



# Wachten op de CVT

*Wielladers op de kuil: efficiëntere aandrijflijnen op komst*

Wielladers zijn ontworpen voor het grondverzet. Wij gaan er de kuil ook mee op, trekken zware vrachten en rijden lange stukken over de weg. Het gaat best, maar er zijn beperkingen op het gebied van efficiëntie. We discussieerden met mensen van JCB, Werklust en ZF over de efficiëntie op de kuil van de Ergopower-bak, mogelijke oplossingen en waarom een CVT-bak de oplossing kan zijn.

Mooi, zo'n plaatje van zo'n stoere JCB 434S Agri-wiellader op de kuil. Stel vette 750/65R26-Michelin-banden, stevige grasvork en gaan, tegen die bult op! Maar liefst 169 kW (230 pk) voor een dertientons machine, die primair de aanleiding vormde voor dit verhaal. Buffelen op de kuil met die JCB 434 is even zwaarder dan een vracht vulzand laden met een normale JCB 426. In vergelijking met zijn even zware broer, de 426, heeft deze machine ongeveer 1,8 keer zoveel kracht aan de wielen! Kat in het bakkie, zou je denken.

## Passende tractie

De wrijvingscoëfficiënt op de grond (zandbaan) ligt ruwweg tussen de 0,5 en de 0,65. Dat getal maal het eigen gewicht geeft dus een duw- of trekkracht van 6,5 tot 8,5 ton. Bij meer duw/indringingskracht heb je kans dat de wielen door-slippen. Daar zijn de moderne wielladers primair op

geconstrueerd. Voor elke klasse is er een bij elkaar passend setje van motor, koppelmvormer, transmissie en aandrijflijn, goed voor een maximale trekkracht van ongeveer 0,8 tot 1,0 maal het eigen gewicht. Je hebt het in het grondverzet meestal lang niet allemaal nodig, dus hou je normaal gesproken voldoende vermogen over voor de bediening van het laadframe. De 434 is met zijn grote vermogen te agressief voor het grondverzet en geeft ook op de maïskuil kans op doorslippen. Aangezien loonwerkers de wielladers multifunctioneel inzetten, kiezen ze daarom voor de 426 Agri.

## Zwaarder gaat niet

Het werken op de kuil geeft een veel hogere belasting. Bij kuilwerk rij je voortdurend tegen de hoop op. Je belast de aandrijflijn continu relatief hoog. Bij het lossen voor de hoop moet je het materiaal ook nog eens die hoop opwerken. Je

vraagt dan niet alleen aan de wielen maximaal vermogen, maar ook nog eens veel vermogen voor het laadframe. Hydrauliek heeft daarbij altijd voorrang, omdat deze load-sensing-geregeld is. Wat je daar vraagt, heb je niet beschikbaar voor het trekvermogen. Je kunt met een normale wiel-lader op de kuil dus vermogen tekortkomen als je met volle kracht door wilt duwen.

Een theoretische oplossing is om net als in het grondverzet een zwaardere shovel in te zetten. Zoals u weet gaat dat niet. Voor niet te brede maïskuilen ligt de grens rond de dertien ton. In sleufsilos kan het zijn dat je niet boven de tien ton mag uitkomen. Bij heel grote kuilen (zeker biogaskuilen) is er wel ruimte voor zwaarder en zie je wielladers van vijftien of zestien ton draaien. Dan is de capaciteit van de oogstketen vaak ook navenant groter, dus zullen ook deze machines voluit moeten gaan. Het is niet voor niets dat we internationaal hier zware (knik)trekkers, PistenBully's en Xerions zien verschijnen.

