfs voor pure zijde, als lichtgewicht en soepelheid belangrijker waren dan de prijs. Moderner is de keuze voor Kevlar; dit is wel sterker, maar ook iets stijver dan katoen of zijde. De nieuwste vezel voor banden is Vectran HT; deze vezel is op alle fronten als bandenmateriaal beter dan Kevlar. Bij Continental en Swallow verwerken ze dit in hun duurste racebandjes. De gebruikte rubbersoorten hebben ook invloed; de moderne "silica" rubbers hebben meer grip op het wegdek (zeker in de regen), maar daarvoor lopen ze iets zwaarder. Bijna versleten banden hebben last van draadbreek en zijn daardoor minder stijf. Ze hebben bovendien weinig profiel; om deze redenen lopen ze dus lichter dan nieuwe exemplaren.

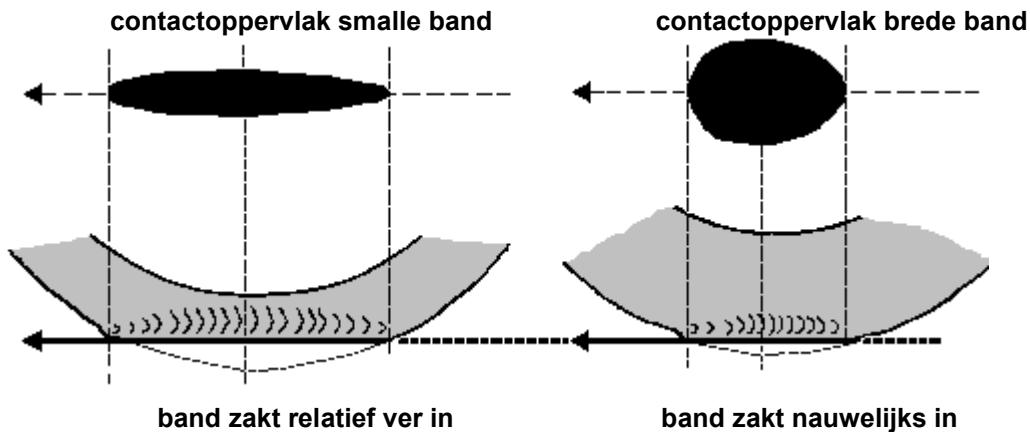


FIG.2

De vervorming van een smalle raceband is relatief veel groter dan die van een brede band, zie FIG.2. Aan de voorzijde van een rollende band ontstaat iets dat op een boegwolf lijkt; de rolweerstand neemt daardoor extra toe. Bij een hogere bandendruk neemt dit effect af. Zelfs iets als een binnenband beïnvloedt de rolweerstand. Het lichtst, het soepelst en het best bestand tegen lekrijden, zijn ouderwetse latex binnenbanden. Dit natuurrubber heeft echter het nadeel, dat het langzaam druk verliest. Elke dag oppompen werkt uitstekend, maar niet iedereen vindt dat leuk; butylrubbers zijn iets stugger maar luchtdicht. Moderne butylrubbermengsels zijn trouwens minder goed te verlijmen, dan die ouderwetse binnenbandjes; de plakbaarheid van moderne bandjes is matig! In de ATB-wereld zijn er momenteel tubelessbanden; het is voorspelbaar dat we die ook elders gaan zien.

**Naast rolweerstand heeft een band ook luchtweerstand en gewicht; hier is de smalle band in het voordeel!**

### ZELF DE ROLWEERSTAND BEPALEN?

*Bepaling van de rolweerstandscoefficiënt volgens de methode van dr. A. Kolling*

Als we bij windstil weer de fiets over een vlakke weg laten uitrollen, worden we alleen afgeremd door de luchtweerstand van de rijwind en de rolweerstand van de banden. Als we de luchtweerstand even verwaarlozen, wordt de snelheid alleen nog geremd door de rolweerstand. De samenhang tussen de snelheid en de tijd wordt dan weergegeven door:  $v(t) = v_0 - c_R \cdot g \cdot t$ . Deze lineaire vergelijking kunnen we oplossen, door twee paren snelheid en tijd te bepalen en het snelheids- en tijdsverschil in te vullen als  $(v_0, t_0)$  en  $(v_1, t_1)$ ; nu is:  $v_0 - v_1 = c_R \cdot g \cdot t_0 - c_R \cdot g \cdot t_1$  Ofwel:  $c_R = (\Delta v/g) / \Delta t$ .

We laten de fiets uitrollen van 10 km/u naar 5 km/u; het tijdsverschil meten we met een stopwatch.

De rolweerstand is nu:  $c_R = (1,389\text{m/s} / 9,81\text{m/s}^2) / \Delta t$

De zo bepaalde rolweerstandscoefficiënt is natuurlijk systematisch te hoog, omdat bij 10km/u de luchtweerstand nog  $\pm 25\%$  van de totale weerstand is. We krijgen dus een te klein tijdsverschil en een te grote  $c_R$ . De invloed van de luchtweerstand bij lage snelheden neemt sterk af, bij 5 km/u is dit nog 8%.

**Je moet dus een schatting maken van de invloed die de luchtweerstand heeft.** Kolling is een ligfietsers; hij werkte op zijn site, met een correctie van 11% voor de luchtweerstand:  $(1,389 / 9,81) \times 89\% = 0,126$ . Bij ligfietsen lijkt mij 11% redelijk, omdat de fiets lang uitrolt. We zullen eens uitgaan van een sportfiets met het zadel op de hoogte van het vlakke stuur (zo is de aerodynamische hoek van het bovenlichaam wat vastgelegd). Verder zouden we geen extreem grote of kleine rijders moeten nemen, tenzij je in de correctiefactor daar rekening mee houdt. Aangeklede sportfietsers, met bredere banden, spatborden en bagagedrager, hebben meer luchtweerstand dan een kale racefiets. Voor de kale racefiets, handen bovenop het stuur, zou ik dan 13% corrigeren en voor de aangeklede fiets lijkt mij een correctie van 15% nauwkeuriger.

**Als we kiezen voor een aangeklede sportfiets met een correctie van 15%, geven we de volgende richtlijnen voor de meting:**

Rij bij windstil weer met de fiets over een vlak stuk weg tot een snelheid boven 10 km/u; laat de fiets nu uitlopen. Druk bij 10 km/u de stopwatch in, en stop de stopwatch bij 5 km/u. Je doet 10 metingen heen en 10 metingen terug, om de invloed van wind, helling enz. uit te middelen. Het enige gegeven dat nodig is voor de berekening, is de gemiddelde tijd **t ( op 0,1s nauwkeurig! )**. We corrigeren dus 15% voor de luchtweerstand; dan is: **CR = 0,12 : t**

Je hebt nu de rolweerstandscoefficiënt van die band, bij die druk, en die ondergrond! De te verwachten waardes liggen tussen de 0,003 en 0,015 bij de aanbevolen druk en redelijk wegdek; de afgelegde afstanden liggen tussen de 40 en 200m. **De rolweerstand is te berekenen uit:  $R_{rol} = m \cdot g \cdot C_R$**

### **NAWOORD**

Metingen van rolweerstand worden op veel plekken op het internet en in fietsbladen gepubliceerd. **Alleen onderzoeken volgens dezelfde meetmethode zijn echt vergelijkbaar.** Daardoor ontstaan verschillen in gegevens. Toch zal een band die goed presteert volgens methode A, ook volgens methode B de meeste concurrentie achter zich laten. De bandenfabrikanten brengen steeds nieuwe types uit; dit geeft de testen een tijdelijke waarde. Kijkt u eens in de archieven van Fiets of de NVHPV.