



Energiebesparing door optimaal bandengebruik in de landbouw

Pieter Blok MSc
Jan Kamp



Energiebesparing door optimaal bandengebruik in de landbouw

Pieter Blok MSc
Jan Kamp

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek wordt gefinancierd door
Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
Bezuidenhoutseweg 30
2594 AV Den Haag

Nummer: BO-12



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Projectnummer: 3250214612

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten**

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : +31 320 29 11 11
Fax : +31 320 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 OPTIMALE BANDENSPANNING VOOR VELDWERKZAAMHEDEN	9
2.1 Verschil tussen bandensoorten	11
2.2 Effect van bodemcondities op het brandstofverbruik.....	12
2.3 Ideale gewichtsverdeling voor verminderd brandstofverbruik	15
3 OPTIMALE BANDENSPANNING VOOR WEGTRANSPORT	17
4 PRAKTISCHE TOEPASSINGEN OM BRANDSTOF TE BESPAREN.....	19
4.1 Drukwisselsysteem	19
4.2 Gebruik van juist vermogen.....	19
4.3 Nieuw type banden	19
4.4 Het nieuwe rijden	21
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	23
LITERATUUR.....	25

Samenvatting

Op het openteeltenbedrijf wordt het merendeel van de brandstof (diesel) verbruikt tijdens de teeltwerkzaamheden. Vooral grondbewerking en oogst vormen grote verbruiksposten. In dit rapport is informatie gebundeld over de mogelijkheden om brandstof te besparen door een juist bandengebruik.

Toenemende schaalvergroting in de landbouw leidt ertoe dat de banden van tractoren en werktuigen een steeds zwaardere last moeten dragen. Om niet onder het gewicht te bezwijken is de juiste bandenkeuze erg belangrijk. Banden op een (inefficiënte) hoge spanning leiden op de akker tot een verhoogd brandstofverbruik en bodemverdichting.

Akkers kunnen het best bereiden worden met soepele radiaalbanden op een lage druk (0.8 bar of lager) met een gewichtsverdeling van minimaal 25% op de vooras. Afhankelijk van de omstandigheden en het materieel kan de brandstofbesparing oplopen tot enkele tientallen procenten (zie samenvattende Tabel 2 in Hoofdstuk 5).

Door bedrijfsvergroting neemt het transport van materieel en product over de weg (van perceel naar bedrijf) toe. Wegtransport verlangt een hogere bandenspanning (1.6 bar of hoger) om brandstofverbruik en bandslijtage te verminderen. 6% brandstof valt te besparen door het toepassen van een optimale bandenspanning op de weg.

In Nederland komt het percentage veldgebruik bij tractoren nagenoeg overeen met het percentage weggebruik. De optimale bandenspanning op het veld wijkt nadrukkelijk af van de optimale bandenspanning in het veld. Met een drukwisselsysteem waarmee automatisch de druk in de banden kan worden gevarieerd, kan veel brandstof bespaard worden. Ook de duurzaamheid van de band (minder slijtage) verbetert daardoor.

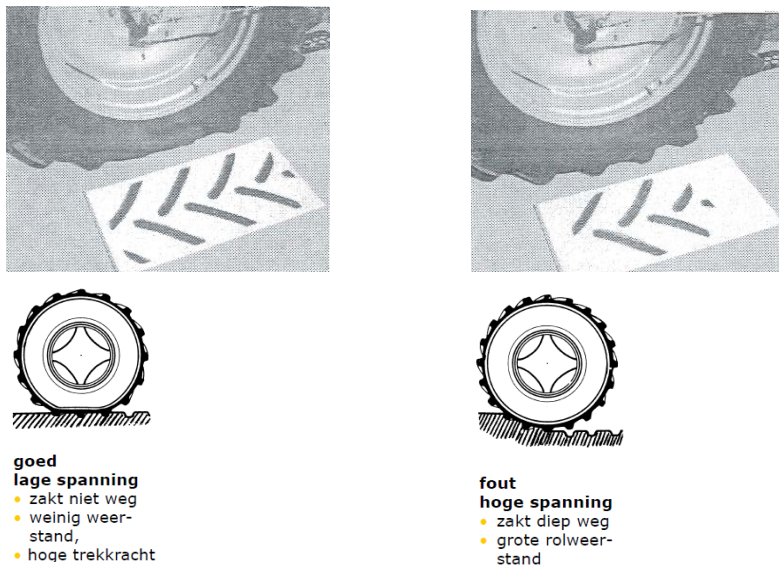
Ook het gebruik van optimaal vermogen (kies een trekker met een passend vermogen), lager motortoerental, dubbele banden, rupsbanden en banden die in de lengterichting vervormen kan het brandstofverbruik verder verminderen. Het verdient aanbeveling om dergelijke maatregelen te stimuleren.

1 Inleiding

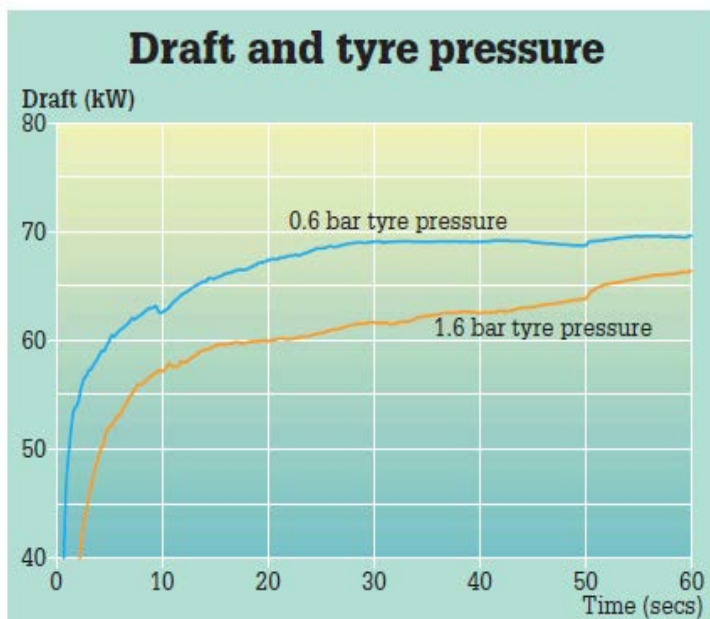
Als gevolg van schaalvergroting neemt de grootte en het gewicht van machines en tractoren toe. Om het gewicht te kunnen dragen worden de banden van werktuigen en tractoren vaak op een te hoge spanning gezet. Dit kan leiden tot een verhoogd brandstofverbruik, slijtage van de band en bodemverdichting. De stijgende mondiale brandstofprijs en de mogelijkheid dat het fiscaal voordeel voor "rode diesel" door de EU aan banden wordt gelegd, kan ervoor zorgen dat brandstof een grotere kostenpost wordt voor de landbouwsector. Manieren om brandstofkosten te verlagen, zoals het werken met de juiste bandenspanning, biedt perspectief. In deze rapportage wordt een overzicht gegeven van de effecten die een juist gekozen bandenspanning kan hebben op het terugdringen van de brandstofkosten, maar ook het verminderen van bandslijtage, het reduceren van bodemverdichting en het verminderen van milieubelasting. Daarnaast worden enkele praktische tips weergegeven om brandstof te besparen.

