



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

MANIPULAČNÍ ZAŘÍZENÍ PRO LESNICTVÍ

HANDLING EQUIPMENT FOR FORESTRY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patrik Martinec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Hloušek

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Patrik Martinec**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. David Hloušek**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Manipulační zařízení pro lesnictví

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešeršní pojednání o manipulačních zařízeních pro lesnické práce.
Srovnání strojního zařízení kolových či pásových včetně příslušenství.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní pojednání o dnešní výbavě strojního parku pro lesnické práce.
Historický rozbor evoluce strojního manipulačního zařízení – nakladače a lesní vyvážedky.
Srovnání nakladačů a lesních harvesterů dle kombinací jejich parametrů v příslušných váhových kategoriích.

Seznam doporučené literatury:

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

NEPRAŽ, František. Modelování systémů s hydraulickými mechanismy. 1. vydání. Brno: Bosch Rexroth, 2002. ISBN 8021421878.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na rešeršní pojednání lesního vozového parku. Začátek práce nastiňuje historický vývoj strojů v dřevozpracujícím průmyslu, dále se zabývá harvestory a jejich jednotlivým rozdělením dle specifikací. Práce se také zaměřuje na důležité části harvestoru jako je hydraulický jeřáb a harvestorová hlavice. Ve stejném duchu srovnání a rozdělení jsou v práci vypracovány vyvážecí traktory. V kapitole poslední práce shrnuje kolové nakladače a jejich využití v dřevozpracujícím průmyslu. V závěru práce jsou zhodnoceny jednotlivé cíle a výstupy bakalářské práce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Harvester, vyvážecí traktor, hydraulický jeřáb, harvestorová hlavice, drapák, kolový nakladač, speciální kolový nakladač

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on a research treatise on a forest fleet. The beginning of the work outlines the historical development of machines in the woodworking industry, it also deals with harvesters and their individual division according to specifications. The work also focuses on important parts of the harvester such as the hydraulic crane and harvester head. In the same spirit of comparison and division, export tractors are developed in the work. The chapter of the last work summarizes wheel loaders and their use in the woodworking industry. At the end of the thesis, the individual goals and outputs of the bachelor's thesis are evaluated.

KEYWORDS

Harvester, forwarder, hydraulic crane, harvester cutting head, grapple, wheel loader, special wheel loader

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MARTINEC, Patrik. *Manipulační zařízení pro lesnictví*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131825>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce David Hloušek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením David Hloušek a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 21.5 května 2021

.....
Jméno a přímení

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Davidovi Hlouškovi za důležité rady a připomínky při vedení bakalářské práce. Také bych rád poděkoval rodině za veškerou podporu v celém průběhu studia.

1	ÚVOD	10
2	HISTORIE	11
3	HARVESTORY	12
3.1	TYPY PODVOZKU	13
3.1.1	<i>Kolový podvozek</i>	13
3.1.2	<i>Pásový podvozek</i>	15
3.1.3	<i>Kráčivý podvozek</i>	16
3.2	VELIKOST	17
3.2.1	<i>Malé Harvestory</i>	17
3.2.2	<i>Střední Harvestory</i>	18
3.2.3	<i>Velké harvestory</i>	19
3.3	HYDRAULICKÉ JEŘÁBY	19
3.3.1	<i>Druhy hydraulických jeřábů</i>	19
3.3.2	<i>Vlastnosti hydraulického jeřábu</i>	20
3.4	HARVESTOROVÉ KÁCECÍ HLAVICE	20
3.4.1	<i>Druhy kácecích hlavic</i>	21
3.4.2	<i>Kácecí a krátící mechanismus</i>	21
3.4.3	<i>Odvětovací mechanismus</i>	22
3.4.4	<i>Podávací mechanismus</i>	22
3.4.5	<i>Měřicí mechanismus</i>	22
4	VYVÁŽECÍ TRAKTORY	23
4.1	PODVOZEK.....	24
4.2	VELIKOST	25
4.2.1	<i>Malé vyvážecí traktory</i>	25
4.2.2	<i>Střední vyvážecí traktory</i>	26
4.2.3	<i>Velké vyvážecí traktory</i>	27
4.3	HYDRAULICKÝ JEŘÁB.....	28
4.4	PŘÍSLUŠENSTVÍ	29
4.4.1	<i>Drapák</i>	29
4.4.2	<i>Harvestorové hlavice</i>	30
4.4.3	<i>Klanice</i>	31
5	KOLOVÉ NAKLADAČE	32
5.1	KONSTRUKCE PODVOZKU	33
5.2	KONSTRUKCE VÝLOŽNÍKU	34
5.2.1	<i>Čelní výložník</i>	34
5.2.2	<i>Teleskopický výložník</i>	35
5.2.3	<i>Otočný výložník</i>	35
5.3	SPECIALIZOVANÝ KOLOVÝ NAKLADAČ.....	36
5.3.1	<i>Volvo L180H HL</i>	36
5.3.2	<i>Liebherr L580LogHandler</i>	37
5.3.3	<i>Liebherr LRS LogHandler</i>	37
5.4	PŘÍDAVNÁ ZAŘÍZENÍ.....	39
5.4.1	<i>Přídavná zařízení pro běžné kolové nakladače</i>	39
5.4.2	<i>Přídavná zařízení pro speciální kolové nakladače</i>	42
	ZÁVĚR	43
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ	48
	SEZNAM TABULEK	49

