

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta



Porovnání traktorů výkonové třídy nad 250 kW

(John Deere, Case IH a Challenger)

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Autor práce: Martin Němec

PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Němec

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Porovnání traktorů výkonové třídy nad 250 kW (John Deere, Case IH a Challenger)

Název anglicky

Comparison of tractors of power range over 250 kW (John Deere, Case IH and Challenger)

Cíle práce

Porovnání traktorů výkonové třídy nad 250 kW podle zvolených technických, ekonomických a exploatačních parametrů (porovnat zejména značky traktorů John Deere, Case IH a Challenger jak v kolovém, tak v pásovém provedení).

Metodika

Metody analýzy současného stavu. Metody porovnání z hlediska technických, ekonomických a exploatačních ukazatelů (spotřeby paliva, výkonnosti, spotřeby práce atp.).

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

traktor, technické charakteristiky, otáčková charakteristika motoru, metody porovnání

Doporučené zdroje informací

BAUER, F. – SEDLÁK, P. – ŠMERDA, T.: Traktory. Praha: Profi Press, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0.

BROŽOVÁ, H. – ŠUBRT, T. – HOUŠKA, M.: Modely pro vícekriteriální rozhodování. Praha: Credit, 2003. 172 s. ISBN 80-213-1019-7.

CET, M.: Traktory (encyklopedie). Čestlice: Rebo, 2010. 299 s. ISBN 978-80-7234-935-7.

Firemní prospekty.

KAVKA M. et al.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. ÚZPI, Praha, 2003, 376 s. ISBN 80-7271-164-4.

KUMHÁLA, F. a kol. Zemědělská technika stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. 1. vyd. Praha: ČZU v Praze, 2007. 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.

PÍCHA, V.: Katalog traktorů 2013. Agromachinery, 2013. 344 s. ISBN 978-80-904879-2-5.

ŠAŘEC P., ŠAŘEC, O.: Využití mobilních strojů- podklady k přednáškám a cvičením. ČZU, Praha, 2007, 99 s. ISBN 978-80-213-1681-2.

Předběžný termín obhajoby

2014/15 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 9. 1. 2014

prof. Ing. Miroslav Kavka, DrSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 01. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci na téma „Porovnání traktorů výkonové třídy nad 250 kW“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Ondřeje Šarce, Csc. a použil jsem jen pramenů, které uvádím v seznamu literatury.

V Praze dne 4. 4. 2016

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Prof. Ing. Ondřeji Šařcovi, Csc. za odborné vedení a poskytnutí rad při tvorbě mé bakalářské práce.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je porovnat traktory výkonové třídy nad 250 kW podle zvolených technických, ekonomických a exploatačních parametrů. Bakalářská práce je rozdělena na několik částí. Nejprve se zabývám historickým vývojem a konstrukcí traktoru. Dále představuji porovnávané traktory a jejich parametry. Následně se věnuji vlastnímu porovnání traktorů, kde jsou odděleně porovnávány kolové a pásové traktory. V závěru je porovnání vyhodnoceno.

Klíčová slova: traktor, technické charakteristiky, otáčková charakteristika motoru, metody porovnávání

Comparison of tractors of power range over 250 kW (John Deere, Case IH and Challenger)

Summary: Main objective of this bachelor thesis is to compare tractor from the class over 250 kW in accordance with technical specifications, economics and exploitation parameters. Bachelor thesis is divided into several parts. At the first I focused on historical innovation and construction of tractors. In next part I presented the comparing tractors and their parameters. Then I dedicated my own comparing of tractors, where were compared wheels and belts tractors separately. In conclusion is evaluation of comparing.

Keywords: tractor, technical characteristics, characteristics of the motor rotation speed, comparison methods

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce a metodika.....	2
3	Historický vývoj.....	3
4	Konstrukce traktorů.....	4
4.1	Motor	4
4.1.1	Tvorba směsi a spalování u vznětových motorů	4
4.1.2	Palivová soustava	5
4.1.3	Přepřehování	6
4.1.4	Emise traktorových motorů.....	6
4.2	Převodová ústrojí	8
4.3	Podvozky a elektrohydraulické systémy.....	10
4.3.1	Odpružení přední nápravy.....	10
4.3.2	Řízení kolových a pásových traktorů.....	11
4.3.3	Brzdové ústrojí.....	11
4.3.4	Elektrohydraulické systémy	11
4.4	Kabiny.....	12
5	Představení porovnávaných traktorů.....	14
5.1	Kolové traktory	14
5.1.1	John Deere 9460 R	14
5.1.2	CASE IH Steiger 450	17
5.1.3	Challenger MT945C	19
5.2	Pásové traktory	22
5.2.1	John Deere 9620 RX	22
5.2.2	CASE IH Steiger Quadtrac 600	25
5.2.3	Challenger MT875E.....	26
6	Porovnání traktorů nad 250 kW	28

6.1	Porovnání jednotlivých parametrů kolových traktorů	28
6.1.1	Poměr výkon/hmotnost	28
6.1.2	Točivý moment	29
6.1.3	Měrná spotřeba paliva	29
6.1.4	Maximální průtok olejového čerpadla	30
6.1.5	Počet servisních středisek v ČR.....	31
6.2	Komplexní hodnocení kolových traktorů	32
6.3	Porovnání jednotlivých parametrů pásových traktorů	35
6.3.1	Poměr výkon/hmotnost	35
6.3.2	Točivý moment	36
6.3.3	Měrná spotřeba paliva	36
6.3.4	Maximální průtok olejového čerpadla	37
6.4	Komplexní hodnocení pásových traktorů	37
7	Závěr.....	40
8	Použitá literatura	42
	Seznam obrázků.....	43
	Seznam tabulek.....	44
	Seznam grafů	45
	Seznam vzorců.....	45

1 Úvod

Toto téma jsem si vybral, protože se zajímám o zemědělskou techniku. Vybral jsem si výkonovou třídu nad 250 kW, ve které se nachází nejsilnější traktory. Jsou používány jako tahače pro orání, setí nebo podmítání.

Práce je rozdělena na několik částí. V první části práce představuji použité metody, stanovené cíle a způsoby získávání dat. Dále se věnuji Historickému vývoji v zahraničí i v tuzemsku. Poté se zabývám konstrukcí traktoru a jeho vybavením. Kde popisuji motor, převodovou skříň, kabinu, podvozek a elektrohydraulické systémy.

V další části mé práce představuji porovnávané traktory značek John Deere, Case IH a Challenger. U jednotlivých traktorů nejprve popisuji stručný vývoj firmy a poté jejich parametry. Dále se věnuji vlastnímu porovnání vybraných traktorů, porovnávané traktory jsem rozdělil do dvou skupin. První skupinu tvoří traktory kolové s kloubovým řízením a druhou pásové. U traktorů porovnávám nejprve vybrané parametry a to jsou poměr hmotnosti a výkonu, točivý moment, měrná spotřeba paliva, maximální průtok olejového čerpadla a také servisní síť jednotlivých traktorů. Poté jsem provedl komplexní hodnocení traktorů. Pro porovnání jsem vybral kritéria, které jsou podle mne pro zákazníka při výběru nejdůležitější. Závěrem práce je výsledné zhodnocení traktorů a jejich výhody.

2 Cíl práce a metodika

Cílem mé bakalářské práce je porovnat traktory o výkonu nad 250 kW podle zvolených technických, ekonomických a exploatačních parametrů, dále seznámení s historií a konstrukcí traktoru. Informace o porovnávaných traktorech jsem získával od prodejců a jednotlivých firem. Tyto informace jsem se snažil podložit hodnotami od nezávislých zkušeben.

V této výkonové třídě se nacházejí traktory kolové i pásové, proto jsem porovnávané traktory rozdělil do dvou skupin. První skupinu tvoří traktory kolové s kloubovým řízením a druhou tvoří traktory pásové.

K porovnání traktorů jsem použil nástroje pro vícekritériální rozhodování a to metodu bodovací. Při této metodě se důležitost jednotlivých parametrů vyjádří určitým počtem bodů a následným stanovením vah jednotlivých kritérií. Bodovací metoda je velmi přehledná a jejím výsledkem je pořadí jednotlivých traktorů.

3 Historický vývoj

Nejprve pluchy tahali lidé. Později byli lidé nahrazeni zvířaty a ty pak byla celá staletí součástí práce v zemědělství. V 19 století začali vznikat první zemědělské stroje, které postupem času ukončily práci zvířat. Předchůdci dnešních traktorů jsou lokomobily. Lokomobil je mobilní stroj, který se skládá z parního kotle a parního stroje. Lokomobily byly využívány k orbě a k pohonu jiných zemědělských strojů. Tyto stroje byly nejčastěji poháněny pomocí kožených řemenů. První Lokomobil na našem území byl sestaven firmou Wichterle a kovařík v 70 letech 19. století. [1] [2]

V USA roku 1892 John Froelich sestavil první vozidlo se spalovacím motorem, tak že umístil na rám z ocele a dřeva dvoudobý benzínový motor. Což znamenalo začátek vývoje traktoru. Název Traktor vznikl z latinského slova trahere což znamená táhnout. Název traktor byl poprvé použit obchodním zástupcem společnosti Hart-Parr v roce 1906. [1] [3]

Henry Ford po vypuknutí první světové války používal pásovou metodu k výrobě svého traktoru Fordson, který byl zaveden do praxe roku 1917 a umožnil zajistit potravu pro miliony lidí. Na amerických farmách se v roce 1930 používalo více jak 900 000 traktorů i přes rostoucí hospodářskou krizi. V USA roku 1930 představila společnost Case Company významný model DD se třemi koly, což usnadnilo ošetřování úrody. Další významnou inovací bylo objevení gumových pneumatik, jež zvýšily produktivitu, umožnili plynulou jízdu a zvýšení rychlosti. [1]

V průběhu druhé světové války se zavádělo zapalování, osvětlení a významného zlepšení bylo dosaženo u převodovky. Byl objeven posilovač řízení. Brzy byly benzínové motory nahrazeny turbodieselovými motory. V dnešní době jsou traktory vybaveny moderním příslušenstvím, jehož funkce jsou většinou řízeny počítači. [1]

Představiteli traktorového průmyslu v Čechách byli Škodovi závody v Plzni, podnik Svoboda Kosmonosy a ČKD. Po druhé světové válce se v Čechách používalo přes 15000 traktorů. Traktorový průmysl byl válkou velmi zničený, proto se muselo přijít s novými výrobky. Zvolený byl závod brněnské Zbrojovky, což byla původně vojenská továrna. Brněnská Zbrojovka představila traktory značky Zetor. Traktory z této továrny vyjely 15. března 1946. Traktory Zetor se během několik desítek let dostaly asi do 100 zemí na pěti kontinentech v počtu více než 1,2 milionů kusů. Obdržel 2. místo v německých testech DLG díky úsporné spotřebě paliva u traktoru Forterra 135. [4]

4 Konstrukce traktorů

4.1 Motor

V dnešní době se používají u traktorů výhradně čtyřdobé vznětové motory, které mají vnitřní spalování. U těchto motorů se přenáší energie přes píst a ojnici na klikový hřídel. [5]

Pístový spalovací motor lze označit jako tepelný stroj, který spalováním paliva získává tepelnou energii a přeměňuje ji na mechanickou práci. Ve spalovacím prostoru dochází ke zvýšení teploty a tlaku plynů, který při expanzi působí na píst a koná užitečnou práci. [6]

Na motor je v současnosti kladeno mnoho požadavků, které jsou rozděleny do dvou skupin obecné požadavky a speciální požadavky. [5]

Tabulka 1. Obecné požadavky na spalovací motor

Legislativa	Zákazník	Výrobce
výfukové emise	spotřeba paliva	nenáročnost výroby
spotřeba paliva a emise CO ₂	životnost	kvalita
hluk	výkon	výrobní náklady
recyklovatelnost	spolehlivost	zisk
bezpečnost	údržba	trh a konkurence
	cena	sériovost výroby

Zdroj: [5]

Speciální požadavky jsou určeny z podmínek provozu motoru. Mezi ně patří např. trvalý provoz při maximálním výkonu, provoz při velkém kolísání zatížení, vysoké převýšení točivého momentu, nízká spotřeba paliva v provozní oblasti motoru. Motor musí také plnit předpisy EHK a směrnice ES/EHS a jejich aplikace na vozidla kategorie T dle zákonů a vyhlášek MDS, to je např. kouřivost vznětových motorů, emise výfukových plynů, regulátor otáček, hladina vnějšího hluku traktorů aj. [5]

4.1.1 Tvorba směsi a spalování u vznětových motorů

Kvalitní palivová směs je velmi důležitá, protože ovlivňuje parametry, které určují činnost spalovacího motoru. Účel je přivést do spalovacího prostoru ve správném okamžiku v požadovaném stavu a množství směs paliva se vzduchem. [5]