2 Optimale bandenspanning voor veldwerkzaamheden

De ideale bandenspanning voor werkzaamheden op de akker is een zo laag mogelijk spanning (met als ondergrens dat de band op de velg begint te trekken). Een lage bandenspanning leidt tot een groot contactoppervlak tussen de band en de grond (Figuur 1). De grip van de band op de grond neemt toe wat leidt tot een lagere wielslip. Dit heeft tot gevolg dat het vermogen van de motor beter wordt omgezet in trekkracht (Figuur 2) en rolsnelheid. Verhoogde trekkracht en snelheid leidt ertoe dat een bepaald oppervlak grond sneller bewerkt kan worden. Een snellere en efficiëntere bewerking levert een lager brandstofverbruik per oppervlak.

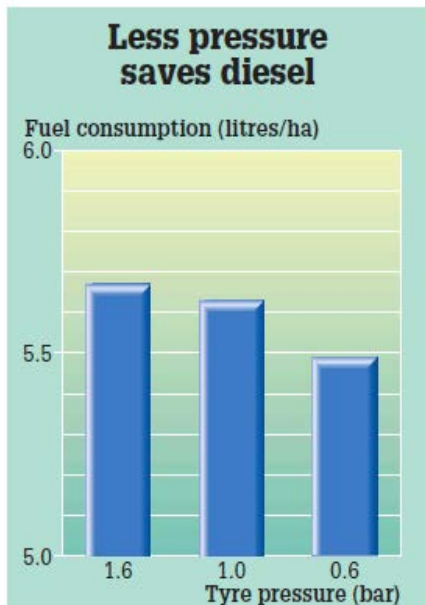


Figuur 1. Links een lage bandenspanning (0.5 bar), rechts een hoge bandenspanning (1.2 bar).



Figuur 2. Verschil in trekkracht tussen lage (0.6 bar) en hoge bandenspanning (1.6 bar) (Profi, 2005).

Figuur 3 laat zien dat een lage bandenspanning op het land kan leiden tot een lager brandstofverbruik. Profi, een internationaal agrarisch vakblad, toonde een brandstofbesparing van 3% aan door het verlagen van de bandenspanning van 1.6 naar 0.6 bar (Profi, 2005). Het onderzoek van Profi is uitgevoerd met een 140 pk sterke tractor tijdens het cultiveren met een werkbreedte van 5.7 m. De voorbanden (radiaal) hadden een breedte van 54 cm, de achterbanden (radiaal) een breedte van 65 cm.



Figuur 3. **Het dieselvebruik (l/ha) bij drie verschillende bandenspanningen (Profi, 2005).**

Een ander onderzoek toont aan dat een brandstofbesparing van 2 liter per uur is te realiseren door de bandenspanning op het land te verlagen van 1.6 naar 0.8 bar (Volk en Schnapp, 2003). De werkelijke snelheid van de tractor nam volgens het onderzoek met 20% toe. De brandstofbesparing is gemeten met een 100 pk sterke tractor met een gemiddeld verbruik van 20 liter per uur. De besparing komt overeen met een CO₂ reductie van 6.1 kg per uur.

Tijdens de Praktijkdag Suikerbuiten in 2008 bij PPO Valthermond heeft onderzoeker Volk aangetoond dat 19% brandstof te besparen valt door de bandenspanning van 1.8 bar te verlagen naar 0.8 bar (Figuur 4). De werkelijke snelheid van de tractor werd verhoogd met 14%.



Figuur 4. **De linker buis toont de overgebleven brandstof bij 0.8 bar. De rechter buis toont 19% meer brandstofverbruik bij 1.8 bar (IRS, 2008).**

Amerikaans onderzoek toont een brandstofbesparing van 6% aan door het verlagen van de bandenspanning van 1.6 naar 0.9 bar (Lancas *et al.*, 1996). Het onderzoek werd uitgevoerd met een 350 pk sterke tractor met voor- en achterbanden van 106 cm breed, tijdens het cultiveren.

De drie onderzoeken komen op verschillende besparingen uit. Dit wordt veroorzaakt door de afhankelijkheid van een aantal bepalende parameters, die verschilde tussen de onderzoeken. Parameters waaraan gedacht moet worden: bandensoort, bodemcondities en gewichtsverdeling. De invloed van dergelijke parameters op het brandstofverbruik komen in de volgende paragrafen aan bod.

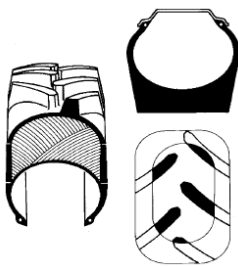
2.1 Verschil tussen bandensoorten

Tractorbanden zijn er in allerlei soorten en maten. Een belangrijk verschil is de opbouw van de band (Figuur 5). Hierin zijn twee belangrijke types te onderscheiden: de diagonaalband en de radiaalband.



Figuur 5. De opbouw van een tractor band (Vaco, 2011).

De diagonaalband bestaat uit een versterking die kruislings loopt van hiel tot hiel. Tijdens belasting veert de zijwand in, waardoor het loopvlak vervormt. Figuur 6 laat zien dat het contactoppervlak van de diagonaalband met de grond niet erg breed is (zie zwarte vlakken). Dit zal ten koste gaan van de trekkracht, resulterend in een hoger brandstofverbruik.



Figuur 6. Opbouw van de diagonaalband en bijhorende vervorming (Vaco, 2011).

De radiaalband heeft een versterking die overdwars in de band is aangebracht. Het loopvlak van een radiaalband is stabiel en breder. De overbrenging van de trekkracht is hoger dan een diagonaalband (Figuur 7). Turks onderzoek bevestigde dit. Een tractor efficiëntieverhoging van 3.4% door radiaalbanden werd aangetoond (Sümer en Sabanci, 2005). Het brandstofverbruik is door het rijden met radiaalbanden om die reden te verminderen, zo'n 3.1% volgens het onderzoek.