## De koppelmvormer

Wielladers hebben een schakeltransmissie die is gecombineerd met een koppelmvormer. Hoe groter het verschil tussen het motortoerental en het toerental van de ingaande as van de versnellingsbak (in- en uitgaande as van koppelmvormer), hoe meer koppel er wordt overgebracht. Stelregel is dat de maximale krachtsefficiëntie (ruim 80 procent) wordt bereikt bij circa 70 procent overbrenging in de koppelmvormer (30 procent slip). Hoe meer slip, hoe groter de krachtsoverbrenging. Bij stilstaande wielen en vol draaiende motor stuurt de stator zoveel olie naar het turbine-

wiel van de uitgaande as dat het koppel een factor twee tot drie keer zo groot wordt. Dit getal noemen we in de tabel de koppelmvergroting. In deze klasse zitten de machines rond de 2,5. JCB monteert voor de krachtpatser een extra grote koppelmvormer met een factor 3,1. Bij stilstaande wielen is de kracht dus heel groot, maar de efficiëntie nul. Je komt immers niet vooruit. Alle energie wordt omgezet in het rondpompen van olie, met als gevolg hitte en een hoog brandstofverbruik. Moderne wielladers zijn zo geconstrueerd dat het toerental van de motor bij (kuil)belasting bij maximale vermogensvraag aan de wielen en tegelijk het laadframe bedienen terugloopt naar circa 1900. Motoren hebben dan extra koppel en dus meer kracht beschikbaar voor de hydrauliek. Omdat de koppelmvormer vanwege het iets lagere motor-toerental dan ook iets minder vermogen door kan geven, verlies je dan circa tien procent kracht aan de wielen. Je kunt dan echter wel met de lader werken en het duwvermogen is toch nog hoog. Wie er zo mee werkt, blijft in het gunstige efficiëntiegebied van de koppelmvormer. We hebben het dan over een efficiëntie van rond de 75 procent. Dan moet je wel het koppie er goed bijhouden en je niet laten opjagen. Het gaat mis als je te veel vraagt, lees te veel slip in de koppelmvormer, of het motortoerental te ver laat zakken. In het verleden leverde dit nog wel eens oververhitting op de kuil op en zelfs binnenbrandjes. Tegenwoordig hebben wielladerfabrikanten dat behoorlijk onder de knie, maar er zijn er onder u die wel weten hoe heet het kan worden als je lang en intensief op de kuil werkt en de radiatoren niet goed schoon houdt, zeker bij wielladers die ook lucht van onderaf aanzuigen.

## Overzicht wielladers met koppelmvormer en schakelbak

Bijna alle wielladers in de 12-13-tons klasse hebben een ZF Ergopower-bak. Het getal na de letters WG geeft de pk-klasse aan. De WG 160 is volgens ZF de bak voor de 12-tons klasse, de WG 190 voor de 14-tons klasse en de WG 210 voor de 17-tons klasse.

### Merken met koppelmvormer

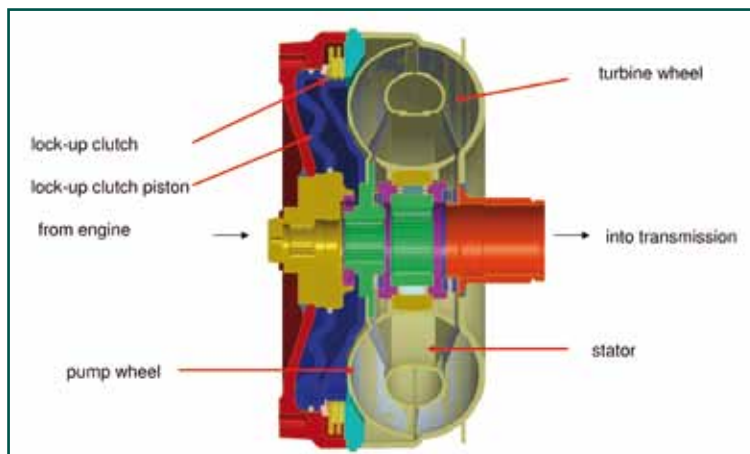
Merk	JCB	JCB	Ljungby Maskin	Werklust	Hyundai
Type	426S Agri	434S Agri	L13	WG18E	HL740-9
Eigen gewicht	13 ton	13 ton	13 ton	13 ton	12 ton
Max. vermogen	113 kW (154 pk)	172 kW (234 pk)	150 kW (204 pk)	118 kW (160 pk)	108 kW (147 pk)
Max. koppel	633 Nm	949 Nm	750 Nm	667 Nm	690 Nm
Koppelmverhoging	2,5	3,1	2,5	2,6	2,3
Snelheid eerste	6,2 km/u	5,8 km/u	7,0 km/u	6,6 km/u	6,7 km/u
Snelheid hoogste	43 km/u	46 km/u	50 km/u	39 km/u	39 km/u
Merk en type bak	ZF 6WG 160	ZF 6WG 210	ZF 5WG 190	ZF 4WG 160	ZF 4WG 160

