

11 Mechanisatie

11.1	Trekkers	11-2
	11.1.1 Motorprestaties	11-2
	11.1.2 Transmissie	11-5
	11.1.3 Automatisering in de trekker	11-6
	11.1.4 Brandstofverbruik	11-7
11.2	Landbouwbanden	11-7
	11.2.1 Bandaanduidingen	11-7
	11.2.2 Draagvermogen	11-10
	11.2.3 Bandenkeuze	11-15
11.3	Toediening van organische mest	11-16
	11.3.1 Toediening van dunne mest	11-16
	11.3.2 Technieken met verlaagde ammoniakemissie	11-18
	11.3.3 Onderwerken van dunne mest op bouw- en maïsland	11-20
	11.3.4 Mestverdeling bij emissiearm uitrijden	11-21
	11.3.5 Verspreiden van vaste mest	11-22
11.4	Kunstmest strooien	11-22
	11.4.1 Strooiers	11-22
	11.4.2 Kantstrooien	11-23
11.5	Graslandverzorging	11-24
	11.5.1 Rollen	11-25
	11.5.2 Slepen	11-25
	11.5.3 Bloten	11-26
	11.5.4 Woelen en beluchten	11-26
11.6	Beregeningssystemen	11-26
	11.6.1 Pompen	11-27
	11.6.2 Sproeiers	11-28
	11.6.3 Beveiliging	11-29
11.7	Graslandvernieuwing	11-29
	11.7.1 Herinzaaien	11-29
	11.7.2 Doorzaaien	11-31
11.8	Voederwinning	11-31
	11.8.1 Veldbewerkingen	11-31
	11.8.2 Inkuilen van voorgedroogd gras	11-34
	11.8.3 Zomerstalvoeding en summerfeeding	11-35
	11.8.4 Oogsten van snijmaïs	11-35
11.9	Ruwvoerverwerking	11-36
11.10	Verkeersvoorschriften	11-38

In dit hoofdstuk is er aandacht voor de trekker, een veelgebruikt hulpmiddel op landbouwbedrijven. Daarnaast worden de meest voorkomende werktuigen besproken, met de bijbehorende accessoires. Ook de verkeersvoorschriften en het aanvragen van ontheffingen komen aan bod.

11.1 Trekkers

Bij de trekkerkeuze speelt de bedrijfssituatie een belangrijke rol zoals bedrijfsgrootte, verkaveling, perceelsgrootte, ligging van de percelen ten opzichte van de bedrijfsgebouwen, uit te voeren werkzaamheden, aandeel loonwerk en beschikbare financiën.

11.1.1 Motorprestaties

In Nederland gelden enkele nationale eisen. Voor trekkers met een vermogen van meer dan 18 kW is een typegoedkeuring op het punt van de uitlaatgasemissie verplicht (Tier II). Trekkers moeten voldoen aan opvolgende emissiestandaarden die door de EU en de EPA (USA) worden vastgesteld. Vanaf 2014 worden de Tier 4B of Fase 4 eisen van kracht. Om te beantwoorden aan deze steeds strengere Europese normen zijn de meeste motoren voorzien van elektronische regeling van de brandstofinjectie efficiëntere koelingsystemen zoals een ventilator met regelbare schoepen, een intercooler en olie- en brandstofkoelers. Deze uitrustingen beperken de emissie van schadelijke gassen door een betere beheersing van de temperatuur. Wel vergen ze meer vermogen.

Nieuwe motoren zijn voorzien van de vier kleppen per cilinder en van injectie onder hoge druk vanuit een gemeenschappelijk common-rail. De techniek van de vier kleppen laat een betere vulling van de cilinder toe en heeft een beter rendement van de motor tot gevolg. Het Common-rail systeem vult een langwerpige vat met diesel met behulp van een pomp en verzorgt een uniforme toevoer naar de verstuivers onder hoge druk, zelfs bij laag toerental, wat een vermindering van het verbruik meebrengt. Elektronisch geregelde injectie komt meer en meer voor in de motormanagementsystemen, waarmee de motor, de transmissie en de aangekoppelde werktuigen beter op elkaar worden afgestemd.

De motor van de trekker vormt één geheel met het frame. Nieuwe trekkers worden tegenwoordig echter ook gebouwd met een frame waarin de motor is ingebouwd. De motor zorgt voor de aandrijving van de trekker. Voor een goede keus zijn een aantal begrippen van belang.

Vermogen

Het motorvermogen wordt uitgedrukt in kilowatt (kW). Het is het wettelijk verplicht om voor vermogen de eenheid kW te hanteren in plaats van paardenkracht (pk). Toch is de paardenkracht nog niet helemaal verdwenen. Daarom is het goed de verhouding tussen pk en kW te kennen:

- omrekening van kW naar pk: $kW \times 1,359$
- omrekening van pk naar kW: $pk \times 0,735$

Voor de gebruiker is het soort vermogen van de trekker belangrijk. Meestal worden verschillende vermogens gegeven, namelijk aftakas- en/of motorvermogen. Om trekkers met elkaar te vergelijken is het aftakasvermogen het beste criterium. Het nominale toerental is het toerental waarbij het maximale vermogen wordt bereikt en de reguleur net niet werkt. Belangrijker echter is het vermogen bij de gestandaardiseerde aftakas toerentallen (540, 750 en 1.000 toeren/minuut). In de veehouderij is de 540-toeren aftakas de belangrijkste factor.

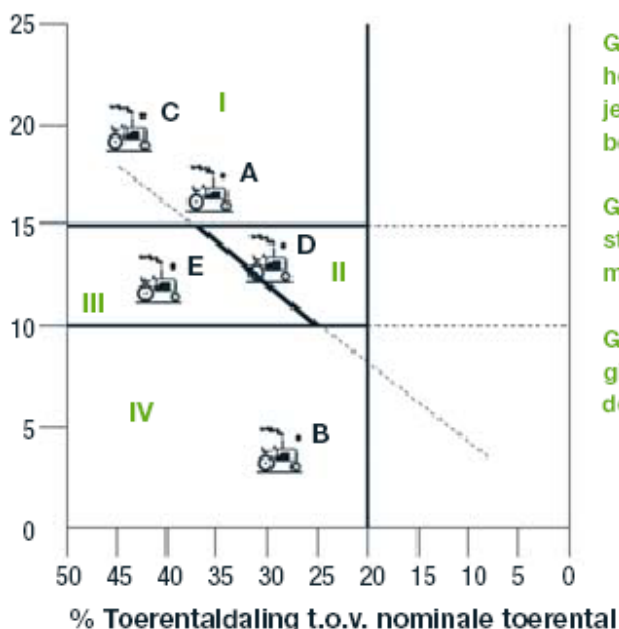
Koppel

De koppelkromme geeft informatie over het motorgedrag. Het koppel geeft de trekkracht van de trekker aan en wordt uitgedrukt in Newtonmeter (Nm). Het maximumkoppel ligt bij een lager toerental dan het maximumvermogen. Hierdoor zal de trekker bij een dalend toerental eerst nog meer trekkracht krijgen. Bij niet-aftakas gebonden werkzaamheden is terugschakelen bij toerendaling dan niet direct nodig. De relatie tussen stijging van het koppel en de hierbij behorende toerendaling wordt de stijgingsfactor genoemd. Dit is een verhoudingsgetal dat de weerstand van de motor tegen korte piekbelasting weergeeft.

Beschouw bij de beoordeling van de stijgingsfactor goed de mate van stijging van het koppel en de hoeveelheid toerendaling. In het algemeen geldt dat bij een koppelstijging van 15 procent en een hierbij behorende toerendaling van 40 procent de motor voldoende interne weerstand heeft tegen een korte piekbelasting. Dus bij een stijgingsfactor van 0,375 (0,15/0,40) of hoger heeft de motor globaal gezien voldoende interne weerstand. Hoe hoger de stijgingsfactor, des te beter de motor bestand is tegen een korte piekbelasting. Als de koppelkromme vlak loopt, heeft de motor minder weerstand tegen een afwijking van het ingestelde toerental. Het maximumkoppel wordt dan snel bereikt en de motor zal smoren als de bestuurder niet op tijd terugschakelt. In figuur 11.1 is te zien welke interpretaties bij verschillende toerendalingen en koppelstijgingen wel of niet goed zijn. In tabel 11.1 zijn de motorkarakteristieken van de trekkers uit figuur 11.1 weergegeven.

Figuur 11.1 Diagram ter beoordeling of een trekker onder plotseling zware omstandigheden hapert bij toerendaling

Koppelstijging
in %



Legenda:

Gebied I: hoge koppelstijging en hoge stijgingsfactor; motor kan goed doortrekken.

Gebied II: redelijke koppelstijging, redelijk hoge stijgingsfactor; beperkt toerentaltraject; motor kan goed doortrekken over een beperkt traject.

Gebied III: redelijke koppelstijging, lage(re) stijgingsfactor en groot toerentaltraject; motor reageert op zwaardere belasting.

Gebied IV: lage koppelstijging en lage stijgingsfactor; veel schakelen en zorgen dat de motor bij vol toerental blijft draaien.

Tabel 11.1 Motorkarakteristieken van de vijf trekkers uit figuur 11.1

Trekker	A	B	C	D	E
Maximumvermogen (kW)	42	44	46	44	41
- bijbehorend toerental (omw./minuut)	2.175	2.200	2.100	2.130	2.180
- bijbehorend koppel (Nm)	189	191	209	197	179
Maximumkoppel (Nm)	224	199	254	226	202
- bijbehorend toerental (omw./minuut)	1.466	1.600	1.210	1.550	1.400
Stijgingsfactor	0,56	0,14	0,50	0,55	0,36

Bron: [Landbouwmechanisatie](#)

Aftakas

Veel trekkers hebben één aftakasstomp, die op meerdere toerentallen te schakelen is. Vaak kan naar keuze een stomp worden gebruikt met 6 of 21 spiebanen. Daarnaast zijn er trekkers die meerdere stompen hebben, één voor elk toerental. Ze werken allemaal hetzelfde. Bij het overbrengen van grotere vermogens (60 kW en meer) is het aan te bevelen een 1.000-toeren aftakas te gebruiken. Deze kan het grotere vermogen makkelijker overbrengen dan een 540-toeren aftakas. Bij gebruik van de 540-toeren aftakas, moet de motor ook veel toeren maken. Voor werkzaamheden die niet zo veel vermogen vragen, is het mogelijk minder motortoeren te maken. Door het gebruik van de 750- of 1.000-toeren aftakas en minder motortoeren, kan het aftakastoerental toch weer op 540 toeren per minuut worden gebracht. Dit kan een behoorlijke brandstofbesparing opleveren. Het is dan wel belangrijk dat niet plotseling extra gas wordt gegeven. Een geluids- en/of lichtsignalering moet in dat geval altijd op de trekker aanwezig zijn. Werkzaamheden waarvoor dit geldt, zijn onder andere gras schudden en wiersen.

Hydrauliek

Van de hydrauliek van de trekker wordt veel gebruikgemaakt, onder andere voor de verwerking van het voer (kuilvoersnijder). De voerverwerking stelt de hoogste eisen aan de hydraulische installatie van de trekker. Dit betekent dat de hydrauliek een olieopbrengst moet hebben van minimaal 30 liter per minuut en een druk van 175 bar.

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen een open systeem, een gesloten systeem en een load-sensing systeem. Bij het *open systeem* wordt de olie continu rondgepompt, ook als er geen olie wordt gevraagd. De olie is dus continu in beweging. Wanneer er geen olie wordt gevraagd, staat het circuit niet onder druk. Bij het *gesloten systeem* of constante-druksysteem is sprake van een oliepomp met een variabel slagvolume. Dit betekent dat de pomp olie levert, afhankelijk van de hoeveelheid die gevraagd wordt. Het hele systeem staat continu onder druk, waardoor er sneller wordt gereageerd op opening van een regelschuif. Bij het *load-sensing principe* levert de pomp de hoeveelheid olie en de druk die het systeem vraagt. Het verlies aan energie (warmte) is het laagst bij het load-sensing principe.

Berekening

De werkdruk (in bar) geeft, samen met de pompcapaciteit, aan tot welke prestatie het hydraulische systeem in staat is. Het vermogen van de hydraulische installatie is te berekenen met de formule: $P = 0,1 \times \text{druk} \times \text{debiet}$ ($0,1 \text{ bar} \times \text{l/sec}$). Bij een druk van 175 bar en een pompcapaciteit van 36 l/min (= 0,6 l/sec) is het hydraulisch vermogen (P): $0,1 \times 175 \times 0,6 = 10,5 \text{ kW}$. Als bij een druk van 175 bar een cilinder met een zuigerdoorsnede van 8 cm omhoog moet worden gedrukt, wordt een kracht op de zuiger uitgeoefend van: $N = \pi \times r^2 \times \text{Pa}$. Uitgewerkt wordt dit: $N = 3,14 \times 4^2 \times 175 = 8796 \text{ daN}$ ($1 \text{ daN} = 1 \text{ kgf}$).

Bij gebruik van het hydraulisch systeem voor uitwendige functies wordt olie uit de achterbrug en/of eindaandrijving betrokken. Vaak zal dit in stationaire toestand plaatsvinden. In deze situatie is er minder aandacht nodig voor smering. Maar als de bestuurder na het heffen van de laadbak van een kipwagen de olieslang afkoppelt en vervolgens de trekker voor iets anders inzet, is een aanzienlijke hoeveelheid olie voor lange tijd *niet* beschikbaar voor de functies in de trekker.

Hefinrichting

Stem de hefinrichting van de trekker af op het werk. Het zwaarste werk op een veehouderijbedrijf is in dit geval meestal kuiluthalen met een kuilvoersnijder of kuiluthaaldoseerbak. In een trekkertest wordt het hefvermogen op twee manieren gemeten: tussen de kogels en aan een meetraam. Deze laatste bepaling is op 61 cm achter de kogels. Voor de praktijk is de meting aan het meetraam het belangrijkste. Werktuigen hangen immers ook een stukje achter de trekker. In tabel 11.2 is te zien hoe de verdeling van de hefkrachten van een trekker kan zijn. In de tabel is de reeks hefkrachten tussen de kogels en in het meetraam weergegeven. Belangrijk voor de praktijk is de hefkracht in het meetraam door het hele traject. Dit is de laagste waarde in de hele serie gemeten hefkrachten. In de tabel is dit 11.300 N voor het meetraam en 13.080 N tussen de kogels. Als de trekker hierbij van voren van de grond komt, moet de waarde worden gecorrigeerd. In dat geval is de werkelijke hefkracht door het hele traject in het meetraam 9.200 N. Niet iedere trekkerfabrikant geeft dezelfde waarde aan in de technische gegevens van de trekker.

Landbouwkundig gezien is alleen de hefkracht in het meetraam door het hele traject van belang. Voor het bestuurbaar blijven van de trekker is het belangrijk dat er voldoende druk op de vooras van de trekker rust: enkele honderden kilogrammen. Hierdoor is het soms noodzakelijk om te werken met extra gewichten aan de neus van de trekker. Om extra hefkracht te verkrijgen is het mogelijk één of twee extra hefcilinders te (laten) monteren.

Tabel 11.2 Verloop van hefkracht bij metingen

Hoogte (mm) ¹	Hefkracht (N)	
	Tussen de kogels	In meetraam ²
-382	-	16.840
-300	-	15.160
-203	13.080	-
-200	13.120	14.190
-100	14.270	13.740
0	14.910	13.520
+100	15.190	12.860
+200	15.850	11.790
+235	-	11.300
+300	16.180	-
+380	15.470	-

¹ Hoogte (in mm) van de kogels ten opzichte van de horizontale stand van de trekstangen.

² De trekker komt bij een hefkracht van 9.200 N van voren omhoog bij maximale voorasbelasting.

Besturing trekkers

Het rijden in omgekeerde richting is mogelijk met elektronica. Hierbij is een mini-stuurwiel in de linker armsteun van de stoel ingebouwd.

Het systeem om snel te keren, Fast Steer, verhoogt de gevoeligheid van het stuur. Door een enkele duimbeweging wordt van de gebruikelijke stuurmodus naar een snelle stuurmodus (joystick) overgeschakeld. Hierdoor kan de bestuurder met een kleine beweging aan het stuur de voorwielen snel tot volledige wieluitslag brengen. Deze aanvullende uitrusting is zeer nuttig bij het uitvoeren van manoeuvres op de hoofdeinden van het veld of bij het werken met een frontlader.

Met het DGPS Autotracc-systeem van automatisch sturen kan de bestuurder de trekker automatisch in een rechte lijn laten rijden. Zo kan de bestuurder zich beter concentreren op de kwaliteit van het werk. Dankzij plaatsbepaling per satelliet met een precisie van één tot tien centimeter, kan het systeem de totale werkbreedte van het aangekoppelde werktuig gebruiken en het risico op overlappingsen vermijden. DGPS-sturing wordt ook gebruikt op de rupstrekkers.

Vering

Om het comfort en de veiligheid bij het besturen te verbeteren, hebben alle merken de mogelijkheid van een actieve voorasvering. De voorasvering kan aangevuld worden met een zetel- en of cabinevering die volgens hetzelfde principe werken. Ook zijn er cabines met regelbare pneumatische vering waarmee de vering op twee manieren ingesteld kan worden. Een soepele vering voor het werk op het veld en een stugge vering voor het rijden op de weg.

Vierwielaandrijving

Trekkers met vierwielaandrijving komen steeds vaker voor in de veehouderij. Bij gebruik hiervan leveren alle trekkerwielen trekkracht. Het totale gewicht van de trekker wordt op deze manier benut. Door de zwaardere vooras is de gewichtsverdeling gunstiger. De extra trekkracht van een vierwielaangedreven trekker komt onder andere door de voorloop van de voorwielen. Op verharde wegen is het dan ook belangrijk de vierwielaandrijving uit te schakelen om extra slijtage aan banden en aandrijving te voorkomen. Op veehouderijbedrijven waar veel met een frontmaaier wordt gewerkt, is vierwielaandrijving aan te bevelen vanwege de zwaardere vooras. De vooras van een tweewielaangedreven trekker heeft in dat geval erg veel te lijden. Ook bij veel werken met een voorlader is vierwielaandrijving aan te bevelen boven tweewielaandrijving vanwege de zwaardere vooras. Door de looprichting van de voorwielen om te draaien kan achteruit een grotere kracht worden geleverd.