Figuur 7. **Opbouw van de radiaalband en bijhorende vervorming (Vaco, 2011).**

Een andere manier om brandstof te besparen is het rijden met bredere of dubbele banden. Bij dubbele banden wordt een extra paar banden aan de achteras en/of de vooras gemonteerd (Figuur 8). Het contactoppervlak tussen band en grond wordt vergroot, wat tot een betere overbrenging van het motorvermogen naar trekkracht leidt. Een brandstofbesparing van 12.8% valt te realiseren door het toevoegen van een extra paar banden aan de achteras (Sümer en Sabanci, 2005).

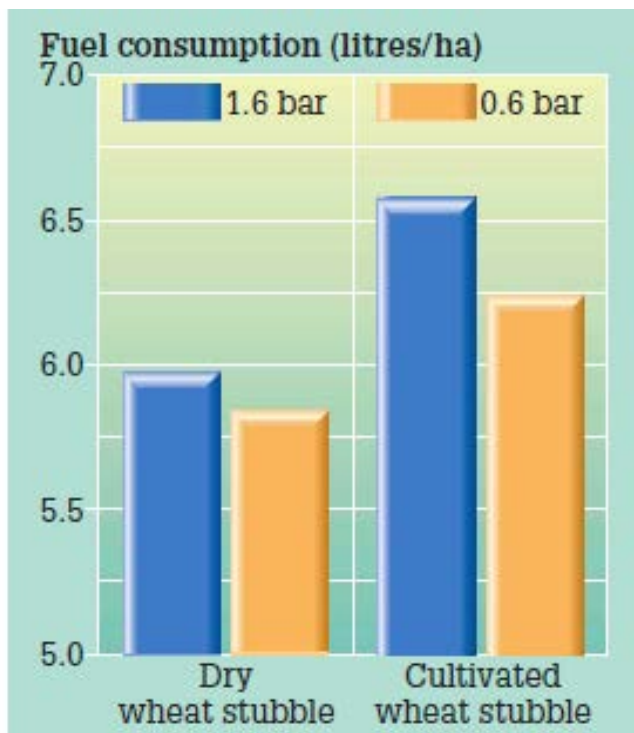


Figuur 8. **Dubbele banden aan de voor- en achteras.**

2.2 Effect van bodemcondities op het brandstofverbruik

De conditie van de bodem heeft een bepalende rol in het verband tussen bandenspanning en brandstofverbruik. Een natte ondergrond zal ertoe leiden dat een band met een hoge spanning dieper in de bodem zal wegzakken. De rolweerstand neemt hierdoor toe. Om vooruit te komen is er meer vermogen nodig om de band aan het rollen te krijgen. Een hoge bandenspanning op een natte ondergrond zal dus leiden tot een hoger brandstofverbruik (Figuur 9). Volgens Profi (2005) is deze stijging in brandstofverbruik rond de 5%. In het geval van een droge ondergrond zal een band met een hoge spanning minder diep inzakken, resulterend in een relatief lager brandstofverbruik (Figuur 9).

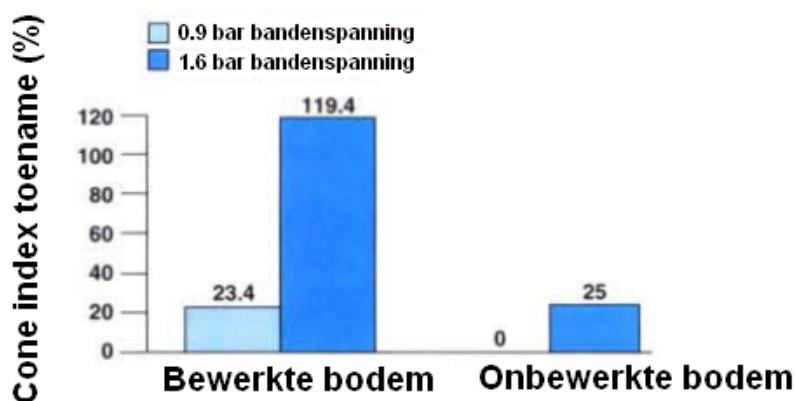
Een band met een lagere spanning zal minder diep in de bodem wegzakken, met een lagere rolweerstand en brandstofverbruik tot gevolg. Soepele radiaalbanden hebben de meeste grip tussen 0,5 en 1 bar onder natte condities.



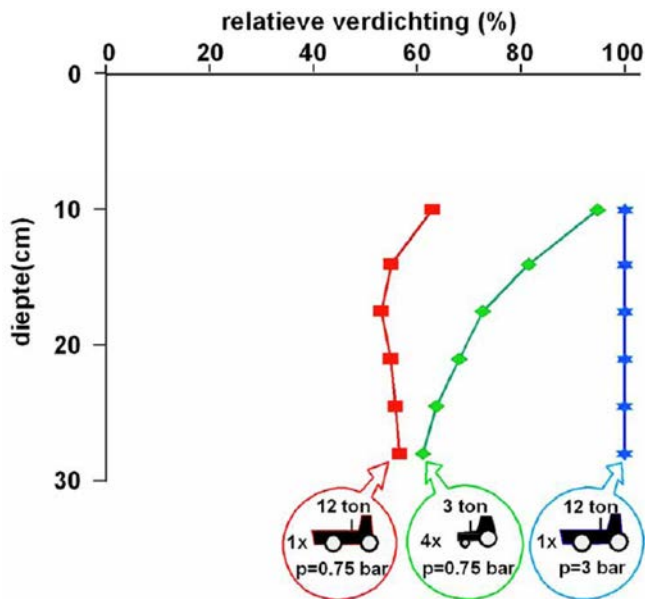
Figuur 9. De relatie tussen bodemcondities en brandstofverbruik (Profi, 2005).

Een indirect effect die ook een invloed kan hebben op het brandstofverbruik is de vorming van sporen. Banden met een hogere spanning zullen diepere sporen in het land achterlaten. Onderzoek in Duitsland (van onderzoeker Volk) toont aan dat 1 cm diepere insporing 10% meer brandstof kost. Bij bodembewerking zoals ploegen en cultiveren kan ervoor gekozen worden om de diepe sporen te verwijderen. Dit betekent dat het werktuig dieper ingesteld moet worden, wat meer vermogen van de tractor zal vragen. Meer vermogen zal uiteindelijk leiden tot een hoger brandstofverbruik. Elke cm diepere grondbewerking brengt een grondverplaatsing van 150 ton/ha teweeg.