1 ÚVOD

Dřevo je jedno z nejdůležitějších surovin, které lidstvo využívá už po staletí, ačkoliv už z různých využití bylo postupem časem nahrazeno. Stále má jistou a nenahraditelnou pozici v mnoha aplikacích (jsou věci ve kterém dřevo nejde ničím nahradit)

Jediným způsobem, kterým lze dřevo získávat je těžba. Ačkoliv se forma těžby časem mění a modernizuje. Účel je stále stejný. Dnešním trendem je, aby těžba byla co nejefektivnější, časově co nejméně náročná a zároveň, aby měla co nejmenší ekologický dopad na krajinu. A tomuto odpovídá modifikace strojů k tomu využívaných.

V prvotní fázi pro těžbu dřeva se využívá harvester, následně se využívá pro úklid lesa vyvážecí traktory, které předzpracované dřevo připraví do takové fáze, aby mohl být kamionovou dopravou, aby přepraveno do místa následného zpracování. Takovým místem bývá pila (hromadná skládka), kde se k následné manipulaci s kmeny se využívají nakladače jejíž přídatná zařízení (příslušenství) jsou, které jsou pro tuto práci uzpůsobeny.

V této práci se budu převážně zabývat (rešerší) moderní mechanizace využívané v těžbě dřeva.

2 HISTORIE

Než se těžba dřeva zmechanizovala, tak se těžilo manuálně. Na prvotní těžbu se používaly sekery nebo ruční pily, později se využívala motorová pila. Těžba motorovou pilou se využívá i dnes, a to v těžko přístupných místech. V dnešní době se pro prvotní těžbu využívá harvester. Pro odklizení dřevní hmoty z lesa se v minulosti používaly domestikované koně. Nejprve se kulatina vozila na saních, ale tato metoda byla neefektivní a později se kulatina vázala do svazků a smýkala se po zemi. Dnešní moderní technologie pro vývoz dřevní hmoty využívá vyvážecí traktory, ale v nepřístupných terénech se stále používají koně. [1]



Obr. 1: Malba znázorňující těžbu dřeva v historii [1]

3 HARVESTORY

Harvestor je samopojízdný víceoperační těžebně dopravní stroj, který při procesu těžby dřevní hmoty provádí úkony jako kácení následné odvětvování a rozřezání kmene na příslušnou délku a sortimentaci. V kabině harvestoru sedí operátor, jenž řídí celý proces, který je však z velké části automatizován a řízen počítačem (viz obr. 2). Kvalita zpracování dřevní hmoty je vysoká a opracování stromu trvá v řádu minut. Ne ve všech podmínkách je možné využívat harvestory, například svahy s velkým sklonem jsou pro tato zařízení nedostupné a je nutné využít lesních dělníků nebo trakčních navijáků. Vývoj harvestorů probíhá už od 70. let, a proto je možné v současnosti zvolit z širokého množství strojů, které se dělí do několika kategorií, jako je typ podvozku, hmotnost, typ jeřábu. [2]



Obr. 2: Harvestor značky Rottne H11C [3]

3.1 TYPY PODVOZKU

Harvestory se dělí dle typu podvozku na kolový, pásový a kráčející.