11.1.2 Transmissie

Trekkers beschikken standaard over een groot aantal versnellingen. Extra versnellingen in een bepaald snelheidsgebied behoren tot de mogelijkheden. In de veehouderij is het belangrijk dat er voldoende versnellingen zijn in het gebied van 5 tot 12 km per uur. De versnellingen mogen niet te dicht bij elkaar liggen of te veel overlap vertonen, want dan gaat het effect van veel versnellingen alsnog verloren. Bij te weinig versnellingen zit er een te groot snelheidsverschil tussen de versnellingen, waardoor er tijdens een werkzaamheid (bijvoorbeeld maaien) te snel of te langzaam moet worden gereden. Bij te snel rijden zal de kwaliteit van het werk minder worden (slecht maieresultaat). Te langzaam rijden betekent een sterk verminderde capaciteit. Besteed dan ook veel aandacht aan de transmissie van een trekker.

Mechanische en hydraulische rij- en aftakaskoppeling

Iedere koppelingsplaat gaat na verloop van tijd slijtage vertonen, waardoor de vrije slag kleiner wordt. Deze vrije (loze) slag moet aanwezig zijn, dus controleer regelmatig en stel deze slag zo nodig af volgens de gebruikershandleiding. Een hydraulisch bediende koppeling hoeft bij koppelingslijtage niet te worden bijgesteld vanwege het zelfnastellend effect. Controleer wel het vloeistofniveau.

Smering van de transmissie

Er zijn twee smeersystemen:

- 1 Spatsmering: de ronddraaiende delen in de olie spatten de smeerolie op om boven het olieniveau draaiende onderdelen te smeren.
- 2 Druksmering: een oliepomp zuigt gefilterde olie aan en brengt deze via een kanalenstelsel naar de te smeren onderdelen. Het olieniveau staat bij druksmering dan ook minder hoog, wat het rendement van de versnellingsbak ten goede komt.

Halfautomatische transmissies

De meeste moderne trekkers hebben transmissies die onder belasting kunnen schakelen. Bij deze systemen kan de bestuurder onder belasting een of meer keren op- of terugschakelen. In eerste instantie ging het om tweevoudige powershifts. Inmiddels is dit bij veel merken opgelopen tot viertraps-powershifts. Bij een powershift gaat het overschakelen hydraulisch of elektrisch-hydraulisch. Een niet-volledige powershift (halfautomaat) bestaat uit een conventionele versnellingsbak, met hieraan een meervoudige powershift. Powershift-transmissies zijn nodig bij werkzaamheden waarbij veel schakelen nodig is en waarbij de trekker moet blijven rijden.

Automatische transmissies

Bij een volledige powershift (automaat) is een aantal powershift-units achter elkaar geplaatst. Hierdoor kan de bestuurder onder belasting een groot aantal snelheden kiezen. De versnellingsbak is wel automatisch, maar niet traploos.

Continu variabele transmissie

Een nieuwe ontwikkeling is de traploze versnellingsbak. Deze versnellingsbak werkt met een planetair stelsel, waarbij de satellietwielen hydraulisch worden geremd bij stijgende belasting. Dit maakt een maximale belasting van de snelheid mogelijk. De transmissie met continue variatie van de snelheid is voorzien op tractoren vanaf 65 kW en is minimaal 5.000 euro duurder dan een versnellingsbak.

Wordt er veel gewerkt met een voorlader aan de trekker? Dan is het aan te bevelen de trekker te voorzien van een omkeerschakeling. Schakelen van vooruit naar achteruit is dan mogelijk zonder dat de trekker eerst volledig stil moet staan. De versnellingsbakken van trekkers zijn tegenwoordig gesynchroniseerd. Dat wil zeggen dat er onder het rijden gewoon kan worden geschakeld (zowel opschakelen als terugschakelen). Deze synchronisatie geldt bij de meeste trekkermerken alleen voor de 'normale' versnellingen. De groepen zijn niet altijd gesynchroniseerd.

Aandachtspunten

- Rijden zonder vrije slag leidt tot koppelingsslijtage.
- Een rijkoppeling die niet goed vrijkomt, kost synchromeshringen.
- Verkeerd gebruikte vloeistof voor de remmen betekent uitval.
- Te dikke versnellingsbakolie veroorzaakt zwaar schakelen.
- Een lekkage in het hydraulisch systeem van een aanbouwwerktuig betekent geen smeerolie voor de transmissie.
- Met een goed onderhouden trekker is het veilig werken.

11.1.3 Automatisering in de trekker

Elektronische hefregeling

Op steeds meer trekkers is een elektronische bediende hefinrichting standaard. Elektronica heeft als voordeel dat deze minder aan slijtage onderhevig is en dat de bediening niet meer aan een vaste plaats gebonden is. Op basis van ingestelde waarden regelt de computer de diepte van de hefarmen. De elektronische regeling gebruikt hiervoor gemeten waarden van de trekkracht en de positie van de hefarmen. In de nieuwere systemen kan de diepteregeling ook afhankelijk worden gemaakt van het percentage wielslip. Dit is mogelijk als de trekker is uitgerust met radarsnelheidsmeting.

Automatische regelingen

Een andere vorm van toegepaste elektronica op de trekker zijn de automatische regelingen. Deze systemen nemen handelingen van de bestuurder over of voorkomen onveilige werksituaties. Ze regelen zaken als:

- In- en uitschakelen van het differentieel.
- In- en uitschakelen van de vierwielaandrijving.
- Elektronisch bewaken van de versnellingsbak.
- Controle van het hydraulische systeem.
- Controle van de motor.
- De spuitcomputer voor het koppelen van snelheid en debiet.

11.1.4 Brandstofverbruik

Grote verschillen in brandstofverbruik tussen trekkers zijn vaak terug te voeren op onder andere slecht onderhoud en een verkeerde afstelling.

Tips om het brandstofverbruik te beperken:

- Controleer, reinig of vervang regelmatig de lucht-, brandstof- en oliefilters.
- Ververs de olie van de motor, de transmissie en het hydraulisch systeem op het voorgeschreven tijdstip.
- Gebruik werktuigen die bij de trekker passen en in goede staat van onderhoud verkeren.
- Zorg voor een goede afstelling van de gebruikte werktuigen. Een goed afgestelde ploeg geeft een brandstofbesparing van 10 procent ten opzichte van een verkeerd afgestelde ploeg.
- Werk met een optimale bandenspanning. Een te lage of te hoge spanning veroorzaken vollopen van de banden en daardoor extra slip.
- Differentieelsloten in achter- en/of vooras zijn effectieve hulpmiddelen bij het beperken van slip.
- Maak gebruik van de mogelijkheden van gewichtsoverdracht en gebruik hierbij frontgewichten.
- Werk niet met vol gas, maar kies een lager toerental en een hogere versnelling. Het maximumvermogen wordt meestal bereikt bij 80 procent van het maximumtoerental.

11.2 Landbouwbanden

Wieluitrustingen en banden op trekkers en werktuigen hebben tot doel:

- Het trekkervermogen met zo weinig mogelijk verlies om te zetten in beweging.
- Rijschade door insporing, grondverdichting of wielslip te beperken.
- Comfortabel met hoge snelheid te transporteren.

Voor wieluitrusting en banden bij gebruik op het land en voor transport gelden volgende eisen:

- Minimale insporing.
- Minimale bodemverdichting.
- Minimale slijtage bij wegtransport.
- Een hoog draagvermogen.
- Geen zodenbeschadiging door wielslip.
- Optimaal overbrengen van trekkracht.
- Een lange levensduur.
- Een redelijke prijs.

Gronddruk

Insporing en/of bodemverdichting treedt op als de specifieke bodemdruk van de banden in het loopvlak groter is dan de draagkracht van de grond. De draagkracht van de grond is sterk afhankelijk van grondsoort, vochtgehalte en bodemstructuur. Onder normale vochtomstandigheden blijkt een bodemdruk van minder dan 1,5 kg per cm² meestal geen blijvende schade te veroorzaken. Vuistregel: de druk van de band op de grond moet 1,05 tot 1,25 x de bandenspanning zijn. Hieruit vloeit voort dat een band geschikt moet zijn voor gebruik bij een spanning van ongeveer één bar. Daarnaast moet de constructie soepel zijn, zodat de band kan vervormen en het draagvlak op de grond toeneemt bij extra gewichtsbelasting. Vuistregel is dat de bodemdruk gehalveerd is op een diepte die gelijk is aan bandbreedte. Bredere banden hebben een dieper rijkend effect op de bodem.

Bij een frequente wisseling tussen veldwerk en wegtransport zijn luchtdrukwisselsystemen voor trekker én werktuig aan te bevelen.

11.2.1 Bandaanduidingen

Op landbouwbanden worden verschillende aanduidingen voor maat, bandsterkte, bandconstructie, maximale bandenspanning, maximaal draagvermogen en rijsnelheid aangegeven.

Maataanduidingen op banden

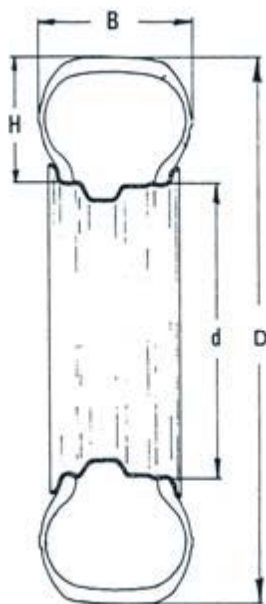
De volgende afmetingen worden gebruikt om een band in maten vast te leggen (figuur 11.2):

D = buitendiameter van de band

d = diameter van de velg of de binnendiameter van een band

B = bandbreedte of sectiebreedte

H = bandhoogte of sectiehoogte van de band

Figuur 11.2 Dwarsdoorsnede en maataanduidingen van landbouwbanden

D = de buitendiameter van de band
 d = de diameter van de velg of de binnendiameter van een band
 B = de bandbreedte
 H = de hoogte of sectiehoogte van de band

Bron: Good Year

Bandbreedte

De bandbreedte wordt aangegeven in inches of millimeters:

- 16.9 Bandbreedte is 16,9 inch ($16,9 \times 2,54 \text{ cm} = 43 \text{ cm}$). Bandbreedte en sectiehoogte zijn gelijk.
 15.5/55 Bandbreedte is $15,5 \times 2,54 = 39,5 \text{ cm}$. Sectiehoogte is 55 procent van de bandbreedte.
 400/60 Bandbreedte is 400 mm. Sectiehoogte is 60 procent van de bandbreedte.

Bandhoogte

De bandhoogte is bij de meeste banden niet direct af te lezen uit de maataanduiding. Alleen bij terratyres en vliegtuigbanden wordt een aanduiding op de band vermeld, bijvoorbeeld 66 x 43,00 - 25 of 1.700 x 1.100 - 635. Met het eerste getal (66 inch of 1.700 mm) wordt hier de totale bandhoogte aangegeven. In de meeste maataanduidingen staat als laatste getal de velgdiameter aangegeven in inch of millimeter. De totale bandhoogte is dan te benaderen door bij de velgdiameter twee keer de sectiehoogte op te tellen. De sectiehoogte is af te leiden uit de bandbreedteaanduiding. Zonder vermelding is de sectiehoogte gelijk aan de bandbreedte. Soms is de sectiehoogte kleiner dan de bandbreedte. Dit wordt in procenten aangegeven.

Voorbeeld

Maataanduiding op de band: 15.5/55-17. De sectiehoogte is hier 55 procent van 15,5 inch, dus 21,6 cm. De velgdiameter is 17 inch of 43,2 cm. De totale bandhoogte is dan 86,4 cm.

Radiaal/diagonaal

Een band kan een radiale of diagonale constructie van het karkas hebben. Een radiale constructie is sterk, soepel en slijtvast. Een diagonaalband is stugger en vervormt minder. Alleen diagonaalbanden met weinig koordlagen zijn soepel en geschikt voor gebruik bij lage spanning. De slijtage neemt dan echter sterk toe, vooral bij hoge rijksnelheden. Radiaalbanden hebben de aanduiding R tussen de bandbreedte en velgdiameter, bijvoorbeeld 16.9R38 of de aanduiding X achter de velgdiameter. Diagonaalbanden hebben een - tussen bandhoogte en velgdiameter, bijvoorbeeld 15.5/55-17.

Constructie en drukverdeling bij de diagonaal en radiaalband (Good Year)

Diagonaal (Cross-ply)	Radiaal (Radial-ply)
Constructie	
Simpel Gemakkelijk te herstellen	Modern
Contactoppervlak	
Ronde vorm Ongelijke drukverdeling Hoge bodemverdichting	Vierkante vorm Gelijkmatige drukverdeling Minder insporing
Prestatie	
Veelzijdig Robuust Weerstand tegen lekkage Lage rolweerstand Lange levensduur Goed comfort Duurzaam Gelijkmatige slijtage	Uitstekende tractie Goede stabiliteit

Bandsterkte

Op de meeste diagonaalbanden staat de sterkte nog aangegeven in *ply rating (PR)*. De PR geeft de sterkte aan in koordlagen. Soepele diagonaalbanden hebben een PR van 8, 10, 12 of 14. Volgens Europese richtlijnen (ETRTO) wordt op radiaalbanden de nieuwe notatie vermeld. Achter de maataanduiding is de maximale bandenspanning, de belastingsindex en het snelheidssymbool vermeld. De belastingsindex is een maat voor het draagvermogen bij maximale snelheid, het snelheidssymbool een maat voor de maximale snelheid, en het aantal sterren is een maat voor de maximale bandenspanning. De referentiewaarden staan vermeld in de tabellen 11.3, 11.4 en 11.5.

Tabel 11.3 Steraanduidingen voor maximale bandenspanning

Aantal sterren	Maximale bandenspanning (bar)
*	1,6
**	2,4
***	3,2

Tabel 11.4 Belastings- of draagvermogensindex in cijfercodes

Draagvermogensindex	Draagvermogen (kg)
100	800
110	1.060
120	1.400
130	1.900
140	2.500
150	3.350
160	4.500
170	6.000
180	8.000

Tabel 11.5 Snelheidssymbool of *speed symbol*

Snelheidssymbool	Maximale snelheid (km/uur)
A2	10
A3	15
A4	20
A5	25
A6	30
A7	35
A8	40
B	50
C	60

*Voorbeeld 1***16.9 R 34 * 139 A8**

16.9	Bandbreedte 16,9 inch (circa 43 cm)
R	Radiaal
34	Velgdiameter 34 inch (circa 86 cm)
*	Trekkerachterband, maximale bandspanning 1,6 bar
139	Draagvermogensindex, maximale belasting 2.430 kg
A8	Maximale snelheid 40 km per uur

*Voorbeeld 2***650/65 R 38 * 157 A8 157 B**

650	Bandbreedte 650 mm)
65	Sectiehoogte 65% van 650 mm = 422.5 mm
R	Radiaal
38	Velgdiameter 38 inch (circa 97 cm)
*	
157	Draagvermogensindex, maximale belasting 4.125 kg bij:
A8	Maximale snelheid 40 km per uur
157	Draagvermogensindex, maximale belasting 4.125 kg bij:
B	Maximale snelheid 50 km per uur

11.2.2 Draagvermogen

Het draagvermogen van een band is vooral afhankelijk van bandbreedte, bandenspanning en rijsnelheid. Een bijbehorende factor is de stijfheid van het karkas. Bij elk merk en type band behoort een draagvermogenstabel ofwel bandenspanningstabel. Hieruit is af te lezen wat de draagkracht van de band is bij verschillende bandenspanningen. Voor minimale berijdingsschade moet de band bij een spanning van circa één bar voldoende draagkracht hebben. Als banden zijn gemonteerd op een tandemas zonder sturing, treden er in bochten extra wringkrachten op. Ga daarom bij de bandenkeuze voor een star tandemonderstel uit van de draagkracht van drie banden, hoewel er vier zijn gemonteerd. Tabel 11.6 en tabel 11.7 geven van een aantal veel toegepaste banden de draagvermogens. De trekkerbanden in de 65-, 70- en 75- serie worden het meest aan nieuwe trekkers gemonteerd. Technische gegevens en draagvermogens van deze banden zijn op te vragen bij de bandenleverancier.

Tabel 11.6 Afmetingen en draagvermogens¹ van aangedreven trekkerbanden

Type/maataanduiding	Loadindex snelheidssymbool	Bandhoogte (cm)	Bandbreedte (cm)	Draagvermogen (kg) bij een spanning van .. bar							Spanning voor wegtransport	
				0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6		
Aangedreven trekkervoorbanden												
11.2 R 24	114 A8	110	28	775	840	880	910	980	1.080	1.180	2,0	
12.4 R 24	119 A8	115	32	900	980	1.020	1.055	1.130	1.145	1.360	2,0	
12.4 R 28	121 A8	125	32	950	1.030	1.070	1.115	1.200	1.325	1.450	2,0	
13.6 R 28	123 A8	125	35	1.000	1.090	1.140	1.185	1.275	1.415	1.550	2,0	
14.9 R 28	128 A8	135	38	1.150	1.260	1.310	1.365	1.475	1.640	1.800	2,0	
16.9 R 28	136 A8	142	43	1.450	1.580	1.650	1.710	1.845	2.045	2.240	2,0	
Aangedreven trekkerachterbanden												
12.4 R 36	124 A8	145	32	1.030	1.130	1.170	1.220	1.315	1.460	1.600	2,0	
13.6 R 38	128 A8	155	35	1.150	1.260	1.310	1.365	1.435	1.595	1.755	2,0	
16.9 R 34	139 A8	158	43	1.600	1.740	1.810	1.875	2.015	2.225	2.430	2,0	
16.9 R 38	141 A8	168	43	1.700	1.850	1.920	1.995	2.140	2.355	2.575	2,0	
18.4 R 34	144 A8	165	47	1.850	2.010	2.090	2.165	2.325	2.565	2.800	2,0	
18.3 R 38	146 A8	175	47	1.950	2.130	2.210	2.300	2.475	2.740	3.000	2,0	
20.8 R 38	153 A8	182	53	2.360	2.580	2.680	2.790	3.005	3.330	3.650	2,0	
24.5 R 32	159 A8	180	62	2.800	3.060	3.190	3.325	3.590	3.980	4.375	2,0	
30.5 LR 32	167 A8	182	78	3.550	3.870	4.030	4.185	4.500	4.975	5.450	2,0	
710/75 R 34	165 B	193	71	3.570	3.910	4.080	4.250	4.590	5.095	5.600	2,0	

¹ Draagvermogen bij een rijsnelheid van maximaal 40 km/uur als indicatie. Per merk en type zijn afwijkingen mogelijk.