Een vermindering van bodemkwaliteit is te verwachten bij diepere sporen, omdat de bodemlagen meer en dieper zullen verdichten. Figuur 10 laat zien dat de bodem minder doorlatend wordt en bodemlagen verdichten naarmate er gewerkt wordt met een hoge bandenspanning (1.6 bar). Op een losse bodem is dit effect extra groot. Het IRS (onderzoekscentrum voor de suikerbietenenteelt) toonde in 2007 aan dat de bodemverdichting in de bouwvoor het laagst is, als er met een bandenspanning van 0.75 bar in één enkele bewerking gereden wordt (Figuur 11).

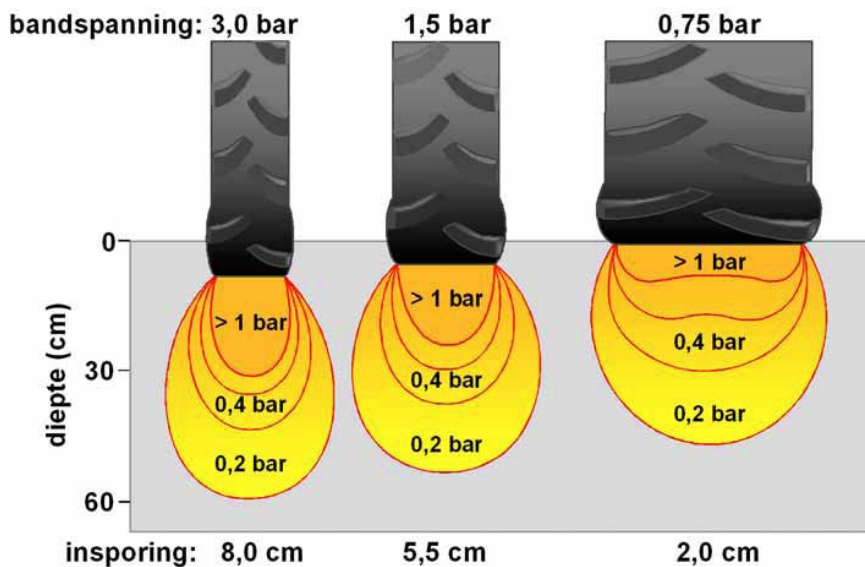


Figuur 10. Toename van bodemverdichting (cone index) uitgezet tegen lage (0.9 bar) en hoge bandenspanning (1.6 bar) (Lancas et al., 1996).

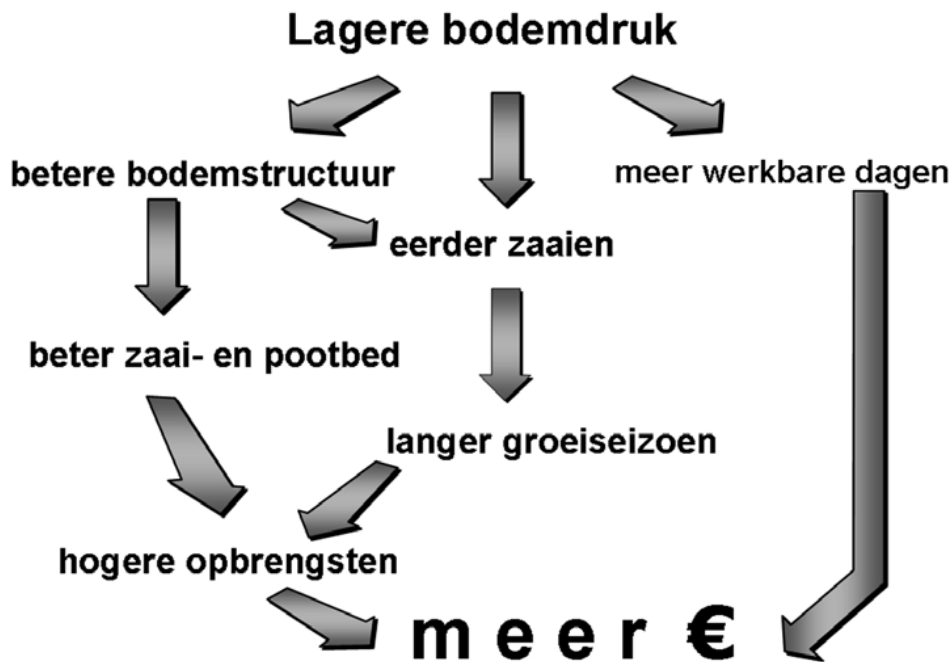


Figuur 11. **Relatieve verdichting als functie van totaal gewicht, aantal keren bewerking en bandenspanning (IRS, 2007).**

Uit Figuur 12 valt op te maken dat een hoge bandenspanning (3.0 bar) een grote druk veroorzaken diep in de bodemlagen. Dit in tegenstelling tot een lagere bandenspanning (0.75 bar) die een lagere druk minder diep in de bodem uitoefent. Een hoge bandenspanning kan op langer termijn leiden tot verminderde opbrengst door de slechte bodemcondities. In een vierjarig onderzoek van het IMAG gaf rijden op lage bandenspanning (0,4 bar in het voorjaar en 0,8 bar in de rest van het jaar) een 4% hogere opbrengst bij suikerbieten. Dit vergeleken met rijden op 0,8 bar (voorjaar) en 1,6 bar (rest van het jaar) (IRS, 2007). Figuur 13 geeft schematisch de voordelen weer van het rijden op een lage bandenspanning. Door een betere bodemstructuur en meer werkbare dagen valt het rendement te verhogen.



Figuur 12. **Drukverdeling (aangegeven in bar) van de band in de bodem (IRS, 2007).**

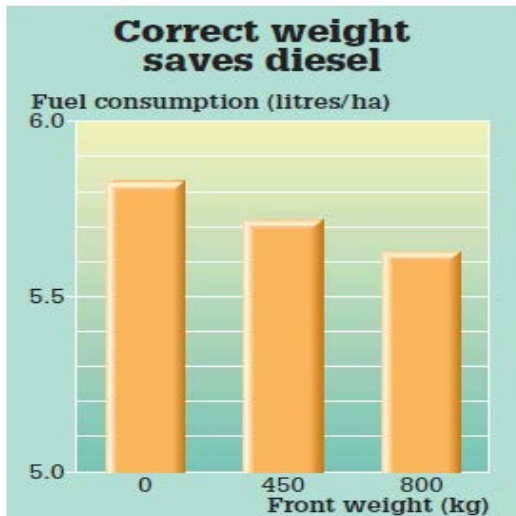


Figuur 13. De voordelen van het rijden op lage bandenspanning (IRS, 2007).

