

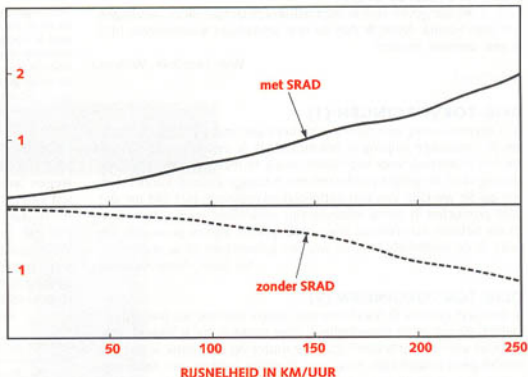
# Stuwdrukinlaten

Bedankt Suzuki. Dankzij nauwkeurige metingen weten we nu heel wat meer over het effect van de stuwdruk op het vermogen. Bij de GSX-R750 heeft Suzuki verschillende metingen verricht waar we wat van kunnen leren.

In MOTO 73 nummers 13 en 14 van 1994 heeft een verhaal gestaan over stuwdrukinlaten. De invloed van de stuwdrukinlaten op het vermogen is langs twee wegen te verklaren: overdruk en lage temperatuur. Het overdruk-effect ligt voor de hand, dat voel je al als je een beetje snelheid maakt. Het temperatuureffect ontstaat doordat de motor flink heet wordt. De warme lucht rond het motorblok kan zich mengen met de door de motor aangezogen lucht. Dat kost vermogen, want warme lucht zet uit en bevat dus per volume-eenheid minder zuurstof. De zuurstof is nodig om de brandstof te verbranden. Door de buitenlucht aan te zuigen vanaf een zo koel mogelijke plek wordt het opwarmeffect vermeden. Als we de inlaatluik aan de voorkant van de motor (bijvoorbeeld in de neus van de kuip) vandaan halen, hebben we de laagste temperatuur ter beschikking. Bovendien kunnen we nu gebruik

tekst:  
Paul Klaver

De druk in het luchtfilterhuis loopt gelijkmatig op met de rijnsnelheid tengevolge van de stuwdruk. Bij het vorige - gewone - luchtfilterhuis nam de druk juist af. Het resultaat is dat er bij topsnelheid zo'n 3% vermogenswinst ontstaat. Helaas vermeldt Suzuki niet welke temperaturen er met en zonder SRAD werden gemeten.



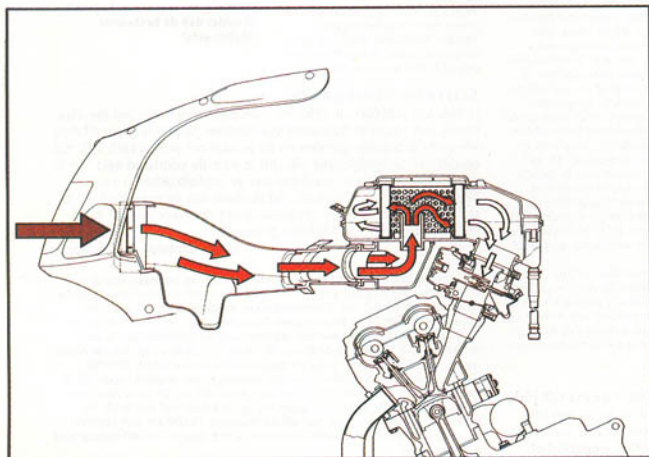
maken van de stuwdruk die de lucht in de aanzuigleiding perst. Dit stuweffect levert bij snelheden tot 200 km/uur nauwelijks vermogenswinst op: zelfs bij zo'n hoge snelheid is het vermogen slechts met 2% toegenomen. Dan moet de carburateurafstelling ook nog zijn aangepast aan de inlaatdruk, anders raakt de lucht-brandstofverhouding in de war en gaat het voordeel verloren.