3.1.1 KOLOVÝ PODVOZEK

Kolový podvozek patří u harvesteru mezi nejrozšířenější typ podvozku. Je tomu tak především díky jeho značné rychlosti přesunu v průběhu pracovního procesu. Při přesunu po veřejné komunikaci je v některých případech možné, aby se harvester s tímto typem podvozku přesunul po vlastní ose za doprovodu doprovodného vozidla, které je označeno majákem.

Kolové podvozky jsou schopné zvládat podélný náklon v rozmezí 25 % až 50 % (viz obr. 3). Kdežto hodnota příčného náklonu může být až 20 %. Kola jsou poháněna centrálním hydromotorem nebo mohou mít samostatný hydromotor, který se nachází v příslušném hnaném kole stroje. V případě nepříznivých podmínek pro pohyb strojů (větší sklonitost nebo únosnost terénu) jsou na hnaná kola nasazeny kolopásky nebo proti smykové řetězy. [2][3]



Obr. 3: Harvester firmy John Deere v extrémních svahových podmínkách [4]

Počet náprav kolového podvozku se odvíjí od velikosti stroje. Kolové podvozky mohou být dvou až čtyř nápravové (čtyř-, šesti-, nebo osmi-kolové). Přední a zadní část je spojena řízeným kloubem. Tento řízený kloub propůjčuje stroji výborné manévrovací schopnosti. Úhel natočení může být až 44°. [3]

Dvounápravové podvozky mohou být vybaveny tzv. nivelací. Na obr.4 je příklad podélné nivelace podvozku stroje od firmy Rottne, kdežto na obr.5 jde vidět příčná nivelace. V praxi to znamená, že nápravy nejsou tuhé a zavěšení jednotlivých kol jsou navzájem nezávislá. Tato konstrukce podvozku umožňuje vyrovnávání stroje jak v podálném, tak příčném směru a úpravu světlosti podvozku dle nároků daného terénu, což značně zvyšuje využitelnost stroje. [3]



Obr. 4: Harvester Rottne H8D, princip podélné nivelace [3]



Obr. 5: Harvester Rottne H8D, princip příčné nivelace [3]

U více než dvou nápravových kolových podvozků jsou používány tandemové boogie nápravy (viz obr. 6) Převodní soustava funguje na principu, kdy přechází hnací síla z hlavní osy přes řetězové nebo zubové převody na jednotlivá kola. Tato soustava je uložena ve speciální skříni s olejovou lázní. [3]



Obr. 6: ukázka boogie náprav schopných kopírovat terén [3]

Mezi výrobce kolových harvesterů se řadí firmy jako jsou John Deere, Rottne, Komatsu, Longset, EcoLog, Ponsse, Valmet a HSM. Jediným českým zástupcem ve výrobě kolových harvesterů je firma Strojírny Novotný s.r.o.

3.1.2 PÁSOVÝ PODVOZEK

Jako pásový podvozek harvestoru bývá z pravidla použit univerzální bagrový podvozek, na který jsou nainstalovány kabinová nástavba a hydraulický jeřáb s těžební hlavicí. Použité mohou být pryžové, kovové nebo kombinované pásy.

Pohon pásového ustrojí zajišťuje hydraulicky hnané kolo, jehož trny zapadají do pásu.

Hydraulika zajišťující pohon pásů se dělí na dva samostatné uzavřené okruhy pro levý a pravý pás, díky čemuž je zajištěna možnost směrového řízení stroje. Tato hydraulika je oddělena od pracovní hydrauliky.

Jednou z výhod pásového podvozku je možnost využití v méně únosných půdách, díky nízkému měrnému tlaku na půdu. Jak je vidět na obr. 7 výhodou je také jeho velká stabilita v prudkých svazích.

Nevýhodou pásového harvestoru je poškozování podkladu při manévrování. Nevýhodou je také přemísťování mezi pracovišti, které je u strojů s takovým podvozkem velmi pomalé a v případě užívání kovových pásů také nutně doprovázené přepravní technikou, která stroj přepravuje po veřejných komunikacích.

