

De technische geheimen van de Formule 1

Colofon

ISBN: 978 90 8954 748 4

1e druk 2015

© 2015, Jesper de Groot

Uitgeverij Elikser

Ossekop 4

8901 AA Leeuwarden

Telefoon: 058 - 289 48 57

www.elikser.nl

Vormgeving binnenwerk en omslag: Evelien Veenstra

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op wat voor wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur en de uitgeverij.

This book may not be reproduced by print, photoprint, microfilm or any other means, without written permission from the translator and the publisher.

DE TECHNISCHE GEHEIMEN VAN DE *Formule 1*

JESPER DE GROOTE



Voorwoord

Hoera, we hebben weer een Nederlander in de Formule 1! In 2015 zal Max Verstappen de Formule 1 onveilig maken. Hopelijk wordt hij succesvoller dan Giedo van der Garde, Christijan Albers, Robert Doornbos of zijn vader, die zo nu en dan aardige dingen lieten zien, maar nooit echt een factor van betekenis waren. De voortekenen zijn gunstig: met zijn 17 jaar is Max met afstand de jongste Formule 1-coureur in de geschiedenis. Van het huidige startveld is hij de enige coureur die is geboren nadat Michael Schumacher zijn eerste wereldtitels won. Hij werd geboren in 1997, twee dagen na Jacques Villeneuves laatste Grand Prix-zege.

Voor mijzelf is 1997 ook een bijzonder jaar, want toen begon ik de Formule 1 pas echt te volgen. Tot die tijd ving ik zo nu en dan de race-uitslag van mijn vader op, die het er wel voor overhad om eens in de zoveel weken op zondag twee uur voor de buis gekluisterd te zitten. In elk geval had de Formule 1 de kijker in 1997 veel te bieden: twee Schumachers op de grid, wereldkampioen Damon Hill in de auto die Verstappen het jaar ervoor had bestuurd en de bandenoorlog tussen Goodyear en Bridgestone waar een heleboel van werd verwacht. Uiteindelijk werden deze verwachtingen ook grotendeels ingelost, al had ik graag gezien dat Verstappen her en der een paar WK-puntjes had gescoord. Dat was te veel gevraagd, maar desondanks kon 1997 bij mij niet meer stuk.

Hoewel het in de jaren erna allemaal wat minder werd, heb ik vanaf 1997 maar weinig races gemist. De laatste jaren ben ik dankzij het internet steeds meer te weten gekomen over de Formule 1. De racegekke Engelsen zijn doorgaans net wat beter geïnformeerd dan de Nederlanders, waardoor ik de sport steeds wat beter begon te begrijpen. In elk geval liep ik mijn kennisachterstand langzaam in. Wel stuitte ik geregeld op merkwaardige denkfouten en hardnekkige misverstanden. Dat was voor mij dan

ook de aanleiding om dit boek te schrijven, om aan te geven hoe ik de dingen zie en hoe ik denk dat de Formule 1 nog beter kan worden dan nu.

Want in de achttien jaar dat ik de Formule 1 volg, is een hoop veranderd. Geen snerpande V10's meer, maar fluisterende (hybride) turbomotoren. De bandenoorlog heeft plaatsgemaakt voor een bandenmonopolie waarbij de bandenleverancier snelslijtende banden moet leveren. Bijtanken in de race is afgeschaft en in de tussentijd is het inhaalhulpmiddel DRS geïntroduceerd. De meeste van deze (ingrijpende) veranderingen zijn vrij recent. Ze hebben plaatsgehad in wat ik zelf het "post-Schumacher-tijdperk" noem, de periode van 2007 tot nu. Hoewel de naam "post-Schumacher-tijdperk" een beetje misleidend is, vond ik hem de lading wel goed dekken. Door het vertrek van Schumacher ontstond er een soort machtsvacuüm en dat leverde een aantal mooie kampioenschappen op: in 2007 waren er in de laatste race *drie* kanshebbers voor de titel, in 2008 *twee* en in 2010 zelfs *vier*. Ook in 2012 en 2014 werd de titel pas in de laatste race beslist. Daarom heb ik ook twee van deze kampioenschapsraces geanalyseerd.