Merk	Doosan	Volvo	Caterpillar	Case	New Holland
Type	DL 200	L60F	930H	621E	W130B
Eigen gewicht	12 ton	12,5 ton	13 ton	13 ton	13 ton
Max. vermogen	118 kW (160 pk)	114 kW (155 pk)	112 kW (152 pk)	121 kW (165 pk)	128 kW (174 pk)
Max. koppel	686 Nm	648 Nm	738 Nm	510 Nm	g.o.
Koppelmverhoging	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7
Snelheid eerste	6,6 km/u	7,3 km/u	7 km/u	6,9 km/u	6,9 km/u
Snelheid hoogste	35 km/u	43 km/u	40 km/u	39 km/u	39 km/u
Merk en type bak	ZF 4WG 160	Volvo	Cat	ZF 4WG 160	ZF 4WG 160

Werklust heeft bewust gekozen voor een lagere eerste en tweede versnelling om meer kracht aan de wielen te hebben voor het kuilwerk. Het Nederlandse merk ziet goede kansen voor de lock-up. ▶



Hier de koppelmvormer met lock-up-platen-koppelpakket. Dat koppelt het pompwiel aan het turbinewiel. De stator stuurt bij een groter toerenverschil extra olie naar het turbinewiel en zorgt hiermee voor de koppilvergroting. ▶



Een zwaardere motor ervoor lijkt de simpelste oplossing. Net zoals die JCB 434, maar dat verhaal zit genuanceerder in elkaar. ZF geeft aan dat hij het vrijgeven van de gekozen bak de motor het voor de transmissie opgegeven ingaande koppel niet mag overschrijden. In die berekening is geen rekening gehouden met afgetapt hydraulisch vermogen voor het laadframe en eventueel de kuilverdeler. Vandaar dat je in de tabel bij de verschillende merken vaste verhoudingen tussen motorvermogen en gekozen transmissies ziet. JCB heeft dus bij de 434 een veel zwaardere ZF WG 210-bak en een zwaardere achteras moeten monteren. JCB en andere wielladerfabrikanten zouden dit kunnen ondervangen door het motorvermogen variabel te regelen, dus een koppelmetering op de ingaande transmissie-as en dan de motorregeling (vermogensvrijgave) daarop aansturen. Dat wordt niet zo gebruikt bij wielladers, maar is wel een passende oplossing voor kuilwerk en zou die 434 ook geschikter maken voor grondverzet.

### Passende versnellingsbak

Werklust creëert meer kracht aan de wielen door heel simpel een extra lage snelheid voor de eerste en tweede versnelling te kiezen voor de vierbak. Door deze grotere vertraging heeft de koppelmvormer het relatief gemakke-

lijker en heb je meer kracht aan de wielen bij dezelfde vermogensoverdracht in de koppelmvormer. Een soortgelijke oplossing is meer versnellingen, zodat de overbrengingsverhoudingen lager en dichter bij elkaar kunnen worden gekozen. ZF biedt hiervoor een vijf- en een zesbak. Werklust wil dit liever niet, omdat dit alternatief volgens dit bedrijf duurder is en voor grondverzet niet nodig is. Bovendien worden in deze bakken twee platenpakketten tegelijk geschakeld, waardoor ze mogelijk wat kwetsbaarder zouden kunnen zijn. JCB kiest voor zijn Agri-modellen wel voor de zesbakken. Dat is ook het verschil tussen de gewone 426 en de 426 Agri. Ljungby Maskin pakt nu standaard de vijfbak. We blijven (ook hier) dus 'steken' bij de normale wiellader met de niet altijd efficiënte koppelmvormer.