Spalovací prostory vznětových motorů rozdělujeme na dvě základní skupiny a to dělený spalovací prostor (motory s přímým vstřikem paliva) a nedělený spalovací prostor (motory komůrkové). V současnosti se u traktorů používají motory s přímým vstřikem paliva. Tyto motory jsou charakterizovány nižší měrnou efektivní spotřebou paliva, tedy i ekonomičtějším provozem a snadnějším startem motoru za nízkých teplot. Mají jednoduchý a kompaktní spalovací prostor, který napomáhá k intenzivnímu víření vzduchu. Nejčastěji se používají spalovací prostory tvaru Hesselman, Sauer, MAN a polokulový. V porovnání s motory s děleným spalovacím prostorem je nevýhodou vyšší hlučnost a vibrace, což je způsobeno rychlým nárůstem tlaku nad pístem během hoření směsi. Nepřeplňované motory s přímým vstřikem paliva dosahují nižších hodnot středního efektivního tlaku oproti komůrkovým motorům. [5] [6]

4.1.2 Palivová soustava

Palivová soustava má za úkol doručit dodávku paliva do všech válců v daném okamžiku v určitém množství. Podle použitého systému se palivové soustavy liší, základ je však stejný. V mnou porovnávané výkonové třídě se výhradně používá systém s tlakovým zásobníkem Common Rail. [6]

U systému Common Rail je odděleno vytváření tlaku a vstřikování. Vysokotlaké čerpadlo nezávisle na otáčkách motoru a vstřikované dávce reguluje vstřikovací tlak. Tlak je připraven ke vstřikování ve vysokotlakém zásobníku – Railu. Tento systém se vyznačuje větší flexibilitou při řešení procesu vstřikování. Množství paliva je určen polohou pedálu. Okamžik vstřiku a vstřikovaná dávka jsou určeny elektronickou řídicí jednotkou. Každý válec motoru má zabudovaný vstřikovač. [5] [6]

Mezi hlavní části systému Common Rail patří podávací čerpadlo, elektrické čerpadlo nebo mechanicky poháněné zubové čerpadlo nasává palivo z nádrže přes filtr s odlučovačem vody a dopravuje ho k přívodu do vysokotlakého čerpadla. Vysokotlaké čerpadlo vytlačuje palivo do tlakového akumulátoru, kde se udržuje stálý tlak paliva. Dále je palivo dopraveno vysokotlakým potrubím ke vstřikovačům, které jsou ovládány z řídicí jednotky. Vstřikovač má nejčastěji elektromagnetický ventil nebo piezoelektricky řízený vstřikovač s hydraulickým ovládním vstřikovací trysky, který má podstatně rychlejší odezvu na přivedený elektrický signál. [5]

4.1.3 Přepřňování

Výkon lze zvýšit mnoha metodami, jedna z nejrozšířenějších a nejefektivnějších metod je do-pravení větší hmotnosti vzduchu do spalovacího prostoru. To lze uskutečnit pomocí dmycha-del, tlakových vln a náporu vzduchu. U traktorů se nejvíce používají turbodmychadla. Tur-bodmychadla se skládají z turbíny a kompresoru spojených hřídelem. Využívají energii z vý-fukových plynů, a vytvářejí v sání tlak vyšší než tlak atmosférický. Tak se dostane do válce větší hmotnost vzduchu, což umožňuje vstřikovat větší množství paliva. Při přepřňování do-chází k nárůstu teploty plnicího vzduchu za turbodmychadlem, proto se musí vzduch před vstupem do válců ochladit pomocí mezichladičů. U Traktorových motorů se nejčastěji použí-vají výměníky vzduch-vzduch nebo vzduch-chladičí kapalina. Pro udržení stanovené velikosti přetlaku v sacím potrubí při různých otáčkách se používá natáčení lopatek rozváděcího ústrojí turbíny. [5] [6]

4.1.4 Emise traktorových motorů

V případě ideálního spalování vzniká oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). Oxid uhličitý je skleníkový plyn, který se podílí na vzniku radiační clony. Ve skutečnosti jsou však při-tomny ještě další látky. Jednou z nejškodlivějších látek je oxid uhelnatý (CO), který vzniká při nedostatku kyslíku ve směsi. Pro člověka je velmi nebezpečný. Oxid uhelnatý se váže na krevní barvivo a vzniká tak pevný karboxyhemoglobin omezující přenos kyslíku z plic do krevního oběhu. K další skupině škodlivých látek patří oxidy dusíku (NO_x). Vznikají při vy-sokých teplotách oxidací vzdušného dusíku. Jeho přímá škodlivost na organismus je nízká. V atmosféře se však přeměňuje na oxid dusičitý, který způsobuje pocit dušení a nucení ke kašli. Dále se oxidy dusíku podílí na tvorbě letního smogu a kyselých dešťů. Nespálené uhlo-vodíky (HC) vznikají při předčasně zastavených oxidačních reakcí nebo vynecháním či poru-chou spalování. Ve výfukových plynech se vyskytují v nejrůznějších formách jako nespálené nebo částečně spálené části paliva (C_6H_6 , C_8H_{18} ,...), jsou nejméně škodlivé. Některé z nich jsou karcinogenní, nejnebezpečnější jsou polycyklické aromatické uhlovodíky. Pevné částice (PM) jsou definovány podle zákonů USA jako každá látka, která je za normálních podmínek ve výfukových plynech obsažena jako pevná částice (popílek, saze) nebo kapalina. Skládají se z elementárního uhlíku z malého množství sulfátu, dusíku, vody a dalších látek. Samotné čás-tice nejsou toxické, ale na jejich povrchu jsou přichyceny látky s vysokou zdravotní závad-ností. [6]

Ke snížení škodlivin ve výfukových plynech se používají různá technická zařízení. Emise CO a HC se snižují pomocí oxidačního katalyzátoru. Tvoří ho kovový nebo keramický nosič, pokrytý vrstvou z oxidu hlinitého, na ní je nanесena další vrstva z ušlechtilých kovů platiny nebo palladia. NO_x lze minimalizovat recirkulací výfukových plynů. Rozeznáváme vnitřní a vnější recirkulaci. Vnitřní recirkulace spočívá na úpravě časování ventilů v průběhu výfukového zdvihu pístu. Během výfuku je na okamžik pootevřen sací ventil a část spalin se dostává do sacího kanálu. Při sání spaliny vnikají do spalovacího prostoru s čerstvým vzduchem. U vnější recirkulace se odvádějí spaliny přes tzv. EGR ventil zpět do sání motoru, čímž dochází ke snížení teploty ve spalovacím prostoru. Druhý způsob snižování emisí NO_x je pomocí systému SCR. Tento systém využívá redukční prostředek AdBlue, což je 32,5% roztok vody a močoviny. AdBlue je vstřikováno do proudu stlačeného vzduchu, který ho unáší do výfukového potrubí. Ve výfukových plynech je AdBlue rozloženo na čpavek NH₃ a oxid uhličitý CO₂. Čpavek dále v SCR katalyzátoru reaguje s NO_x za vzniku dusíku N₂ a vodní páry. Ke snižování limitů pevných částic se používají filtry pevných částic. Filtr pevných částic zachytává pevné částice na porézním materiálu poloprůchodných kanálků filtru. Filtr se umísťuje se do výfukového potrubí, většinou ve společném tělese s katalyzátorem. Filtr se musí pravidelně regenerovat, rozeznáváme pasivní a aktivní regeneraci. Pasivní regenerace probíhá samovolně právě tehdy, odpovídají-li pracovní podmínky motoru teplotám výfukových plynů přibližně 350-500 °C. Vysoké teploty uvnitř filtru umožní hoření zachycených částic. Aktivní regenerace nastane po 300-1000 km, pokud nenastala možnost pasivní regenerace a filtr je téměř naplněn. V tomto případě je teplota výfukových plynů uměle zvýšena asi na 600 °C. Teplota se zvyšuje změnou časování vstřiků motoru v kombinaci s vyšším množstvím paliva, aditiva podporující hoření nebo se používají speciální dávkovací zařízení paliva do výfuku před filtr. [5] [6]

Zemědělské traktory se řídí směrnicí č. 2000/25/EC s novelou č. 2005/13/EC o opatřeních proti emisím plynných znečišťujících látek a znečišťujících částic z motorů. Tato novela respektuje metodiku a stanovené limity ze směrnice č. 97/68/EC. Emisní limity se rozdělují podle výkonu motoru a uvádí se v g.kWh⁻¹. Emisní limity jsou rozděleny do čtyř etap. V současné době platí norma stage IV, která platí pro motory s výkonem od 130 kW do 560 kW. [5]

Tabulka 2. Emisní limity, etapa IV

Efektivní výkon Pe (kW)	Oxid uhelnatý CO (g.kWh ⁻¹)	Nespálené uhlovodíky HC (g.kWh ⁻¹)	Oxidy dusíku Nox (g.kWh ⁻¹)	Pevné částice PM (g.kWh ⁻¹)	Platnost
130 ≤ P ≤ 560	3,5	0,19	0,4	0,025	po 31. prosinci 2013
56 ≤ P ≤ 130	5,0	0,19	0,4	0,025	po 30. září 2014

Zdroj: [5]

4.2 Převodová ústrojí

Pod názvem převodová ústrojí rozumíme všechna ústrojí, která spojují motor s koly hnacích náprav a vývodovými hřídeli. V dnešní době se používá řídicí elektronika umožňující např. automatickou uzávěrku diferenciálu, automatickou změnu převodového poměru atd. Automatizované převodové systémy komunikují pomocí sběrnice CAN-Bus s ostatními funkčními částmi traktoru. Jednotlivé části převodového ústrojí jsou uspořádány do společných celků, které se dále mohou využít jako součást samonosné konstrukce nebo jsou uloženy v rámu podvozku traktoru. Bloková koncepce umožňuje sériovou výrobu. Převodová ústrojí se obvykle skládají ze spojky, převodovky, rozvodovky s diferenciálem a koncovými převody. [5]

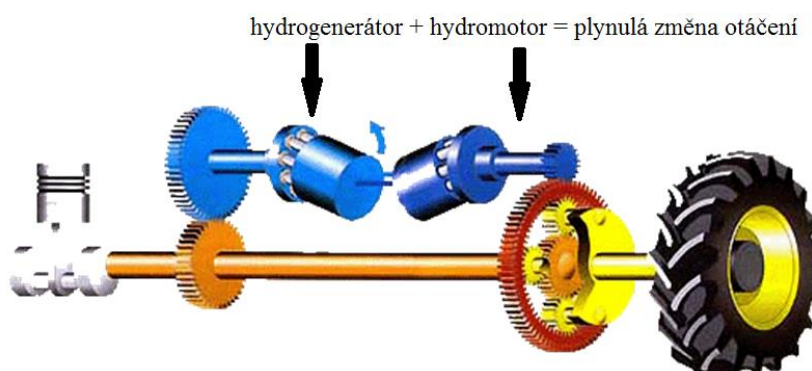
Převodová ústrojí se používají ke změně točivého momentu a jeho přerušení („neutrál“) nebo ke změně jeho smyslu (zpětný chod). Hlavním úkolem převodovek je uskutečnit plynulou změnu točivého momentu mezi motorem a koly hnací nápravy a to tak, aby měl motor pořád vysoké otáčky, při kterých pracuje na plný výkon bez ohledu na rychlost. Podle změny převodového poměru se převodovky rozdělují na převodovky se stupňovitou a plynulou změnou. [5]

U převodovek se stupňovitou změnou je točivý moment přenášen mechanicky. Mechanický převod je stále nejrozšířenější. Mají vysokou účinnost a provozní spolehlivost. Jsou však omezeny v možnostech využití výkonu motoru. Obvykle se skládají z hlavní, skupinové a reverzační spojky doplněné násobičem, který umožňuje řazení pod zatížením. Řazení převodových stupňů probíhá buď při zatížení, nebo bez zatížení. Při řazení bez zátěže musí dojít před zařazením převodového stupně k přerušení točivého momentu, což se uskutečňuje pomocí synchronizační spojky. V případě řazení pod zatížením se používá lamelová spojka nebo

lze také využít planetový převod, u kterého dochází ke změně převodového poměru pomocí brzd a lamelových spojek. [5]

Bezstupňový přenos výkonu u vozidla lze uskutečnit pomocí variátoru, hydrostatické nebo hydrodynamické převodovky a diferenciální hydrostatické převodovky. Hydrodynamické převodovky se nejvíce rozvíjeli v 80. a 90. letech dvacátého století. U dnešních traktorů se hydrodynamické převodovky téměř nepoužívají. Hydrodynamické převodovky využívají pro svou činnost kinetickou energii proudící kapaliny. Hydrodynamická převodovka je spojení pomocí hydrodynamického měniče nebo hydrodynamické spojky s mechanickou převodkou. [5]