Hilversum, 20 december 2014

Inhoud

Voorwoord	5
1. Het nieuwe Formule 1-tijdperk	9
2. Het geheim van een goede racestrategie	14
3. Het geheim van veel inhaalacties	34
4. Kampioen in de laatste bocht	71
5. De lachende derde	85
6. Toekomst	105
7. Appendix: de simulator	120



Het nieuwe Formule 1-tijdperk

Toen Michael Schumacher eind 2006 afscheid nam van de Formule 1, bestond de angst dat de sport er veel saaier door zou worden. Niets bleek minder waar, want het nieuwe Formule 1-tijdperk (2007-2009) was juist erg opwindend, al had het gekonkel vooral naast de baan plaats: denk aan de spy-gate⁰¹, de crash-gate⁰², de lie-gate⁰³, de perikelen rond Max Mosley en de strijd om het FIA-voorzitterschap. Ondertussen dreigden de teams zich af te splitsen en haakten enkele grote fabrikanten (Honda, Toyota en BMW) af. De sport was te duur geworden, maar een budgetplafond kon ook maar bij weinig mensen op steun rekenen. Het gevolg was dat er in 2010 drie nieuwe

-
- 01 De *spy-gate* of *Stepney-gate* was een klucht die het grootste gedeelte van het Formule 1-seizoen 2007 beheerste. Ferrari-medewerker Nigel Stepney speelde in het begin van het seizoen gevoelige informatie door naar de concurrent McLaren. De zaken kwamen halverwege het jaar aan de oppervlakte, waarna het team van McLaren een boete van 100 miljoen dollar kreeg opgelegd en uit het constructeurskampioenschap werd gesmeten.
 - 02 De *crash-gate* was een staaltje wedstrijdmanipulatie van het team van Renault. Het idee was om tweede coureur Nelson Piquet Jr. op precies het juiste moment de muur in te laten vliegen, zodat teamgenoot Fernando Alonso ervan kon profiteren. Het plan werkte perfect tijdens de Grand Prix van Singapore in 2008 en Alonso won de race. De zaak kwam een jaar later aan het rollen, toen Piquet bij het team werd ontslagen en uit de school klapte. Alleen de bedenkers van het plan, Flavio Briatore en Pat Symonds, werden voor hun aandeel in het schandaal gestraft.
 - 03 De *lie-gate* was een betrekkelijk onbeduidend schandaal na afloop van de Grand Prix van Australië in 2009. Op last van zijn team liet Lewis Hamilton Jarno Trulli tijdens een safetycarfase voorbij. Na afloop van de race ontkenen coureur en team dat in alle toonaarden, waarna Trulli een tijdstraf kreeg en Hamilton de derde plaats kreeg toegespeeld. Nog geen week later kwam de waarheid aan het licht, waarna Hamilton vanwege het liegen werd gediskwalificeerd. Tegelijkertijd werd Trulli's tijdstraf ingetrokken, zodat de Italiaan de race toch nog als derde eindigde.

Formule 1-teams kwamen die weinig in de melk te brokkelen hadden. Twee van de drie teams hebben de sport inmiddels verlaten.

Het huidige Formule 1-tijdperk wordt beheerst door vier grote thema's:

- Kostenbesparingen
- Veiligheid
- Spektakel vergroten
- Milieu

Hoewel het budgetplafond het niet haalde, werd onder het mom van kostenbesparingen het testen tijdens het seizoen wel aan banden gelegd. Soms gaan kostenbesparingen en veiligheid hand in hand: aan de bandenoorlog tussen Bridgestone en Michelin werd in 2006 een einde gemaakt, waardoor de kosten en de snelheden omlaag gingen. Om precies dezelfde redenen moesten de motoren steeds langer meegaan. Sinds de fatale ongevallen van Ratzenberger en Senna in 1994 zijn de bolides en de circuits steeds veiliger geworden. Snelle bochten zonder uitloopstroken werden voorzien van chicanes en daarnaast werden langzaam maar zeker de grindbakken vervangen door stroken asfalt. Maar de belangrijkste verbetering was die van de auto's zelf. Verhoogde cockpitranden en steeds zwaardere crashtests: alles wordt eraan gedaan om het toeval zoveel mogelijk uit te sluiten. Hoewel Massa's ongeluk in 2009 ook slechter had kunnen aflopen, is het erg bemoedigend dat er twintig jaar geen dodelijke ongevallen met Formule 1-coureurs hebben plaatsgehad. Toch is er nog altijd winst te boeken op het gebied van veiligheid, zoals het afschuwelijke ongeluk van Bianchi in Japan aantoonde.