Tabel 11.7 Afmetingen en draagvermogens van trekkervoorbanden en werktuigbanden

Type/ maataanduiding	Bandhoogte (mm)	Band- breedte (mm)	Snelheid (km/uur)	Draagvermogen bij een spanning van .. bar								Maximum spanning (bar)	Draag- vermogen (kg)
				0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5		
Niet-aangedreven trekkervoorbanden													
7.50-18	455	555	30		370	455	555	605	655	705	750	3,7	945
9.00-16	890	260	30		535	620	700	765	830	900	960	3,9	1.245
9.00 R 16	860	253	30		930	1.080	1.230	1.380	1.530	1.680	1.835	5,0	3.360
10.0/75-15.3	765	265	30		705	795	880	960	1.040	1.120	1.190	3,0	1.360
10.00-16	890	270	30		620	715	805	885	965	1.040	1.120	2,8	1.190
10.50 R 16	710	266	30		600	700	805	910	1.015	1.115	1.220	5,0	2.250
11.00-16	970	310	30		800	890	975	1.060	1.145	1.235	1.320	2,5	1.320
11.00 R 16	920	281	30				1.435	1.605	1.775	1.945	2.115	5,0	3.815
11.5/80-15.3	867	290	30		930	1.050	1.170	1.290	1.410	1.500	1.590	3,8	2.010
Kleinere werktuigbanden voor o.a. opraapwagens													
15.5/55-17	870	390	30		1.150	1.290	1.425	1.565	1.700	1.835	1.960	3,5	2.480
335/65 R 18 X	890	320	30		1.300	1.430	1.560	1.690	1.825	1.960	2.090	5,0	3.300
335/65 R 18 X	890	320	40		1.085	1.200	1.310	1.420	1.535	1.650	1.760	5,0	2.800
400/60-15.5	875	405	HLV 30	1.160	1.310	1.480	1.645	1.810	1.980	2.110	2.240	3,5	2.745
500/55-15.5	944	500	HLV 30			2.120	2.390	2.605	2.920			2,8	3.435
19.0/45-17 ¹	850	480	30				1.680	1.840	1.980	2.120		3,0	2.550
19.0/45-17	850	480	30		1.510	1.710	1.915	2.095	2.270	2.430	2.585	3,0	2.875
500/50-17	940	500	30		1.820	2.060	2.300	2.580	2.725			2,8	3.280

Tabel 11.7 Afmetingen en draagvermogens van trekkervoorbanden en werktuigbanden (*vervolg*)

Type/ maataanduiding	Bandhoogte (mm)	Bandbreedte (mm)	Snelheid (km/uur)	Draagvermogen bij een spanning van .. bar								Maximum spanning (bar)	Draag- vermogen (kg)	
				0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5			
Werktuigbanden voor o.a. mengmesttanks														
16.0/70-20	1.070	410	30	1.765	2.010	2.200	2.425	2.645	2.830	3.015		3,5	3.620	
19.5 R 20 ¹	1.060	475	40	1.240	1.460	1.730	2.000	2.280	2.555	2.835	3.110	4,0	4.700	
19.5 R 20 ¹	1.060	475	30	1.460	1.680	1.950	2.220	2.500	2.780	3.060	3.335	4,0	5.000	
500/50-26.5	1.270	500	HLV	30	2.365	2.695	3.070	3.420	3.740	4.050	4.330	4.610	3,2	5.330
20.0/70-508	1.220	508		30	2.620	2.990	3.325	3.640	3.935	4.215			3,5	5.060
525/65 R 20.5 ¹	1.150	520		30	1.600	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000	3,2	6.000
525/65 R 20.5 ¹	1.150	520		40	1.320	1.660	2.080	2.500	2.920	3.335	3.750	4.165	3,2	5.000
21.0/80 x 20	1.360	520		30	2.940	3.350	3.800	4.250	4.650	5.025	5.385		2,3	5.455
550/60 x 22.5	1.230	550		30	2.590	2.955	3.350	3.745	4.085	4.430			2,1	4.550
600/55-26.5	1.350	600	HLV	30	3.060	3.490	3.975	4.425	4.870	5.235	5.610	5.965	3,0	6.635
23.1-26	1.580	587		40		2.860	3.400	3.875	4.340				1,9	4.695
24 R 20.5 ¹	1.260	600		30	2.540	2.940	3.440	3.940	4.440	4.940	5.440	5.940	4,0	8.500
24 R 20.5 ¹	1.260	600		40	2.100	2.440	2.860	3.280	3.700	4.115	4.535	4.955	4,0	8.100
24-20.5 ¹	1.392	615		30	3.190	3.640	4.095	4.550	5.005	5.460	5.860		2,4	610
24-20.5 ¹	1.392	615		40	3.010	3.445	3.880	4.310	4.740	5.170	5.555		2,4	5.770
700/50-26.5	1.360	700	HLV	30	3.710	4.200	4.780	5.345	5.840				1,9	6.155
800/45-30.5	1.500	800	HLV	30	4.490	5.115	5.845	6.490	7.100	7.675	8.225	8.750	2,8	9.350
850/50-30.5	1.650	850	HLV	30	5.540	6.310	7.190	8.000	8.750	9.470			2,0	9.470
66 x 43.00-25	1.689	052	HLV	16	5.810	6.400	7.120	7.860	8.590	9.325	10.050	10.780	3,2	12.160
66 x 44.00-25	1.689	1.117	HLV	16	6.000	6.600	7.350	8.100	8.850	9.600	10.350	11.100	2,8	11.700
73 x 44.00-32	1.864	1.097	HLV	16	6.770	7.450	8.300	9.150	10.000	10.850	11.700	12.550	2,8	13.230

¹Tubeless

HLV = werkzaamheden met variabele belasting (bijvoorbeeld mesttanks) waarmee maximaal 1,5 km met volle belasting wordt gereden en de belasting minimaal 60 procent van de maximaal toelaatbare belasting is.



De gegevens op de band vertellen alles wat u moet weten.

Voorloop

Om bij vierwielaandrijving slijtage te beperken, goed te kunnen sturen en toch het maximale trekeffect te krijgen, moeten de voorbanden een iets langere weg afleggen dan de achterbanden. Deze verhouding tussen toerental van vooras en achteras is een vaststaand gegeven. De overbrengingsverhouding staat in de handleiding bij de trekker of is verkrijgbaar bij de tractordealer of importeur. Volgens tractorfabrikanten moet het voorlooperpercentage liggen tussen 0 en 6 procent. Banden met dezelfde maten kunnen een verschillende afrolomtrek hebben. De afrolomtrek is de afstand die een band aflegt in één omwenteling. De formule om het voorlooperpercentage te berekenen is als volgt:

Voorlooperpercentage = ((Afolomtrek vóór x overbrengingsverhouding) – afrolomtrek achter) x 100 / afrolomtrek achter

Rijsnelheid

Naarmate de rijsnelheid toeneemt, neemt het draagvermogen van een band af. Hogere snelheden en/of overmatige belasting veroorzaken veel vervormingen van de band. Dit veroorzaakt extra warmte. Deze warmte moet worden afgevoerd om overmatige slijtage en stukgaan van de bandconstructie te voorkomen. Bij zware belasting en hoge rijsnelheden kan de warmte niet snel genoeg worden afgevoerd. In de meeste draagvermogenstabellen staat het draagvermogen aangegeven bij een rijsnelheid van 40 of 50 km/uur. Bij een lagere rijsnelheid en/of een sterk wisselende belasting mag het draagvermogen van de band worden verhoogd. Raadpleeg hiervoor de informatie van de fabrikant. Algemene vuistregel: per 5 km per uur lagere rijsnelheid neemt het draagvermogen met 5 tot 10 procent toe.

Profiel

Voor grasland heeft een vlakke band met ronde schouders en een laagnokkig profiel de voorkeur (De schouders zijn de overgang van loopvlakprofiel naar de zijflanken van de band). Banden met een langspriefiel blijven beter in het spoor en maken een directe besturing mogelijk. Banden met een dwarsprofiel blijven beter doorrollen, waardoor spoorvorming en versmeren van de toplaag worden voorkomen. Vanwege de besturing hebben niet-aangedreven trekkervoorwielen bij voorkeur een combinatie van een vlak langspriefiel met licht dwarsprofiel. Werktuigbanden zijn meestal uitgerust met een geribbeld langspriefiel (AW-profiel) of een laagnokkig dwarsprofiel. De schouders van deze banden moeten vloeiend rond zijn om scherpe insnijdingen in de zode te voorkomen.

Wiel- en ondersteluitrustingen

De keuze van onderstelconstructie van een werktuig hangt nauw samen met:

- De beschikbare ruimte voor de banden.
- De noodzaak van meersporigheid.
- De draagvlakverdeling van de wielen.
- Het draagvermogen van de banden met beperkte hoogte.
- Het aandeel transport- en veldwerk.

Mogelijke onderstelconstructies zijn:

- enkelassig, tweewielig
- enkelassig, dubbellucht
- tweeassig
- tandem, schommelend
- tandem, spoorvolgend/gestuurd
- pendelas
- achtwielig onderstel

Enkelassige onderstellen hebben geen wringingskrachten in bochten en zijn relatief goedkoop. Beperkingen van deze onderstellen zijn de hoge aslasten, het springeffect bij wegtransport met hoge belasting en de hoge bandenspanning. Daarnaast zijn de grote maten banden relatief duur. Onder opraapwagens is door de beperkte ruimte de bandhoogte het meest beperkt.

Onderstellen met tandemassen lopen rustiger bij wegtransport met grotere snelheid. Bij starre tandemassen treedt wringing en overbelasting van de banden op als er scherpe bochten worden gemaakt. Op een harde ondergrond veroorzaakt dit extra slijtage. Op grasland bestaat een groot risico van zodenbeschadiging.

Pendelassen of spoorvolgende of gestuurde tandemassen veroorzaken geen schade door wringing. Bij een pendelas zijn de wielen naast elkaar geplaatst en per twee wielen scharnierend aan het frame van het werktuig gemonteerd. Dit geeft een goede verdeling van het gewicht over de breedte van het werktuig, waardoor minder spoorvorming optreedt.

Achtwielige onderstellen zijn geschikt voor grote opraapwagens, die onder natte omstandigheden moeten worden gebruikt. Een dergelijk onderstel is een combinatie van tandem- en pendelassen. Met deze constructie is het mogelijk om bij geringe ruimte onder de laadvloer toch gebruik te maken van een lage bandenspanning.

11.2.3 Bandenkeuze

Uitgangspunten bij de keuze van een band zijn:

- Het gewicht waarmee de band wordt belast.
- De gewenste bandenspanning tijdens gebruik.
- De rijsnelheid tijdens wegtransport.
- Gebruiksintensiteit en slijtagegevoeligheid.
- Wiel- en onderstelconstructie van trekker en werktuig.
- Het profiel.
- De prijs.

Stappen bij bandenkeuze

- 1 Stel eerst het maximale gewicht van trekker en werktuig in beladen toestand vast. Houd hierbij rekening met de gewichtsoverdracht van het werktuig op de trekker.
- 2 Bepaal de gewenste bandenspanning. Bij overwegend gebruik op het veld is een bandenspanning van maximaal één bar gewenst.
- 3 Bepaal de normale maximale rijsnelheid bij het wegtransport. Veel trekkers hebben een maximale rijsnelheid van circa 40 km per uur. Raadpleeg de draagvermogenstabellen bij de maximaal voorkomende rijsnelheid.
- 4 Schat de gebruiksintensiteit en het aandeel wegtransport in. Gebruiksintensiteit, slijtage en prijs hangen nauw samen. Bij een hoge gebruiksintensiteit is niet de prijs, maar vooral de levensduur van belang.
- 5 Bepaal de meest geschikte onderstelconstructie. Stem de keuze van de onderstelconstructie af op draagvermogens van de banden en de specifieke toepassingseisen.
- 6 Zoek op basis van de hiervoor vastgesteld specifieke eisen in de draagvermogenstabellen op welke bandenmaten in de betreffende situatie toepasbaar zijn.
- 7 Bepaal vervolgens welk profiel het best toepasbaar is in de betreffende situatie.

Band en veiligheid

- Gebruik altijd het juiste montagegereedschap, aangegeven door de bandenleveranciers.
- Verwijder altijd het binnenventiel en laat de band leeglopen voordat eraan gewerkt wordt.
- Gebruik altijd nieuwe ventielen en binnenbanden bij nieuwe banden.
- Smeer de band goed in met goedgekeurd montagevet. Gebruik nooit antivries, siliconen of oliebevattende smeermiddelen.
- Gebruik altijd een verlengslang met meter en klemnippel, zodat de monteur op afstand kan staan terwijl de band wordt opgepompt en wordt beschermd door een goedgekeurde veiligheidskooi.
- Pomp bij montage nooit meer spanning dan 2,5 bar (35psi), wanneer de hielen zich zetten. Zitten de hielen bij 2,5 bar niet goed op hun plaats? Dan de band leeg laten lopen, opnieuw invetten, op de velg plaatsen en oppompen. Wacht tot de hielen zich hebben gezet en breng de band op de aanbevolen spanning.

11.3 Toediening van organische mest

Regels voor het toedienen van mest op gras en bouwland staan onder andere vermeld in het Besluit gebruik meststoffen en in het Lozingenbesluit open teelt en veehouderij. Hierin staan de eisen om de ammoniakemissie en stankoverlast te verminderen en de mest nauwkeurig te doseren en te verdelen. Vooral deze eisen bepalen de ontwikkeling en de toepassingsmogelijkheden van de verschillende technieken. [De Europese nitraatrichtlijn](#) stelt grenzen aan de hoeveelheid mest die op het land mag worden gebracht. Daarom worden gebruiksregels regelmatig aangepast.

De belangrijkste uitgangspunten bij toediening van mest zijn:

- Het minimaliseren van verliezen aan meststoffen door uit- en afspoeling of vervluchtiging.
- Het optimaliseren van de benutting van de aanwezige mineralen in de mest.

Beide uitgangspunten moet leiden tot een optimale voerproductie met een lage milieubelasting tegen aanvaardbare kosten.

Algemene toedieningseisen

De volgende eisen worden gesteld aan de technieken en werkmethoden voor mesttoediening:

- Toediening van mest vlak vóór of in het groeiseizoen (februari-augustus).
- Homogene samenstelling van de mest.
- Gelijkmatische verdeling van de mest over de percelen.
- Nauwkeurige dosering, afgestemd op het bemestingsplan.
- Minimale zodenbeschadiging en/of besmeuring en bedekking van het gras.
- Emissiearme toediening: minimale ammoniakvervluchtiging en stank.
- Geen berijdingsschade door insporing, bodemverdichting of wielslip.
- Zo laag mogelijke kosten.

11.3.1 Toediening van dunne mest

Het bovengronds verspreiden van dunne mest op grasland en bouwland is - op een enkele uitzondering na - *niet* toegestaan. Informatie over het gebruik en uitrijden van meststoffen leest u op de site www.rvo.nl > [mest](#) > [mest uitrijden en gebruiken](#).

Dunne mest wordt voornamelijk verspreid met mesttanks (vacuümesttank of pomptankwagen) die voorzien zijn van bemesters (zodinjectie-, zodenbemesting-, sleufkouter- of sleepvoetbemester). In het voorjaar wordt de mest ook wel getransporteerd met het sleepslangstelsel. Dan is er ook nog de drijfmestrijenbemesting. Alleen op klei- en veengrasland mag dunne mest nog tot 1 januari 2019 *op* de grond worden aangebracht met sleepvoet, in andere situaties uitsluitend *in* de grond.

Vacuümesttanks

Bij een vacuümesttank zorgt de opgebouwde luchtpomp voor de benodigde onderdruk in de tank om de mest op te zuigen en onder druk te verspreiden. De vulcapaciteit is afhankelijk van de opvoerhoogte, de dikte van de mest, de weerstand in de aanzuigleiding en de vacuümhoogte in de tank. Normaal bedraagt de onderdruk ongeveer 0,8 bar en heeft de aanzuigslang een diameter van 6 duim (= circa 15,2 cm). Voor een hogere vulcapaciteit en zeer dikke mest worden 8-duims aanzuigslangen toegepast. Vanwege het hoge gewicht zijn deze alleen met mechanische hulp te hanteren.

De benodigde pompcapaciteit moet voldoende zijn om de tank bij het verspreiden op druk te houden en is afhankelijk van de benodigde druk en de uitstroomsnelheid. De uitstroomsnelheid moet constant zijn en is

afhankelijk van de druk, de grootte van de uitstroomopening en de mate waarin de afsluiter is geopend. Uitstroomsnelheid, mestgift en werkbreedte bepalen de werksnelheid. Als richtlijn voor het benodigd trekvermogen wordt 7,35 kW (10 pk) per 1.000 liter tankinhoud aangehouden.

Voor het doseren van de mestgift is aanpassing van de rijsnelheid de meest toegepaste methode. Een nauwkeurige dosering is moeilijk en sterk afhankelijk van de ervaring van de bestuurder. Verhoging of verlaging van de druk is een redelijke mogelijkheid, wanneer de dikte van de mest gelijk blijft. De meest nauwkeurige regeling werkt met een doorstroommeter en een regelventiel.

Pomptankwagens

Pomptankwagens zijn voor het vullen en legen meestal voorzien van een worm- of draaizuigerpomp. In sommige situaties wordt een centrifugaalpomp toegepast. Om vlot te werken hebben zelfaanzuigende verdringerpompen de voorkeur.

Pomptankwagens hebben de volgende gebruiksmogelijkheden:

- Mest uit de mestopslag opzuigen en in de tankwagen pompen.
- Overpompen van mest van een mestkelder naar een andere mestopslag.
- Mengen van de mest in de opslag door rondpompen via een spuitroersysteem.
- Mengen van de mest in de tankwagen door rondpompen.
- Rijdend verspreiden van de mest uit de tankwagen.
- Verspreiden van (verdunde) mest via beregeningsapparatuur.

Wormpompen

Wormpompen bestaan uit een wormvormige rotor die ronddraait in een holle stator van rubber of kunststof. Afhankelijk van het statormateriaal levert de pomp een druk van 5 tot 15 bar. Naarmate harder statormateriaal wordt toegepast, kunnen hogere drukken worden bereikt, maar neemt de storingsgevoeligheid door harde scherpe verontreinigingen in de mest toe. Wormpompen zijn leverbaar in capaciteiten van 30 tot 500 m³ per uur.

Draaizuigerpompen

Draaizuigerpompen zijn zelfaanzuigende verdringerpompen met twee tegen elkaar indraaiende, achtvormige rotoren. De capaciteit is afhankelijk van het aantal en de diameter van de rotors en varieert van 10 tot 450 m³ per uur, met een druk van 3 tot 12 bar.