U současných traktorů se nejvíce používají diferenciální hydrostatické převodovky (CVT). Princip CVT převodovky je založen na výkonovém dělení, kde je část výkonu vedena přes hydrostatickou a část přes mechanickou větev. Výkon se opět sečte na sumarizační hřídeli nebo planetovém soukolí, které se využívá častěji, díky svým rozměrům. Hydraulickou část tvoří hydrogenerátor a hydromotor. Hydrogenerátor přeměňuje mechanickou energii na energii tlakovou, která je dále pomocí hydromotoru přeměněna na energii mechanickou, která vstupuje do planetového převodu. Planetový převod je mechanickou částí převodovky, je složen z jednoho nebo z několika planetových soukolí. Jedno ze soukolí slučuje výkon jednotlivých větví a uskutečňuje plynulou změnu úhlové rychlosti výstupního členu. Řazení jednotlivých členů soukolí je realizováno pomocí zubových, lamelových spojek nebo lamelových brzd. [5]



Obrázek 1. Schéma konstrukce CVT převodovky [5]

Při neutrálu je regulační blok hydrogenerátoru nakloněn pod úhlem $-\alpha < 0$. Hydrogenerátor vytváří tlakovou energii, kterou hydromotor přemění na výstupní točivý moment a otáčky. Hydromotory uvádí do pohybu korunové kolo, centrální kolo je poháněno motorem a

má stejné otáčky jako kolo korunové, ale opačného smyslu. Proto je unášec satelitů zastaven. [5]

Při jízdě vpřed je snižován sklon regulačního bloku hydrogenerátoru, tím se zmenší počet otáček hydromotoru, což způsobí snížení obvodové rychlosti korunového kola. Vznikem rozdílu v obvodové rychlosti korunového a centrálního kola se postupně začíná uvádět do pohybu unášec satelitů a traktor se plynule rozjede. Dosáhne-li regulační blok hydrogenerátoru nulového sklonu, korunové kolo se zastaví a výkon motoru je přenášen jen mechanickou větví převodovky. Zvýšení rychlosti traktoru lze uskutečnit pohybem regulačního bloku ve smyslu $+\alpha > 0$. Tím se změní směr otáčení korunového kola. Traktor dosáhne maximální rychlosti při nejvyšším naklonění v tomto směru, protože korunové kolo dosáhlo své maximální rychlosti. Jízda vzad probíhá na podobném principu. [5]

4.3 Podvozky a elektrohydraulické systémy

Podvozek tvoří základní nosnou část traktoru. Podvozky rozdělujeme do tří konstrukčních skupin, a to jsou bezrámová, polorámová a rámová konstrukce. Bezrámová konstrukce je tvořena jednotlivými částmi (motor, převodovka, koncové převody), které jsou sešroubovány dohromady a tvoří nosnou část traktoru. U polorámové konstrukce jsou jen některé strojní části upevněny na rámu. V mnou porovnávané výkonové třídě používají traktory nejčastěji rámovou konstrukci, kde nosnou funkci neplní skříň motoru a převodovky, ale rám. [5]

4.3.1 Odpružení přední nápravy

Kvůli zvyšující rychlosti traktoru byly zavedeny odpružené přední nápravy. Díky odpružení má přední náprava neustálý kontakt s vozovkou při jízdě po nerovném terénu, tím traktor dosahuje vyšších tahových vlastností a jízda je pohodlnější. Konstrukčně lze odpružení přední náprav řešit různými způsoby. Jeden z nich je odpružení nápravy jako celku. Tyto nápravy nemají klouby ani jiné obzvlášť namáhané čepy. K hlavním výhodám patří jednoduchá výroba, snadná údržba, stálá geometrie a rozchod mezi předními koly. Mezi nevýhody patří větší neodpružená hmota a nutnost většího prostoru pro odpružení. Další konstrukční řešení je nezávislé odpružení nápravy. Jednotlivá kola jsou zavěšena pomocí ramen. Umožňuje, aby každé kolo samostatně kopírovalo povrch vozovky. Tímto řešením došlo ke zlepšení poměru neodpružené k odpružené hmotě a ke snížení kmitů, které působí na traktor a řidiče. K tlumení kmitů se používá hydropneumatické pérování, pružícím prvkem je nejčastěji dusík. Přenos pohybu kol se realizuje prostřednictvím kapaliny. [5]

4.3.2 Řízení kolových a pásových traktorů

Hlavní funkcí řízení je udržení směru jízdy a umožnit jeho změnu. Pro řízení kolových traktorů se nejčastěji používá hydrostatické řízení, které obsahuje hydrostatickou jednotku ovládanou volantem. Pohybem volantu umožní rotační rozvaděč přepuštění určitého množství oleje k odměrnému hydrogenerátoru, který dávkuje olej do pístu. Tím se uvede píst do pohybu a natáčí kola. Při poruše je zajištěno nouzové řízení, při kterém musí řidič klást větší sílu na volant. [5]

Řízení pásových vozidel využívá změnu rychlosti jednotlivých pásů, což je umožněno pomocí hydromechanického diferenciálního převodu nacházejícího se mezi kuželovým převodem rozvodovky a hnacími koly pásu. Tento systém realizuje plynulou změnu směru jízdy a také umožňuje otáčení traktoru na místě. [5]

4.3.3 Brzdové ústrojí

Brzdová ústrojí jsou povinnou výbavou traktoru. Jejich hlavním účelem je snížit rychlost, nebo zastavit traktor a zajistit vozidlo proti samovolnému rozjetí. Podle účelu použití se brzdy rozdělují na provozní, parkovací, nouzové a zpomalovací. Jako provozní brzdy se v současné době používají nejvíce brzdy třecí, hydraulické, dvouokruhové, mokré, kotoučové. Dnes jsou brzdy vybavovány hydraulickým posilovačem. Parkovací brzdy jsou kotoučové nebo lamelové brzdy, které jsou ovládané mechanicky. K přenosu brzdě síly se využívá kapalina nebo stlačený vzduch. U traktorů v mnou porovnávané třídě jsou brzdami opatřena všechna kola. Používají se dvouokruhové kapalinové brzdy s posilovačem, které se skládají z akumulátoru tlaku, hlavního brzdového válce s hydraulickým posilovačem, hlavní brzdíče pneumatikých brzd přívěsu, provozní mokré kotoučové brzdy přední a zadní nápravy. Každý okruh obsahuje hlavní brzdový válec s hydraulickým posilovačem. Sešlápnutím pedálu brzdy vytvoří hlavní brzdový válec tlak, který je dále přiveden potrubím k hydraulickým válcům brzd. Hydraulické válce vytvářejí brzdňý účinek. Zpomalovací brzdy se používají hlavně u traktorů určených k dopravě po veřejných komunikacích a to jako motorová brzda. [5]

4.3.4 Elektrohydraulické systémy

Hlavním závěsným zařízením je tříbodový závěs, určený pro připojování nesených a návěsných strojů. Hlavní rozměry tříbodových závěsů se řídí podle normy ISO 789-1. Tříbodové závěsy se rozdělují do čtyř kategorií. Existují i další závěsná zařízení, což jsou výkyvný závěs, pevný závěsný čep, agrozávěs a etážový závěs. [5]

Hydraulické systémy u traktorů se rozdělují na vnitřní a vnější hydraulický okruh. K ovládání tříbodového závěsu slouží vnitřní okruh, též nazývaný jako regulační hydraulika. Vnější okruh slouží pro pohon dalších hydraulických zařízení. Traktory vyšších výkonových tříd jsou vybaveny elektrohydraulickým systémem. Současná výbava tříbodových závěsů plní kromě funkce zvedání a spouštění strojů, taky regulaci pracovní činnosti připojených strojů. Regulační systémy tříbodového závěsu jsou polohový, silový, smíšený, prokluzový a tlakový systém. Při polohové regulaci je pozice přípojného zařízení regulována bez ohledu na působící síly. Systém silové regulace ovládá rozvaděč vnitřního okruhu změnou sil působících v tříbodovém závěsu. V případě smíšené regulace je v činnosti silová tak i polohová regulace. Ovládací panel jednotlivých regulačních systémů je zpravidla umístěn na pravé straně kabiny traktoru. [5]

4.4 Kabiny

Kabiny moderních traktorů jsou z velké části proskleny, aby měla obsluha nerušený výhled. Kabiny jsou vybaveny ovládacími prvky, klimatizací, vzduchem odpruženou sedačkou. Rám kabiny je tvořen šesti nebo čtyřmi sloupky, jehož úkolem je chránit obsluhu při nárazu nebo převrácení traktoru. Kabiny musí splňovat mezinárodní předpisy Evropské hospodářské komise OSN a předpisy Evropské unie. [5]

V současnosti je kladena pozornost na snižování hladiny hluku v kabině. Škodlivost zvuku záleží kromě na hlasitosti a kmitočtovém rozložení také na době expozice, po kterou je řidič hluku vystaven. Podle toho byly vytvořeny křivky tříd pro pětihodinovou expoziční dobu. Hranice pro zachování citlivosti sluchu při pětihodinové denní expoziční době je třída N 85. Při překročení této třídy musí být expoziční doba zkrácena. Podle předpisů Evropské unie musí být splněny limity akustického tlaku 86 dB podle podmínek měření. [5]

Pro snížení vibrací, které mají vliv na obsluhu, jsou traktory vybavovány pneumaticky odpruženými sedadly, odpruženými kabinami a nápravami. Kabina je vpředu uchycena pomocí pryžových silentbloků k podvozku, v zadní části je umístěna na vinutých pružinách s tlumiči nebo na hydraulických jednotkách, eventuálně na pneumatických vacích. Dnešní traktory mají automatickou regulaci odpružení kabiny. Sedačky jsou rovněž hydraulicky nebo pneumaticky odpruženy. Sedačky mají aktivní povrch, který umožňuje odvod potu a recirkulaci vzduchu. Aby měl řidič přístup ke všem ovládacím prvkům, jsou sedadla polohovatelná. Moderní sedačky obsahují několik senzorů snímajících polohu sedačky, hmotnost řidiče. [5]

Ergonomické uspořádání ovládacích prvků zajišťuje jednoduché a intuitivní ovládání. V moderních traktorech jsou ovládací prvky integrovány do loketní opěrky, na které bývá vpředu umístěn dotykový monitor. Na kterém lze sledovat hektarovou výkonnost, činnost souvraťových systémů a další důležité vlastnosti traktoru jako je například nastavení průtoku hydraulického systému. Přístrojová deska traktoru informuje řidiče o provozním stavu traktoru, např. rychlost jízdy, stav paliva, teplota motoru, počet motohodin atd. Pro optimální teplotu vzduchu a jeho cirkulaci jsou součástí kabiny klimatizační systémy. [5]

5 Představení porovnávaných traktorů

Porovnávané traktory rozdělím do dvou skupin, jelikož jsou v této výkonnostní třídě traktory kolové, ale i traktory s pásovým podvozkem, který používají výkonnější traktory. Pásový podvozek se používá hlavně kvůli své hmotnosti, aby snížily negativní účinky na půdu a dále kvůli účinnějšímu přenesení výkonu na podložku. Další důvod pro rozdělení do dvou skupin je výkon, protože kolové traktory nejsou schopni přenést takový výkon na podložku jako pásové. První skupina jsou traktory kolové s kloubovým řízením a druhou skupinu tvoří traktory pásové.