De laatste jaren is het vergroten van het spektakel hoog op de agenda komen te staan. Races moesten leuker worden, er moest meer worden ingehaald. Zoveel positiewisselingen als in bijvoorbeeld de MotoGP zal geen haalbare kaart zijn, maar dat het aantal passeerbewegingen in veel races op de vingers van een hand was te tellen, was een beetje al te weinig van het goede. Vaak heiligde

het doel alle middelen. In 2009 keerden de slicks weer terug en werden de auto's met een enorme sneeuwschuiver van een voorvleugel en een minuscuul achternvleugeltje uitgerust. Het zag er niet uit, maar in theorie zou het voor meer inhaalacties moeten zorgen. Het hielp voor geen ene meter. Datzelfde doel werd met het bijtankverbod in 2010 nagestreefd. Het idee was dat er minder mogelijkheden waren om iemand via de pits in te halen, dus dan moest er meer op de baan worden ingehaald. Een aardige theorie, maar in de praktijk viel het effect ervan nogal tegen, dus werden de zaken in 2011 heel wat radicaler aangepakt met de snelslijtende Pirelli-banden en het DRS (Drag Reduction System). Dat werkte heel wat beter: nooit werd er zo vaak ingehaald als in 2011.

Hoewel het seizoen 2009 vooral bekendstaat om de uitvinding van de dubbele diffusor, waar later weer op is voortgeborduurd met de geblazen diffusor, was het ook het eerste jaar waarin het KERS (*Kinetic Energy Recovery System*) werd uitgeprobeerd. Het hoorde een beetje bij het tijdperk: doordat de jaren 2006 en 2007 in Nederland en grote delen van de wereld ongekend warm verliepen, raakte iedereen doordrongen van de klimaatproblematiek en dus probeerde de Formule 1 met allerlei symboolpolitiek aan imagoverbetering te doen. Een goed voorbeeld hiervan was de beslissing om de banden van groene in plaats van witte strepen te voorzien. De zuinigere turbomotoren, in combinatie met een krachtig systeem om remenergie in elektrische energie om te zetten, vormen een veel serieuzere stap om de Formule 1 iets minder milieuvriendelijk te maken. Al met al zijn de Formule 1-auto's in 2014 ongeveer 50 procent zuiniger geworden dan in de jaren daarvoor en dat is best een applausje waard.

Door alle reglementswijzigingen zou je bijna nog de actie op de baan vergeten. Zo deed Lewis Hamilton in 2007 de Formule 1-wereld versteld staan door als debutant bijna het kampioenschap te winnen. In 2008 zou het hem dan wel lukken na een bizarre finale. In de omringende jaren werd de titel door Räikkönen en Button gewonnen, twee oudgedienden. Daarna was het de beurt aan de

jonge Vettel, die in 2010 wat toevallig zijn eerste titel wist te winnen, waarna hij er meteen nog drie won. In 2014 was de titel weer een prooi voor Hamilton.

Doordat de topcoureurs de afgelopen jaren goed aan elkaar gewaagd waren, waren de kampioenschappen vaak erg goed. Alleen begin 2009 (Button), 2011 en 2013 (Vettel) was er één coureur echt dominant. In de andere jaren werd het kampioenschap pas in de laatste race beslist. En hoe!

Het afgelopen jaar (2014) werd gedomineerd door het team van Mercedes. Gelukkig waren Hamilton en Rosberg goed aan elkaar gewaagd, waardoor het kampioenschap alsnog spannend bleef. Voor de overige teams was het echter een minder leuk kampioenschap: alleen Ricciardo wist te profiteren van de steken die Mercedes zo nu en dan liet vallen. Daarnaast klaagden de teams die geen Mercedes-motor hadden over het motorreglement: dankzij de *engine freeze* konden zij hun achterstand op Mercedes maar heel moeilijk wegwerken. De Formule 1-fans vonden het geluid maar niks en schreeuwden nog wel om het hardst om een terugkeer naar de gewone atmosferische motor. Kortom: er waren tegengestelde belangen en veel partijen die zich door het huidige reglement benadeeld voelden.