Na rozdíl od kolových harvestorů musí vždy přijet blíže ke stromu, protože nemůžou být vybaveny teleskopickým hydraulickým jeřábem.

Obecně platí, že pásové harvestory jsou výrazně méně využívány. Firmy, které vyrábí harvestory na bázi pásového podvozku jsou Caterpillar, Neuson, Hyundai, Case, Volvo, John Deere, New Holand a Weiler. [2]



Obr. 7: Pásový harvestor v prudkém svahu [6]

3.1.3 KRÁČIVÝ PODVOZEK

Jako kráčivý podvozek bývá z pravidla použit podvozek z kráčivých rypadel. Tento typ podvozku má čtyři hydraulická ramena, která jsou opatřena nejčastěji koly, jež každé kolo je hnané vlastním hydromotorem. Na podvozku je naistalována kabinová nástavba a hydraulický jeřáb. Ne vždy musí být podvozek vybaven čtyřmi stejně velkými koly. Může být i typ podvozku, který má místo dvou kol pouze opěry s menšími koly nebo jen opěry.

Kráčivý harvester se pohybuje specifickým způsobem. Jelikož má ramena, které jsou horizontálně i vertikálně nastavitelná, tak může překonávat překážky snadněji (viz. obr. 8). Často vyžívá k pohybu i hydraulický jeřáb, jež musí být na konci vybaven opětnou patkou. Díky zalamování jeřábu a pojezdem kol se stroj posunuje terénem do předu k opěrné patce. Velkou výhodou stroje s kráčivým podvozkem je, že nezanechává vyjeté koleje v terénu a může pracovat v těžko přístupných terénech jako je třeba velký svah. Stroj je označován často jako „harvester pro svahy“.

Kráčivý podvozek má taky i nevýhody. Jednou z nevýhod je práce v probírkové těžbě, protože kvůli své velikosti jako takové se nedostane tam kam by se dostal kolový harvester a zároveň jeho hydraulický jeřáb nemá takový dosah. [2]



Obr. 8: Kráčející harvester v definovaném využití [7]

3.2 VELIKOST

V dnešní době je na trhu spousta různých typů harvestorů. Typy harvestorů se dělí do orientačně zavedených skupin. Tyto skupiny jsou tři, a to jsou následovně malé harvestory, střední harvestory a velké harvestory. Tyto skupiny jsou pouze orientační a harvestory se do těchto skupin řadí podle určitých vlastností a specifikací. Vlastnosti, podle kterých tyto skupiny volíme je výkon motoru, dosah hydraulického jeřábu, šířka stroje a hmotnost harvestoru. [2][3]

3.2.1 MALÉ HARVESTORY

Malé harvestory jsou vhodné zejména pro probírkovou těžbu, které mají unikátní manévrovací vlastnosti. Hmotnost stroje jako takového bývá v rozmezí 10200 kg až 20000 kg. Výkon malého harvestoru se pohybuje od 125kw do 170kw.

Díky výborné průchodnosti terénem a malé šířce stroje lze s tímto harvestorem vjet do porostu a provést probírkovou těžbu na vzdálenost 6-7 metrů bez potřeby kácet další linky. Tento systém je šetrnější vůči ostatním stromům v porostu oproti probírkové těžby na vzdálenost 10-12 m.

Výborným strojem malé velikosti je harvestor od firmy Rottne s označením H8D. Tento stroj je jako jeden z mála harvestorů na trhu čtyřkolový. Díky jeho malé velikosti a specifickým podvozkem, který je vybaven nivelací může stroj pracovat jak na malém prostoru, tak i ve svazích. Modely kategorie malých harvestorů jsou vyobrazených tab.1.[2][3][5]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max.dosah hydr. jeřábu (m)	Úhel otočení hydr. jeřábu	Šířka stroje (mm)	Harvestorové hlavice
John Deere 1070G	16000	135	10,8	220°	2600-2660	H423 H424 H212
John Deere 1170G	17800	155	11,3	220°	2600-2840	H423 H424 H212
Rottne H8D	10200	125	7	230°	2050-2420	EGS406
Ponsse Beaver	17500	129	11	280°	2650-2930	H5 H6
Ponsse Fox	18200	145	11	280°	2640-2840	H5 H6
Komatsu 901XC	20000	170	11	360°	2776-2996	S82 S92 C93
Komatsu 901	16850	150	11	360°	2730-2990	340 S92 C93
Logset 5GT	15000	170	11	230°	2480-2780	TH45 TH55 TH65