5.1 Kolové traktory

5.1.1 John Deere 9460 R

Historie firmy John Deere má počátek v roce 1837, kdy mladý kovář John Deere vykoval ve státě Illinois první ocelový pluh, který už v té době exceloval svou kvalitou. V roce 1857 bylo vyrobeno celkem 13400 různých pluhů. K velkému rozvoji došlo ve 20. století, díky vzniku spalovacího motoru se začali vyrábět kromě pluhů i traktory, kombajny a jiná zemědělská technika. První traktor nesl název Waterloo Boy. V roce 1963 se John Deere stal největším výrobcem zemědělské techniky. John Deere se v roce 2013 umístil v žebříčku TOP 100 nejhodnotnějších značek na 80. místě jako jediná značka z oblasti zemědělství. Dnes má firma 34 výrobních a vývojových podniků. [7]



Obrázek 2. John Deere 9460 R [8]

Traktor spadá do řady 9R a je osazen šestiválcovým motorem Power Tech PSX s objemem 13,5 litrů. Motor má čtyři ventily v každém válci pro zvýšení točivého momentu v nízkých otáčkách. Jeho vysokého výkonu se dosahuje použitím dvou sériově zapojených turbodmychadel. První turbodmychadlo je standardní s neměnnou geometrií lopatek, druhé s variabilní geometrií lopatek. Palivový systém je plně elektronicky řízen se sdruženými vstřikovači. Palivový systém obsahuje dvoustupňový palivový filtr s odlučovačem vody a servisní indikací s přídatným hrubým filtrem. Motor plní emisní normu T4 Final, využívá technologii EGR. Motor je chlazen chladicí soustavou VariCool, tento systém automaticky upravuje otáčky ventilátoru dle potřeby chlazení. [8]

Traktor je standardně vybaven převodovkou PowrSync s 24 rychlostmi pro jízdu vpřed (12 stupňů + násobič Hi-lo) a šesti pro jízdu vzad. Za příplatek lze k traktoru pořídit převodovku Power Shift s 18 rychlostmi pro jízdu vpřed a šesti pro jízdu vzad. Převodovka je vybavena novým systémem Efficiency Manager, který zajišťuje hladké přeřazení díky automatické vazbě mezi otáčkami a ovládním převodovky. Systém Efficiency Manager si lehce poradí s nečekaným zatížením, což zvyšuje produktivitu práce a snižuje spotřebu paliva. Řazení je manuální nebo automatické, které vyplývá ze zatížení motoru, převodovky a celkové účinnosti. Obě převodovky zajišťují přepravní rychlost až 40 km/h. [8]

Hydraulická soustava je vybavena systémem load sensing s uzavřeným středem a kompenzací tlaku i průtoku. V standardu hydraulické čerpadlo dodává 192 l/min lze na přání dodat vysokotlaké čerpadlo, které zajistí průtok až 227 l/min. Maximální tlak systému je 20 MPa. Systém nabízí až šest vnějších okruhů. Průtok lze kontrolovat na displeji GreenStar 3 CommandCenter. V nabídce je tříbodový závěs kategorie 3/4N nebo kategorie 4/4N s elektrohydraulickým ovládním a snímáním zatížením, spodní závěs kategorie 5. Za příplatek lze traktor vybavit také vývodovým hřídelem s 1000 ot./min. [8]

Kloubové traktory 9R mají nový systém odpružení přední nápravy HydraCushion Suspension System, který tlumí rázy a zajistí lepší přenos výkonu na podložku za každých podmínek díky vysoké úrovni tažné síly. [8]

Kabina CommandView II má integrovanou klimatizaci ve střeše kabiny a je vybavena ovládacím panelem CommandARM s integrovaným displejem GreenStar 3 CommandCenter. Sedadlo ActiveSeat vzduchem odpružené pohltí až 90 % vertikálních rázů. Traktor je vybaven

dalšími funkcemi např. funkce iTEC automatizuje sled dílčích povelů, což umožní automatické otáčení na souvratích, naváděcí systém AutoTrac umožňuje automatické řízení. Součástí systému AutoTrac je tvorba dokumentace, která zaznamenává všechny provedené práce. Traktor lze vybavit další řadou prvků a funkcí za příplatek, jako jsou např. xenonové světlomety, vyhřívané sedadlo, kůží obšitý volant, sledovací systém JDLink Ultimate, který sleduje vaši polohu, vytížení stroje a spotřebu. [8]

Tabulka 3. Parametry traktoru John Deere 9460 R

Technické údaje	
Typ motoru	řadový šestiválec
Jmenovitý výkon [kW (koně)]	338 (460)
Maximální výkon [kW (koně)]	357 (486)
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Maximální točivý moment [Nm]	2123
Převýšení točivého momentu [%]	38
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	270
Zdvihový objem [cm³]	13500
Objem palivové nádrže [l]	1325
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	40
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	192
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	6
Maximální zdvihací síla třibodového závěsu [kg]	9072
Pohotovostní hmotnost [kg]	17300
Poloměr otáčení [m]	5,18
Cena traktoru bez DPH [Kč]	7 200 000
Servis (hodinová sazba) [Kč]	700
Počet servisních středisek v ČR	33

Zdroj: [8] [9]

5.1.2 CASE IH Steiger 450

Jerome Increase CASE v roce 1831 ve Virginii provedl úspěšnou demonstraci žacího stroje, což bylo považováno za zlom v produkci žňových strojů a zemědělského průmyslu na celém světě. V roce 1842 Jerome Case v Rochesteru ve Wisconsinu zakládá firmu, následující rok se přesídluje do Racine ve Wisconsinu ke břehům jezera Michigan kvůli potřebě vody a buduje zde továrnu na stacionární mlátící stroje. V roce 1886 je Case největším světovým výrobcem parních strojů. V roce 1985 pomocí společnosti Teneco Inc. získává aktiva společnosti International Harvester a stává se druhým největším výrobcem zemědělských strojů. Mění se i název firmy na CASE IH. V současné době CASE IH patří k největším výrobcům zemědělských strojů na světě. [10]



Obrázek 3. CASE IH Steiger 450 [11]

Traktor Steiger 450 je osazen šestiválcovým motorem se čtyřmi ventily na válec. Tento motor má objem 12,9 l a poskytuje nárůst výkonu až o 10% pro překonání těžkých pracovních podmínek. V motoru je použitý moderní OHC rozvod s jedním vačkovým hřídelem v hlavě válců a vahadly s válečky. Motor je také vybaven funkcí navyšování výkonu EPM, díky které lze zvýšit výkon až o 35 koní. Pro navyšování účinnosti plnění je motor vybaven turbodmychadlem s mezichladičem a Common Rail vstřikováním. Systém automatického řízení

produktivity APM koordinuje nastavení mezi převodovými stupni a otáčkami motoru, díky tomuto řešení jsou odstraněny ztráty neefektivním provozem nebo zvýšenou spotřebou paliva. Motor je chlazen nasávaným vzduchem pomocí dvou výměníků vzduch – voda. Motory plní emisní normu T4 Final, díky použití systému katalytické redukce SCR. [11]

Ke změně převodového poměru slouží převodovka 16/2 Powershift PS4, která má 16 převodových stupňů. Řazení probíhá pod zatížením a je velmi hladké. Jemné odstupňování převodových stupňů maximalizuje efektivitu využití výkonu. Zesílené provedení převodovky je typické většími ozubenými koly, silnějšími spojkami a vysokou životností. Ke zvýšení spolehlivosti má převodovka vlastní olejovou náplň a chlazení. [11]

Pro ovládání strojů může mít Steiger 450 až osm elektricky řízených vnějších okruhů, u kterých lze nastavit průtok a časování. Velký výkon zajišťuje standardně čerpadlo s průtokem 159 l/min za příplatek lze pořídit čerpadla High Flow s průtokem 216 l/min a Twin Flow s průtokem 428 l/min. Hydraulická axiální čerpadla mají systém kompenzace tlaku a průtoku PFC. Při tahu přes tažnou tyč, která je umístěna ve středu traktoru jsou tahové vlastnosti nejlepší. Traktor je standardně vybaven třibodovým závěsem kategorie IV-N s maximální zvedací silou 9071 kg, za příplatek lze dodat zadní vývodový hřídel s otáčkami 1000 ot./min pro přenos až 450 koní. [11]

Komfortní prostředí pro řidiče zajišťuje odpružená kabina Surveyor s výhledem 360° a aktivním systémem odpružení sedadla. Kombinací pružin, tlumičů, torzních a panhardských tyčí jsou absorbovány nárazy v každém rohu kabiny a vyrovnávají podélné, boční a svislé pohyby. Další důležitou změnou je snížení hluku v kabině na pouhých 68 dB. Součástí sedadla je loketní opěrka Multicontroller s ovládacím panelem ICP a dotykovým monitorem AFS 700. Pomocí tohoto monitoru lze nastavovat a ovládat různé funkce, mezi které patří např. Satelitní řízení AccuGuide, ovládání souvratového managementu HMC, mapování výnosu, spotřeba paliva, možnost připojení externích kamer a ovládání ISOBUS kompatibilního nářadí. Přesnost satelitního řízení AccuGuide je podle používaného korekčního signálu až 2,5 cm a proti výpadku korekčního signálu nabízí CASE IH službu Xfill eliminující tyto výpadky. Přístrojový panel a displeje na sloupku udávají informace o jednotlivých systémech traktoru, o prokluzu, servisních intervalech a zpracované ploše. [11]

Tabulka 4. Parametry traktoru Case IH Steiger 450

Technické údaje	
Typ motoru	řadový šestiválec
Jmenovitý výkon [kW (koně)]	336 (457)
Maximální výkon [kW (koně)]	369 (502)
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Maximální točivý moment [Nm] při 1500 ot./min	2136
Převýšení točivého momentu [%]	40
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	266
Zdvihový objem [cm³]	12900
Objem palivové nádrže [l]	1200
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	40
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	159
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	8
Maximální zdvihací síla tříbodového závěsu [kg]	9072
Pohotovostní hmotnost [kg]	16351
Poloměr otáčení [m]	5,7
Cena traktoru bez DPH [Kč]	7 500 000
Servis (hodinová sazba) [Kč]	600
Počet servisních středisek v ČR	13

Zdroj: [11] [12]

5.1.3 Challenger MT945C

O založení jedné z nejznámějších traktorových firem se zasloužili tři muži Benjamin Holt, Daniel Best a C. L. Best. V roce 1904 Benjamin holt sestavil první pásový traktor na světě. Fotograf společnosti řekl, že se traktor pohybuje jako housenka. A tak vznikl název společnosti Caterpillar. Významný pokrok nastal v roce 1987 s příchodem gumových pásů. V roce 1996 Caterpillar získal německou firmu Mak Motoren a o dva roky později společnost

Perkins Engines. Tak se stala společností světovým výrobcem vznětových motorů. V roce 1988 společnost také představila v Arizoně největší terénní nákladní automobil, typ 797. V roce 2000 měla společnost výročí 75 let od svého založení. Značka Challenger vznikla roku 2001, kdy koncern AGCO převzal zemědělskou divizi Caterpillaru. [1]



Obrázek 4. Challenger MT945C [13]

Pohon zajišťuje řadový šestiválcový motor CAT C15 ACERT™ se zdvihovým objemem 15,2 litrů. Motor splňuje emisní normu Tier III, aniž by byl omezen výkon, životnost a spolehlivost motoru. Systém ADEM™ umožňuje hladký přenos výkonu prostřednictvím koordinované komunikace mezi převodovkou a motorem. Motor poskytuje výkon 328 kW a až 42% nárůst točivého momentu motoru. Motory CAT C15 ACERT™ poskytují mimořádnou tažnou sílu za všech podmínek. [13]

Challenger MT945C je vybaven elektronicky řízenou převodovkou CAT powershift s 16 rychlostními stupni pro jízdu vpřed a čtyřmi vzad, které lze řídit pod zatížením. Díky této převodovce dosáhne traktor přepravní rychlosti 39,7 km/h. [13]

Hydraulika typu LIFD, která rozděluje průtok nezávisle na zatížení. Nastane-li případ, kdy jsou využívány všechny ventily rozvaděče a požadavky na průtok nelze splnit, sníží se průtok rovnoměrně do všech okruhů a tím jsou zachovány všechny funkce. Maximální počet vnějších hydraulických okruhů je šest. Standardně je dodáváno čerpadlo s výkonem 166 l/min. Na přání lze dodat čerpadlo o výkonu 224,2 l/min. [13]

Kabina je vybavena TMC systémem, který je kompatibilní s ISOBUS sběrnici, což snižuje potřebu dalších ovládacích prvků. Je zde funkce řízení výkonu, která automaticky reguluje otáčky motoru a funkci převodovky za účelem dosažení větší produktivity a hospodárnosti. Funkce One – Touch umožňuje obsluze uložit až 35 funkci šesti různých nářadí a následné použití těchto funkcí. [13]

Tabulka 5. Parametry traktoru Challenger MT945C

Technické údaje	
Typ motoru	řadový šestiválec
Jmenovitý výkon [kW (koně)]	321 (430)
Maximální výkon [kW (koně)]	353 (473)
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Maximální točivý moment [Nm] při 1400 ot./min	2134
Převýšení točivého momentu [%]	42
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	280
Zdvihový objem [cm³]	15200
Objem palivové nádrže [l]	1500
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	39,7
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	166
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	6
Maximální zdvihací síla tříbodového závěsu [kg]	8845
Pohotovostní hmotnost [kg]	17800
Poloměr otáčení [m]	4,9
Cena traktoru bez DPH [Kč]	7 800 000
Servis (hodinová sazba) [Kč]	650
Počet servisních středisek v ČR	6

Zdroj: [13] [14]

5.2 Pásové traktory

5.2.1 John Deere 9620 RX



Obrázek 5. John Deere 9620 RX [21]

Traktor John Deere 9620 RX je vybaven motorem Cummins QSX s objemem 15 l. Motor je vyroben firmou Cummins se kterou John Deere spolupracuje již dlouho a jejich motory jsou použity v celé řadě strojů John Deere. Motor je přepínán jednoduchým turbodmychadlem s variabilní geometrií (VGT) využíván. Ke vstřikování paliva je využíván vysokotlaký systém Common rail. Pro snížení emisí je zde zabudován systém řízení emisí kombinující recirkulaci výfukových plynů (EGR), selektivní katalytickou regulaci (SCR) a funkci oxidačního katalyzátoru (DOC). Toto řešení snižuje spotřebu AdBlue, která představuje jen 2-3% spotřeby nafty. Motor splňuje emisní normu T4 Final. [15]