Worm- en draagzuigerpompen zijn gevoeliger voor harde scherpe voorwerpen en drooglopen dan centrifugaalpompen. Belangrijkste voordelen van beide eerstgenoemde pompen zijn de hoge druk (circa 12 bar) bij relatief weinig aandrijfvermogen, de constante pompopbrengst bij hoge tegendruk bij alle mestsoorten, en de meervoudige gebruiksmogelijkheden.

Centrifugaalpompen

Op pomptankwagens worden centrifugaalpompen weinig toegepast, omdat de meeste pompen niet zelfaanzuigend zijn. In combinatie met een vacuümpomp voor het vullen van de tank is een centrifugaalpomp echter een goede mogelijkheid. Deze pomp dient er dan voor om de mest onder hogere druk (2 tot 3 bar) te verspreiden. Dit geeft een fijnere verdeling. Centrifugaalpompen bestaan uit een pomphuis waarin een waaier met hoge snelheid ronddraait en de mest wegslingert. Afhankelijk van het type varieert de druk van 1 tot 10 bar. Naarmate de tegendruk hoger wordt, neemt de capaciteit af en het vermogen toe. De capaciteit van centrifugaalpompen varieert van 50 tot 500 m³ per uur.

Voor het overpompen van mest is een capaciteit van 120 m³ per uur voldoende. De capaciteit voor gebruik bij een rondpompstelsel is afhankelijk van de grootte van de opslag, maar bedraagt minimaal 200 m³ per uur.

Doseringsregelingen

Bij pomptankwagens met verdringerpompen worden de volgende doseringsregelingen toegepast:

- Aanpassing van het aftakstoerental en de rijsnelheid. Dit is het eenvoudigst, maar niet erg nauwkeurig. Het vraagt veel ervaring.
- Een instelbaar regelventiel met by-passregeling in combinatie met rijsnelheid.
- Een vertragsbak tussen aftakasaandrijving en pomp in combinatie met rijsnelheid. Dit is een redelijk nauwkeurige regeling, die relatief gemakkelijk instelbaar is en weinig vermogen vraagt.
- Een traploos instelbare hydraulische aandrijving van de pomp in combinatie met rijsnelheid. Deze redelijk nauwkeurig regeling is gemakkelijk instelbaar, maar vraagt relatief veel vermogen.
- Een traploos regelbare hydraulische aandrijving van de pomp in combinatie met rijsnelheidsmeting. Deze regeling is het meest nauwkeurig, maar vraagt een hoge investering.

11.3.2 Technieken met verlaagde ammoniakemissie

In onderstaande tabel staat de ammoniakemissie bij verschillende toedieningstechnieken.

Tabel 11.8 Ammoniakemissie uit rundveemest bij verschillende toedieningstechnieken op grasland en bouwland

Mesttoedieningstechniek	Ammoniakemissie [% van de totaal ammonium stikstof (TAN)]
Drijfmest op grasland	
- Sleepvoet en sleepslang	26
- Sleufkouter	22,5
- Zodenbemester/injectie	19
Drijfmest op bouwland	
- Onderwerken 1 werkgang	22
- Onderwerken 2 werkgangen	46
- Mestinjectie bouwland	2
Vaste mest op grasland en bouwland	
- Oppervlakkig	100

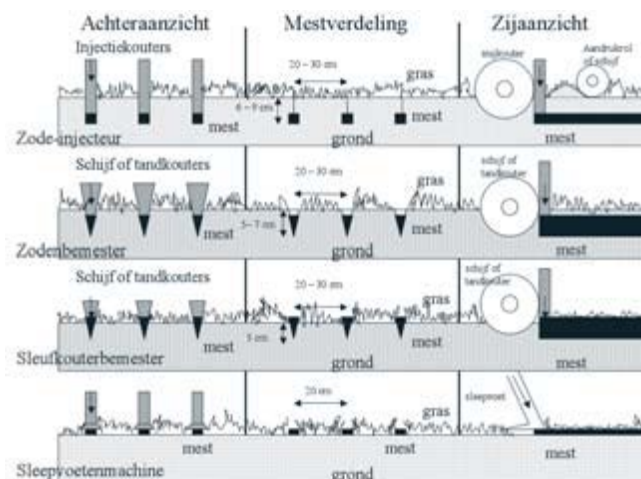
Bron: [Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest in 2011, WOT-rapport 330](#).

Omstandigheden als weer, bodemtype en bodemtoestand hebben een grote invloed op de emissie. Bij warm weer is de emissie in het algemeen hoger. Het effect van emissiearme technieken kan door deze aspecten kleiner zijn dan verwacht. Bij verdeling van het mestvolume over een groter areaal en een groter aantal giften kan de gesommeerde emissie hoog zijn in vergelijking met een klein aantal grote giften op een beperkt areaal.

Toediening van dunne mest op grasland

Figuur 11.3 is een schematische weergave van de mestverdeling bij emissiearme mesttoedieningstechnieken op grasland.

Figuur 11.3 Mestverdeling bij emissiearme mesttoedieningstechnieken op grasland



Zodeninjectie

Bij zodeninjectie wordt de mest via injectiekouters op 5 tot 9 cm diepte in de grond gebracht. Na het inbrengen van de mest drukken schijven of aandrukwieltjes de sleufjes weer dicht. De geur- en ammoniakemissie zijn hierdoor nagenoeg nihil. Voor elke injectiekouter is een vlakke of bolle taps toelopende schijf gemonteerd, die de zode doorsnijdt. De injectietanden hebben aan de onderzijde geen ganzenvoeten. Voor een aanvaardbare verdeling mag de onderlinge afstand tussen de tanden niet groter zijn dan circa 30 cm. Bij smalle kouters is de beschadiging van de zode minimaal. Onder droge omstandigheden is het risico van verdrogings schade hierdoor aanzienlijk kleiner dan bij mestinjectie, maar groter dan bij zodenbemesting. De nauwe injectietanden zijn gevoelig voor verstopping. Storingen zijn te beperken door verontreinigingen in de mest te voorkomen, de mest kort voor uitrijden goed te mengen en een snijfiltersysteem te gebruiken. Door de hoge trekkrachtbehoefte van 20 tot 25 kW per meter werkbreedte en het probleem van droogteschade is zodeninjectie grotendeels verdrongen door zoden- en sleufkouterbemesting.

Zodenbemesting

De zodenbemester brengt de mest in sleufjes van 5 tot 7 cm diep in de grond. De rijafstand tussen de elementen is 20 tot 28 cm. De mestgift is circa 20 m³ per hectare. Een hogere gift vergroot de kans op kopziekteproblemen bij weiden van het vee. Op de meeste percelen wordt twee of drie keer een mestgift van circa 20 m³ per hectare gegeven: een eerste gift in maart, een tweede gift in mei/juni en eventueel een derde gift in augustus. Op zandgrond en lichte kleigrond zijn de zodenbeschadiging en het risico van verdrogingschade zeer klein. Het gras wordt nauwelijks besmeurd. Dit biedt veel ruimere mogelijkheden voor mesttoediening in de zomer. Voor zodenbemesting is een trekkracht nodig van 15 tot 20 kW per meter werkbreedte.

Sleufkouterbemesting

Onderdelen van een sleufkoutermachine lichten het gras op of drukken het zijdelings weg. Vervolgens maken ze een sleufje in de zode. Afhankelijk van de bodemomstandigheden en de afstelling van de machine wordt de mest in de sleufjes gebracht of ook gedeeltelijk tussen het gras op de grond naast de sleufjes. Bij toepassing in gras dat langer is dan 10 cm, valt het opgelichte gras weer over de meststrookjes, zodat deze grotendeels zijn afgedekt. In vergelijking met zodenbemesting zijn de sleufjes minder diep. In vergelijking met sleepvoetbemesting worden de meststrookjes beter tussen het gras op de grond gebracht. Dit geldt ook bij een dichte graszode en in de rijsporen. Doordat de mest gedeeltelijk in de sleufjes is gebracht, trekt deze sneller de grond in en drogen de sleufranden niet uit. Er is weinig kans dat het gras met mest wordt besmeurd of dat de meststrookjes met het gras omhoog groeien. Ook het gevaar dat de kleine sleufjes opentrekken, is klein. Dit geldt ook voor zware kleigrond en matig ontwaterde veengrond. Sleufkouterbemers zijn leverbaar in werkbreedten van 4 tot 10,4 meter.

Sleepvoetbemesting

Bij sleepvoetbemesting lichten sleepvoeten het gras op en brengen ze de mest tussen het gras op de grond. Het systeem werkt optimaal bij een grashoogte van 8 tot 12 cm. Beperk de mestgift wel tot 10 of 15 m³ per hectare. Sleepvoetbemers zijn leverbaar in werkbreedten van 5 tot 10 meter. Het trekvermogen voor een tankwagen van 6 m³ bij 5 meter werkbreedte bedraagt circa 50 kW. Doordat niet in de grond wordt gesneden, kan geen schade ontstaan door opentrekken van sleuven en verdroging van de sleufranden.

De belangrijkste voordelen van sleepvoetbemesting zijn:

- Het grasland is zowel in het voorjaar als in de zomer te bemesten met dierlijke mest zonder schade door bedekken of verbranden van gras.
- Het gras wordt nauwelijks besmeurd, zodat het vee na korte tijd het perceel weer kan beweiden (met uitzondering van de rijsporen).
- Door de lichte constructie en de lage trekkrachtbehoefte is het risico van rij schade gering.
- Een hoge capaciteit en relatief lage kosten zijn mogelijk door een grote werkbreedte en hoge werksnelheid.

N.B. Het toedienen van mest met de sleepvoetenbemester heeft een hogere emissiefactor dan zodenbemesten en is daarom vanaf 2019 niet langer toegestaan, tenzij er een methode wordt gevonden waarbij de ammoniakemissie voldoende wordt gereduceerd. Mest in de grond brengen met een zodenbemester als alternatief voor de sleepvoetenbemester is niet altijd een goede optie voor klei- en veengronden. Op veengrond kan snijden in de grond problemen veroorzaken met de draagkracht en op kleigrond is het onder droge bodemomstandigheden niet altijd mogelijk om de mest goed in de grond te brengen. Daarom wordt in het door [ZuivelNL](#) medegefinancierde project '[Mesttoediening 2.0 sleepvoetenmachine mest verdunnen en borging](#)' onderzoek uitgevoerd met de sleepvoetenmachine waarbij de mest met water wordt verdund.

Uit de resultaten blijkt dat door het aanwenden van met water verdunde runderdrijfmest met een sleepvoetenmachine de ammoniakemissie tot wel 40% kan verminderen. De daarmee gespaarde ammoniakstikstof leidt tot een extra stikstofopname van het gras, en bij sterke verdunning tot een aantoonbaar hogere opbrengst. (Bron: [Minder ammoniakemissie met verdunde mest, en beperkt hogere grasopbrengst](#)).

Mesttransport met sleepslangen

Het inzetten van een sleepslangensysteem in het voorjaar is een goede methode van bemesten op gronden met zeer lage draagkracht, zoals veen. Hiermee is het mogelijk om dierlijke mest vroeger op het land te krijgen dan met andere methoden. De grasgroei komt vervolgens eerder op gang en is er minder beschadiging van de zode. Met dit systeem is in korte tijd veel mest uit te rijden. Het kan bij grote hoeveelheden mest op de huiskavel concurreren met tankvervoer. Het voordeel van aanvoer met sleepslangen zit in de zeer brede bemesters (12 tot 15 meter) en de continue bemesting, waardoor een capaciteit van 100 tot 150 m³ per uur mogelijk is.



*Sleepvoetmachine.
Mestinjectie op grasland komt de laatste jaren vrijwel niet meer voor. Veehouders zijn geleidelijk overgegaan op zogenoemde tweedegeratietechnieken, zoals zodenbemesting en werken met de sleepvoetmachine. Deze laatste mag u op zand- en lössgrond niet meer gebruiken!*

11.3.3 Onderwerken van dunne mest op bouw- en maïsland

Volgens wettelijke voorschriften moet dunne mest op bouwland in één werkgang worden ondergewerkt om de ammoniakemissie zo veel mogelijk te beperken.

Mestinjectie

Het in één werkgang uitrijden en direct in de grond inbrengen van de mest is mogelijk met bouwlandinjecteurs. In de meeste gevallen wordt op een bestaand grondbewerkingswerktuig een verdeler gebouwd met slangen die uitmonden bij de tanden of schijven.

Tabel 11.9 geeft een grove indicatie van de capaciteit, investeringen en kosten van emissiearme toedieningstechnieken.

Tabel 11.9 Indicatie van capaciteit, investeringen en kosten van verschillende methoden van emissiearme aanwending op een gemengd veehouderijbedrijf¹

Werktuig	Eigen mechanisatie			Loonwerk		
	Investering (€)	Capaciteit per uur	Kosten (€/m ³)	Investering (€)	Capaciteit per uur	Kosten (€/m ³)
Mestinjectie						
6 m ³ , 3 m, 60 kW trekker	19.000	15 - 18 m ³	5 - 6,5			
10 m ³ , 5 m, 100 KW trekker				46.000	25 - 35 m ³	2 - 3
20 m ³ , 8 m, 150 KW trekker				65.000	40 - 50 m ³	2 - 3
Sleepslangaanvoersysteem inclusief bemester						
10 m ³ , 15 m, 2 x 100 KW trekker				100.000	100 - 150 m ³	2 - 3

¹ Een veehouderijbedrijf met 400 m³ mest op maïsland en 800 m³ mest op grasland. Mestgift op maïsland 50 m³ per hectare

Drijfmestrijenbemesting

Een nieuwe ontwikkeling is drijfmestrijenbemesting en maïs zaaien in één werkgang met een mesttank of met sleepslangen. Traditioneel wordt in het voorjaar op maïsland 35 tot 45 m³ drijfmest volvelds geïnjecteerd plus kunstmest in de rij bij het zaaien. Bij het drijfmestrijenbemestingssysteem wordt alleen 30 tot 35 m³ drijfmest aangewend.

Filter- en snijvoorzieningen

Bij emissiearme mesttoedieningstechnieken wordt gewerkt met nauwe uitstroomopeningen. Deze zijn gevoelig voor verstopping met stroresten, kuilresten en andere verontreinigingen in de mest. Voorkom verontreinigingen in de mest en meng de mest goed vlak voor het uitrijden. Daarnaast is in de meeste situaties een stenenvanger met snij- of filterinstallatie in de aanzuigslang van de tank gewenst. Voor het opvangen van stenen wordt de aanzuigslang gekoppeld aan een grote opvangbak. Door de vertraagde meststroom zakken de stenen naar de bodem van de bak. Daarna wordt de mest door een zeef met roterende messen of een roterende cilinder met gaten en tegenmessen gezogen. Zo worden de meeste stro- en kuilresten voldoende versneden.

Werkmethoden en capaciteit

Bij mesttoediening is de capaciteit sterk afhankelijk van de grootte van de werktuigen. Ook de vorm en grootte van de percelen en de bereikbaarheid van de mestopslag hebben hier een grote invloed op. Uit het oogpunt van capaciteit en kosten werken loonwerkers meestal met een tank van 15 tot 20 m³ met bemesters tot 9 meter breed. Maar ook mestaanvoer met sleepslangen is sterk in opkomst. Met tanks en sleepslangaanvoer wordt zowel het transport naar het perceel als het bemesten uitgevoerd. Gebruik van brede lagedrukbanden met een lage bandenspanning (ongeveer één bar) is nodig om schade door insporing en grondverdichting te voorkomen. Een lage bandenspanning beperkt wel de transportsnelheid op de weg. Dit probleem is te ondervangen met een luchtdrukwisselsysteem. Dit wordt veel toegepast op driewielige zelfrijdende bemesters en zeswielige getrokken tanks. Ook werken met een tussenopslag of het sleeplangenaanvoersysteem is een optie. Dit maakt het mogelijk op het veld met lage bandenspanning te werken en een hoge uurcapaciteit te halen met de zodenbemester. Bij een transportafstand van meer dan 2,5 kilometer is een systeem met een tussenopslag op het kopeinde van het perceel en een aparte tankwagen voor de aanvoer van de mest vaak het goedkoopst. Een kleinere tank van 6 m³ met een zodenbemester van 3 meter vraagt een lagere investering. De capaciteit is echter beperkt, vooral bij grotere transportafstanden. Tabel 1.10 geeft een overzicht van de gemiddelde vermogensbehoefte, mestgift en capaciteit van verschillende emissiearme toedieningstechnieken op grasland.

Tabel 11.10 Gemiddelde vermogensbehoefte en capaciteit bij verschillende methoden van emissiearme mesttoediening

Systeem	Tankinhoud (m ³)	Werkbreedte (m ³)	Gemiddelde mestgift (m ³ /ha)	Benodigd vermogen (kW)	Gemiddelde cap. 500 m transport (m ³ /uur)
Zodinjectie	6	3	25	65	15
	10	4,5	25	110	30
Zodenbemesting	6	3	15-20	60	18
	10	5,5	15-20	100	35
Sleepvoetsysteem	6	5	-	45	20
	10	8	-	65	40
Sleepslangen inclusief bemester		12	15-30	100	100

11.3.4 Mestverdeling bij emissiearm uitrijden

Voor een optimale benutting van de meststoffen moet de mest regelmatig worden verdeeld over de breedte en lengte. Voor gebruik van spreidapparatuur op gras- en bouwland gelden specifieke eisen voor het verdeelsysteem.

Verdelingseisen bij grasland

Regelmatige breedteverdeling: dit is afhankelijk van het verdeelsysteem. Regelmatige lengteverdeling: met een pomptankwagen is dit gemakkelijker te realiseren dan met een vacuümtank.

Verdelingseisen bij bouwland

Door de eenmalige toediening zijn mestgiften op bouwland groter dan op grasland en gelden er hoge eisen voor de breedteverdeling. Daarom wordt bij mestaanwending op bouw- en maïsland hoofdzakelijk gelet op deze breedteverdeling.

Kengetallen verdelingsregelmaat

Verdeel de mest gelijkmatig over het veld voor een optimale benutting van de meststoffen. Stel dus hoge eisen aan de verdelingsregelmaat. Twee belangrijke kengetallen voor de verdelingsregelmaat zijn de variatiecoëfficiënt en de maximale afwijking. De variatiecoëfficiënt is een maat voor de regelmatigheid van het spreidbeeld. Tabel 11.11 geeft de relatie aan tussen de variatiecoëfficiënt en de beoordeling van de verdeling. Bij een goede variatiecoëfficiënt is het echter toch mogelijk dat op enkele plaatsen grote afwijkingen voorkomen van de gemiddelde mestgift. De maximale afwijking mag niet groter zijn dan 30 procent.