2.3 Ideale gewichtsverdeling voor verminderd brandstofverbruik

De verdeling van het gewicht van de tractor werktuig combinatie bepaalt de druk die de banden of assen uitoefenen op de bodem. Drukt het merendeel van het gewicht op de achterste as (bijvoorbeeld door een zwaar gedragen werktuig), dan is een zware druk op de bodem te verwachten. Aangezien de voorste as nauwelijks gewicht draagt, zal de zware achteras inzinken in de bodem met veel wielslip en een hoog brandstofverbruik tot gevolg. Ondanks dat de voorste banden in veel gevallen kleiner en smaller zijn dan de achterste banden (en dus minder kracht kunnen overdragen op de bodem), moet voor een optimaal brandstofverbruik minimaal 25% van het totaal gewicht op de vooras drukken. Bij een tractor van 80 pk zal ongeveer 2000 kg op de vooras moeten drukken. Het toevoegen van frontgewichten kan ervoor zorgen dat de voorste as meer gewicht gaat dragen en dus een betere gewichtsverdeling kan plaatsvinden met een lager brandstofverbruik. Profi onderzocht de invloed van frontgewichten op het brandstofverbruik bij het cultiveren (Figuur 14). Zonder frontgewichten droeg de voorste as respectievelijk een gewicht van 2630 kg (41% van het totaalgewicht) met een bijhorend brandstofverbruik van 5.8 l/ha (Profi, 2005). Door een toevoeging van 450 kg frontgewicht (48%) was het brandstofverbruik met 2% te verminderen tot 5.7 l/ha. Een totaal frontgewicht van 800 kg (54%) zorgde voor 3% brandstofbesparing met een verbruik van 5.6 l/ha.

Een vergelijking van de tractor met enerzijds 1.6 bar bandenspanning en geen frontgewicht toegevoegd en anderzijds 0.6 bar met 800 kg frontgewicht, zorgde voor een brandstofbesparing van 6% (respectievelijk 5.8 l/ha en 5.5 l/ha) (Profi, 2005). Een ideale gewichtsverdeling gecombineerd met de juiste bandenspanning kan dus veel brandstof besparen. Rekenend met een capaciteit van 6 ha/u zal dit 2 l/u brandstof besparen.



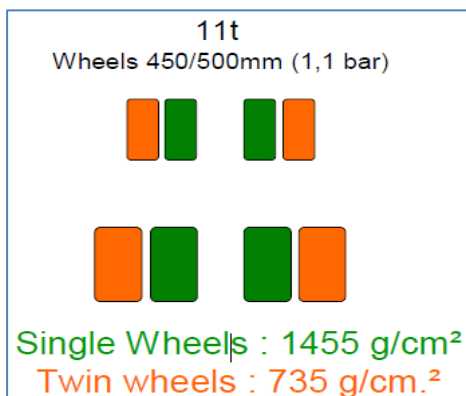
Figuur 14. Invloed van verschillende frontgewichten op de het brandstofverbruik (Profi, 2005).

In 2005 is er bij PPO Lelystad onderzoek gedaan naar het brandstofverbruik bij het ploegen van een akker (kleigrond). De testen zijn uitgevoerd met een 135 pk sterke tractor met een gedragen vijf-scharige ploeg (ploegdiepte 22 cm). De initiële gewichtsverdeling was 9400 kg op de achteras en 1500 kg op de voorste as (14%). Deze verdeling resulteerde in een wielslip van 17%. Het toevoegen van 400 kg frontgewicht zorgde ervoor dat ongeveer 25% van het totaal gewicht op de voorste as drukte, resulterend in een wielslip van 10%. Door deze betere gewichtsverdeling was het brandstofverbruik met 2.7 l/ha terug te dringen. Een soortgelijk onderzoek is in 2008 uitgevoerd bij PPO Vredepeel. Het verlagen van de bandenspanning gecombineerd met het toevoegen van (extra) frontgewichten, leverde een brandstofbesparing van 19.3% (Tabel 1).

Tabel 1. Brandstofverbruik afhankelijk van bandenspanning en toegevoegd frontgewicht (bij PPO Vredepeel).

Test	Bandenspanning voorband (bar)	Bandenspanning achterband (bar)	Frontgewicht (kg)	Relatieve wielslip (%)	Relatief brandstofverbruik (%)
1	1.6	2.0	620	100	100
2	1.6	2.0	1680	93	91.8
3	0.4	1.2	620	90	89.5
4	0.4	1.2	1680	87	80.7

In het geval van getrokken werktuigen geldt dat de verdeling en de hoeveelheid assen een invloed hebben op de verdeling van het totaal gewicht. Extra assen en banden leiden tot een betere verdeling van het gewicht (Figuur 15), waardoor er op een lagere bandenspanning gereden kan worden. In het veld zal dit leiden tot een lager brandstofverbruik en minder diepe insporing.



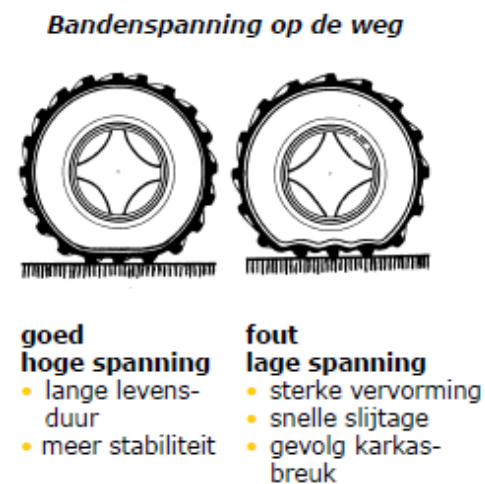
Figuur 15. Het toevoegen van extra banden leidt tot een verminderde druk op het grondoppervlak.

3 Optimale bandenspanning voor wegtransport

In tegenstelling tot veldwerkzaamheden is de ideale bandenspanning voor wegtransport een hoge spanning. Het verschil is dat de banden op de weg geen trekkracht hoeven te genereren, maar alleen horen te rollen. Een hoge bandenspanning bij transport leidt idealiter tot een lage rolweerstand, omdat het contactoppervlak tussen band en weg klein is. De banden rollen dus (met dezelfde energie) verder door. Dit houdt in dat de energie van de motor efficiënter wordt omgezet in bewegingssnelheid, resulterend in een lager brandstofverbruik.