Tab. 1: Modely malých harvestorů [3][8][9][10][11]

3.2.2 STŘEDNÍ HARVESTORY

Střední harvestory se v praxi využívají v probírkovém nebo mýtním porostu, a proto jsou univerzální. Mají možnost měnit harvestorové hlavice. Pro probírkovou těžbu se využívají hlavice menšího typu a pro mýtní těžbu hlavice většího typu. Tyto stroje jsou vybaveny šesti nebo osmi koly. Hmotnost středního harvestoru se pohybuje 17 600 kg do 22900 kg a výkon se pohybuje od 164kW do 210 kW. Dosah hydraulického jeřábu je maximálně 11,7 m. To zaručuje dobrou efektivitu práce. V praxi to znamená, že harvestor nemusí ke každému stroji přijíždět, ale z jednoho místa, kde zaparkuje pokácí větší množství stromů. Modely kategorie středních harvestorů jsou vyobrazených tab.2 [2][3][5]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max.dosah hydr. jeřábu (m)	Úhel otočení hydr. jeřábu	Šířka stroje (mm)	Harvestorové hlavice
John Deere 1270G	20650-22900	200	8,6-11,7	220°	2750-2960	H423 H424 H212
Rottne H11D	18900	164	11,3	220°	2830	EGS596 SP461
Ponsse Scorpion	21900	210	11	280°	2630-3085	H5 H6
Ponsse Scorpion King	22500	210	11	280°	2630-3085	H7 H7Euca H77Euca
Ponsse Ergo	20000	210	11	280°	2640-2840	H6 H7 H7Euca H77Euca
Komatsu 911	17600	150	11	360°	2730-2990	360 S92 C93
Komatsu 931	19610	185	11	360°	2730-2940	S92 C93 360.2 365.1
omatsu 931X	21700	185	11	360°	2766-2996	S92 C93 360.2 C123
Logset 6HP GTE	21000	170	11	230°	2640-2930	TH45 TH55 TH65

Tab. 2: Modely středních harvestorů [3][8][9][10][11]

3.2.3 VELKÉ HARVESTORY

Velké harvestory jsou navrženy pro efektivní finální mýtní těžbu. Robustní Harvestor s vysokou stabilitou disponuje velkým zdrojem energie a dostatečně dimenzovanou kácecí hlavicí. Tyto harvestory se vyrábí ve verzi se šesti a osmi koly. Hmotnost harvestoru se pohybuje od 22620 kg do 26700 kg. Výkon velkého harvestoru se pohybuje od 200 do 260 kW. Dosah hydraulického jeřábu je 11 m. Modely kategorie velkých harvestorů jsou vyobrazených tab.3 [2][3][5]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max. dosah hydr. jeřábu (m)	Úhel otočení hydr. jeřábu	Šířka stroje (mm)	Harvestorové hlavice
John Deere 1470G	24250	200	11	220°	2980-2990	H425 H480C H270seriesII H219
Rottne H21D	26700	227	11	250°	3000	EGS706 EGS596
Ponsse Bear 8w	24500	260	10	280°	2990-3170	H7 H8 H8 s horní pilou
Komatsu 951	22620	210	10,3	360°	3060-3160	360.1 S132 370.2 C144
Logset 10H GTE	24000	220	11	230°	2990-3080	TH75

Tab. 3: Modely velkých harvestorů [3][8][9][10][11]

3.3 HYDRAULICKÉ JEŘÁBY

Hydraulický Jeřáb je nejdůležitější částí celého harvestoru, a taky nejvíce namáhanou částí. Na konci hydraulického jeřábu je umístěna harvestorová hlavice. Důležitou vlastností je, aby hydraulický jeřáb nepřekážel operátorovi ve výhledu. Proto dnešní moderní harvestory mají hydraulický jeřáb umístěn za kabinou. To znamená že operátorovi nezavazí sloup Jeřábu ve výhledu a může snadněji manipulovat s kmenem. Starší harvestory měly uložení jeřábu buď na boku kabiny, nebo na přední části rámu před kabinou. [5]