Traktory řady 9RX jsou vybaveny převodovkou e18 PowerShift se systémem Efficiency Manager. Převodovka má 18 rychlostí vpřed a šest vzad. Převodovka řadí automaticky tak, že obsluha traktoru nastaví požadovanou rychlost a převodovka pak podle aktuálního zatížení traktoru volí převodové stupně tak aby, byla požadovaná rychlost udržována při minimálních otáčkách motoru. Systém Efficiency Manager umožňuje nastavit dvě různé jezdové rychlosti F1 a F2. V případě použití první

rychlosti F1 lze nastavit rychlost od 3,2 do 20,3 km/h. Rychlost F2 lze nastavit od 3,2 do 30 km/h. [15]

Hydraulická soustava je uzavřená s kompenzací tlaku a průtoku, standardně nabízí čtyři nebo šest vnějších elektrohydraulických okruhů za příplatek lze traktor vybavit až osmi okruhy. Každý okruh má vlastní ovladač. Hydraulická soustava je v základu vybavena čerpadlem s maximálním průtokem 220 l/min, v případě potřeby může být traktor vybaven vysokotlakým čerpadlem s průtokem 435 l/min. Traktor je vybaven tříbodovým závěsem kategorie IVN/4 se zdvihací silou až 9071 kg, lze také dodat vývodový hřídel s 1000 ot./min. [15]

Čtyřbodově odpružená kabina se automaticky přizpůsobuje terénu. Kabina CommandView III umožňuje výborný výhled z kabiny, je vybavena klimatizací, chladicím boxem pro zásoby na celý den, odpruženým sedadlem ComfortCommand, konzolí CommandARM s integrovaným displejem CommandCenter 4 generace. Traktor je dále vybaven systémem řízení Active Command (ACS), tento systém snižuje námahu při otáčení na souvratí a zlepšuje stabilitu. Systém AutoTrac společně s naváděním hands-free s využitím GPS souřadnic snižuje přesahy až o 90%, čímž se šetří čas, palivo a náklady. Můžeme zvolit tři stupně přesnosti, první stupeň SF1 představuje přesnost mezi řádky ± 23 cm, druhý stupeň SF2 s přesností mezi řádky ± 5 cm a třetí stupeň RTK s přesností $\pm 2,5$ cm. Traktor lze osadit nářadím s přípravou ISOBUS. Osvětlení s 24 LED světly zajišťuje výhled 360°, umožňuje vynikající viditelnost. Za všech podmínek [15]

Kvůli rovnoměrnému rozložení hmotnosti je traktor vybaven čtyřmi pásy a díky otisku přenáší na podložku více výkonu než dvoupásové traktory a traktory s dvojitou montáží kol. Podvozek je osazen pásy o šířce 762 nebo 914 mm s roztečí 221 mm. Šířka traktoru osazeného pásy o šířce 762 mm je menší jak 3 m, díky tomu se může pohybovat na silnicích splňující předpisy EU. Pásová jednotka je vybavena dvěma středovými kladkami, které snižují vibrace a zajišťují pohodlnou jízdu. Díky dokonalému rozložení hmotnosti nejsou potřeba žádná přídavná závaží. Rozložení hmotnosti mezi přední a zadní nápravou je v poměru 55:45, což snižuje opotřebení pásů a stlačování půdy. [15]

Tabulka 6. Parametry traktoru John Deere 9620RX

Technické údaje	
Typ motoru	řadový šestiválec
Jmenovitý výkon [kW (koně)]	456 (620)
Maximální výkon [kW (koně)]	473 (643)
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Maximální točivý moment [Nm]	2800
Převýšení točivého momentu [%]	38
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	265
Zdvihový objem [cm³]	15000
Objem palivové nádrže [l]	1490
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	30
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	220
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	8
Maximální zdvihací síla třibodového závěsu [kg]	9072
Pohotovostní hmotnost [kg]	26761
Cena traktoru bez DPH [Kč]	9 500 000

Zdroj: [15] [16]

5.2.2 CASE IH Steiger Quadtrac 600

CASE IH Steiger Quadtrac 600 je ze stejné modelové řady jako CASE IH Steiger 450, tak mají téměř stejnou výbavu, jako je např. motor, převodovka, hydraulická soustava, kabina. Liší se pouze podvozek, hodnoty výkonů a další parametry.



Obrázek 6. CASE IH Steiger Quadtrac 600 [11]

Quadtrac má čtyřpásový podvozek s kloubovým řízením, které je stejné jako u klasického kloubového traktoru a tak nedochází při otáčení k hrnutí půdy. Pásové jednotky jsou stále ve styku s podložkou a během otáčení přenášejí identický točivý moment. Tím se zvyšuje trakce, flotační vlastnosti, snižuje prokluz, zhutnění a řízení je snadné za všech podmínek. Quadtrac má delší rozvor, proto se nezvedá jako dvoupásové traktory. Rozložení hmotnosti mezi přední a zadní částí je v poměru 50:50 a to i v tahu. Rám pásových podvozků je otočně uložen na čepu, což umožňuje výkyv pásových jednotek $\pm 10^\circ$. Spolu s oscilačním rámem je výkyv až 26° . Traktor má pásy o šířce 760 mm s celkovou stykovou plochou $5,6 \text{ m}^2$, na výběr jsou i pásy o šířce 900 mm s celkovou stykovou plochou $6,7 \text{ m}^2$. Poloměr otáčení je pouze 5,7 m. [11]

Tabulka 7. Parametry traktoru CASE IH Steiger Quadtrac 600

Technické údaje	
Typ motoru	řadový šestiválec
Jmenovitý výkon [kW (koně)]	447 (608)
Maximální výkon [kW (koně)]	492 (670)
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Maximální točivý moment [Nm]	2848
Převýšení točivého momentu [%]	40
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	266
Zdvihový objem [cm³]	12900
Objem palivové nádrže [l]	1820
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	40
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	159
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	8
Maximální zdvihací síla třibodového závěsu [kg]	8949
Pohotovostní hmotnost [kg]	24405
Cena traktoru bez DPH [Kč]	8 800 000

Zdroj: [11] [17]

5.2.3 Challenger MT875E

Výbava traktoru Challenger MT875E je velmi podobná jako u traktoru Challenger MT945C. Použita převodovka, hydraulická soustava. Liší se použitým motorem, podvozkem, výkonem hydraulické soustavy a některými parametry. Challenger MT875E pohání dvanáctiválcový motor AGCO Power™ s objemem 16,8 litrů a výkonem 440 kW. Motor je vybaven systémem SCR s oxidačním katalyzátorem DOC a EGR ventilem. Motor tak plní emisní normu T4 Final.

Traktor používá podvozek Mobil-trac s pryžovými pásy, který je vyroben firmou Caterpillar. Podvozek je tvořen dvěma nezávislými pásovými jednotkami. Vyznačuje se svou všestranností, pohyblivostí, rychlostí, tažnou silou a nízkým tlakem na půdu. Systém odpružení Optiride zachovává veškerý komfort i při maximální rychlosti 39,7 km/hod. [18]



Obrázek 7. Challenger MT875E

Tabulka 8. Parametry traktoru ChallengerMT875E

Technické údaje	
Typ motoru	dvanáctiválec
Jmenovitý výkon [kW (koně)]	440 (598)
Maximální výkon [kW (koně)]	475 (646)
Jmenovité otáčky [ot./min]	2100
Maximální točivý moment [Nm] při 1500 ot./min	2840
Převýšení točivého momentu [%]	42
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	287
Zdvihový objem [cm³]	16800
Objem palivové nádrže [l]	1041
Maximální konstrukční rychlost [km/h]	39,7
Maximální průtok hydraulického čerpadla[l/min]	224
Maximální počet vnějších hydraulických okruhů	6
Maximální zdvihací síla tříbodového závěsu [kg]	8845
Pohotovostní hmotnost [kg]	19100
Cena traktoru bez DPH [Kč]	8 700 000

Zdroj: [18] [19] [20]

6 Porovnání traktorů nad 250 kW

Traktory můžeme porovnávat podle mnoha hledisek, já jsem se zaměřil především na technické a ekonomické parametry. Porovnání traktorů jsem rozdělil do dvou částí. V první části jsem porovnal nejdůležitější technické parametry a v druhé části jsem provedl komplexní hodnocení traktorů.

6.1 Porovnání jednotlivých parametrů kolových traktorů

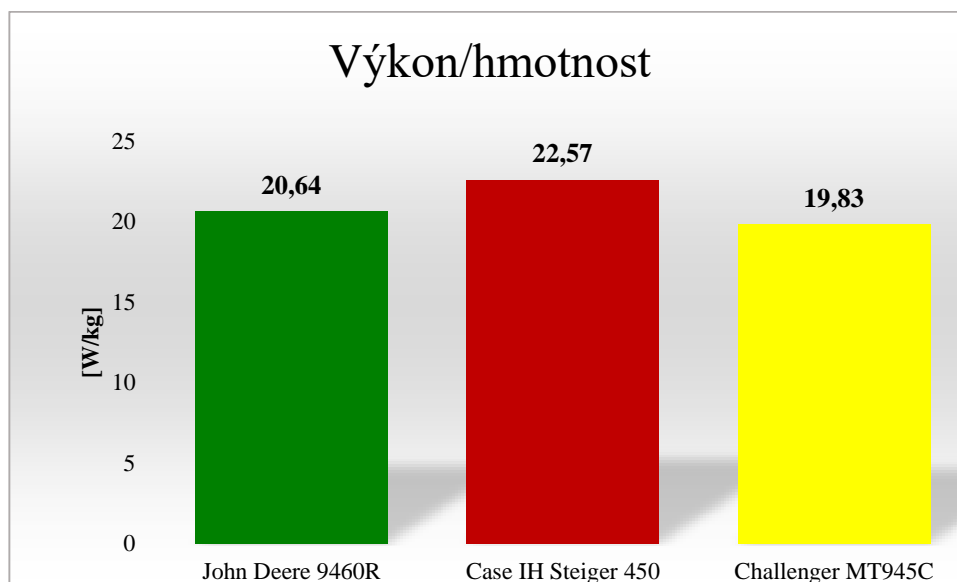
V této kapitole budu porovnávat jednotlivé parametry, které jsou podle mého názoru pro zákazníka nejdůležitější pro výběr daného stroje.

6.1.1 Poměr výkon/hmotnost

Poměr představuje množství výkonu, které připadá na jednotku hmotnosti traktoru. Vypočítá se dle vzorce 1. Kde P je maximální výkon a m je pohotovostní hmotnost.

$$J = \frac{P}{m} \left[\frac{W}{Kg} \right] \quad (1)$$

Graf 1. Porovnání poměru výkonu a hmotnosti - kolové traktory



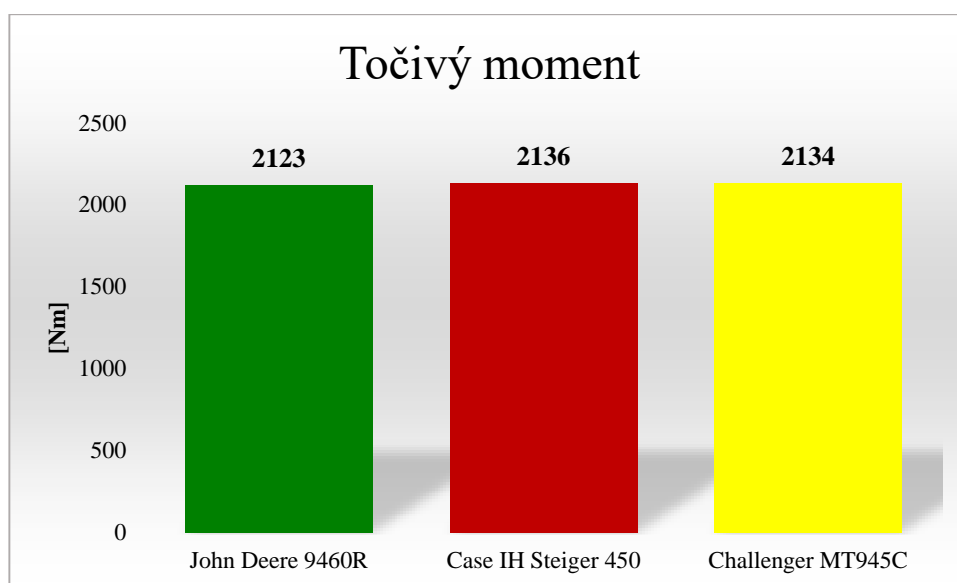
Z grafu 1 je vidět že největšího poměru dosáhl Case IH Steiger 450 s hodnotou 22,57 W/kg, na druhé pozici je John Deere s poměrem 20,64 W/kg. Nejhůře dopadl Challenger MT945C s poměrem 19,83 W/kg.