Onderzoek uit Tsjechië toont aan dat een brandstofbesparing van 6.3% is te realiseren door de bandenspanning van een twee assige getrokken ladewagen (bandbreedte van 60 cm) te verhogen van 1.7 bar naar 2.3 bar (Novák *et al.*, 2009). Het brandstofverbruik daalde van 29.9 l/u (1.7 bar) naar 28.1 l/u (2.3 bar).

De slijtage van een band met een hoge spanning is op de weg lager dan een band op een lage spanning. Een hoge bandenspanning zorgt voor een stevigere band die minder zal vervormen. Dit in tegenstelling tot een band met een lagere spanning die op de weg meer zal vervormen en sterker zal slijten (Figuur 16).



Figuur 16. Invloed van bandenspanning bij wegtransport (Vaco, 2011).

4 Praktische toepassingen om brandstof te besparen

4.1 Drukwisselsysteem

Uit de vorige hoofdstukken blijkt dat een brandstofbesparing is te realiseren door een hoge bandenspanning toe te passen bij wegtransport en een lage spanning bij veldwerkzaamheden. Een gulden middenweg, door het rijden met gemiddelde bandenspanning (bv. 1.2 bar) is niet efficiënt, omdat er dan op zowel de weg als het veld meer brandstof wordt verbruikt. Een drukwisselsysteem biedt een oplossing, doordat er op de weg met een hoge bandenspanning kan worden gereden en eenmaal aangekomen op het veld de bandenspanning valt te verlagen.

Omdat in Nederland het percentage weggebruik bij tractoren op gemiddeld 60% ligt is een dergelijk systeem in veel gevallen rendabel (Vaco, 2011). Uit een kleine inventarisatie onder leveranciers komt naar voren dat een drukwisselsysteem op een trekker een investering vergt (incl. opbouw) van ca. € 5.000 – 7.500 voor een systeem op resp. 1 en 2 assen. Veel getrokken voertuigen kunnen ook voorzien worden van een drukwisselsysteem (denk bijv. aan mesttanks en carriers). De investering hiervoor varieert van ca. € 6.500 en 13.000 (afhankelijk van het aantal assen, wel/niet af fabriek, enz.). Het opvragen van een of meer offertes is nodig om voor de specifieke situatie een goed kostenplaatje te krijgen.

Bij aanschaf van een drukwisselsysteem kan gebruik gemaakt worden van de EIA (Energie Investerings Aftrek). Met de EIA betekent een extra aftrekpost van de fiscale winst van 41,5% van de investeringskosten. Het directe financiële voordeel is afhankelijk van het belastingpercentage; het bedraagt ongeveer 10% van de goedgekeurde investeringskosten. De EIA is een aanvulling op de 'gewone' investeringsaftrek.

Zie ook: <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energie-investeringsaftrek-eia>

Deze investering kan in heel veel gevallen terugverdiend worden door alleen al de brandstofbesparing die een optimale bandenspanning met zich meebrengt. Een trekker die gemiddeld 1 liter per draaiuur bespaart, geeft al een besparing aan brandstof van ruim € 1,- /draaiuur. Voor zowel wegtransport als veldwerk is een hogere besparing reëel. Daarnaast is de slijtage van de banden lager als de optimale bandenspanning wordt gehanteerd. Lastiger te kwantificeren is het effect van de verminderde bodembelasting en daarmee minder verdichting. Bekend is dat storende lagen en bodemverdichting een forse opbrengstreductie kunnen geven. Kortom: de investering in een drukwisselsysteem betaalt zich terug.

4.2 Gebruik van juist vermogen

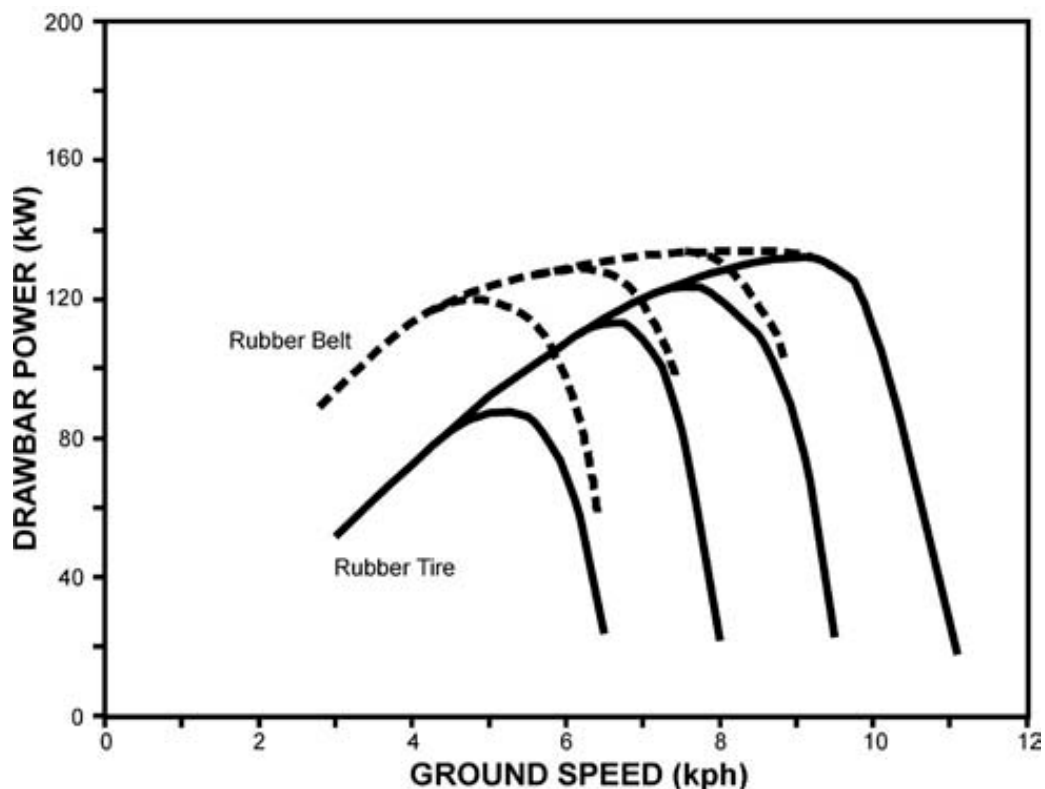
Te veel vermogen kost altijd brandstof. Daarom moet bij een bepaalde bewerking een optimaal vermogen gebruikt worden. De keuze van de juiste tractor is hierbij van belang: het maximaal vermogen van de tractor moet niet hoger zijn dan 15% van het vermogen dat voor de bewerking gevraagd wordt. Duits onderzoek laat zien dat een tractor van 90 pk optimaal belast wordt in het geval van 2.5 m breed cultiveren. Een 135 pk tractor die voor 75% wordt belast bij het cultiveren verbruikt 2 liter brandstof per uur meer (Volk en Schnapp, 2003).