Tabel 11.11 Relatie tussen variatiecoëfficiënt en beoordeling van de verdeling

Variatiecoëfficiënt	Verdeling
< 10	Uitstekend
10 - 15	Goed
15 - 20	Voldoende
20 - 25	Aanvaardbaar
25 - 30	Onvoldoende
> 30	Slecht

11.3.5 Verspreiden van vaste mest

De meest gebruikte typen strooiers voor het verspreiden van vaste mest zijn:

- Een loswagen met strooihaspels.
- Een loswagen met doseerwalsen en horizontale strooischijven.
- Een zijwaarts lossende, cilindervormige bak met roterende as en kettingen.

Bij loswagens met een spreidmechanisme aan de achterzijde brengen twee of meer bodemkettingen met meenemers de mest naar de achterzijde van de wagen. De snelheid van de bodemketting, de rijsnelheid en de werkbreedte bepalen de dosering per hectare. Bij horizontale strooihaspels of strooiwalsen wordt de mest maar iets (circa 2 meter) breder verspreid dan de wagen. Verticale strooihaspels verspreiden de mest vanaf de achterzijde van de loswagen over een breedte van 6 tot 8 meter. Voor een regelmatige verdeling moeten de strooibanen elkaar overlappen. Stalmeststrooiers met doseerwalsen en strooischijven hebben een spreidbreedte van 8 tot 18 meter. De doseerwalsen verkleinen de grove mestbrokken, zodat de mest via de strooischijven fijn wordt verdeeld.

Meteen na het verspreiden moet vaste mest op bouwland (in een 2^e werkgang) worden ingewerkt. Meer informatie leest u op de site www.rvo.nl > [mest](#) > [mest uitrijden en gebruiken](#).

11.4 Kunstmest strooien

Voor een goede bemesting moeten de meststoffen op het juiste tijdstip en in de juiste hoeveelheid worden toegediend. Hierbij is een gelijkmatige verdeling van de mest van belang. In de praktijk zijn vaak strooibanen in het gewas zichtbaar door een ongelijkmatige verdeling. Door de lagere kunstmestgiften in de veehouderij verdient het aanbeveling zo nauwkeurig en gelijkmatig mogelijk te strooien. Ook het milieu is hierbij gebaat, want te veel stikstof strooien betekent dat de overtollige stikstof kan uitspoelen. Diverse factoren spelen hierbij een rol: het type strooier, de aard van de meststof, de weersomstandigheden tijdens het strooien, de afstelling, de staat van onderhoud van de strooier, enzovoort.

11.4.1 Strooiers

Veehouders kunnen kiezen uit kunstmeststrooiers met een vaste strooi- en werkbreedte (onder andere een pneumatische strooier) en kunstmeststrooiers met een variabele strooi- en werkbreedte (de pendelstrooier en de centrifugaalstrooier).

Centrifugaalstrooier

Een centrifugaalstrooier is uitgerust met een of twee strooischijven. Deze schijven zijn voorzien van schoepen om de kunstmest mee te nemen. De werkbreedte is onder andere afhankelijk van het toerental van de schoepen. Bij eenschijfsstrooiers is het moeilijk om een symmetrisch strooibeeld te krijgen, doordat de kunstmest niet midden op de schijf valt. Tweeschijfsstrooiers hebben wel een symmetrisch strooibeeld en strooien nauwkeuriger.

Pendelstrooier

Een pendelstrooier heeft een pijp die horizontaal heen en weer beweegt. Hierdoor krijgt de kunstmest zijn snelheid. De pendelende beweging zorgt voor het breedwerpig verspreiden van de kunstmest. De strooibreedte is onder andere afhankelijk van de pijplengte, de aandrijfsnelheid en de lengte van de slag. Voor het verstrooien van poedervormige meststoffen moet een speciaal windscherm worden gebruikt.

Een kunstmeststrooier kan worden aangebouwd in de hefinrichting of als getrokken kunstmeststrooier worden uitgevoerd. Aanbouwstrooiers zijn stabiel, gemakkelijk te bedienen en hebben een goede wendbaarheid en een lage vulhoogte. Getrokken strooiers zijn vaak in gebruik als de bakinhoud van een aanbouwstrooier ontoereikend is. De gewichtsverdeling is bij een getrokken strooier gunstiger. Het hefvermogen van de trekker is geen beperkende factor.

Strooierkeuze

De grootte van de strooier is in de weidebouw afhankelijk van de perceelsgrootte, die weer afhangt van het aantal koeien en het gehanteerde beweidingssysteem. Ook het aantal percelen op afstand speelt een rol. Een bakinhoud van 1.000 tot 1.200 liter is meestal ruim voldoende.

Belangrijke aandachtspunten bij de aanschaf van een strooier zijn:

- *Verdeelnauwkeurigheid.* De verdeelnauwkeurigheid van een kunstmeststrooier wordt uitgedrukt in de variatiecoëfficiënt (VC). De VC wordt gemeten op een testbaan (al dan niet uitgezet in het land) en geeft de gelijkmatigheid van de verdeling weer in procenten. Naast de VC is de maximale afwijking (dmax) van belang. Deze afwijking moet kleiner zijn dan 30 procent. Zie voor een vergelijking van de VC-waarde tabel 11.12.
- *Mogelijkheid voor een afdraairoef.* Een afdraairoef moet eigenlijk kunnen plaatsvinden zonder demontage van onderdelen. De afdraairoef dient ter controle van de ingestelde kunstmestgift.
- *Vulhoogte.* Voor het vullen van de strooier wordt vaak een kunstmestsilo gebruikt. De ruimte hieronder is beperkt. Bij gebruik van losse zakken moet de hoogte zodanig zijn, dat niet er te hoog hoeft te worden getild. Een voorziening om de hoeveelheid in de bak af te lezen is onontbeerlijk.
- *Eenvoudige bediening en onderhoud.* De bediening van de kunstmeststrooier moet eenvoudig en makkelijk zijn en de onderdelen moeten corrosiearm zijn (roestvast staal). Dit geldt zeker wanneer de strooier frequent wordt gebruikt. Kies voor een Nederlandstalige handleiding, waarin duidelijk en eenvoudig staat aangegeven hoe de strooier moet worden afgesteld voor het gewenste resultaat. Voor het onderhoud moeten de smeernippels makkelijk te bereiken zijn. Alle plekken in de strooier moeten even simpel schoon te spuiten zijn. Voor een goed strooiresultaat is het bovendien belangrijk dat de strooier goed horizontaal hangt en de bestuurder het aftakastoerental goed instelt.
- *Elektronische meet- en regelsystemen.* Een aantal merken kunstmeststrooiers levert elektronische meet- en regelsystemen voor een nauwkeurige verdeling van de kunstmest. Tijdens het strooien regelt dit systeem de stand van de doseerschuij. De hoeveelheid kunstmest wordt aan de rijnsnelheid aangepast en de dosering in kg per hectare blijft dezelfde. Een elektronische weging laat zich makkelijk combineren met GPS.
- *Kantstrooien.* De meeste merken kunstmeststrooiers leveren voorzieningen om de perceelkanten nauwkeuriger te kunnen strooien. Dit varieert van een eenvoudige ketsplaat tot het monteren van een andere strooiplaat of strooischiif. Ook hier geldt dat de bediening eenvoudig moet zijn. Er moeten bij voorkeur geen demontage- en montagehandelingen nodig zijn om de kantstrooiervoorziening te gebruiken.
- *Werkbreedte.* De werkbreedte moet worden aangepast aan de perceelbreedte die het meest voorkomt.
- *Trekkerhefvermogen.* Het gewicht van de strooier met kunstmest is bepalend voor het benodigde hefvermogen van de trekker.

Tabel 11.12 Verdeelnauwkeurigheid van een kunstmeststrooier uitgedrukt in de variatiecoëfficiënt (VC)

VC-waarde	Kwaliteit
VC < 10	Goed
VC 10 - 15	Voldoende
VC > 15	Onvoldoende

11.4.2 Kantstrooien

Besteed voldoende aandacht aan een goede verdeling van kunstmest op de perceelkanten. Er mag geen kunstmest over de rand van het perceel komen, maar voor een goede gewasgroei moet er wel voldoende tot aan de rand komen.

Voor kantstrooien zijn twee methoden:

- 1 Kant af strooien: hierbij wordt vanaf de perceelsrand het land in gestrooid. Dit gebeurt door het monteren van een ketsplaat. Bij een tweeschijfsstrooier wordt één uitstroomopening afgesloten. Een andere mogelijkheid is eenzijdig afsluiten en de strooier in de breedte hydraulisch bediend schuin te stellen.
- 2 Kant toe strooien: hierbij wordt vanaf het perceel naar de kant toe gestrooid. Dit gebeurt door het scheefstellen van de kunstmeststrooier of het monteren van een speciale kantstrooischijf.

Bij kant af strooien rijdt de bestuurder met de kunstmeststrooier dicht bij de perceelrand. Zo kan hij goed zien of er kunstmest over de rand komt. Bij het kant toe strooien wordt op de halve werkbreedte vanaf de kant gereden. Bij deze methode is moeilijk te zien waar de laatste kunstmestkorrels vallen.



De kantstrooi-inrichting zorgt ervoor dat er geen kunstmest in de sloot of buiten het perceel terecht komt.

Testen van verdeelnauwkeurigheid

De verdeelnauwkeurigheid van de strooier wordt gemeten door met de trekker met kunstmeststrooier dwars door een rij opvangbakken te rijden. De kunstmest wordt opgevangen in vierkante bakken van 50 bij 50 cm. Deze bakken zijn op een rij tegen elkaar gezet, zodat ze alle kunstmest over de gehele breedte opvangen. Als de kunstmest vanuit deze bakken in buisjes wordt gegoten, is de verdeling over de breedte te zien. Aan de hand van dit enkelvoudige strooibeeld is de gelijkmatigheid van de breedteverdeling te beoordelen. Ook is zichtbaar of de strooier foutief is afgesteld of mankementen vertoont, bijvoorbeeld versleten schijven of een versleten strooi pijp. Als het enkelvoudige strooibeeld een goed verloop laat zien, kan de optimale werkbreedte worden bepaald. Hiertoe worden de enkelvoudige strooibeelden samengevoegd, waarbij de strooibeelden elkaar zodanig overlappen dat de verdeling in de breedte zo gelijkmatig mogelijk is. De fabrikant kan het meten van de verdeelnauwkeurigheid in speciale testhallen uitvoeren.

Ook is het mogelijk een nieuwe of gebruikte kunstmeststrooier onder praktijkomstandigheden bij de veehouder zelf te meten. Op een eigen perceel wordt dan een testbaan uitgezet. Zo is de breedteverdeling van de kunstmeststrooier onder praktijkomstandigheden te testen en zo goed mogelijk af te stellen. Het strooibeeld van de kunstmeststrooier is hierbij het uitgangspunt. Er wordt net zo lang geëxperimenteerd met de afstelling tot er een acceptabel strooibeeld is. Er zijn meerdere instanties die het testen en afstellen van kunstmeststrooiers onder praktijkomstandigheden verzorgen.

11.5 Graslandverzorging

Een juiste verzorging verhoogt de opbrengst en de kwaliteit van het grasland. De belangrijkste bewerkingen bij de verzorging zijn rollen, slepen en bloten. Daarnaast kan men grasland nog woelen en beluchten.

11.5.1 Rollen

Het doel van rollen is:

- Vlak maken van stukgetrapt of stukgereden grasland. Hierdoor wordt ongewenste grondverontreiniging van het gras bij inkuilen tegengegaan.
- Aandrukken van opgevroren grond en zode om de capillaire werking in stand te houden en uitdroging van de bovengrond tegen te gaan.

Voor de effectiviteit is het juiste tijdstip van rollen belangrijk, vooral op de snel verhardende kleigrond. Als de grond te nat is, kan versmering en structuurschade van de bodem optreden. Op te droge grond wordt de grond onvoldoende vlak gemaakt.

In het algemeen worden een- of tweedelige, gladde metalen rollen gebruikt. De rollen draaien om een as, die op zijn beurt weer kan draaien in lagers die aan het frame zijn bevestigd. Bij rechtuit rijden draait de as met de rollen mee. De as draait dan in de lagers. Bij het maken van een bocht draaien de rollen om de as. Deze constructie is nodig om tijdens het draaien het opschuiven van de zode tegen te gaan. Met een schraper kan de grond die aan de rollen blijft plakken, worden afgeschrapt. De mate van aandrukken wordt bepaald door het eigen gewicht en de diameter van de rol. Bij gelijk gewicht zal een rol met een kleine diameter de grond beter aandrukken. Wel zal de benodigde trekkracht toenemen. Verzwaren van de rol is mogelijk door gewichten aan te brengen of door de rol te vullen met water. Metalen rollen zijn er in verschillende afmetingen en gewichten, zie tabel 11.13.

Tabel 11.13 Werkbreedten, afmetingen en gewichten van rollen voor graslandverzorging

Werkbreedte (cm)	Diameter (cm)	Leeg gewicht (kg)	Vol gewicht (kg)
200	80	ca. 700	ca. 1.700
200	100	ca. 1.000	ca. 2.500
250	100	ca. 1.250	ca. 3.000

11.5.2 Slepen

Het doel van slepen is:

- Losmaken en verdelen van mestflatten en molshopen.
- Vlak maken van vertrapte percelen.
- Losmaken van oude grasresten, onkruid en dergelijke.
- Openmaken van een verdichte zode.

Voor het verdelen van molshopen in een oppervlakkige bewerking zijn de bandensleep of de ringensleep geschikt. De bandensleep bestaat uit een frame met twee of drie rijen overlans doorgesneden vrachtautobanden. Molshopen worden hierdoor goed verdeeld. De werkbreedte varieert van 3 tot 5 meter. De ringensleep bestaat uit drie of vier rijen stalen ringen die met kettingen aan een frame zijn opgehangen. De ringen hebben een diameter van circa 32 cm en een hoogte van 7 cm. Molshopen worden goed verdeeld en mestflatten goed losgeschrapt. De voorste rij ringen kan worden uitgevoerd met korte pennen, waardoor de sleep intensiever werkt.

Weideslepen als de kettingeg en de sleep met schrapers werken agressiever op de mestflatten en de zode in. Ze zijn ook geschikt om een verdichte zode los te maken. De kettingeg is opgebouwd uit vier of vijf rijen driehoekige schakels, die aan de hoekpunten aan elkaar zijn gekoppeld en in een frame zijn bevestigd. Aan beide zijden van de schakels zijn tanden geplaatst met een lengte van 3 tot 4,5 cm. Hierdoor worden mestflatten, grasresten en losse zode losgetrokken en verdeeld. Kettingeggen zijn leverbaar in werkbreedten van 4 tot 8 meter en handmatig of hydraulisch opklapbaar.

De sleep met schrapers bestaat uit twee rijen hoekijzers, die met verende platen aan een balk zijn gemonteerd. De naar beneden gerichte zijde van het hoekijzer staat iets stekend ten opzichte van de grond. Molshopen worden er goed door verspreid. Achter de schrapers kan een balk met in slepende stand bevestigde tanden worden gemonteerd. Deze tanden trekt halflosse zodenresten verder los, verluchtigt de zode en maakt mestflatten kapot.

11.5.3 Bloten

Na beweiding bossen maaien draagt bij aan een gelijkmatige hergroei en een optimale graskwaliteit. Het doel is de bossen af te maaien en het uitlopende nieuwe gras tussen de bossen zo weinig mogelijk te beschadigen. Meestal moet een perceel na twee keer weiden worden gebloot. Naast de kwaliteit van het maaiwerk is een voldoende grote capaciteit van de maaier belangrijk. Bossen maaien of bloten kan met een cirkelmaaier of een weilandbloter. Een weilandbloter bestaat uit een plat frame van circa 30 cm hoog. Onder dit dichte frame zijn drie of vier roterende meshouders gemonteerd. De meshouders zijn aan het eind voorzien van een of twee gescharnierde of gemonteerde messen. Door de hoge snelheid van de messen wordt het gras afgeslagen. Voor de maaihoogte-instelling is het frame aan de zijkanten voorzien van glijsloten. Glijsloten onder de meshouders zorgen ervoor dat de binnenste messen niet te diep maaien op oneffen land. Weilandbloters zijn leverbaar als front-, achteraanbouw of zij-aanbouwmaaier, in werkbreedten van 1,50 tot 3,85 meter. Voordelen van een weilandbloter zijn de relatief lage investering voor een grote werkbreedte van circa 2,75 meter, de robuustheid van het werktuig, en de lage storingsgevoeligheid.

Bij het bloten van grasland zijn de volgende aspecten van belang:

- *Juiste maaihoogte.* Stel de maaihoogte zodanig af dat de jonge groeipunten niet worden geraakt en dat de bossen optimaal worden afgemaaid. De maaihoogte-instelling moet in het bereik van 6 tot 9 cm minimaal in stappen van een halve centimeter instelbaar zijn. Het verstellen van de hoogte moet eenvoudig en snel te doen zijn.
- *Volledig en vlak maaiwerk.* De bossen moeten volledig worden afgemaaid. Tussen de maai-onderdelen mogen geen ongemaaide resten blijven staan.
- *Volledige versnippering en verspreiding van gemaaid gras.* Bij beperkte weideresten voorkomt een intensieve versnippering en een gelijkmatige verdeling dat het afgemaaid gras het jonge gras verstikt of remt in de groei. Bij veel of slecht verspreide weideresten moet het gras worden afgevoerd.
- *Te maaien gras niet plat rijden.* Bossen gras die door trekkerwielen zijn bereiden, zijn moeilijk te maaien. Aanbouw van de maaier in verstek brengt de maaier gedeeltelijk of geheel buiten het trekkerspoor. Ook aanbouw in een aanbouwbok op de frontheft van de trekker is een goede oplossing.
- *Frequent en kleine oppervlakten tegelijk.* Een snelle aankoppeling aan de trekker en een gemakkelijk transportstelling vergroten het gebruiksgemak.