De vraag blijft of de Formule 1 de laatste jaren de goede kant is opgegaan. Is de sport er door alle veranderingen beter op geworden? Het is onmogelijk om daar een objectief antwoord op te geven, want wat de een positief vindt, vindt de ander weer negatief. De vele veranderingen van de laatste jaren tonen wel aan dat de Formule 1 nog lang niet de juiste formule heeft gevonden en misschien ook wel nooit gaat vinden. Wel laten de veranderingen ruimte open voor nieuwe innovaties. De afgelopen jaren stonden ook bol van de innovaties, zoals de geblazen diffusor of het F-duct. En wat te denken van de huidige turbomotoren? Wie handig op de nieuwe regels inspeelt, is in het voordeel. Zo is het altijd gegaan en zo moet de Formule 1 ook blijven.

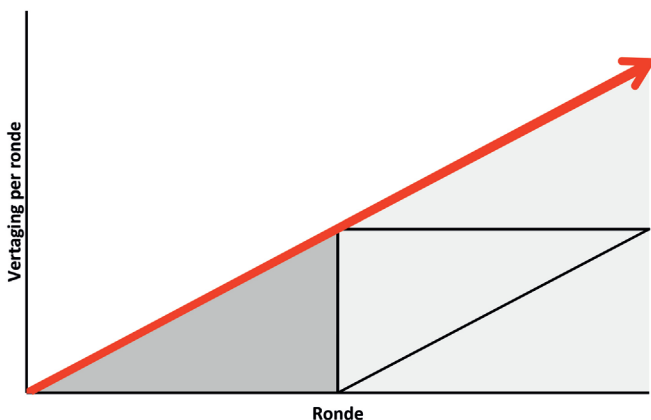
In dit boek zal daarom de technische kant van de Formule 1 centraal staan. In de Formule 1 nemen de wiskunde en de natuurkunde een belangrijke rol in. Optimalisatieproblemen spelen in de Formule 1 een grote rol. Hoewel deze problemen soms met behulp van ingewikkelde formules, definities en symbolen moeten worden uitgelegd, probeer ik me zoveel mogelijk te beperken tot gewonemensentaal. Behalve voor de theorie zal er ook oog zijn voor de praktijk. Hiervoor heb ik de kampioenschapsraces van 2008 en 2010 uitgekozen, twee interessante ontknopingen die zich goed leenden voor een analyse. In de praktijkvoorbeelden komt de theorie weer terug.

2

Het geheim van een goede racestrategie

Om in de Formule 1 succesvol te zijn, is er meer nodig dan pure snelheid alleen. *Teamwork* en strategie zijn al decennialang essentieel om als eerste aan de finish te komen, omdat races in de pits gewonnen en verloren kunnen worden. Dit is niet altijd zo geweest: tot de jaren 80 waren pitstops zeer zeldzaam, maar zeker na 1982-1983, toen de teams gingen experimenteren met bijtanken tijdens de race, begonnen pitstops pas echt aan populariteit te winnen.

Het idee achter het maken van pitstops is natuurlijk dat het tijdsverlies in de pits op de baan (ruimschoots) kan worden goedge maakt. Doordat Formule 1-auto's enorm snel zijn, verbruiken ze veel brandstof en beulen ze de banden behoorlijk af. Hoe langer de race, hoe meer brandstof de auto moet meenemen en hoe meer de banden slijten. Het effect van minder grip is ongeveer hetzelfde als het effect van een zwaardere auto en zorgt voor lagere bochtensnelheden, een tragere acceleratie en een langere remweg. De prestaties van een Formule 1-auto hebben er dus onder te lijden. Doordat Formule 1-races relatief lang (300 kilometer) zijn, stapelen de tijdsverliezen in de race behoorlijk op. Figuur 2.1 laat zien dat de tijdsverliezen door bandenslijtage en/of brandstoflast kwadratisch oplopen met de afstand (het aantal ronden): de tijdsverliezen over de hele raceafstand zijn vier keer zo groot als de tijdsverliezen over de halve raceafstand (het donkere driehoekje). In *kwalificatietrim*, dus met slechts een beetje brandstof en banden die in bijna-perfecte conditie verkeren, zijn de totale tijdsverliezen dus nog zeer gering, maar in een race van meer dan 50 ronden is het een heel ander verhaal: het hoge startgewicht en de bandenslijtage drukken de rondetijden dan aanzienlijk.