### Lock-up goede optie

De slip in de koppelmvormer is op te lossen met een lock-up. Dit wordt dan een doorgaande starre as zonder (circa twintig procent) verlies. Dit zogenaamde efficiency-pakket houdt bij ZF in een automatische lock-up voor de WG-transmissies (uitgezonderd de lichtste WG 94). Deze sluit altijd bij het schakelen, zodat er geen snelheidsterugval of tractieverlies is tijdens het schakelen. Ook blijft deze bij lagere motortoerentalen gesloten, zodat

meer op de motor en bij een lager en zuiniger motortoerental kan worden gewerkt. De lock-up begint echter pas in de tweede versnelling. Bij het opduwen tegen de kuil kan hij dus niet in de lock-up. ZF zelf geeft - heel optimistisch - een brandstofbesparing op tot twintig procent en een capaciteitsverhoging van dertig procent. Volgens ZF is deze optie in de klasse van tien tot vijftien ton nog niet gerealiseerd.

Volvo biedt de lock-up in zijn transmissie nu standaard aan op zware wielladers. Het merk spreekt van brandstofbesparingen (volgens praktijkmetingen) van rond de vijftien procent. Ljungby Maskin geeft aan in Zweden erg goede resultaten te hebben geboekt met een L15 met lock-up, vijfbak en een topsnelheid van 60 km/u. Het scheelt volgens de fabrikant aanzienlijk in brandstof en je rijdt alsof je in een personenauto met automaat rijdt. Deze variant wordt nu als optie aangeboden bij de zwaardere wielladers. JCB heeft er ook al mee geëxperimenteerd. Er zijn ook andere merken die deze optie aanbieden bij zwaardere wielladers. Werklust heeft wel oren naar deze oplossing voor de hele range.

### De CVT komt eraan

Bij ZF wordt er volop gewerkt aan een CVT-transmissie, de ZF cPower. ZF noemt het de ultieme oplossing voor de wielladers en een grote stap vooruit in transmissietechnologie voor wielladers. Het merk claimt een brandstofbesparingseffect tot dertig procent ten opzichte van de huidige generatie Ergopowerbakken (zonder lock-up). ZF wijst daarbij op zijn ruime ervaringen met dergelijke bakken in trekkers. Het verhaal is ook precies gelijk. Je zit niet meer met een energievretende koppelmvormer en je hoeft de motor niet meer op een hoog toerental te houden voor die koppelmvormer. Dat is ook waar ZF in zijn conceptstudie op wijst. Bij alle snelheden en belastingen kun je met laag motortoerental de kracht efficiënt en volledig overbrengen. Dat scheelt niet alleen die dertig procent brandstofbesparing, maar ZF claimt ook nog een productiewinst van twintig procent. Het maakt de wiellader ineens beter geschikt voor specifieke agrarische inzet, zoals lange afstanden over de weg afleggen, een zware wagen meetrekken en op de kuil werken. ZF verwacht dat deze techniek waarschijnlijk binnen drie jaar operationeel zal zijn. Kortom, er zijn mogelijkheden genoeg om de wiellader geschikter te maken voor de specifieke Nederlandse inzet.

Tekst & foto's: Gert Vreemann

# De hydrostaten

De CVT is ook hier een logisch vervolg

De hydrostaat is niet genoemd. In de klasse van twaalf tot dertien ton zijn daarin Liebherr, Komatsu en Hitachi actief. Elk hebben ze hun eigen argumenten om voor deze techniek te kiezen. Het verhaal van de hydrostaat is eigenlijk omgekeerd: extra krachtig onderin en minder efficiënt op topsnelheid.