3.3.1 DRUHY HYDRAULICKÝCH JEŘÁBŮ

JEŘÁB S PARALELNĚ VEDENÝMI VÝLOŽNÍKOVÝMI RAMENY

Tomuto typu jeřábu se říká „paralelní jeřáb“. Paralelní Jeřáb se u harvestoru vyskytuje nejčastěji. Je tomu tak, protože jeho horizontální pohyb zajišťuje pouze jeden hydromotor. Obrovskou nevýhodou je počet kloubů, které prodlužují rameno a díky tomu si jeřáb vyžaduje často údržbu. [5][12]

JEŘÁB SE ZALAMOVACÍM A TELESKOPICKÝM VÝLOŽNÍKEM

Tento typ hydraulického jeřábu je složen z části jako jsou sloup, zdvihové rameno a teleskopické rameno. Využívá se zejména pro Mýtní těžbu, protože má v porovnání s ostatními typy Jeřábu nižší těžiště což mu dovoluje zdvihat větší hmotnost. [5][12]

JEŘÁB S HLAVNÍM VÝLOŽNÍKEM, ZALAMOVACÍM A TELESKOPICKÉM RAMENEM

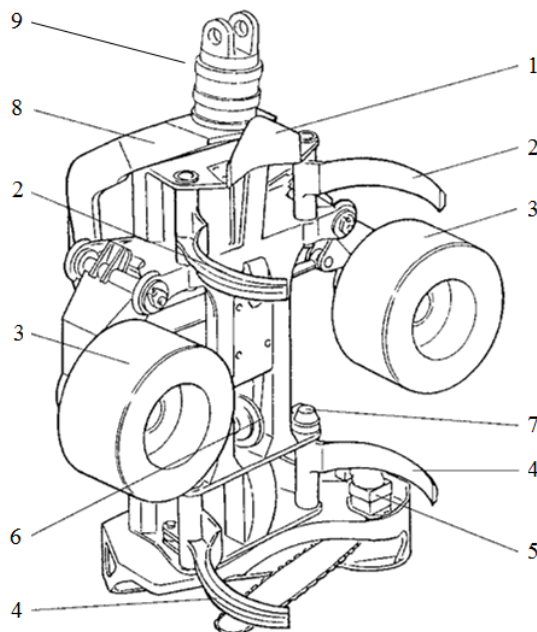
Tento Jeřáb je lukrativní svojí cenou, protože má jednodušší konstrukci, ale jeho největší nevýhodou je nosnost v porovnání s ostatními typy hydraulických jeřábů. Jeřáb má pro každé rameno svůj motor a díky tomu se může pohybovat. [5][12]

3.3.2 VLASTNOSTI HYDRAULICKÉHO JEŘÁBU

Hydraulické jeřáby jsou ovládány hydromotory a hlavní roli zde hraje hydraulika. V hranicích, kde proudí hydraulický olej bývá tlak 20 až 28 MPa. Jednotlivé hydraulické okruhy mají bezpečnostní zámky a ty při poklesu tlaku zablokují pohyb hydraulického jeřábu. Dosah jeřábu je od 4 do 12 m a úhel natočení nepřesahuje 270° a maximální úhel naklápění je 17°. [5] [12]

3.4 HARVESTOROVÉ KÁCECÍ HLAVICE

Procesně nejdůležitější částí stroje je harvestorová kácecí hlavice, která slouží k uříznutí, odvětvení, změření, zkrácení a uložení následného sortimentu. Na volném konci hydraulického Jeřábu je umístěn rotátor, který umožňuje otáčení hlavice v úhlu až 280° a zajišťuje hydraulické vedení. Prostřednictvím tohoto rotátoru je kácecí hlavice připevněna k hydraulickému jeřábu každého typu harvestoru. [5][12]



Obr. 9: Schématické zobrazení kácecí hlavice:

- 1 – Pevný odvětovací nůž; 2 – Horní dvojice odvětovacích nožů; 3 – Podávací válce;
 4 – Dolní dvojice odvětovacích nožů; 5 – Pořezové zařízení řetězovou pilou;
 6 – Měřicí kolečko pro měření délky; 7 – Senzory pro měření průměrů; 8 – Sklopný rám;
 9 – Rotátor s kontinuálním otáčením. [12]

3.4.1 DRUHY KÁCECÍCH HLAVIC

Kácecí hlavice jsou zpravidla rozlišovány do následujících 2 druhů.