11.5.4 Woelen en beluchten

Grasland beluchten of woelen is een mogelijke manier om zonder ploegen de cyclus tussen grasland en bodem te herstellen. Door het intensieve gebruik, het veelvuldig berijden met zware machines maar ook door bijvoorbeeld overvloedige regenval kan de grond verdichten. De keus en afstelling van de machine is afhankelijk van de diepte waarop de grond verdicht is. De graslandwoeler bewerkt de ondergrond zonder de graszode te beschadigen. Na het woelen moet de bodem voldoende bezakken. Ook mag de bodem niet versmeren en geen droogte schade oplopen, hiervoor lijkt het najaar de beste periode. Zie het bericht [Structuurverbetering mogelijk na woelen van verdicht grasland](#) en het artikel [Volvelds woelen van verdicht grasland op zand](#). Door het oplossen van verdichting of versmering in de bovenlaag van het grasland op zandgrond werden een betere bodemstructuur en beworteling gemeten maar nog geen hogere grasopbrengst.

Vervolgonderzoek wordt uitgevoerd in door [ZuivelNL](#) medegefinancierde project '[Grasland woelen op kleigrond](#)'. Het bericht [Verschil in effecten van woelen grasland op zavel en zware klei](#) laat zien dat anderhalf jaar na woelen op zavel de bodemstructuur nog steeds beter is, met een positief effect op de opbrengst. Bij zware klei is de bodemstructuur eerder verslechterd, met een negatief effect op de opbrengst. Woelen van zware klei lijkt af te raden vanwege de kans op structuurschade en het grote zelf herstellend vermogen.

11.6 Beregeningssystemen

Voor het beregenen van grasland bestaan verschillende systemen. Ze hebben allemaal hun eigen kenmerken wat betreft kosten en arbeidsbehoefte. De meest gangbare systemen worden hierna besproken.

Buizensysteem

Bij het buizensysteem worden buizen aan elkaar gekoppeld waaraan sproeiers bevestigd zijn. Dit systeem is erg arbeidsintensief en komt daarom bijna niet meer voor.

Regenslangstelsysteem

Een variant op het buizensysteem is het regenslangstelsysteem. Op de slang is om de 20 meter een sproeier bevestigd. De haspel is in de hefinrichting van de trekker gemonteerd. Voor het verplaatsen wordt de slang hydraulisch op de haspel gerold. Bij het oprollen is zigzaggend achteruit rijden nodig om de slang goed over de hele breedte van de haspel te verdelen. Een regenslangstelsysteem heeft een hoge capaciteit: tot circa 90 m³ per uur. In vergelijking met een haspelautomaat is een regenslangstelsysteem arbeidsintensiever. 's Nachts beregenen gebeurt nauwelijks en dat gaat ten koste van de capaciteit. Het systeem is alleen geschikt voor grasland.

Haspelautomaat

Bij een haspelautomaat is het sproeikanon op een slede of wagen geplaatst. De toevoerslang is op een haspel gerold. Voor gebruik wordt de slang afgerold. Tijdens het beregenen wordt de slang langzaam opgerold, waardoor per trek een lange strook te beregenen is. Aan het eind van de trek schakelt de installatie automatisch uit. Hierdoor kan ook in de nacht, zonder toezicht, worden doorgewerkt, mits de aandrijfbron en de haspelinstallatie zijn voorzien van de nodige beveiligingen. Door grote slanglengtes zijn er grote haspels nodig, waarbij de slang in meerdere lagen is opgerold. Een goede slanggeleiding is dan ook belangrijk. De meeste haspelautomaten kunnen op het onderstel worden gedraaid. Hierdoor kan de slede aan het eind van het perceel worden gezet en de haspel al afrollende naar het andere eind van het perceel worden gereden. Met computerbesturing is het mogelijk nog preciezer te beregenen. De beregeningsgift is nauwkeurig in te stellen, net als de zones en de aankomsttijd.



Beregening met een haspelautomaat.

11.6.1 Pompen

Voor het oppompen van water voor beregening in de landbouw worden diverse typen centrifugaalpompen gebruikt. In tabel 11.14 zijn de belangrijkste genoemd.

Tabel 11.14 Centrifugaalpompen en het bijbehorende rendement

Soort pomp	Rendement
Eénwaaier	ca. 50%
Tweewaaier	ca. 60%
Driewaaier	ca. 65%
Onderwater	ca. 75%

Aandrijving en brandstofverbruik

Voor het aandrijven van de pompen kunnen verschillende aandrijfbronnen dienen. Het verpompen van water gedurende lange tijd vergt echter veel van de aandrijfbron. Het is dan ook noodzakelijk een overbemeten aandrijfbron te gebruiken. De mate van overbemeting hangt af van de soort aandrijfbron.

Minimale overbemeting:

- Direct gekoppelde elektromotor + 10 procent
- Stationaire verbrandingsmotor bestemd voor continu gebruik + 10 procent
- Vrachtwagenmotor + 60 procent
- Trekker + 25 procent

Het is zeer belangrijk dat de motor en de pomp goed op elkaar zijn afgestemd. Het benodigde vermogen voor de aandrijving is te berekenen met de volgende formule:

$$P = \frac{Q \times H}{3,6 \times n}$$

P = benodigde vermogen aan de pompas in kW

Q = wateropbrengst in m³ per uur

H = totale opvoerhoogte in mwk (meter waterkolom)

n = rendement in procenten

Als het benodigde vermogen bekend is, is het mogelijk om het brandstofverbruik (bij verbrandingsmotoren) te berekenen. Hiervoor is de volgende formule in gebruik:

$$\text{Brandstofverbruik} = \frac{P \times 0,250}{0,8}$$

Het brandstofverbruik wordt berekend in liters per uur.

P = berekend vermogen in kW

0,250 = specifiek brandstofverbruik dieselmotoren in kg per kWh

0,8 = soortelijk gewicht van dieselolie

11.6.2 Sproeiers

Sproeiers zetten de druk die de pomp levert om in een zo hoog mogelijke snelheid van de waterstraal. Er mag hierbij zo weinig mogelijk drukverlies optreden. Verder moet de waterstraal een zo groot mogelijk oppervlak gelijkmatig beregenen. De druppels mogen geen schade aan gewas en bodem veroorzaken. Dit alles vraagt aandacht voor het hydraulisch rendement en de waterverdeling.

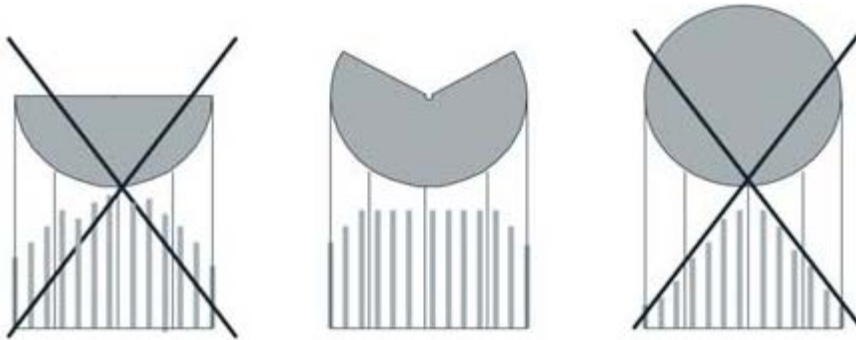
Hydraulisch rendement

Het drukverlies in de sproeier ten opzichte van de ingangsdruk moet zo klein mogelijk zijn. Dit drukverlies wordt vooral bepaald door de maat en de vormgeving van sproeier en sproeimond. De sproeimond kan conisch zijn of zijn voorzien van een ring. Een conische sproeimond geeft weinig turbulentie, dus weinig drukverlies. Een grotere worpgrootte is het resultaat. Een sproeimond met een ring geeft vooral bij een lagere druk een beter uiteengevallen straal. Deze sproeier is gemakkelijk van diameter te veranderen door het monteren van een andere ring.

Waterverdeling

Zorg voor een goede en regelmatige verdeling van het water over het hele perceel. Hierbij is een goede overlap belangrijk. Let op de windrichting en de windkracht. Ook een juiste afstelling van de sectorhoek is belangrijk. De randen van elke strook moeten evenveel water krijgen. De sectorhoek moet 240 graden zijn.

Figuur 11.4 De gewenste sectorinstelling voor een haspelinstallatie. De hoek is 240 graden. Met deze instelling wordt het beste sproeibeeld verkregen. De waterverdeling wordt aangegeven met de grijze balkjes.



11.6.3 Beveiliging

Een regeninstallatie moet ook 's nachts, zonder toezicht, kunnen werken. Is de installatie niet beveiligd, dan is de kans op schade groot.

De pomp moet beveiligd zijn tegen:

- te hoge druk in de persleiding
- te lage druk in de persleiding (als gevolg van slang- of buisbreuk)
- stoppen van de haspelaandrijving.

Een elektromotor moet beveiligd of bestand zijn tegen oververhitting.

Een verbrandingsmotor moet beveiligd zijn tegen:

- een te hoge motortemperatuur
- een te lage oliedruk.

11.7 Graslandvernieuwing

U mag alleen onder bepaalde voorwaarden op grasland de graszode vernietigen. Welke voorwaarden dat zijn leest u op de site <https://mijn.rvo.nl/grasland-scheuren-of-vernietigen> > [Regels per grondsoort](#).

Voor graslandvernieuwing staan de veehouder twee methoden ten dienste: herinzaaien en doorzaaien.

11.7.1 Herinzaaien

Herinzaai betekent: de oude zode vernietigen, een nieuw zaaibed maken en daarna zaaien. Voor de zaaibedbereiding kan eventueel het land worden geëgaliseerd. Grondbewerking en zaaitechniek zijn gericht op een juiste bodemstructuur met een optimale vochtvoorziening, een snelle opkomst van het gras en op een minimale onkruidontwikkeling.

Zaifrees

De zaaifrees is een combinatie van een overtopfrees en een zaaimachine. Met dit werktuig kan grasland in één bewerking opnieuw worden ingezaaid. De zode wordt tot een diepte van circa 10 cm kapot gefreesd. De losgefreesde grond dekt de zodenresten af. Het zaad wordt bovenop de losse grond verspreid en met schijven in de grond gedrukt. De bodemstructuur van losgefreesde en onbewerkte grond is erg verschillend. De bovenlaag is veel losser dan de ondergrond. Dit veroorzaakt een slechte waterafvoer bij neerslag en een slechte vochtvoorziening van de toplaag bij droogte. Onder droge omstandigheden valt de opkomst van het gras vaak tegen.

Bewerkingen bij directe herinzaai

Meestal voeren veehouders bij herinzaai van grasland de volgende bewerkingen na elkaar uit:

- 1 stukmaken van de oude zode
- 2 ploegen of spitten van de bouwvoor
- 3 egaliseren
- 4 loswoelen van verdichte grondlagen
- 5 zaaibedbereiding
- 6 inzaaien

Oude zode stukmaken

Het vernietigen van de oude zode beperkt de vorming van storende lagen na het ploegen. De zode moet tot een diepte van maximaal 5 cm geheel worden losgemaakt in stukjes met een grootte van maximaal 5 cm. De bladenfrees is hiervoor het meest geschikt. Ook met een hakenfrees, een tandenfrees of aangedreven messeneggen is een aanvaardbaar resultaat te halen. Met niet-aangedreven messeneggen moet een perceel meerdere keren worden bewerkt om de zode voldoende stuk te maken.

Ploegen of spitten

Ploegen heeft de voorkeur als de grond goed bewerkbaar is en egaliseren nodig blijkt. Meestal is een ploegdiepte van 25 cm voldoende. Dieper ploegen veroorzaakt sneller een verschraving van de bovengrond.

Voordelen van ploegen zijn:

- Zaden en resten van slechte grassen en onkruid worden diep ondergewerkt. Zo blijft de kans op ontkieming en opnieuw uitlopen beperkt. Let wel: door ploegen kunnen ook weer nieuwe zaden bovengebracht worden. Vooral oliehoudende zaden blijven lang kiemkrachtig.
- Er wordt relatief vochtige grond bovengebracht. Dit bevordert een vlotte kieming van het graszaad.

Ploeg de oude zode goed onder. Voor het ploegen van grasland moet de ploeg lange risters, schijfkouters en voorscharen hebben. Voorzie de ploegscharen van ondergronders om ook eventuele verdichte lagen onder de ploegzool te kunnen losmaken. Een vorenpakker is geschikt om gelijktijdig met het ploegen de grond weer aan te drukken. Dit verbetert de vochtvoorziening en verhoogt de stevigheid van de ondergrond. Een stevige ondergrond vermindert de insporing van trekkerwielen bij het inzaaien, zodat het land vlakker blijft. Om de grond voldoende aan te drukken, moet de vorenpakker voldoende gewicht hebben. Een vorenpakker met een dubbele rij ringen met een diameter van 70 cm is geschikt. De tophoek van de ringen bepaalt de dieptewerking. Voor zandgrond is een combinatie met een rij ringen met een tophoek van 30 graden en een rij met een tophoek van 45 graden geschikt om zowel de boven- als de ondergrond aan te drukken. Op zwaardere gronden is een kleinere tophoek gewenst.

Bij spitten wordt de grond tot een diepte van 25 tot 35 cm losgemaakt. De spitmachine mengt de zode door de grond. Hierdoor blijven meer zoderesten en onkruidzaden aan de oppervlakte. Dit kan problemen opleveren bij het zaaien en noodzaken tot extra onkruidbestrijding. Op bepaalde veengronden is graslandverbetering met een spitmachine als enige methode goed mogelijk, mits er snel weer wordt ingezaaid.

Egaliseren

Vlot kunnen werken bij de voederwinning en de graslandverzorging vraagt vlak land. Op klei en veengrond worden de percelen soms iets bol gelegd voor een snelle waterafvoer. Kilverborden zijn hier uitstekend geschikt voor egalisatie. De werkbreedte varieert van 2 tot 5 meter, het benodigde vermogen is 60 tot 200 kW. Bij veel grondtransport heeft een kilverdozer de voorkeur. Hiermee is op hoge delen tot maximaal 4 m³ grond af te schrapen, op te nemen en naar een laag deel te transporteren. Laserapparatuur is een goed hulpmiddel om een juiste vlaklegging en afschot van het perceel te krijgen.

Verdichte lagen loswoelen

Bij egalisatie wordt de ondergrond dichtgereden. Ook kunnen onder de ploegvoor verdichte lagen in de grond voorkomen die de beworteling en een goede vochtvoorziening belemmeren. Met woelers of vastetandcultivatoren kunnen de verdichte lagen worden opgebroken. De breedte van de woelementen en de oploophoek van de beitels moeten zijn afgestemd op de grondsoort. Lichte zandgrond vraagt bredere beitels dan zwaardere grond. Bewerk de grond zo ondiep mogelijk om een goede structuur onder de verdichte laag niet te verstoren.

Zaai-bedbereiding

Een goed zaai-bed voor graszaad is vlak, voldoende vast en oppervlakkig (enkele centimeters) en fijn verkruid. Op lichte en slempgevoelige grond mag de grond niet te fijn worden verkruid om dichtslaan van de toplaag te vermijden. Voor zandgrond zijn cultivatorcombinaties geschikt. Op kleigrond heeft een aangedreven rotorkoepel of schudeg de voorkeur. Ook een grondverkruidelaar is goed toepasbaar. Bij de zaai-bedbereiding moeten trekkers zijn voorzien van brede lagedrukbanden of dubbellucht om insporing te vermijden.

Zaaien

De kans op een goede opkomst is ook bij droog weer het grootst, wanneer het zaad 2 tot 3 cm in de stevige, vochthoudende ondergrond wordt gebracht. Een zaaimachine met 30 tot 36 pijpen op een werkbreedte van 3 meter en voorzien van zaai-kouters is hiervoor het meest geschikt. Breedzaai-kouters en schijfkouters verdelen het graszaad over een strook van 5 tot 7 cm. De betere verdeling van het zaad zorgt ervoor dat de graszode sneller dichtgroeit. Met een zaai-combinatie wordt in één werkgang het zaai-bed gemaakt en het graszaad gezaaid. Meestal is de zaaimachine gemonteerd op een zaai-bedbereidingswerktuig, zoals een frees, een rotorkoepel of een cultivator. Om insporing tijdens het zaaien te beperken moet de trekker zijn voorzien van brede lagedrukbanden. Ook is een voorziening nodig om de grond tussen de trekkerwielen aan te drukken.

11.7.2 Doorzaaien

Doorzaaien betekent: de oude zode doodspuiten, overmatige grasresten verwijderen en het graszaad met een doorzaaimachine in de grond brengen. Doorzaaien van grasland wordt hoofdzakelijk toegepast op moeilijk bewerkbare gronden, zoals zware klei en veengrond, en op percelen met een holle stand. De doorzaaimachine is voorzien van schijven of snijkouters die sleufjes van enkele centimeters diep in de zode maken. De onderlinge afstand van de sleufjes bedraagt 5, 7,5 of 10 cm. Na het inbrengen van het zaad worden de sleufjes weer dichtgedrukt. Besteed veel aandacht aan een tijdige onkruidbestrijding en nazorg. Een goede opkomst is sterk afhankelijk van de vochtvoorziening.

11.8 Voederwinning

Bij de voederwinning wordt onderscheid gemaakt tussen de veldbewerking en het inkuilen. De veehouder doet (een deel van) de veldbewerking meestal zelf. Inkuilen gebeurt in veel gevallen door de loonwerker.

11.8.1 Veldbewerkingen

Voor de veldbewerking worden verschillende werktuigen gebruikt. Eerst moet de veehouder het gras maaien. Dit gebeurt meestal met een trommel- of schijvenmaaier, vaak uitgerust met een kneuzer. Daarna volgt het schudden en vervolgens wordt het gewas in wiersen gelegd. In het algemeen heeft de laatste jaren een ontwikkeling plaatsgevonden naar steeds grotere werkbreedtes.

Maaiwerktuigen

Cirkelmaaiers (aanbouw of getrokken) zijn onder te verdelen in:

- machines met trommels en bovenaandrijving
- machines met schijven en onderaandrijving.

Cirkelmaaiers zijn er in getrokken of gedragen versie. Voor beide typen zijn ook varianten in de fronthead beschikbaar.

De werkbreedte van de maaier en de schudder moeten bij elkaar passen, zodat tijdens het maaien en bij de eerste keer schudden niet over het gemaaid gras wordt gereden. Voor de aandrijving van een cirkelmaaier met kneuzer is per meter werkbreedte 20 tot 22 kW aftakasvermogen nodig. In tabel 11.15 is voor een aantal werkbreedten het benodigde aftakasvermogen weergegeven. De capaciteit van de maaier moet zijn afgestemd op de gemiddelde oppervlakte die per partij wordt gemaaid. Tabel 11.16 geeft een richtlijn voor de gemiddelde maaicapaciteit bij verschillende werkbreedten en rijsnelheden.