4.3 Nieuw type banden

In plaats van banden kan de tractor ook uitgerust worden met rupsen. Rupsbanden vergroten het contactoppervlak tussen rups en grond, wat leidt tot een betere en efficiëntere overbrenging van vermogen naar trekkracht. Figuur 17 laat zien dat een tractor uitgerust met rupsbanden bij gelijke grondsnelheid een grotere trekkracht genereert dan een tractor op luchtbanden. Het brandstofverbruik valt door de verhoogde trekkracht te verlagen en de bodem kan worden ontzien. Een rupstractor (Figuur 18)

biedt deze voordelen, voornamelijk onder niet al te natte omstandigheden. Amerikaans onderzoek bevestigt dit, op (droog) stoppeland worden brandstofbesparingen van 1.7 en 1.8% gerealiseerd door rupsbanden (Zoz *et al.*, 1999). Het onderzoek vergeleek twee typen tractoren met enerzijds rupsbanden en anderzijds normale luchtbanden. Op nat braakliggend land werd er door de ene rupstractor 2.8% brandstof bespaart, terwijl de andere rupstractor 12.9% meer brandstof verbruikte dan zijn tegenhanger op luchtbanden (Zoz *et al.*, 1999). Kortom, de besparingen bij rupstractoren zijn afhankelijk van de bodemcondities.

Een nadeel van rupstractoren is dat bij het (kort) draaien veel grond wordt verplaatst. Om dit te verminderen kan een conventionele wieltractor uitgerust worden met vier speciaal aangeschroefde rupsen die de luchtbanden vervangen (Figuur 19). Voordeel van een wieltractor op rupsen is dat bij het draaien van een bocht de tractor met vier rupsen trekt, wat leidt tot een efficiëntere trekkracht. Een nadeel van rupsbanden is dat deze 30% sneller slijten op de weg dan luchtbanden.



Figuur 17. Trekkracht die genereert wordt afhankelijk van de grondsnelheid van een 300 pk sterke tractor (Turner, 1995).



Figuur 18. Een conventionele rupstractor.

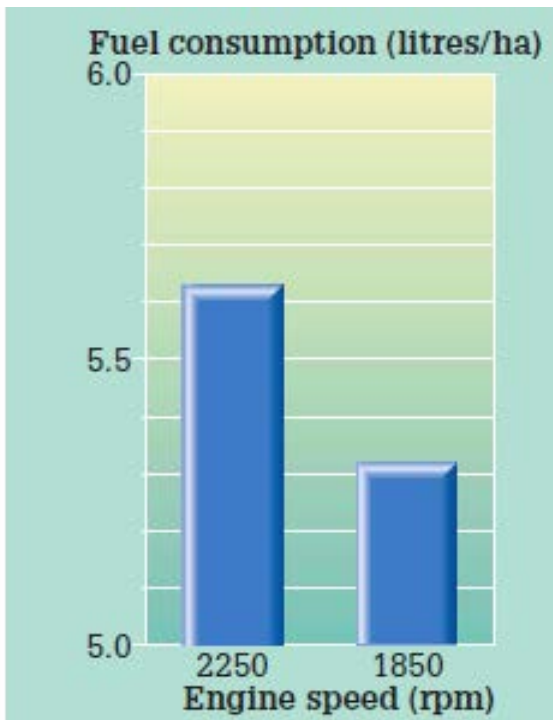


Figuur 19. Normale wieltractor uitgerust met vier aangeschroefde rupsen.

Meer rubber aan de grond betekent een betere grip en een verminderd brandstofverbruik. Het gros van de tractorbanden heeft bij een spanningsverlaging een vervorming in de breedte (zie linker plaatje Figuur 1). Een nieuw type band maakt het mogelijk de vervorming in de lengte richting (rijrichting) toe te passen ("meer nokken aan de grond"). Dit valt enigszins te vergelijken met een (deel van een) rupsband. Doordat het contactoppervlak tussen band en grond wordt vergroot, kan er brandstof worden bespaard. Volgens Michelin, fabrikant van dergelijke nieuwe banden, kan het brandstofverbruik per hectare met meer dan één liter te verminderen zijn. Er is een vergelijking uitgevoerd met een normale band (1.6 bar) en een band die in de lengte richting vervormd (Ultraflex technologie met 0.7 bar) tijdens het ploegen. Het brandstofverbruik was 12.8 l/ha voor de normale band en 11.6 l/ha voor de nieuwe band (Tyre Industry Publications, 2010). Michelin claimt overigens ook dat de nieuwe band voor zowel veldwerkzaamheden als wegtransport altijd op een lage bandenspanning te berijden is, zonder een hoger brandstofverbruik of bandslijtage. Door de vervorming in lengte richting, zal de velg niet gevaarlijk naar het wegooppervlak toe bewegen.

4.4 Het nieuwe rijden

PTC+ probeert met een praktijkprogramma genaamd "Het Nieuwe Rijden met de tractor" gebruikers bewust te maken van brandstof besparende rijstijlen. Door het motortoerental te verminderen van 2200 omwentelingen per minuut naar 1600 kan een brandstofbesparing van 17% bereikt worden (PTC+, 2011). Profi onderzocht het optimale toereengebied en het bleek dat het brandstofverbruik met 5% is te verminderen door te werken met een toerental van 1850 omwentelingen per minuut in plaats van 2250 (Figuur 20) (Profi, 2005).



Figuur 20. Brandstofverbruik als functie van het motortoerental (Profi, 2005).

5 Conclusies en aanbevelingen

Verschillende onderzoeken tonen aan dat een optimaal bandengebruik veel brandstof kan besparen (Tabel 2). Een lage bandenspanning op het veld en een hoge bandenspanning op de weg verlagen het brandstofverbruik. Een drukwisselsysteem biedt potentie, omdat op zowel de weg als op het veld een optimale bandenspanning te verkrijgen is. Het gebruik van dergelijke systemen wordt om deze reden gestimuleerd (onderdeel van Energie Investerings Aftrek). Over de levensduur van de trekker en/of aanhanger verdient de investering van dit systeem zich zeker terug.