HLAVICE FINSKÉHO TYPU

Tento typ konstrukce patří mezi kompaktnější s nižší hmotností a s kratším nosným rámem. Posuv kmene je zajištěn pomocí 4 posuvných válců. Díky kratší délce konstrukce jsou vhodné především pro křivější kmeny, kterým se snadno přizpůsobí. [2][5]

HLAVICE ŠVÉDSKÉHO TYPU

Naopak pro tento typ konstrukce platí že je masivnější a má delší nosný rám, který je opatřen dvěma válci zajišťující posuv s vyšší protahovací silou. Tento typ konstrukce je vhodnější především pro přiměřeně rovné kmeny slabších průměrů. Jelikož tato konstrukce je v porovnání s konstrukcí finského typu těžší, těžší je i manipulace s jeřábem. [2][5]

3.4.2 KÁCECÍ A KRÁTÍCÍ MECHANIZMUS

Pro kácení bylo v minulosti využíváno především stříhacího nože, který byl schopen některých případech zpracování stromů s průměrem až 50 cm. Postupně byly stříhací nože nahrazovány řetězovou pilou a využití stříhacích nožů zůstalo jen pro těžbu rychle rostoucích dřevin kdy je možné jedním stříhem pokácet více kmenů najednou. Předchůdcem byly také hlavice s kotoučovými pilami, které však byly nekompaktního rozměru. Jedinou výhodou hlavice s kotoučovými pilami nebo hlavice se stříhacím nožem byla jednoduchá konstrukce a minimální údržba. [2]



Obr. 10: Příklad stříhacího nože [13]

Současnosti nejvíce využívána řetězová pila, která se skládá z řetězu o rozteči 3/4“ nebo 0,404“. Takový řetěz je veden ve vodičí liště, která může dosahovat délky až 1320 mm. Součástí vodičí lišty jsou vodičí kolečka a jedno řetězové kolečko. Toto řetězové kolečko je poháněno hydromotorem, který jeho prostřednictvím zajišťuje samotný pohyb řetězu. Součástí tohoto mechanismu je také přímočarý hydromotor zajišťující vyklápění vodičí lišty při řezání. Nezbytné je zajištění dostatečného mazání, které v tomto případě probíhá olejem ze samostatné nádrže. Koncepce mechanismu s řetězovou pilou je velmi náchylná na poškození především v případech kdy probíhá řezání nízko u země a může dojít ke kontaktu řetězové pily s půdou. Další nevýhodou této koncepce je rychlé opotřebení vodičí lišty a řetězu samotného. [2]

3.4.3 ODVĚTVOVACÍ MECHANISMUS

Mechanismus oddělení větví funguje na principu tlaku, který se odvíjí v závislosti na tloušťce kmene a je seřizování z kabiny. Obvykle je tento mechanismus sestaven ze dvou bloků nožů mající trojúhelníkový profil úhlem řezu 35°. Tyto nože jsou vybaveny ostřím po obou stranách což zajišťuje, že může dojít ke zbavení větví při pohybu kmene oběma směry. Pohyb těchto nožů je zajišťován přímočarými hydromotory. [2]

3.4.4 PODÁVACÍ MECHANISMUS

Podávací mechanismus může být tří typů a to, válcové, pasové nebo teleskopické.