Tabel 11.15 Werkbreedte en benodigde aftakasvermogen bij cirkelmaaiers inclusief kneuzers¹

Werkbreedte (m)	Benodigd aftakasvermogen (kW)
1,85	40 – 50
2,10 - 2,45	55 – 70
2,75 - 3,20	70 – 90
4,50	90 – 120

¹ Uitgangspunt is een drogestofopbrengst van 3.500 kg per hectare en een rijsnelheid van 10 km per uur.

Tabel 11.16 Maaicapaciteit (ha/uur) bij verschillende werkbreedten en rijsnelheden

Rijsnelheid (km/uur)	Werkbreedte (m)											
	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	4,8	6,0	7,5	
6,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	2,4	3,1	4,0	
7,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,9	3,6	4,4	
8,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	3,3	4,1	4,9	
9,0	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	3,7	4,6	5,5	
10,0	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	4,1	5,1	6,0	
12,0	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	4,7	5,9	7,1	

Bron: [Landbouwmechanisatie](#), IMAG-DLO

In de praktijk blijkt er een verschil in benodigd vermogen te zijn tussen schijvenmaaiers met kneuzers en trommelmaaiers met kneuzers bij dezelfde werkbreedte. Bij de schijvenmaaier met kneuzer gaat het gemaaide gewas over de balk naar de brede kneuzer. Doordat het gewaspakket breder en dunner is, vraagt dit minder vermogen. Zonder kneuzer vervalt dit verschil.

Besteed bij de afstelling van de maaier aandacht aan het volgende:

- Stoppellengte 5 tot 6 cm. Bij trommelmaaiers is de maaihoogte via vulringen, glijshotels met mesjes of traploos te verstellen. Bij schijvenmaaiers gebeurt de hoogteverstelling door de topstang te verstellen en de maaier meer of minder voorover te plaatsen.
- De topstang is bedoeld voor de vlakstelling.
- Een rijsnelheid van maximaal 8 tot 10 km per uur aanhouden. In zware gewassen 5 tot 7 km per uur.
- De mesjes moeten scherp zijn. Botte mesjes snijden slechter en de maaier vraagt meer vermogen.

Cirkelmaaier met kneuzer

Voordelen van een maaier met kneuzer ten opzichte van alleen een maaier:

- Bij gunstig weer is inkuilen op dezelfde dag of één dag na het maaien mogelijk, mits na het maaien twee of drie keer wordt geschud. Kneuzen spaart een keer schudden uit.
- Bij de eerste keer schudden kan er sneller worden gereden, namelijk 7 km per uur. Zonder kneuzer moet bij de eerste keer schudden 5 km per uur worden aangehouden.

Nadelen:

- Er is aanzienlijk meer vermogen nodig: bij 1,85 m werkbreedte circa 10 kW extra vermogen.
- De prijs is beduidend hoger.

Intensief-kneuzers

We kennen intensief-kneuzers als eenfase- of tweefasensysteem. Bij het tweefasensysteem hangt de kneuzer achter en de maaier voorop de trekker. Het eenfasensysteem is vergelijkbaar met de opbouw van conventionele kneuzers op maaiers. De werking berust op het intensief beschadigen van waslaag en bladmoes en het knikken van de stengeldelen. Door de beschadigingen droogt het gewas sneller. Het systeem is ontwikkeld als eendag-inkuilmethode, maar is ook goed te gebruiken in combinatie met schudden. Een intensief-kneuzer vraagt meer vermogen dan een conventionele kneuzer.

Schudwerktuigen

Cirkelschudders zijn er in (half) gedragen of getrokken uitvoering met vier tot veertien elementen. Voor een goed resultaat is het belangrijk dat voor elke twee tegen elkaar indraaiende elementen een maaizwad komt. Bij werktuigen met vier en acht elementen is het dan niet te voorkomen dat met de trekkerwielen over het pas gemaaide zwad wordt gereden. Hierdoor worden deze zwaden minder goed opgenomen door de schudder. Trommelschudders worden nagenoeg niet meer gebruikt.

Werkbreedte

De werkbreedte van de schudder kan op twee manieren worden bepaald, namelijk afgestemd op de maaier of afgestemd op de maximaal gemaaide oppervlakte per keer maaien. Stem de schudder bij voorkeur op de gebruikte maaier af. Er moet dan voor elke twee tegen elkaar in draaiende elementen een maaizwad komen. Aangezien er ook niet op het pas gemaaide zwad mag worden gereden, moeten er bij voorkeur drie zwaden tegelijk worden meegenomen. Dit betekent een schudder met zes elementen. Een vuistregel voor de schudderbreedte is hierbij: schudderbreedte = 3 x de maaierbreedte.

Een andere methode om de schudderbreedte te bepalen is: uitgaan van niet langer schudden dan 2,5 uur per keer bij een rijsnelheid van 8 km per uur. De schudderbreedte is dan zoals aangegeven in tabel 11.17. De eerste manier om de schudderbreedte te bepalen verdient de voorkeur. Hierbij wordt uitgegaan van de gebruikte maaier. De kans dat er op het zwad gereden wordt, is dan klein.

Tabel 11.17 Schudderbreedte afhankelijk van de oppervlakte per keer maaien

Te maaien oppervlakte per keer	Gewenste werkbreedte van de schudder
ca. 4 ha	3 - 4 m
ca. 6 ha	4,5 - 6 m
ca. 8 ha	6 - 7 m

Gebruik van schudders

- Schud direct na het maaien en herhaal dit bij droog weer tenminste één keer per dag.
- Rijd bij de eerste keer schudden en bij het spreiden van wiersen 4 tot 6 km per uur bij 500 tot 540 omwentelingen per minuut van de aftakas.
- Stel de schudder juist af: bij lang gras een grote schudhoek, bij kort gras een kleine schudhoek.
- Rijd bij de eerste keer schudden na maaien met een maakneuzer niet sneller dan 7 km per uur.
- Houd afhankelijk van het drogestofgehalte van het gras bij de tweede, derde en volgende keer schudden een snelheid aan van 6 tot 10 km per uur bij een toerental van 450 tot 540 omwentelingen per minuut.
- Werk minder intensief naarmate het gewas droger is door het aftakstoerental te verlagen en/of een hogere versnelling te kiezen.

In tabel 11.18 is de capaciteit van verschillende werkbreedtes bij verschillende rijsnelheden gegeven.

Tabel 11.18 Schudcapaciteit (ha/uur) bij verschillende werkbreedten en rijsnelheden

Rijsnelheid (km/uur)	Werkbreedte (m)							
	3,0	3,6	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	8,4
5,0	1,3	1,5	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,6
5,5	1,4	1,7	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,9
6,0	1,5	1,8	2,4	2,8	3,1	3,4	3,7	4,3
6,5	1,7	2,0	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,6
7,0	1,8	2,1	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3	5,0
8,0	1,9	2,2	3,1	3,4	3,8	4,1	4,6	5,3

Bron: [Landbouwmechanisatie](#), IMAG-DLO

Harkmachines

Wiersen is een activiteit die in toenemende mate door de loonwerker wordt uitgevoerd als directe voorbereiding op het inkuilen. Voordeel van loonwerk is dat de grootte van de wiers is afgestemd op de werkbreedte en capaciteit van de hakselaar of de opraapwagen.

Harkmachines moeten in staat zijn wiersen te maken die voldoen aan de volgende eisen:

- Regelmatig van vorm en niet in elkaar gedraaid. Dit wordt mede bepaald door de eerste keer goed schudden.
- Niet verontreinigd met mest, stukjes zode of grond.
- Bij voorkeur afgestemd op de opraapparaatuur: bij een hakselaar grote wiersen op grote afstand in verband met de manoeuvreerruimte, bij een opraapwagen niet te brede wiersen in verband met de breedte van de pick-up.

Tegenwoordig wordt vrijwel uitsluitend gewerkt met cirkelharken. Deze zijn beschikbaar in uitvoeringen met één tot vier elementen met soms een variabele werkbreedte. Bij een even aantal elementen is er nog de keuze tussen harken met middenafleg of harken met zijafleg. Ook meerder zwaden zijn mogelijk. Harken met een oneven aantal elementen leggen het gras altijd aan de zijkant weg.

In het verleden waren er meer werktuigen voor het harken in gebruik zoals:

- Werktuigen met trommels, harkborden of een rondgaande ketting met meenemers, met een werkbreedte van 5 tot 6 meter.
- Werktuigen met harkborden die worden aangedreven door aanraking met de grond (bv Vicon Acrobat of Sprintmaster), met een werkbreedte van 2,5 tot 4,5 meter.

Tabel 11.19 geeft een indruk van de capaciteit van harken bij verschillende werkbreedtes.

Tabel 11.19 Harkcapaciteit (ha/uur) bij verschillende werkbreedten en rijsnelheden

Rijsnelheid (km/uur)	Werkbreedte (m)							
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0
4,0	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7
6,0	1,5	1,8	2,0	2,3	2,6	3,1	3,6	4,1
8,0	2,1	2,4	2,7	3,1	3,4	4,1	4,8	5,4
10,0	2,6	3,0	3,4	3,8	4,3	5,1	6,0	6,8

Bron: [Landbouwmechanisatie](#), IMAG-DLO

11.8.2 Inkuilen van voorgedroogd gras

Werkmethode

Voorgedroogd gras inkuilen kan de veehouder helemaal zelf doen maar wordt eigenlijk altijd door of in samenwerking met de loonwerker gedaan. In tabel 11.20 staan de diverse inkuilmethoden.

Tabel 11.20 Inkuilmethoden

Inkuilmethode	Netto-capaciteit (ha/uur)
Opraapsnij- of doseerwagen(s)	1 - 3
Zelfrijdende veldhakselaar	2 - 5
Grootpakpers	2 - 3
Oprolpers	1 - 1,5

Voor rijdend lossen op de kuil met een opraapsnij- of opraapdoseerwagen moet de bodemvrijheid van de opraper minstens 50 cm bedragen. Een nadeel hiervan is dat er lange op- en afritten en een zware trekker nodig zijn.

Bij rijkuilen en sleufsilo's is het volgende van belang:

- Los en/of verdeel de wageninhoud regelmatig over de gehele lengte.
- Los eventueel twee wagens naast elkaar (minder zijwaarts verdelen).
- Verdeel het materiaal goed en rijd het goed vast.
- Houd de zijkanten van de rijkuil steeds in om goed te kunnen vastrijden en afdekken.
- Houd bij sleufsilo's de kanten tegen de wand iets hoger om deze goed te kunnen vastrijden binnen de wanden.
- Gebruik een grasvork met hydraulisch afschuifbord om de kuil eventueel hoger op te zetten.
- Voorzie de trekker van neusgewichten.

Kort gesneden materiaal van de opraapsnij- of opraapdoseerwagen laat zich gemakkelijk verdelen en vastrijden. Door het doseren worden natte plukken enigszins verdeeld en ontstaat er een homogener product.

Hakselen

Hakselen heeft een nog betere homogeniserende werking, dan inkuilen met de opraapsnijwagen. Dat is gunstig voor de conservering: er zijn dan minder sporen van boterzuurbacteriën. Ook is het gras gemakkelijk en beter te verdichten. Een gehakseld product kan met alle werktuigen voor mechanisch voeren worden verwerkt.

Grootpakpers

Bij de grootpakpers is de pers zelf voor de werkzaamheden op het land en is een laadschop met klauwvork nodig voor het laden, transporteren en stapelen van de pakken. Grote pakken worden tot rechthoekige stapels opgestapeld en afgedekt met twee lagen plastic en zo mogelijk een beschermzeil. Afzonderlijke stapels, die in twee tot drie weken worden opgevoerd, hebben de voorkeur boven één grote stapel.

Voordelen van het grootpakperssysteem:

- Per transport kunnen twee wagens veel meenemen.
- Bij grotere transportafstanden is het goedkoper dan andere systemen.

- Aanrijden van de kuil komt te vervallen, dus er is geen kantelgevaar.
- Hoge capaciteit: 3 hectare per uur bij 3 ton droge stof per hectare, meestal bij een tweemansmethode.
- Er is beperkte ruimte nodig voor opslag wegens de stapelbaarheid en hoge dichtheid van de kuil.
- Inkuilen van kleine partijen is goed mogelijk.
- Pakken uithalen gaat sneller dan snijden en uithalen met een kuilsnijvork.

Nadelen:

- Het bewaarrisico is aanmerkelijk groter dan bij de rijkuil en de sleufsilos. Het drogestofgehalte moet minimaal 45 procent zijn, omdat de pers geen homogeniserende werking heeft. Zo niet, dan is er meer kans op boterzuurvorming.
- Nat materiaal is moeilijk te verwerken.

Oprolpers

Met de introductie van persen met een snij-inrichting en het wikkelen van rondbalen in folie heeft de oprolpers zijn intrede gedaan bij het inkuilen.

Voordelen van een oprolpers met wikkelaar:

- De pers is relatief licht en gunstig geprijsd.
- Persen en wikkelen kan organisatorisch los van het transport.
- Het is gemakkelijk om kleine oppervlakten in te kuilen.

11.8.3 Zomerstalvoeding en summerfeeding

Er zijn twee veelgehoorde motieven voor het 's nachts én overdag binnenhouden van melkkoeien: een intensiever gebruik van het grasland zonder beweidingsverliezen en kunnen melken met een automatisch melksysteem. Als voederverzorging in de zomermaanden kan gekozen worden voor zomerstalvoeding of summerfeeding. Die laatste vorm is overheersend. Voor zomerstalvoeding gelden de volgende aandachtspunten:

- Voorkom verontreiniging van het gras met grond: geen molshopen, vlak land, en een goed afgestelde maaier.
- De gewenste stoppellingte in de zomer is 5 tot 6 cm en in de herfst 6 tot 7 cm.
- Beperk insporing door een juiste bandenkeuze (grote diameter en breedte) en een lage bandenspanning (1 bar). Voorzie de opraapwagen eventueel van een twee-assig onderstel.
- Zorg dat de maaier breder is dan de spoorbreedte van de combinatie.

Maaiapparatuur

Er is keuze tussen een dubbele messenbalk of een cirkelmaaier. Bij een frontmaaier moet de maai breedte 2,65 meter zijn. In een werkgang maaien en laden vraagt een trekker van minimaal 60 kW. Zwadborden en/of -wielen aan de maaier brengen het gras op een smaller zwad. De trekkerwielen rijden het gras dan niet vast, voordat het door de opraapwagen wordt geladen.

Mogelijkheden voor het maaien en voeren van gras voor zomerstalvoeding:

- Maaien, daarna laden met de opraap(snij)wagens, lossen op de voergang. Met de hand verdelen.
- Idem, maar dan mechanisch verdelen met een verdeler.
- Maaien met de frontmaaier en gelijktijdig laden met de opraapdoseerwagen. Doseran langs voerhek.
- Met de maai kneuzer of de maai kneushakselaar laden van de voeddoseerwagen. Doseran langs voerhek.

11.8.4 Oogsten van snijmaïs

Het oogsten en inkuilen van snijmaïs wordt vrijwel altijd door de loonwerker uitgevoerd. Bij het oogsten van de snijmaïs moet de korrel deeg- en harddeegrijp zijn. Knijp ter controle met duim en wijsvinger in de korrel. Er mag dan geen vocht meer uitkomen. Het drogestofgehalte van het geoogste product moet minstens 25 procent zijn. Het oogsttijdstip ligt dan in de regel tussen eind september en eind oktober. Voor een goede kwaliteit is de theoretische haksellengte belangrijk. Deze moet circa 6 mm zijn. Bij een drogestofgehalte hoger dan circa 30 procent is het zinvol om de harde maïskorrels extra te verkleinen. Voor verkleining van de korrel heeft een hakselaar (afhankelijk van merk en type) de volgende voorzieningen:

- Een speciale korrelkneuzer.
- Een geribde bodemplaat onder de messenkooi of in de werpblazer.
- Slaglijsten achter de messen.
- Een maalzeef om de messenkooi.

De stoppellingte moet circa 15 cm zijn. Een kortere stoppel geeft kans op rommel en/of grond in de kuil. Een langere stoppel betekent verlies van product.

Zelfrijdende maïshakselaars

Bij zelfrijdende maïshakselaars komen verschillende typen voor variërend in aantal rijen of rijonafhankelijke maïsbekken en in werkbreedtes tot 9,00 meter.

Invoersystemen voor hakselaars zijn:

- een ketting
- een ketting in combinatie met een horizontale vijzel
- invoerrotoren

Het snijmechanisme van hakselaars bestaat uit een messenkooi (aantal messen: 10 tot 12 of meerdelig: 40 tot 56). Scherp geslepen messen en een goed afgesteld tegenmes zijn noodzakelijk voor een goede hakselkwaliteit. Bij hakselen is een metaaldetector beslist noodzakelijk.

Aanbouwhakselaars

Aanbouwhakselaars worden nauwelijks gebruikt door loonwerkers. Ze zijn er voor een- of tweerijig hakselen (vooruitrijden) en twee-, drie- of vierrijig hakselen, waarbij de trekker is voorzien van een achteruitrij-inrichting. Met sommige tweerijige machines kan zowel voor- als achteruit (omklappen) worden gereden. Snijmechanismen voor aanbouwhakselaars zijn een messenkooi of messenrad. De een- en tweerijige machines zijn geschikt voor individueel gebruik of voor gebruik samen met andere veehouders.

De chauffeur bepaalt de kwaliteit van het werk, niet de trekker.

11.9 Ruwvoerverwerking

Werktuigen in de hefinrichting stellen hoge eisen aan de olieopbrengst en het hefvermogen van de trekker. Houd hier terdege rekening mee bij aanschaf van een kuiluithaalwerktuig. Voor het mechanisch verwerken van kuilvoer moet het gras bij het inkuielen kort gesneden of gehakseld zijn. Dit voorkomt wikkelen en stropen van het product. Er zijn veel verschillende kuiluithaal- en kuilvoersystemen op de markt. Hieronder volgt een kort overzicht van de meest voorkomende werktuigen.

Kuilvoersnijder

Kuilvoersnijders onderscheiden zich van elkaar door verschillende snijsystemen. Ze zijn er met een verticaal snijdend mes en met een horizontaal heen en weer gaand kartelmes dat aan drie zijden tegelijk snijdt (U-snijder). De U-snijder heeft bij snijmaïs het voordeel dat er een glad afgesneden snijvlak ontstaat. Hierdoor is er weinig afbrokkeling en zal minder snel broei ontstaan. Afbrokkelen en morsen (maïs) tijdens transport is te beperken met een mechanisch of hydraulisch werkende beugel op het blok en door extra tanden in de kuilvoersnijder. Door het gewicht van kuilblok en kuilvoersnijder is het mogelijk dat de trekker gaat steigeren. Met frontgewichten aan de trekker is dit te voorkomen. Benodigde hefkracht bij voordroogkuil is 1.500 kg en bij maïs en nat gras 2.500 kg. Bij het beoordelen van het hefvermogen van de trekker is de hefkracht door het gehele traject op 61 cm achter de kogelkoppen bepalend, behalve wanneer de voorwielen eerder gaan zweven dan bij de maximaal toegestane voorasbelasting.