Dit geldt ook voor de juiste bandensoort. Brede radiaalbanden, dubbele banden, rupsbanden en banden die in de lengte richting vervormen bieden een groot besparingspotentieel. Laatstgenoemde banden kunnen op dezelfde druk gereden worden in het land als op de weg, zonder toename van brandstofverbruik en bandslijtage.

Optimale gebruiksaanbevelingen kunnen de akkerbouwer bewust maken van het gebruik van een niet te hoog vermogen voor een bepaalde bewerking. Dit kan in combinatie met een lager motortoerental het brandstofverbruik verder doen verminderen, resulterend in een hogere kostenefficiëntie en lagere milieubelasting.

Tabel 2. **Alle besparingen weergegeven afhankelijk van de meetomstandigheden**

	Brandstof besparing	Ondergrond	Actie	Bron
Onderzoek 1	3%	Droog veld	Bandenspanning van 1.6 naar 0.6 bar	Profi, 2005
	5%	Nat veld		
	3%	Droog veld	Toevoegen van 800 kg frontgewicht	
	6%	Droog veld	Combinatie van bovenstaande acties	
	5%	Droog veld	Motortoerental verlagen van 2250 omwentelingen/minuut naar 1850	
Onderzoek 2	2 l/u	Droog veld	Bandenspanning van 1.6 naar 0.8 bar Gebruik van juist vermogen	Volk en Schnapp, 2003
	10%	Droog veld	1 cm minder diepe grondbewerking	
Onderzoek 3	2.7 l/ha	Nat veld	Toevoegen van 400 kg frontgewicht	PPO
	19%	Nat veld	Bandenspanning van 1.8 naar 0.8 bar	
	19.3%	Nat veld	Bandenspanning (voorband) van 1.6 naar 0.4 bar Bandenspanning (achterband) van 2.0 naar 1.2 bar Toevoegen van 1060 kg frontgewicht	
Onderzoek 4	6%	Droog veld	Bandenspanning van 1.6 naar 0.9 bar	Lancas <i>et al.</i> , 1996
Onderzoek 5	3.1%	Droog veld	Rijden met radiaalbanden	Sümer en Sabanci, 2005
	12.8%	Droog veld	Rijden met dubbele banden (aan achteras)	
Onderzoek 6	1.7 en 1.8%	Droog veld	Rijden met rupsbanden	Zoz <i>et al.</i> , 1999
	2.8% en -12.9%	Nat veld		
Onderzoek 7	9.4%	Veld en weg	Rijden met banden die in de lengte richting vervormen	Tyre Industry Publications, 2010
Onderzoek 8	17%	Veld en weg	Motortoerental verlagen van 2200 omwentelingen/minuut naar 1600	PTC+, 2011
Onderzoek 9	6.3%	Weg	Bandenspanning van ladewagen verhogen van 1.7 naar 2.3 bar	Novák <i>et al.</i> , 2009

Hoewel de onderzoeken elk een andere achtergrond hebben en de waarde en betrouwbaarheid van de onderzoeken verschilt, kan uit de veelheid van cijfers een richtlijn gedestilleerd worden, zoals verwoord in tabel 3. Hierbij wordt aangetekend dat bij het combineren van de maatregelen de genoemde percentages niet zondermeer opgeteld mogen worden. Bovendien is de brandstofbesparing sterk afhankelijk van de omstandigheden waaronder gewerkt wordt (losse bodem, natte bodem, etc.).

Tabel 3: **Overzicht van te nemen maatregelen en bijbehorend effect op brandstofbesparing.**

Maatregel	Besparing brandstofverbruik	Toelichting
Bandenkeuze trekker:	Bij werken in het veld	
- verlaging bandenspanning (van 1,6-2,0 naar 0,9-1,2 bar)	5 - 19%	Hoe losser en vochtiger de bodem, hoe hoger de besparing
- goede gewichtsverdeling over de assen van de trekker	3 – 10%	Effect hangt van combinatie trekker – bodem af
- rupsbanden	Beperkt tot negatief	Metingen variëren van 2-3% daling tot 13% stijging (bij natte bodem)
- nieuwe generatie banden met verhoogde flexibiliteit (bij verlaging druk van 1.6 naar 0,7)	Ca. 10%	Waarde van deze metingen is onzeker
- gebruik dubbellucht op achteras	Tot 10%	Meer besparing onder droge omstandigheden
Bandenkeuze getrokken voertuig:	Op weg	
- verhoging spanning van 1,7 naar 2.3 bar.	Ca. 6%	Op weg
Overige maatregelen	Bij werken in het veld	
- het nieuwe rijden	17%	Bij structurele verlaging van motortoerental van 2200 naar 1600 toeren/min.

Literatuur

IRS, 2007. Lage bandenspanning spaart bodemstructuur. IRS betatip, oktober 2007: 5 – 9.

IRS, 2008. Suikerbieten in middelpunt op praktijkdag.
<http://www.irs.nl/detail.asp?sOnderdeel=nieuws&iPaginaID=1862&frameID=3&fixedFrame=3>

Lancas K.P., S.K. Udaphyaya, M. Sime en S. Shafii, 1996. Overinflated tractor tires waste fuel, reduce productivity. California Agriculture, No. 50: 28 – 31.

Novák P., T. Šmerda en J. Cupera, 2009. Impact of semitrailer tyre pressure upon passive resistance and tractor unit operation economy. Research in Agricultural Engineering, No. 55: 129 – 135.

Profi, 2005. Diesel savings of 10%+. Profi, No. 9: 48 - 50.

PTC+, 2011. Efficiënt rijden in praktijk. NVTL studiedag 2011, open teelten 2.

Sümer S.K. en A. Sabanci, 2005. Effects of Different Tire Configurations on Tractor Performance. Turk J Agric For, No. 29: 461 – 468.

Tyre Industry Publications, 2010. Michelin Demonstrates Benefits of XeoBib's "Ultraflex Technology" at Contractor Panel. www.tyrepress.com/News/1/agricultural/20157.html

Turner R.J., 1995. Comparison of two and four track machines to rubber tire tractors in prairie soil conditions. SAE Technical paper series, 952097: 1 – 14.

Vaco vereniging voor banden en wielenbranche, 2011. Landbouwbanden.
www.miw.eu/downloads/Landbouwbanden_VACO.pdf

Volk L. en K. Schnapp, 2003. Richtige Reifenwahl ist praktizierter Bodenschutz. Mais, No. 4: 124 – 127.

Zoz, F.M., R.J. Turner, L.R Shell, 1999. Power delivery efficiency: a valid measure of belt / tire tractor performance. ASAE paper, No. 99-1034: 1 – 10.