Figuur 2.1: Vertraging als functie van afstand. *De tijdsverliezen per ronde nemen lineair toe met afstand, waardoor het totale tijdsverlies kwadratisch toeneemt met de afstand.*

De pitstops delen de races op in meer stukken, waardoor de tijdsverliezen op de baan flink kunnen worden beperkt. Om die reden vormen ze ook vandaag de dag nog een essentieel onderdeel van de race. Hieronder een kort overzicht van de geschiedenis van de pitstop in de Formule 1.

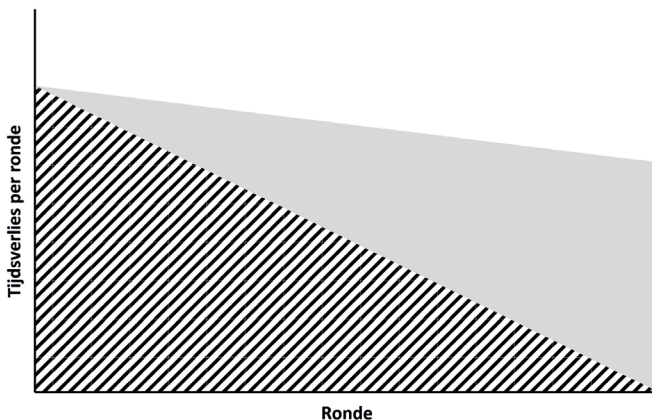
Jaren 80

In het turbotijdperk van de Formule 1 (1977-1988) werd het brandstofverbruik steeds belangrijker. In die tijd was de Formule 1 grotendeels een gemengde klasse, waarbij sommige teams al met turbomotoren reden en andere teams niet. Een nadeel van de turbomotoren was het hoge brandstofverbruik, waardoor de turbo-aangedreven auto's in de race meer brandstof moesten meenemen, wat de prestaties niet ten goede kwam. In 1982 bedacht het team van Brabham hiervoor een ingenieuze oplossing door de auto's halverwege de race bij te tanken. Het bleek een schot in de roos, al plukte het team niet direct de vruchten van het pionierswerk. In 1983 werd bijtanken in de

race op grote schaal toegepast, waarna het in 1984 om veiligheidsredenen werd verboden. Een belangrijk voordeel van het bijtankverbod was dat de steeds krachtiger wordende turbomotoren door middel van brandstoflimieten in de race konden worden afgeremd, zodat de atmosferische motoren ze konden bijhouden. In 1989 werden de turbomotoren weer verboden.

Begin jaren 90

Het bijtankverbod zorgde overigens niet voor het verdwijnen van pitstops. Bandenslijtage speelde in de races vaak een rol en dat betekende dat er pitstops werden gemaakt om de banden te verwisselen. Soms werden de banden uit voorzorg gewisseld, omdat men vreesde dat ze niet de hele raceafstand konden afleggen, en soms gewoon vanwege het snelheidsvoordeel van de nieuwe banden. Het verwisselen van de banden ging steeds sneller en dus begonnen de pitstops ook steeds meer een strategisch karakter te krijgen. Hoeveel tijd waren nieuwe banden waard? Hoe vaak moesten de banden tijdens de race worden verwisseld? Die vragen werden steeds belangrijker nu de bandenwissels werden gebruikt om de concurrentie de loef af te steken. Hieronder komt een beschrijving van het probleem:

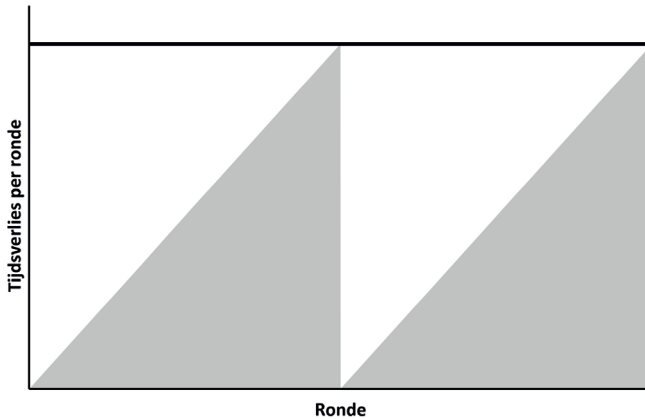


Figuur 2.2: Tijdsverlies in de race. De tijdsverliezen bestaan uit tijdsverlies door brandstoflast (gestreept, onder) en bandenslijtage (boven).

Figuur 2.2 geeft de strategische speelruimte van de teams grafisch weer. Op de Y-as staat het tijdsverlies per ronde uitgezet tegen de raceafstand. De oppervlakte onder de grafiek geeft het totale tijdsverlies aan en dit bestaat uit twee delen. De gearceerde driehoek geeft het tijdsverlies door de **brandstoflast** aan. Dit gebied is gearceerd omdat er niets aan valt te veranderen, aangezien het niet is toegestaan om tijdens de race bij te tanken. De grijze driehoek geeft het tijdsverlies door **bandenslijtage** aan. Aangezien de banden wel mogen worden gewisseld, kan dit tijdsverlies nog worden verminderd door een bandenwissel.

De grafieken van de brandstoflast en de bandenslijtage zijn ongeveer elkaars spiegelbeeld: de *brandstoflast* neemt gedurende de race af, waardoor de rondetijden de neiging hebben gedurende de race te *verbeteren*. De *bandenslijtage* zorgt er aan de andere kant voor dat de grip van de banden geleidelijk aan afneemt, waardoor de rondetijden de neiging hebben om te *verslechteren*.

Het tijdsverlies door bandenslijtage kan in dit voorbeeld echter worden verminderd door middel van bandenwissels. Het tijdsverlies kan worden geminimaliseerd door elke ronde een nieuw setje banden onder de auto te schroeven. Dat is echter niet efficiënt, omdat de extra tijdsverliezen in de pits niet opwegen tegen de voordelen van nieuwe banden. De vraag is dus wat het optimale aantal pitstops is. Op dat optimalisatieprobleem kom ik later nog terug.



Figuur 2.3: Tijdverlies door bandenslijtage. Bij de pitstop (stippellijn) worden de versleten banden vervangen voor nieuwe banden die nog alle grip hebben.

Figuur 2.3 geeft het tijdsverlies door bandenslijtage weer bij één bandenwissel (stippellijn). Het optimale moment om de banden te verwisselen volgt uit het tijdsverlies per ronde aan het eind van de stint. In het **optimum** zijn de tijdsverliezen aan het eind van beide stints gelijk (de zwarte lijn). In dat geval is er geen verbetering meer mogelijk door de pitstop in een andere ronde te plannen. De 'pijn' van de bandenslijtage is dan het best over de race verdeeld en het uiteindelijke tijdsverlies (de oppervlakte van de twee grijze driehoeken) is dan minimaal. In dit voorbeeld met lineaire en constante bandenslijtage worden de pitstops dus halverwege de race uitgevoerd.

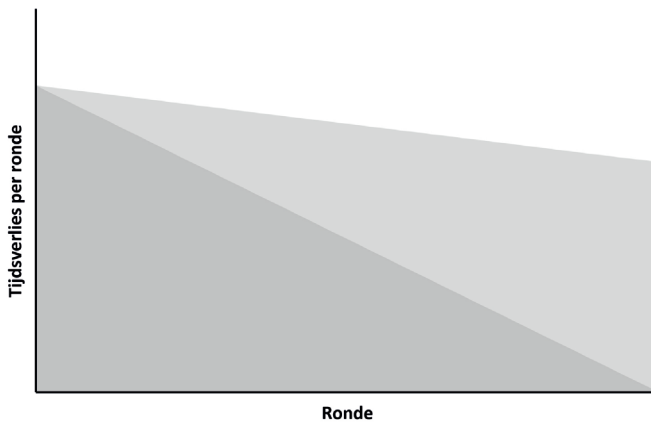
Dit betekent niet dat de bandenwissels in de praktijk altijd halverwege de race plaatshadden. Meestal stopten de coureurs eerder. Daar is een aantal redenen voor te bedenken:

- In het begin van de race zijn de auto's zwaarder en slijten de banden harder
- Inhalen via de pitstops door een vroegere pitstop, de zogenaamde 'undercut'

Doordat de tijdsverliezen van kleine afwijkingen ten opzichte van het optimum gering zijn, is het verleidelijk om iets eerder dan optimaal te stoppen. Vooral in 1993 begonnen de bandenstrategieën hun stempel op de race te drukken. Soms haalden coureurs wel twee keer in de race nieuwe banden. Het betekende dat er ook meer via de pitstops kon worden ingehaald. De standaardprocedure was om een ronde eerder dan een rivaal nieuwe banden te halen, om zo op nieuwe banden de beslissende seconden te winnen.

Bijtanken

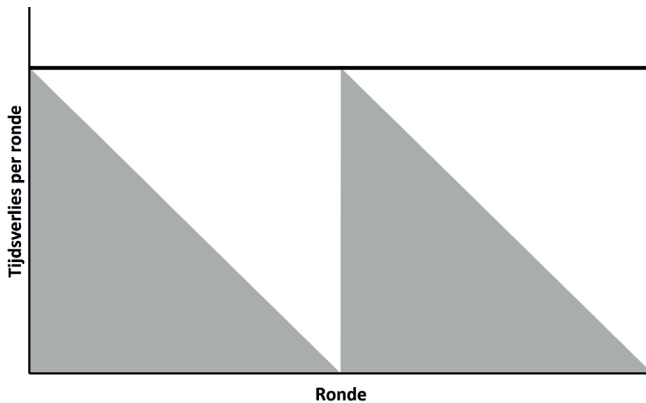
In 1994 kregen de pitstopstrategieën een extra dimensie doordat bijtanken weer werd toegestaan. Het betekende meteen dat de coureurs in de race vaak wel twee of zelfs drie keer naar de pits kwamen voor extra brandstof en nieuwe banden; heel anders dan de veel conservatievere 1-stopstrategieën die in 1983 werden toegepast.



Figuur 2.4: Tijdsverlies in de race. *De onderste driehoek geeft weer de brandstoflast aan en de bovenste driehoek de bandenslijtage.*

Figuur 2.4 geeft de tijdsverliezen door brandstoflast en bandenslijtage weer aan. De brandstoflast (de donkere driehoek) is nu niet

meer gearceerd omdat de coureurs nu de mogelijkheid hebben om met een lichtere auto aan de race te beginnen. Figuur 2.5 laat het optimalisatieprobleem van de brandstoflast zien. Ook nu is een pitstop halverwege de race optimaal. Dat is niet het hele verhaal: de hoeveelheid brandstof die bij de pitstop moet worden bijgetankt, is niet constant. Hoe later de pitstop, hoe minder er hoeft te worden bijgetankt en hoe kleiner de tijdsverliezen in de pits.



Figuur 2.5: Tijdsverlies door brandstoflast. Bij de pitstop (stippel-lijn) wordt de auto bijgetankt, waardoor hij aanzienlijk zwaarder en trager is.

De kortere pitstoptijden waren niet de enige reden waarom de pitstops doorgaans relatief laat in de race werden ingeroosterd. De voornaamste reden was dat het nu voordelig kon zijn om langer dan de rest te kunnen doorrijden. Immers: degene die als laatste stopte, kon met een lichtere auto tijd winnen op de coureurs die net hadden bijgetankt en dus trager waren. Dit gebeurde dan ook geregeld in de praktijk. Misschien wel het sprekendste voorbeeld was de Grand Prix van Japan van 2000, waarin Mika Häkkinen en Michael Schumacher elkaar de hele race lang zaten op te jagen. Schumacher sloeg bij de laatste serie pitstops toe, waardoor hij de race en het kampioenschap won.