Een dubbelwerkende hydraulische cilinder als topstang heeft voordelen bij:

- Het vlakstellen van de tanden van de kuilvoersnijder.
- Het losbreken van een blok kuilvoer.
- Het beperken van morsen door het blok tijdens transport naar voren te laten hellen.
- Het afzetten van het blok. Soms is een mechanische of hydraulische afschuifinrichting aanwezig.

Tenzij de U-snijder is uitgerust met een bovenlosser wordt bij het gebruik van een kuilvoersnijder uitgegaan van voorraadvoeding. De blokken moeten regelmatig aangeschoven worden. Dat kan met een speciale blokkenschuiver in de hef of door gebruik te maken van een beweegbaar voerhek.

Kuilvoerblokverdeler

Een kuilvoerblokverdeler is een eenassige machine, met aan de achterzijde een hydraulisch bediende laadklep en aan de voorzijde een opvoertransporteur of loswals(en) en een dwarsafvoerband. De machine kan vooraf gesneden blokken oppakken en verdelen voor de koeien. In voorraad geplaatste blokken moeten op een verharde vlakke plaat staan om ze goed te kunnen opnemen. Een relatief lichte trekker volstaat, omdat de machine op wielen staat. Een gecombineerde blokkendoseerwagen met een aangebouwde kuilvoersnijder is ook mogelijk.

Voerdoseerbak

Een voerdoseerbak is een werktuig in de hefinrichting van de trekker. Hiervoor is een hefvermogen nodig van minimaal 2.000 kg. Het product wordt uit de kuil losgebroken en voor de koeien verdeeld. Voordroogkuil voeren gaat niet met een voerdoseerbak. Het voeren van maïs, bostel, aardappelvezel en krachtvoer gaat echter goed. De voergang moet wel leeg zijn, omdat de trekker voor de koeien langs moet rijden. De aandrijving is mechanisch of hydraulisch.

Voerdoseerbakken zijn er in typen met:

- een vijzel
- een vijzel en een verdeelhaspel (voorkomt brugvorming bij onder andere maïs)
- twee vijzels (zowel links als rechts lossend)

Kuiluithaldoseerbak/kuilhapper

Een kuilithaldoseerbak is een werktuig in de hefinrichting van de trekker. Door middel van twee of drie dubbelwerkende hydraulische cilinders wordt een snijraam krachtig door de silage gedrukt en in de bak getrokken. De robuust gebouwde kuilhapper met een gesloten snijraam heeft een grote capaciteit. Het onderhoud is minimaal, doordat er weinig bewegende delen zijn. Een inlegplaat in combinatie met een hydraulisch afschuifbord maakt het mogelijk om ook losse producten te laden. Vanuit de bak wordt de kuil door een dwarsafvoerketting en verdeelwalsen voor de koeien gereden. De kuilithaldoseerbak heeft een inhoud van 1,5 tot 2 m³. Het is een zwaar werktuig. Daarom is een trekker nodig met een minimum hefvermogen van 2.500 kg. Omdat de achterklep en ook het eventueel aanwezige zaagmes hydraulisch werken, moet de olieopbrengst van de trekker minimaal 35 liter bedragen.

Kuiluithaldoseerwagen

Een kuilithaldoseerwagen is een vergrootte versie van een kuilithaldoseerbak, die op wielen is gezet. De werking is hetzelfde. Doordat het een getrokken werktuig is, is een relatief lichte trekker voldoende. Bij de meeste kuilithaldoseerwagens is de olievoorziening op het werktuig zelf aangebracht. Hierdoor hoeft de trekker alleen via de aftakas de oliepomp en eventueel de bodemketting aan te drijven. De inhoud varieert van 2,5 tot 5 m³. Een kuilithaldoseerwagen is ook geschikt te maken voor losse producten.

Freesvoerwagen

Een combinatie van een kuilvoerfrees en een voerwagen is de freesvoerwagen. Deze getrokken machine vraagt voor de aandrijving een relatief lichte trekker. De freesvoerwagen is geschikt voor gehakselde en gesneden producten.

Voerdoseerwagen

Bij de voerdoseerwagen wordt het product gelost met een dwarsafvoerband aan de voor- of achterkant van het werktuig. Een opraapdoseerwagen is ook bruikbaar, wanneer bij het inkuilen alle messen zijn gebruikt. Een nadeel van de opraapwagen is dat de dwarsafvoerband aan de achterkant van de machine zit. Hierdoor is er tijdens het voeren minder zicht op het werk. Voor het vullen van de voerdoseerwagen of de opraapwagen moet een apart laadwerktuig op het bedrijf aanwezig zijn. Zie verderop onder 'Laadwerktuigen'.

Voermengwagen

Een voermengwagen mengt het voer tot een min of meer homogeen product. Zo kunnen koeien niet meer selecteren. Bij eenmaal per dag voeren is een wageninhoud van één m³ per acht tot negen koeien voldoende. Het benodigd vermogen voor aandrijving loopt uiteen van 4 tot 6 kW per m³ inhoud, afhankelijk van de uitvoering. Een wagen met veel mesjes aan de vijzels vraagt meer vermogen dan een wagen met een menghaspel. De wageninhoud varieert van 4 tot 20 m³. Het mengen van gesneden kuilgras met alleen krachtvoer is niet mogelijk. Gesneden kuilgras en snijmaïs laten zich echter goed mengen in een verhouding van 1:1 op drogestofbasis. Bij gemengd verstrekken van kuilgras, snijmaïs en krachtvoer neemt een melkkoe per dag ruim één kg droge stof meer op. Maak voor het vullen van de voermengwagen gebruik van laadapparatuur (Zie verderop onder 'Laadwerktuigen').

De meest gebruikte mengsystemen bestaan uit:

- twee vijzels en een roersnijvleugel
- twee snijdende vijzels en een roersnijvleugel
- drie of vier snijdende vijzels
- verticale vijzel(s)

Freesvoermengwagen

Een freesvoermengwagen is eenzelfde wagen als de voermengwagen en wordt vaak met dezelfde naam aangeduid. Het verschil is dat er voor het laden een frees of een zaagklep achterop is gebouwd voor het vullen. De freesvoermengwagen is daarom duurder dan de gewone voermengwagen, maar laden kan met één trekker. Voor de grotere bedrijven is de aanschaf van een zelfrijdende (frees)voermengwagen te overwegen.

Voermengcontainer/kuiluihaalmengbak

Voor bedrijven waarvoor een voermengwagen niet interessant is en die toch gemengd willen voeren, is een voermengcontainer of kuiluihaalmengbak een optie. Er kunnen zowel gesneden ruwvoer als bijproducten tot een homogeen product worden gemengd. Het mengen geschiedt door een dwars in de bak geplaatste menghaspel of door twee horizontaal draaiende kettingen met meenemers.

Beweegbaar voerhek/blokkenschuif

Eens per zes tot acht dagen wordt met een kuilvoersnijder maïs en kuilvoer aaneengesloten op de voergang gezet. Een beweegbaar voerhek is met een druk op de knop naar het voer te bewegen. Een blokkenschuif duwt het voer naar een vast voerhek toe. Door het constante aanbod van ruwvoer is één vreetplaats per 2,5 koeien voldoende.

Pakkenuithaal- en verdeelapparatuur

Voor het verwerken van ronde en vierkante balen is de apparatuur die hiervoor werd beschreven, vaak goed bruikbaar. Specifiek ontwikkeld voor de verwerking van balen zijn onder andere balenklemmen, balensnijders en afwikkelapparatuur.

Laadwerktuigen

Voermengwagens en dergelijke zijn te laden met verschillende laadwerktuigen, zoals:

- Een hydraulische kraan.
- Een hydraulisch bediende kuilsnijvork aan de voorlader (kuilhapper).
- Een hydraulisch bediende kuilvoervork aan de voorlader.
- Een achter op de wagen gebouwde hydraulische kraan (niet bij opraapdoseerwagens).
- Een schranklader, wiellader of verreiker.

11.10 Verkeersvoorschriften

Landbouwtrekkers en rijdende werktuigen, zoals hakselaars en maaidorsers, zijn volgens artikel 1 van de Wegenverkeerswet motorvoertuigen of motorvoertuigen met beperkte snelheid. Ze moeten voldoen aan de eisen die de wet aan motorrijtuigen stelt. Volgens het Voertuigreglement, behorend bij de Wegenverkeerswet van 1994, is een landbouwtrekker een motorvoertuig met twee of meer assen, voornamelijk bestemd voor tractiedoeleinden. Rijdende werktuigen vallen onder de categorie 'motorvoertuigen met beperkte snelheid'. Verkeersregels voor de landbouw zijn vastgelegd in de Wegenverkeerswet (1994), het Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens (RVV 1990), de Regeling voertuigen en het Besluit voertuigen (Voertuigreglement) (WVR, 1994).

Vrijstelling voor gebruik van landbouwmotorvoertuigen

Hoewel trekkers en zelfrijdende landbouwmachines volgens de wet behoren tot de categorie motorvoertuigen, zijn ze als bijzondere motorvoertuigen vrijgesteld van veel eisen waaraan personen- en vrachtauto's moeten voldoen. Dit geldt ook voor het gebruik van omgebouwde vrachtauto's in de landbouw. Een veehouder mag een trekker echter niet gebruiken voor niet-landbouwdoeleinden, bijvoorbeeld het transporteren van huisraad. Loonwerkers mogen met trekkers en werktuigen over de weg om landbouwwerzaamheden te verrichten in opdracht van een veehouder. Andere bedrijven mogen op de weg géén gebruik maken van landbouwtrekkers, zoals leveranciers van kunstmest en mengvoer.

T-rijbewijs

Per 1 juli 2015 is het T-rijbewijs voor landbouw- en bosbouwtrekkers en motorrijtuigen met een beperkte snelheid ingevoerd. Daarmee mogen deze voertuigen alleen de openbare weg op als ze bestuurd worden door iemand in het bezit van dit T-rijbewijs. Voor het besturen van een trekker op het land is dit rijbewijs niet nodig. Het T-rijbewijs kan gehaald worden vanaf 16 jaar. Met de invoering van het T-rijbewijs wordt invulling gegeven aan de voertuigcategorie T op het rijbewijs op creditcardformaat.

Vanaf 1 juli 2015 moet iedereen een B-rijbewijs, trekkercertificaat of T-rijbewijs hebben om met een landbouwtrekker en zelfrijdend werktuig op de openbare weg te rijden. Het T-rijbewijs geldt ook voor alle grondverzetmachines op de weg. Bestuurders van kleinere voertuigen met een specifieke werktuigfunctie, en die smaller zijn dan 1,30 meter, zijn uitgezonderd van het T-rijbewijs. Dat geldt ook voor bestuurder van heftrucks smaller dan 1,30 meter, op voorwaarde dat er met de heftruck geen aanhangwagens worden getrokken. (bron: www.cumela.nl).

Maximumsnelheid

Voor een trekker of een rijdend werktuig geldt een maximumsnelheid van 25 km per uur. Aanhangwagens moeten dan wel zijn voorzien van bruikbare remmen (behalve eenassige aanhangwagens die een gewicht (laadvermogen plus leeggewicht) hebben van maximaal 750 kg. Verder moeten trekkers, wagens en machines zijn voorzien van luchtbanden. Er komt (voorlopig) geen verhoging van de maximumsnelheid naar 40 km/uur.

Remmen

Trekkers en zelfrijdende machines moeten zijn voorzien van een goed werkende reminrichting op de wielen van de aangedreven as. Op een droge, horizontale weg moet de remvertraging $2,4 \text{ m/s}^2$ zijn voor trekkers met een maximumconstructiesnelheid van niet meer dan 30 km/h en $3,1 \text{ m/s}^2$ voor trekkers met een maximumconstructiesnelheid van meer dan 30 km/h. Dit geldt ook voor de trekker met aanhanger(s). Aanhangwagens met een massa van meer dan 750 kg moeten ook een goedwerkende bedrijfsrem hebben. Aanhangwagens met een massa van meer dan 3.500 kg moeten zijn voorzien van een goed werkende bedrijfsrem, die gekoppeld is aan de rem van het trekkende voertuig.

Massa, aslast en wioldruk

Bij motorvoertuigen worden eisen gesteld aan de totale massa:

- Trekker
 - 2 assen: maximaal 18.000 kg
 - 3 assen: maximaal 24.000 kg
- Motorvoertuig met beperkte snelheid: maximaal 50.000 kg
- Trekker met een of twee aanhangwagens: maximaal 50.000 kg

Bij voertuigen gelden eisen voor de aslasten:

- Trekker:
 - Aangedreven as: maximaal 11.500 kg
 - Niet aangedreven as: maximaal 10.000 kg per as
- Bestuurde as van een trekker: minimaal 20% van de rijklare massa
- Bestuurde as van voertuig met beperkte snelheid: minimaal 20% van de rijklare massa

De maximale aslast is voor de wet bepalend. Soms gelden ook nog maximale wiellasten. Deze luiden:

- Rijdend werktuig op verharde weg: maximaal 6.000 kg wiellast
- Aanhangwagen op verharde weg: maximaal 5.000 kg wiellast

Dubbellucht geldt als één wiel.

Afmetingen van machines en werktuigen

Trekkers en rijdende werktuigen mogen met inbegrip van de lading (dus geen aanhangers):

- niet hoger zijn dan 4 meter
- niet breder zijn dan 3 meter
- niet langer zijn dan 12 meter.

Algemeen geldt voor rijdende werktuigen dat ze niet breder mogen zijn dan voor de praktische bruikbaarheid noodzakelijk is.

Trekkers of motorrijtuigen met een beperkte snelheid én de daardoor verboden aanhangwagens mogen met inbegrip van de lading:

- niet hoger zijn dan 4 meter
- niet langer zijn dan 12 meter
- niet breder zijn dan 3 meter
- niet breder dan 3,5 meter bij transport van los veldgewas.

De lengte van een combinatie van trekker of rijdend werktuig met aanhangwagen(s) mag maximaal 18,75 meter zijn. Voor langere of bredere combinaties is ontheffing nodig. Wordt deze verstrekt, dan is het voeren van een geel zwaailicht verplicht.

Lange en uitstekende lading

In principe mag een lading niet meer dan één meter achter het voertuig uitsteken. Ten opzichte van de achterste as mag de lading niet meer dan 5 meter uitsteken. De lading mag ook niet uitsteken aan de voorzijde van trekkers en aanhangwagens. Uitstekende ondeelbare lading moet worden gemarkeerd met een vierkant bord met schuine witte en fluorescerende rode strepen. Bovendien moet in het donker aan de naar achteren uitstekende lading een rode lamp worden bevestigd.

Lading die meer dan 10 cm uitsteekt buiten de zijkant van het voertuig moet voorzien zijn van breedtemarkering.

Spiegels en richtingaanwijzers

Trekkers moeten een linkerbuitenspiegel en knipperende richtingaanwijzers hebben. Motorvoertuigen met beperkte snelheid en een gesloten cabine moeten ook een rechterbuitenspiegel hebben. Bij een lengte van meer dan 6 meter is ook nog een trottoirspiegel verplicht.

Verlichting

Landbouwtrekkers moeten zijn voorzien van de volgende verlichting:

- Achterzijde: twee rode achterlichten
twee rode remlichten
twee rode reflectoren (niet driehoekig)
twee gele richtingaanwijzers
een afgeknotte driehoek met officieel keurmerk
- Voorzijde: twee gele of witte stadslichten
twee gele of witte dimlichten
twee gele richtingaanwijzers
Zwaailicht als breder dan 2,6 meter
Twee extra dimlichten als andere dimlichten worden afgeschermd

Motorvoertuigen met beperkte snelheid moeten tevens zijn voorzien van zijrichtingaanwijzers en gele reflectoren aan de zijkant.

Aanhangwagens moeten aan de achterzijde zijn voorzien van:

- twee rode of gele richtingaanwijzers
- twee rode of gele remlichten
- twee rode achterlichten
- twee rode driehoekige reflectoren
- één rode reflector als afgeknotte driehoek

Daarnaast is het verplicht voor aanhangers dat zij voorzien zijn van:

- twee witte stadslichten aan de voorzijde bij voertuigen breder dan 1,6 meter
- twee witte reflectoren aan de voorzijde
- niet-driehoekige gele zijreflectoren
- markeringslichten bij voertuig breder dan 2,1 meter

Alle aanhangwagens moeten zijreflectoren hebben, De plaats van de reflectoren bereken je door de aanhangwagen plus dissel in 3 stukken te verdelen. In het middenstuk moet een reflector worden aangebracht. De afstand tot de volgende reflector mag niet meer dan 3,0 m zijn. Tussen de laatste reflector en de achterzijde mag maximaal 1,0 m liggen.

N.B. In gevaarlijke situaties moet een geel zwaailicht worden gebruikt.

Ontheffingen aanvragen

Als niet wordt voldaan aan bovenstaande voorschriften voor breedte, wieldruk, etc., kunnen veehouders en loonwerkers ontheffingen aanvragen bij de wegbeheerder. Voor rijkswegen is dit de Rijksdienst voor het Wegverkeer, voor provinciale wegen is dit Gedeputeerde Staten van de provincie. Voor de overige wegen kunnen zij terecht bij Burgemeester en Wethouders van de betreffende gemeente. Bij ontheffing is het voeren van een geel zwaailicht verplicht.

Extra informatie

Actuele of aanvullende informatie over de eisen die gesteld worden aan landbouwtrekkers en motorrijtuigen met een beperkte snelheid kan gevonden worden in de Regeling voertuigen op www.wetten.nl of in het dossier voertuigeisen op de site van CUMELA Nederland (<http://www.cumela.nl/verkeer-en-vervoer-veilig-landbouwverkeer-voertuigeisen/overzicht-van-eisen-aan-landbouwvoertuigen>) of op www.veiliglandbouwverkeer.nl. CUMELA Nederland heeft een interactieve [e-learning module land-bouwverkeer](#) ontwikkeld om alle leerlingen, werknemers en werkgevers in de agrarische sectoren te informeren hoe zij kunnen bijdragen aan veiliger landbouw- en bouwverkeer.