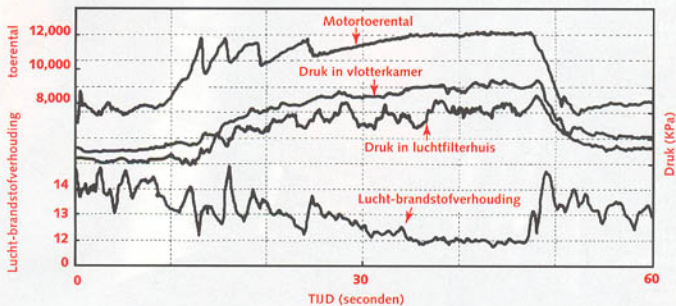
Pas boven de 200 km/uur neemt de stuwdruk dermate toe dat het echt effect heeft. Dat effect loopt op met het kwadraat van de snelheid, vandaar dat er bij 400 km/uur niet twee keer, maar  $2^2=4x$  zoveel vermogenswinst is als bij 200 km/uur. Bij 400 km/uur levert de 8% vermogenswinst ruim 10 km/uur snelheidswinst op. Juist omdat het werkt, mag bij de formule-1-race-auto's niet langer gebruik worden gemaakt van het stuwdrukeffect. Koele lucht aanzuigen mag nog wel, maar het aanzuiguis is geen overdruk meer in ontstaat.

## De winst in de praktijk

Bij de allersnelste straatmotorfietsen levert het stuwdrukeffect maar 3,5% vermogenswinst op, bij een snelheid van 270 km/uur. De snelheidstoename door deze vermogenstoename is klein, slechts 3 km/uur. Soms is de snelheidswinst bij het gebruik van het stuwdrukeffect groter dan verwacht, omdat er bij het oude aanzuigstelsel achter het motorblok een onderdruk ontstond bij hoge snelheden. Het motorvermogen daalde dan aanzienlijk, de motorfiets liep minder hard dan op grond van metingen op

Suzuki heeft het Suzuki Ram Air Direct - SRAD - inlaatsysteem zorgvuldig ontworpen en ontwikkeld. We zien hoe de stuwdruk het luchtfilterhuis bereikt. Let erop dat de lucht van binnen naar buiten door het filterelement gaat, meestal is het andersom.





een vermogensbank kon worden verwacht. Als er dan aan de voorzijde koele lucht wordt aangevoerd, gaat zo'n motor ineens als een kogel. Het negatieve effect van onderdruk achter de kuip en/of benen van de rijder mag niet worden onderschat. Het verlies aan vermogen door de onderdruk kan even groot zijn als de winst door de stuwdruk. Een motorfiets die voorheen warme lucht achter de motor aanzog en ook nog onderdruk had op de plaats van aanzuigen was misschien wel 6,5% vermogen kwijt bij topsnelheid: 3% vanwege een temperatuuroptimalisatie van 20 °C naar 40 °C en 3,5% vanwege de onderdruk achter de kuip. Door aan de voorzijde frisse lucht toe te zuigen en gebruik te maken van het stuwdruk-effect, los je dit op. De frisse lucht van 20 °C houdt het vermogen op de oorspronkelijke waarde en de stuwdruk zorgt bij 270 km/uur zelfs voor 3,5% vermogenswinst. Het totale verschil door de toevoer van lucht vanaf de voorkant van de kuip bedraagt dus 6,5+3,5=10%.

Met de oorspronkelijke luchttoevoer reed de motor geen 270 km/uur, maar slechts 264 km/uur, dus 6 km/uur langzamer dan verwacht. Met het stuwdruk-inlaatsysteem loopt dezelfde motor geen 270 km/uur, maar 273 km/uur. Totale snelheidswinst 6+3=9 km/uur en dat is nogal wat, als je bedenkt dat er afgezien van een andere luchtinlaat technische niets is veranderd aan de machine.

### Suzuki-metingen

Uit de metingen die Suzuki met de GSX-R750 heeft gedaan, blijkt dat de luchtdruk in het luchtfilterhuis inderdaad toeneemt met de rijsnelheid. Wat ook blijkt, is dat de luchtdruk in het voorheen gebruikte luchtfilterhuis afneemt, precies zoals hierboven is beschreven. Als we er een beetje aan rekenen, komt er het volgende uit: er is 3% vermogenswinst. Dat is het gevolg van 2% stuwdruk en nog eens 1% uit

het wegvallen van de onderdruk die in het vorige filterhuis optrad.