6.1.2 Točivý moment

Točivý moment je jeden ze základních parametrů motoru, a mění se s rychlostí otáček motoru. Důležité tedy je při jakých otáčkách, bylo dosaženo maximální hodnoty výkonu. Výrobci usilují o snížení otáček motoru, při kterých je dosaženo maximálního točivého momentu, kvůli měrné spotřebě paliva. Kde M je krouticí moment, P je maximální výkon ve wattech a n jsou otáčky motoru za sekundu.

$$M = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \text{ [Nm]} \quad (2)$$

Graf 2. Porovnání točivých momentů - kolové traktory

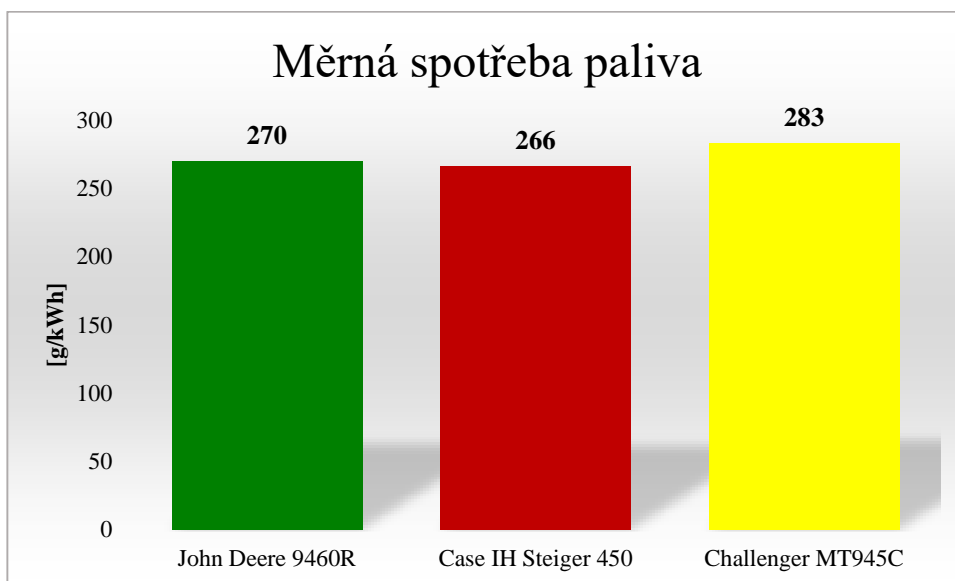


Z grafu 2 vyplívá, že nejlépe dopadl Case IH Steiger 450 s točivým momentem 2136 Nm při 1500 min^{-1} , poté následoval Challenger MT945C s točivým momentem 2134 Nm, kterého dosáhl při 1400 min^{-1} . Nejhůře dopadl John Deere 9460R, který má o 13 Nm méně než nejlépe hodnocený.

6.1.3 Měrná spotřeba paliva

V současné době se výrobci snaží snížit spotřebu paliva, kvůli růstu cen pohonných hmot. Hodnoty měrných spotřeb paliva jsem získal od univerzity v Nebrasce, kde mají zkušební laboratoř traktorů (NTTL) a provádějí zde nezávislé testy traktorů. Tato zkušebna bohužel nezkoušela všechny modely traktorů, které jsou porovnávány v této práci. Tak jsem použil některá data od starších modelů a data od výrobců, což může způsobit případné odchylky, které mohli způsobit různé způsoby měření měrné spotřeby paliva.

Graf 3. Porovnání měrné spotřeby paliva - kolové traktory



V grafu 4 vidíme, že nejmenší měrnou spotřebu má Case IH Steiger 450 a to 266 g/kWh. Následuje John Deere 9460R s měrnou spotřebou 270 g/kWh. Nejvyšší měrnou spotřebu má Challenger MT945C o 23 g/kWh vyšší než má John Deere 9460R.

6.1.4 Maximální průtok olejového čerpadla

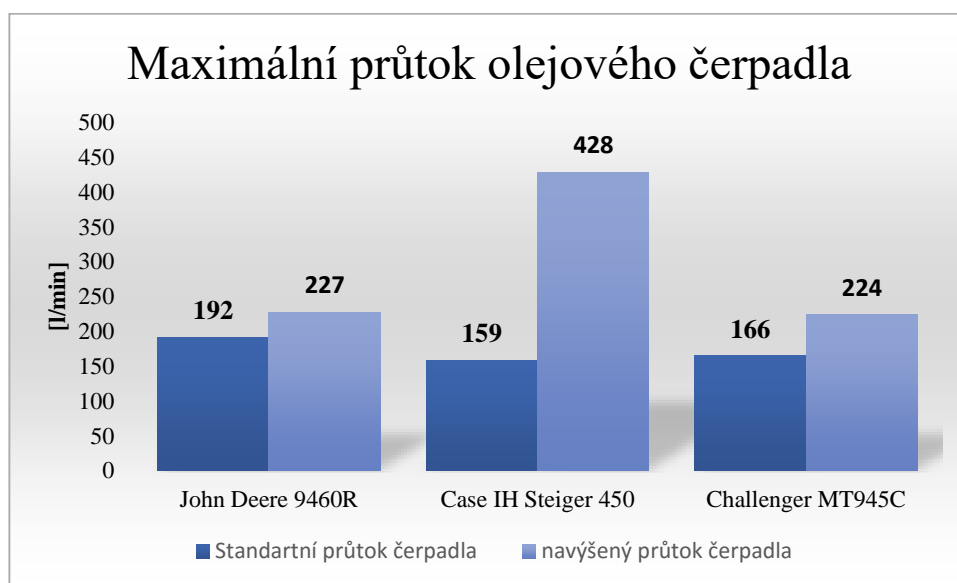
V současné době jsou hydraulické systémy velmi využívány. Traktor je vybaven několika hydraulickými okruhy pro používání více zařízení najednou, proto jsou dnes hydraulický systém vybaven výkonným olejovým čerpadlem.

Maximální možný počet vnějších hydraulických okruhů má Case IH Steiger 450 a to 8 okruhů. Pak John Deere 9460R a Challenger MT945C mají nejvíce 6 hydraulických okruhů.

Z grafu 4 je vidět, že největší průtok ve standardní výbavě má John Deere 9460R. Následuje Challenger MT945C, jehož průtok je o 26 l/min. Nejmenší průtok má Case IH Steiger 450, který je o 33 l/min menší než největší průtok ve standardní výbavě.

Ve výkonnější výbavě má největší průtok Case IH Steiger 450, který je 428 l/min. Druhý nejvyšší průtok má John Deere 9460R o 201 l/min menší než u Case IH Steiger 450. Nejmenší průtok ve výkonnější výbavě má Challenger MT945C o 3 l/min menší než u John Deere 9460R.

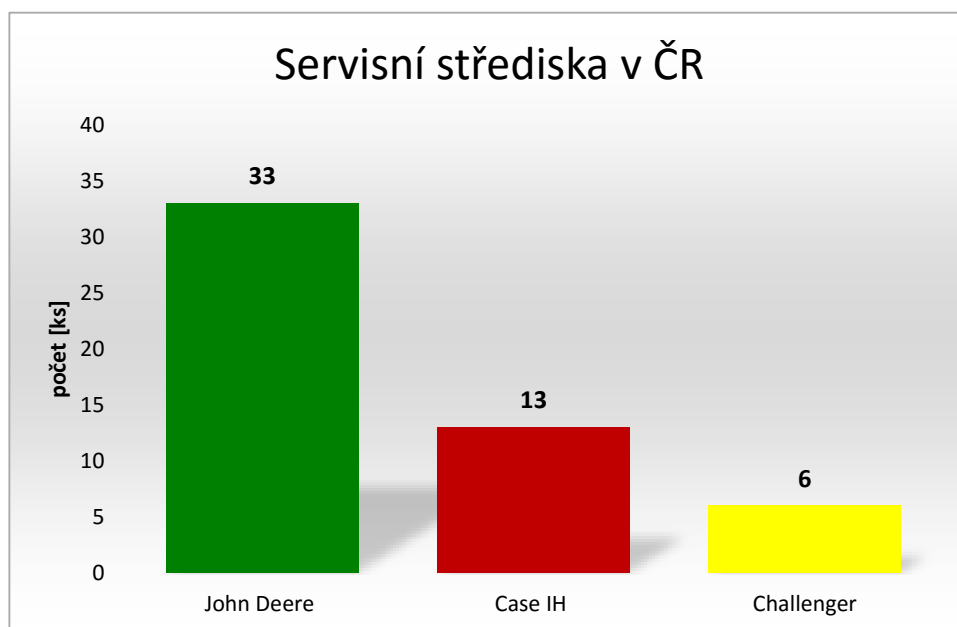
Graf 4. Porovnání průtoků čerpadel - kolové traktory



6.1.5 Počet servisních středisek v ČR

Servisní síť v procesu prodeje zemědělské techniky hraje velmi důležitou roli, protože ve velké míře podporuje prodej.

Graf 5. Porovnání počtu servisních středisek v ČR



Z grafu 5 je patrné že nejvíce servisních středisek v ČR má John Deere a to 33 servisních středisek se základní hodinovou sazbou 700 Kč/hod. Druhou největší servisní síť má Case IH se 13 servisními středisky a základní hodinovou sazbou 600 Kč/hod. Nejhůře dopadl Challenger s šesti servisními středisky a základní hodinovou sazbou 650 Kč/hod.

Cena za servis se liší, podle toho zda je prováděný na dílně nebo při výjezdu k zákazníkovi, také zda je servis prováděn v pracovních dnech nebo o víkendu. Jiná cena je taky u specializované práce, jako je diagnostika. Dále závisí na vztahu mezi zákazníkem a servisem, podle kterého je dále poskytována sleva. V tomto porovnání jsem použil základní hodinovou sazbu, kterou mi poskytli jednotlivá servisní střediska.

6.2 Komplexní hodnocení kolových traktorů

V této kapitole porovnávám traktory podle více kritérií. Výsledkem srovnání je pořadí jednotlivých traktorů. K hodnocení traktorů jsem použil bodovací metodu.

Pro komplexní hodnocení jsem zvolil tato kritéria:

- Poměr výkonu a hmotnosti [W/kg]
- Maximální točivý moment [Nm]
- Převýšení točivého momentu [%]
- Měrná spotřeba paliva [g/kWh]
- Poloměr otáčení [m]
- Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]
- Maximální zdvihací síla třibodového závěsu [kg]
- Cena traktoru v základní výbavě bez DPH [Kč]

Při této metodě se důležitost jednotlivých parametrů vyjádří určitým počtem bodů. Jednotlivá kritéria jsou ohodnocena body od 1 do 10 podle priority (čím více bodů, tím více je dané kritérium preferováno). Poté se stanoví povaha jednotlivých kritérií. Jsou kritéria maximální, u kterých platí, že nejlepší kritéria jsou ta, která nabývají nejvyšších hodnot a kritéria minimalizační u kterých nejlepší kritéria mají nejnižší hodnoty. Dále stanovíme váhy jednotlivých kritérií. Váha se vypočítá jako podíl počtu bodů daného parametru a součtu všech bodových hodnocení, což vyplývá ze vzorce 3.

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j'=1}^n b_{j'}} [-] \quad (3)$$

Kde v_j je váha j-tého kritéria a b_j je bodové ohodnocení j-tého kritéria..

Tabulka 9. Bodové hodnocení kritérií a jejich váha - kolové traktory

Hodnocené parametry	Bodové hodnocení	Váha	Povaha
Poměr výkonu a hmotnosti [W/kg]	7	0,14	maximální
Maximální točivý moment [Nm]	8	0,16	maximální
Převýšení točivého momentu [%]	5	0,1	maximální
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	9	0,18	minimální
Poloměr otáčení [m]	3	0,06	minimální
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	5	0,1	maximální
Maximální zdvihací síla třibodového závěsu [kg]	4	0,08	maximální
Cena traktoru bez DPH [Kč]	9	0,18	minimální
Celkem	50	1	

Jako příklad uvedu výpočet váhy poměru výkonu a hmotnosti:

$$v_1 = \frac{7}{50} = 0,14$$

V dalším kroku se stanoví, do jaké míry jsou schopny plnit porovnávané traktory jednotlivá kritéria. Výpočet závisí na povaze porovnávaného kritéria. Povahy jednotlivých kritérií jsou uvedeny v tabulce 6. Při maximální povaze je poměrné plnění dáno podílem hodnoty daného parametru a maximem daného parametru, což je patrné ze vzorce 4. Při minimální povaze je minimální hodnota daného parametru dělena příslušnou hodnotou, což vyplývá ze vzorce 5.

$$K_i = \frac{P_t}{P_{max}} [-] \quad (4)$$

$$K_i = \frac{P_{min}}{P_t} [-] \quad (5)$$

Kde K_i je poměrné plnění i -tého parametru, P_t je parametr daného traktoru, P_{max} je maximální hodnota daného parametru a P_{min} je minimální hodnota daného parametru.