Alle drie merken hebben een aparte pomp voor het rijden en voor het laadframe, zodat het laadframe onafhankelijk van het rijgedeelte werkt. Deze machines werken voor het rijgedeelte met een hoofdpomp in combinatie met twee hydromotoren op de transmissie. Ze rijden weg op een hydromotor. De tweede hydromotor schakelt in het hoofdwerkgebied bij voor extra kracht en een betere efficiëntie. Voor (snel) transport wordt er een hydromotor uitgeschakeld, om zo alle olie naar één hydromotor te sturen. Komatsu en Hitachi combineren dat met een vierversnellingsbak, terwijl Liebherr met een verzamelbak werkt. Een hydrostaat heeft het hoogste rendement bij een maximaal slagvolume. Het rendement loopt dus terug naarmate het slagvolume van de pomp en motor afneemt (hogere wrijving in relatie tot de opbrengt). Bij 25 procent slagvolumereductie wordt gesproken over circa 75 procent rendement. Een verdere slagvolumereductie (een hoger toerental van de hydromotor en een lagere opbrengst van de pomp) geeft een rendementsdaling.

## Zuiniger motortoeren benutten

Even ter vergelijking: bij de Ergopower werkt het net andersom. Het hoogste rendement (net boven de 80 procent) ligt daar juist bij maximaal toerental. In het hoofdwerkgebied zit je globaal ook rond de 75 procent rendement. Bij veel slip in de koppelmvormer (zoals bij het wegrijden) daalt het rendement. Bij stilstand en draaiende motor is het rendement nul. In de koppelmvormer wordt dan olie rondgepompt, die dan in feite alleen wordt verhit.

Een hydrostaat heeft als pluspunt dat de motor niet altijd vol toeren hoeft te draaien. Dat maakt de machine stiller en scheelt koeling. Hydrauliekpompen en hydromotoren zijn druk- en opbrengst-begrensd. Het probleem van de vermogensbeperking op de motor speelt niet. Het wegkoelen van hitte speelt ook minder, los van extreme belasting van de rijpomp bij transport. De souplesse van het rijden op de hydrostaat wordt gezien als sterk punt. Een hydrostaat is daarmee juist efficiënt bij indringen en vanuit stilstand tegen de bult opduwen en in de overslag. Dat verklaart waarom hydrostaten in diverse testen op overslagwerk vaak het laagste brandstofverbruik scoren. De schakelbak met koppelmvormer is juist efficiënt bij transportwerk en load/carry met redelijke (op de versnellingsbak afgestemde) snelheid. En om het moeilijker te maken: beide hebben zo hun eigen optimale en minder optimale snelheden, afhankelijk van de gearing van de bak en de settings van hydrauliekpomp en hydromotoren.

Uitspraken over verschillen in onderhoudskosten en levensduur zijn gevaarlijk. Die kosten zijn het meest gebruikte tegenargument van de hydrostaten. De fabrikanten die deze hydrostaten toepassen, geven daarentegen aan dat de techniek is doorontwikkeld, juist eenvoudig van opbouw is en je niet zit met schakelingen en koppelingsspakketten. Voor een eerlijke vergelijking zullen we praktijktesten moeten uitvoeren.

## Doorontwikkeling

Maar ook hier geldt: de CVT-bak is een doorontwikkelde hydrostaat met een mechanisch aandeel. Bij deze transmissies wordt de hydrauliek in zijn gunstige regelgebied (hoge opbrengst, laag toerental) benut. Daar waar de hydrauliek in een minder efficiënt gebied komt, wordt het aandeel van de mechanische overbrenging hoger, om zo een hoge gelijkmatige efficiëntie te krijgen door het hele bereik. De CVT is daarmee ook voor de hydrostaten een stap verder in de ontwikkeling.

## Merken met hydrostaat

Merk	Hitachi	Komatsu	Liebherr
Type	ZW 150	WA250	L542
Eigen gewicht	13 ton	13 ton	13 ton
Max. motorvermogen	107 kW (145 pk)	104 kW (141 pk)	105 kW (143 pk)
Max. koppel	590 Nm	627 Nm	770 Nm
Aantal rijpompen	1	1	1
Aantal rijmotoren	2	2	2
Aantal schakeltrappen bak	4	4	0
Snelheidsbereik 1 (km/u)	0-7 km/u	0-4/13 km/u	0-6 km/u
Topsnelheid	38 km/u	38 km/u	40 km/u