Voor de rekenaars onder u wijs ik erop dat een druk van 1 kPa overeenkomt met 10 mbar. De buitenluchtdruk is ongeveer 1000 mbar. Daaruit volgt dat als de druk in het luchtfilterhuis met 1 kPa toeneemt, er een 1% hogere druk dan de buitenluchtdruk is. Dat resulteert in een vermogenstoename van 1%. De andere grafiek die Suzuki heeft gepubliceerd, is wat ingewikkelder. De bovenste lijn toont het verloop van het motortoerental met de tijd, een soort acceleratielijne. We zien dat de motor na ruim 30 seconden 12.000 tpm draait en dat zo'n 18 seconden lang volhoudt. De tweede lijn van boven laat zien hoe de druk in één van de vlotterkamers verloopt. De derde lijn van boven geeft het drukverloop weer in het luchtfilterhuis. We zien dat de druk in de vlotterkamer iets hoger is dan de druk in het luchtfilterhuis. Ik ga er van uit dat de meetapparatuur piekfijn in orde was, dus dat het drukverschil tussen de vlotterkamer en het luchtfilterhuis goed gemeten is.

Een bevestiging hiervan toont de onderste lijn. Deze laat het verloop zien van de lucht-brandstofverhouding: over het topsnelheids gedeelte van 30 tot 48 seconden is het mengsel rijker dan bij rustiger rijden. Afhankelijk van de samenstelling van de benzine is er theoretisch ongeveer 14,5 maal zoveel lucht als benzine nodig om alle koolwaterstoffen helemaal te verbranden tot kooldioxide en waterdamp. Alleen bij het rustig rijden in de eerste versnelling halen we de hierboven genoemde stoichiometrische lucht-brandstofverhouding. Wordt de verhouding kleiner dan 14,5, dan is er in verhouding een overschot aan benzine. Daarom spreken we dan van een rijk mengsel. Bij topsnelheid is het mengsel bij de GSX-R750 heel rijk, want met een lucht-brandstofverhouding van 12 : 1 hebben we een  $(100 \times 14,5/12) - 100 = 21\%$  rijker mengsel dan chemisch nodig is. De

Hoe zorgvuldig Suzuki te werk is gegaan, blijkt uit deze metingen. Wat de lijnen weergeven, staat uitvoerig in de tekst. Van belang is vooral het gebied waar de motorfiets op topsnelheid rijdt, dus van 32 tot 48 seconden. Een extra rijk mengsel is het resultaat van een hoge druk in de vlotterkamer.

extra benzine zorgt er voor dat de verbrandingstemperatuur niet te hoog oploopt. Het koelende effect van de verdampende benzine houdt de zuigerbodentemperatuur op een aanvaardbare waarde. Het verdampen van de benzine gebeurt zowel in de inlaatkanalen als in de cilinder tijdens het begin van de compressieslag. De extra benzine zorgt niet voor meer vermogen, daarvoor is een 10% te rijk mengsel genoeg, dus een lucht-brandstofverhouding van ongeveer 13 : 1 (dit om er zeker van te zijn dat je alle aangezogen lucht benut!). Kennelijk zorgt de olopende vlotterkameroverdruk voor een extra rijk mengsel. Aan het begin van het volgas rijden - na 25 seconden - is de lucht-brandstofverhouding ongeveer 13 om daarna tot 12 te dalen. Er zijn nog twee andere pieken die ongeveer 12,5 halen, namelijk als de tweede versnelling van 12.000 tpm bereikt en als de vijfde versnelling aan het eind is. Zodra de druk in de vlotterkamer in verhouding groter wordt dan die in het luchtfilterhuis wordt het mengsel extra rijk. Suzuki legt niet uit hoe de druk in de vlotterkamer zo hoog komt, maar de reden ervoor zal duidelijk zijn: de motor thermisch gezond houden. Overigens zien we dat de druk in het luchtfilterhuis zelfs op topsnelheid nogal wat varieert. Er wordt niet bij vermeld of het waaide tijdens de metingen, evenmin of er alleen rechtuit werd gereden of dat de rijrichting ten opzichte van de windrichting varieerde. Kennelijk maakt het niet veel uit op de lucht-brandstofverhouding. Het vermogen zal ook nauwelijks variëren ten gevolge van de iets wisselende druk in het luchtfilterhuis.

### Slotopmerking

Het afstellen van moderne motoren met stuwdrukinlaten is fabriekswerk. Er is nauwkeurige meetapparatuur voor nodig en die kan lang niet altijd op de motor worden meegenomen. Telemetrie - dat is het overzenden van meetgegevens - maakt het mogelijk om zulke metingen aan een rijdende motorfiets te doen. Pas daarna, dus als alle gegevens bekend zijn, kan er een poging worden gedaan om op een rollenbank dezelfde meetwaarden te bereiken. Om een motor als deze Suzuki bijna 20 seconden lang onder vollast op 250 km/uur te houden op een rollenbank vraagt nogal het één en ander, of niet soms? ■■