Tabulka 10. Výsledné hodnocení jednotlivých kritérií - kolové traktory

Hodnocené parametry	John Deere 9460R	Case IH Steiger 450	Challenger MT945C
Poměr výkonu a hmotnosti [W/kg]	0,914	1	0,879
Maximální točivý moment [Nm]	0,993	1	0,999
Převýšení točivého momentu [%]	0,905	0,952	1
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	0,985	1	0,95
Poloměr otáčení [m]	0,946	0,859	1
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	1	0,828	0,865
Maximální zdvihací síla třibodového závěsu [kg]	1	1	0,975
Cena traktoru bez DPH [Kč]	1	0,96	0,923

Jako příklad uvádím výpočet u poměru výkonu a hmotnosti pro John Deere 9460R:

$$K_1 = \frac{22,57}{20,64} = 0,914$$

Výsledné hodnocení se vypočte vynásobením poměrného plnění a vah jednotlivých parametrů porovnávaného traktoru.

Tabulka 11. Výsledné hodnocení - kolové traktory

Pořadí	Porovnávaný traktor	Hodnocení
1	John Deere 9460R	97%
2	Case IH Steiger 450	96%
3	Challenger MT945C	94%

Z výsledného hodnocení vyplývá, že mezi kolovými traktory není velký rozdíl. Nejlépe se umístil John Deere 9460R s 97%. Na druhé pozici se umístil Case IH Steiger 450 s odstupem o pouhé 1% od prvního. Nejhůře se umístil Challenger MT945C s odstupem o 2% od nejlépe umístěného. John Deere vůči svým konkurentům má ve standardní výbavě nejvyšší průtok hydraulického čerpadla a nejnižší pořizovací cenu. Cena je velmi těžko porovnatelná, neboť prodejce pod uvedenou cenou nabízí různou výbavu. Závisí také na vztahu zákazníka a prodejce, je-li např. zákazník dlouhodobým klientem, nebo má zájem o více strojů. Case IH

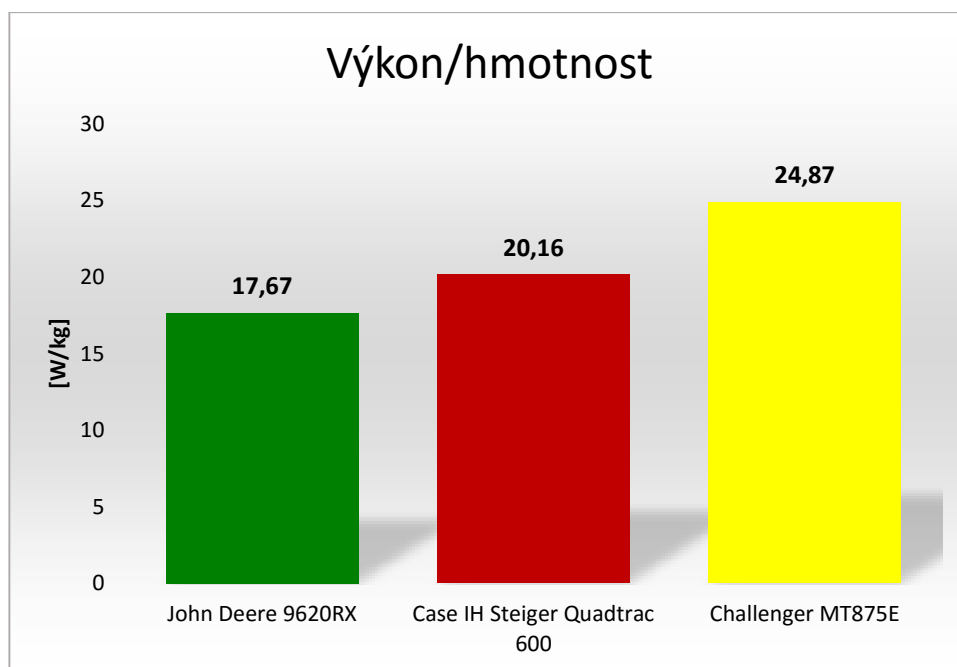
Steiger vynikal ve 3 parametrech a to maximálním točivým momentem, měrnou spotřebou paliva a poměrem výkonu a hmotnosti. Jeho slabost je poloměr otáčení. Challenger MT875E dosahuje nejvyššího převýšení točivého momentu a vyniká nejmenším poloměrem otáčení, ale má však nejvyšší měrnou spotřebu.

V tomto porovnání mohlo dojít ke zkreslení, které může být způsobeno různým zdrojem vstupních dat, které jsou většinou od výrobce a nebyly podrobeny nezávislým testem, z toho je patrné, že nemusely být použity stejné metody měření. Dále výsledné ohodnocení ovlivnila volba kritérií, podle kterých bylo porovnání provedeno. Vybral jsem kritéria, které jsou podle mě při výběru pro zákazníka nejdůležitější. Prioritu jsem stanovil obdobně jako v předchozím případě.

6.3 Porovnání jednotlivých parametrů pásových traktorů

6.3.1 Poměr výkon/hmotnost

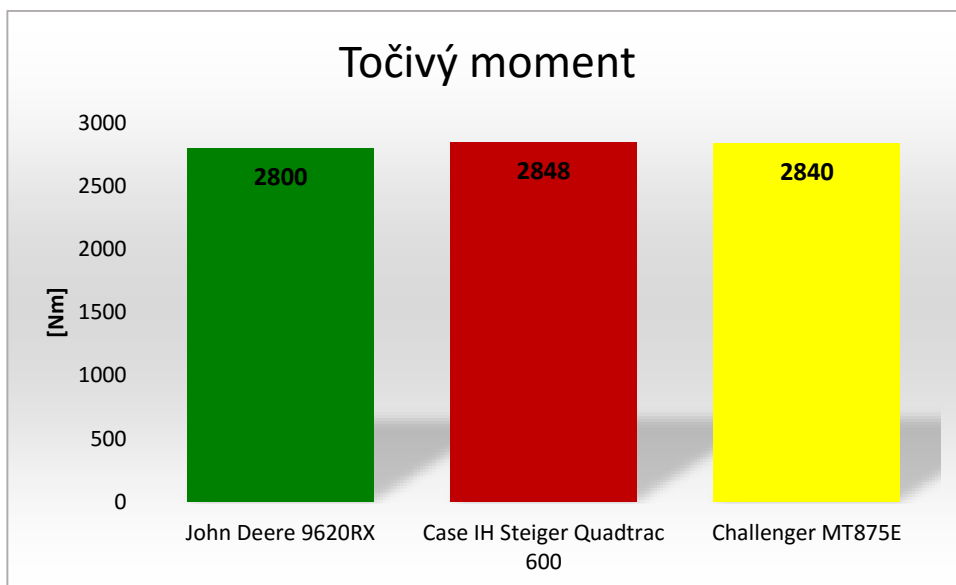
Graf 6. Porovnání poměru výkonu a hmotnosti - pásové traktory



V grafu 5 lze vyčíst, že největšího poměru dosáhl Challenger MT875E, druhého největšího poměru dosáhl Case IH Steiger Quadtrac 600 a to o 4,71 W/kg méně než Challenger MT875E. Nejhůře dopadl John Deere 9620RX s poměrem 17,67 W/kg.

6.3.2 Točivý moment

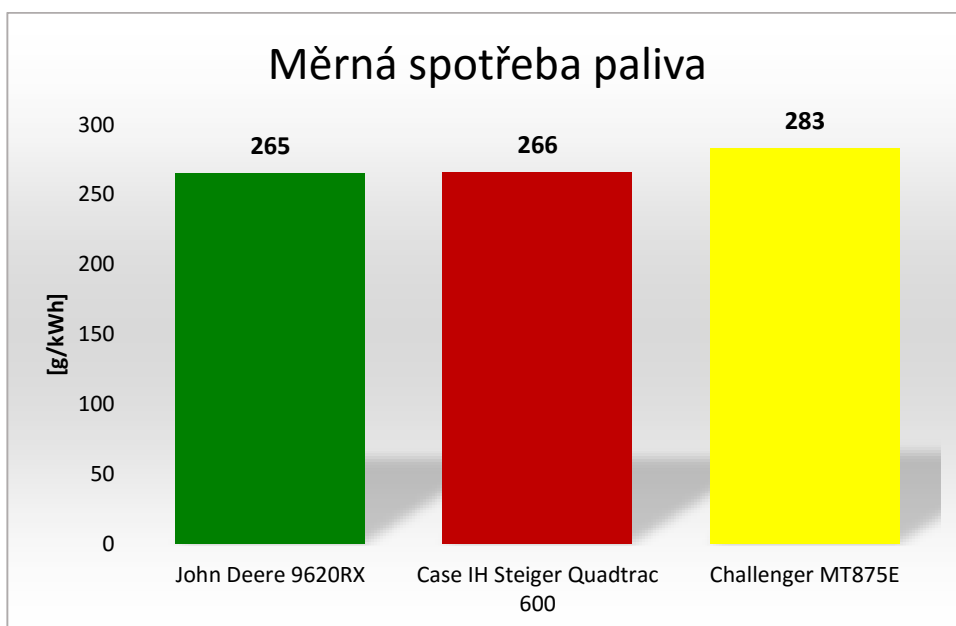
Graf 7. Porovnání točivých momentů - pásové traktory



Z grafu 5 vyplývá, že Case IH Steiger Quadtrac 600 dopadl nejlépe s točivým momentem 2848 Nm, kterého dosáhl při 1500 min^{-1} . Na druhém místě je Challenger MT875E, který dosáhl točivého momentu 2840 Nm při 1500 min^{-1} . Nejmenšího točivého momentu dosáhl John Deere 2800 Nm při 1900 min^{-1} .

6.3.3 Měrná spotřeba paliva

Graf 8. Porovnání měrně spotřeby paliva - pásové traktory



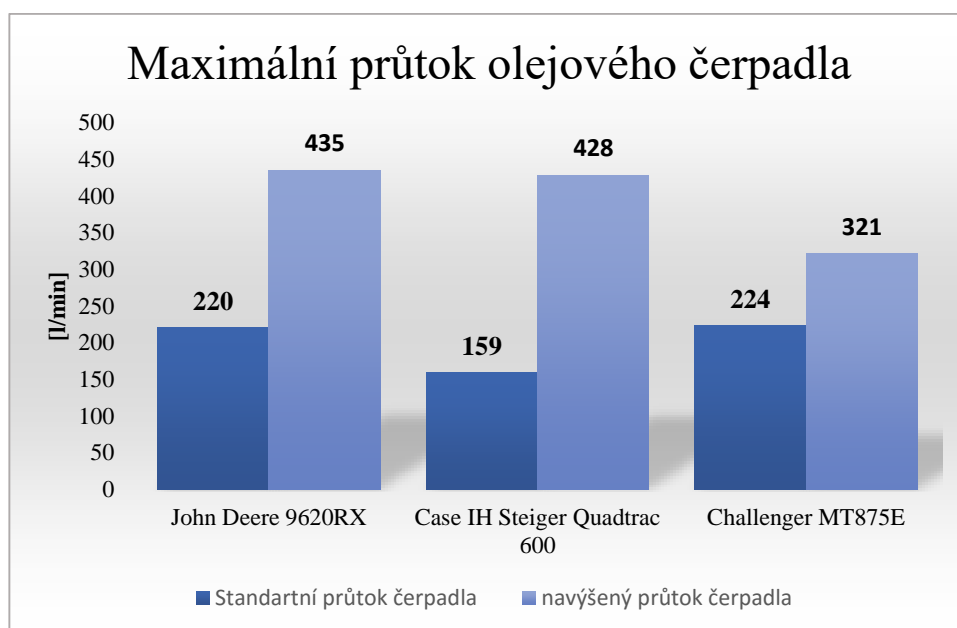
Z grafu 7 je vidět, že nejlépe se umístil John Deere 9620RX s měrnou spotřebou 265 g/kWh. Na druhé pozici je Case IH Steiger Quadtrac 600 s měrnou spotřebou o 1 g/kWh větší než John Deere 9620RX. Nejhůře dopadl Challenger MT875E s měrnou spotřebou o 18 g/kWh větší než nejlépe hodnocený.

6.3.4 Maximální průtok olejového čerpadla

V tomto porovnání má ve standardním provedení nejvyšší průtok Challenger MT875E. Následoval John Deere 9620RX s průtokem o 4 l/min nižší. Nejnižší průtok ve standardní verzi má Case IH Steiger Quadtrac 600 o 65 l/min nižší než Challenger MT875E.

Ve výkonnější verzi dosahuje nejvyššího průtoku John Deere 9620RX a to až 435 l/min. Následuje Case IH Steiger Quadtrac 600 s průtokem 428 l/min. Nejhůře dopadl Challenger MT875E s průtokem 321 l/min.

Graf 9. Porovnání průtoků olejových čerpadel - pásové traktory



6.4 Komplexní hodnocení pásových traktorů

K hodnocení pásových traktorů jsem použil také bodovací metodu jako u kolových traktorů a zvolil i stejná kritéria. Postup vypracování komplexního hodnocení je stejný jako u kolových traktorů. Nejprve tedy jednotlivá kritéria bodově ohodnotíme, vypočteme jejich váhu a stanovíme povahu.

Tabulka 12. Bodové hodnocení kritérií a jejich váha – pásové traktory

Hodnocené parametry	Bodové hodnocení	Váha	Povaha
Poměr výkonu a hmotnosti [W/kg]	7	0,14	maximální
Maximální točivý moment [Nm]	8	0,16	maximální
Převýšení točivého momentu [%]	5	0,1	maximální
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	9	0,18	minimální
Objem palivové nádrže [l]	3	0,06	minimální
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	5	0,1	maximální
Maximální zdvihací síla tříbodového závěsu [kg]	4	0,08	maximální
Cena traktoru bez DPH [Kč]	9	0,18	minimální
Celkem	50	1	

Dále zjistíme, do jaké míry jsou schopny jednotlivé traktory plnit daná kritéria. Poměrné plnění K_i vypočteme stejně jako u kolových traktorů, podle vzorců 4 a 5.

Hodnocené parametry	John Deere 9620RX	Case IH Steiger Quadtrac 600	Challenger MT875E
Poměr výkonu a hmotnosti [W/kg]	0,71	0,811	1
Maximální točivý moment [Nm]	0,983	1	0,997
Převýšení točivého momentu [%]	0,905	0,952	1
Měrná spotřeba paliva [g/kWh]	1	0,996	0,936
Objem palivové nádrže [l]	0,819	1	0,572
Maximální průtok hydraulického čerpadla [l/min]	0,982	0,71	1
Maximální zdvihací síla tříbodového závěsu [kg]	1	0,975	0,974
Cena traktoru bez DPH [Kč]	0,916	0,989	1

Výsledné hodnocení vypočteme jako u kolových traktorů a to vynásobením poměrného plnění a vah jednotlivých parametrů porovnávaného traktoru.

Tabulka 13. Výsledné hodnocení - pásové traktory

Pořadí	Porovnávaný traktor	Hodnocení
1	Challenger MT875E	96%
2	Case IH Steiger Quadtrac 600	94%
3	John Deere 9620RX	92%

Z tabulky 14 je patrné, že nejlépe se umístil Challenger MT875E, který předčil své konkurenty převýšením točivého momentu, maximálním průtokem hydraulického čerpadla, cenou traktoru, poměrem výkonu a hmotnosti. Na druhé pozici se umístil Case IH Steiger Quadtrac 600 s odstupem o 2% od traktoru John Deere 9620RX. Case IH Steiger Quadtrac 600 vyniká maximálním točivým momentem a objem palivové nádrže, má však nejnižší průtok hydraulického čerpadla. Jako třetí skončil John Deere 9620RX s odstupem o 4% od nejlépe umístěného. John Deere 9620RX má nejnižší měrnou spotřebu paliva a nejvyšší maximální zdvihací sílu tříbodového závěsu. Jeho slabost je v poměru výkonu a hmotnosti.

7 Závěr a doporučení

Tato bakalářská práce měla za úkol porovnat traktory o výkonu nad 250 kW. Volba porovnávaných traktorů byla omezena výkonem motoru a volbou výrobců. V první části bakalářské práce jsem se věnoval historickému vývoji. Dále jsem se zabýval konstrukcí traktoru, zde jsem popsal nejdůležitější části konstrukce a jejich funkce. Poté jsem představil tři zástupce kolových traktorů a tři zástupce pásových traktorů daných výrobců.

Další část práce byla zaměřena na vlastní porovnání traktorů a je rozdělena na dvě skupiny. První skupinu tvoří kolové traktory s kloubovým řízením a druhou skupinu traktory pásové. U traktorů jsou nejprve porovnávány vybrané parametry. Následně je provedeno komplexní hodnocení traktorů.

V porovnání kolových traktorů dopadl nejlépe John Deere 9460R, který vynikal maximálním průtokem hydraulického čerpadla a nejnižší pořizovací cenou. Zaostával za ostatními traktory maximálním točivým momentem a jeho převýšením. Druhý skončil Case IH Steiger 450, který předčil své konkurenty maximálním točivým momentem, měrnou spotřebou paliva a poměrem hmotnosti a výkonu. Jeho slabost je poloměr otáčení a maximální průtok hydraulického čerpadla. Nejhůře dopadl Challenger MT945C, který vynikal nejvyšším převýšením točivého momentu a nejmenším poloměrem otáčením. Na druhou stranu má nejvyšší měrnou spotřebu paliva a je v tomto srovnání nejdražší.

V porovnání pásových traktorů se nejlépe umístil Challenger MT875E, který se ve většině případů umístil na předních pozicích, výjimku tvoří měrná spotřeba paliva, maximální točivý moment a objem palivové nádrže. Na druhé pozici se umístil Case IH Steiger Quadtrac 600, který má největší palivovou nádrž a točivý moment. Jako u kolových traktorů je jeho slabost maximální průtok hydraulického čerpadla, ve kterém ho konkurence předčila. Nejhůře dopadl John Deere 9620RX, ale nijak výrazně nezaostával za ostatními traktory. John Deere 9620RX má nejnižší měrnou spotřebu paliva a nejvyšší maximální zdvihací sílu třibodového závěsu. Jeho slabost je v poměru výkonu a hmotnosti.

V tomto srovnání se ukázalo, že jednotliví výrobci jsou do jisté míry srovnatelní a nabízejí v dané výkonové kategorii velice podobné stroje.

Zájemcům při koupi traktoru v této výkonnostní třídě bych doporučil, aby při výběru zhodnotili nejen parametry traktoru ale i jeho zastoupení v České republice. Také bych doporučil, aby si zákazník vyhledal nejbližší servisní středisko pro případný servis traktoru.

8 Použitá literatura

- [1] CET, M. *Traktory (encyklopedie)*. Čestlice: Rebo, 2007. str. 299. ISBN 978-80-7234-935-7.
- [2] SUCHARDA, J. Lokomobily a parní oračky. *Staré Traktory.cz*. [online] [citace: 25. 1. 2016.]. Dostupné z: <http://www.staretraktory.cz/index.php/lokomobily-a-parni-stroje/lokomobily/>
- [3] NOVOTNÝ, F. Muzeum starých strojů. *Milníky v historii zavádění traktorů do zemědělství*. [online] [citace: 25. 1. 2016.]. Dostupné z: <http://www.starestroje.cz/historie/zavadeni.traktoru.php>
- [4] MITRENGA, A. Historie výroby traktorů v českých zemích. *www.nasetraktory.cz*. [online] [citace: 25. 1. 2016.]. Dostupné z: http://www.nasetraktory.cz/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=62:historie-vyroby-traktor-v-eskych-zemich&catid=40:uivatelske-lanky&Itemid=69
- [5] BAUER F, a kolektiv. *Traktory a jejich využití*. Praha: Profi Press s.r.o, 2013. str.223. ISBN 978-80-86756-52-6.
- [6] HROMÁDKO ,J, a kolektiv . *Spalovací motory*. Praha : Granda Publishing a.s., 2011. str 296. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [7] AGROTIP, Ing. Blažek. Historie firmy John Deree. [online] [citace: 18. 2. 2016.]. Dostupné z: http://www.agrotip-blazek.cz/historie_jd/historie_jd.htm
- [8] Strom Praha a.s. Traktory John Deer 9R. [online] [citace: 18. 2. 2016.]. Dostupné z: <http://www.strompraha.cz/produkty/zemedelska-technika/traktory-john-deere/rada-9r/#>
- [9] UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN. John Deere. *Nebraska tractor test laboratory*. [online] [citace : 5. 3. 2016.]. Dostupné z: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/John%20Deere%209470R.pdf>
- [10] AGRI CS a.s. Historie Case IH. [online] [citace: 25. 2. 2016.]. Dostupné z: <http://www.casefan.cz/case-svet-historie-2>
- [11] AGRI CS a.s. *Steiger/Quadtrac Efficient Power (350 - 692 koní)*. [online] [citace: 25. 2. 2016.]. Dostupné z: <http://www.agrics.cz/steiger-ep-novinka>
- [12] UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN. Case IH. *Nebraska tractor test laboratory*. [online] [citace: 5. 3. 2016.]. Dostupné z: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/Steiger450.pdf>
- [13] AGCO, Corporation. Challenger MT900C series. [online] [citace: 28. 2. 2016.]. Dostupné z: <http://www.challenger-ag.us/products/tractors/mt900c-series-4-wheel-drive-articulated-tractors.html>

- [14] UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN. Challenger. *Nebraska tractor test laboratory*. [online] [citace: 5. 3. 2016.]. Dostupné z: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/mt945c.pdf>
- [15] Strom Praha a.s. *Traktory John Deere řady 9RX*. [online] [citace: 2. 3. 2016.]. Dostupné z: <http://www.strompraha.cz/produkty/zemedelska-technika/traktory-john-deere/9rx#fotogalerie>
- [16] UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN. John Deere. *Nebraska tractor test laboratory*. [online] [citace: 5. 3. 2016.]. Dostupné z: <http://tractortestlab.unl.edu/John%20Deere%209620R.pdf>
- [17] UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN. Case IH. *Nebraska tractor test laboratory*. [online] [citace: 5. 3. 2016.]. Dostupné z: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/Case%20IH%20Steiger%20600%20Quad.pdf>
- [18] AGCO, Corporation. *Challenger MT800E series*. [online] [citace: 7. 3. 2016.]. Dostupné z: <http://www.challenger-ag.com/EMEA/int-en/products/tractors/3312.htm>
- [19] UNIVERSITY OF NEBRASKA-LINCOLN. Challenger. *Nebraska tractor test laboratory*. [online] [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://tractortestlab.unl.edu/documents/MT875C.pdf>
- [20] AGROMEX s.r.o *Challenger MT800E*. [online] [citace: 27. 2. 2016.]. Dostupné z: <http://www.agromex.cz/stroje/traktory-challenger/challenger-mt800e>
- [21] FARM INDUSTRY NEWS CORPORATE. *John Deere launches the 9RX tractor line, and a lot more*. [online] [citace 2. 3. 2016.]. Dostupné z: http://farmindustrynews.com/farm-equipment/john-deere-launches-9rx-tractor-line-and-lot-more#slide-3-field_images-80041

Seznam zkratek

EHK	Evropská hospodářská komora
ES	Evropské společenství
EHS	Evropské hospodářské společenství
EGR	Exhaust Gas Recirkulation
SCR	Selective Catalytic Reduction
DOC	Diesel Oxidation Catalyst

CVT	Continuously Variable Transmission
NTTL	Nebraska Tractor Test Laboratory
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
ACS	Active Command System
GPS	Global Position System
VGT	Variable Geometry Turbocharger
TMC	Tractor Management Center
OHC	Over Head Camshaft
APM	Automatic Productivity Management
LIFD	Load Independent Flow Distribution

Seznam obrázků

Obrázek 1. Schéma konstrukce CVT převodovky [5].....	9
Obrázek 2. John Deere 9460 R [8]	14
Obrázek 3. CASE IH Steiger 450 [11]	17
Obrázek 4. Challenger MT945C [13].....	20
Obrázek 5. John Deere 9620 RX [21]	22
Obrázek 6. CASE IH Steiger Quadtrac 600 [11].....	25
Obrázek 7. Challenger MT875E.....	27

Seznam tabulek

Tabulka 1. Obecné požadavky na spalovací motor	4
Tabulka 2. Emisní limity, etapa IV	8
Tabulka 3. Parametry traktoru John Deere 9460 R	16
Tabulka 4. Parametry traktoru Case IH Steiger 450.....	19
Tabulka 5. Parametry traktoru Challenger MT945C	21
Tabulka 6. Parametry traktoru John Deere 9620RX.....	24

Tabulka 7. Parametry traktoru CASE IH Steiger Quadtrac 600.....	26
Tabulka 8. Parametry traktoru ChallengerMT875E	27
Tabulka 9. Bodové hodnocení kritérií a jejich váha - kolové traktory	33
Tabulka 10. Výsledné hodnocení jednotlivých kritérií - kolové traktory.....	34
Tabulka 11. Výsledné hodnocení - kolové traktory.....	34
Tabulka 12. Bodové hodnocení kritérií a jejich váha – pásové traktory	38
Tabulka 14. Výsledné hodnocení - pásové traktory	39

Seznam grafů

Graf 1. Porovnání poměru výkonu a hmotnosti - kolové traktory.....	28
Graf 2. Porovnání točivých momentů - kolové traktory	29
Graf 3. Porovnání měrné spotřeby paliva - kolové traktory	30
Graf 4. Porovnání průtoků čerpadel - kolové traktory.....	31
Graf 5. Porovnání počtu servisních středisek v ČR.....	31
Graf 7. Porovnání poměru výkonu a hmotnosti - pásové traktory	35
Graf 8. Porovnání točivých momentů - pásové traktory.....	36
Graf 9. Porovnání měrně spotřeby paliva - pásové traktory	36
Graf 10. Porovnání průtoků olejových čerpadel - pásové traktory.....	37

Seznam vzorců

Rovnice 1. Měrný výkon	28
Rovnice 2. Kroutící moment	29
Rovnice 3. Váha kritéria	32
Rovnice 4. Poměrné plnění (maximální)	33
Rovnice 5. Poměrné plnění (minimální)	33