VÁLCOVÝ

Pohon válců instalovaných na pohyblivém ramenu je zajišťován rotačním hydromotorem na každém válci zvlášť. Válce jsou zhotoveny několika variantách. Nejčastěji používanou variantou je celokovový válec s plochými nebo kónickými hroty či žebry na povrchu válce. Nevýhodou tohoto typu je poškození povrchu kmene způsobené již zmíněnými hroty či žebry, které zanechávají v kmeně otisky nebo vrypy. Výhodou tohoto provedení je dobrý přenos posuvné síly válce na kmen čehož je využito především při odvětvování tlustých větví. Další výhodou je také dlouhá životnost válců. Další variantou jsou válce složené z ocelové obruče, na kterou je navlečený gumový plášť. Této varianty se využívá v případě, že je kladen velký důraz na kvalitu povrchu těženého dřeva. Aby byl zaručen dostatečný přenos síly je povrch gumového pláště doplněn o ostrohranné protiskluzové řezy. Tyto řezy značně ovlivňují životnost gumového pláště z toho důvodu je nutné provádět údržbu častěji než v případě celokovových válců. Variantou provedení válcového podávacího mechanismu, která dobře kopíruje tvar kmene je varianta válců, u kterých je povrch tvořena a kovovými tělisky nesených na čepech. Tato varianta je méně náročná na údržbu než varianta předchozí válců s gumovým pláštěm. [2][5]

PÁSOVÝ

Pásový podávací mechanismus je sestaven z dvou válečků a jedním párem pasů, který se skládá z ocelových článků. Každý váleček má odlišnou funkci. Jeden z nich slouží k napínání pásu a druhý přenáší moment z rotačního hydromotoru. Tento mechanismus je značně složitější a náročnější na konstrukci, ale zároveň jeho velkou výhodou je menší prokluz při podávání kmene, ale poradí si jen s kmeny, které jsou rovné. Jeho největší výhodou je, že nepoškozuje kmeny stromů při posunu. [2][5]

TELESKOPICKÝ

Teleskopické podávací mechanismus se skládá z telat teleskopického ramena na kterém jsou připevněny odvětvovací nože. [2]

3.4.5 MĚŘICÍ MECHANISMUS

V harvestorové hlavici je umístěn měřicí mechanismus, který zaznamenává informace o vytěžené množství dřeva. Tyto informace jsou především délka a tloušťka kmene, aby tyto informace byly adekvátní, tak operátor musí čas od času cca každých 500 m³ na těženého dřeva vystoupit z harvestoru a ručně změřit průměr a délku kmene a následně to porovnat s naměřenými hodnotami měřicího mechanismu uvnitř harvestoru. [2][3]

4 VYVÁŽECÍ TRAKTORY

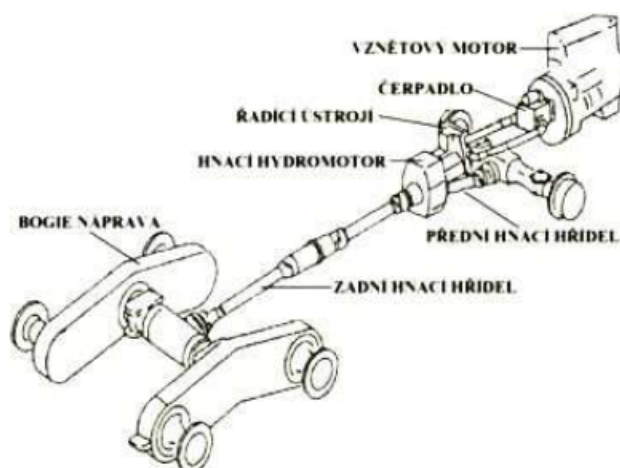
Návaznosti na sled prací přichází po harvestorech na řadu vyvážecí traktory (viz. obr 11). Vyvážecí traktory jsou speciální kompaktní stroje, jejichž hlavní činností je nakládání, převoz a skládání dřeva. Konstrukce stroje se dělí na motorovou a ložnou část a každá je na svém polorámu. Velká ložná plocha a dobrá průchodnost terénem propůjčuje těmto strojům vysokou produktivitu. Vyvážecí traktory se používají pro soustředování krátkých sortimentu do 6 m délky, které může flexibilně třídit a ukládat. [15]



Obr. 11: Ukázka sledu prací harvestoru a vyvážecího traktoru [3]

4.1 PODVOZEK

Podvozek vyvážecího traktoru se skládá z předního a zadního polorámu. Navzájem jsou spojeny axiálním nebo středovým kloubem, který je vzájemně vychyluje pomocí hydraulického systému. Jednotlivé polorámy také disponují díky osazení axiálním kloubem naklápěním přední a zadní části podvozku daného polorámu podle horizontální osy s čím přichází výborné přizpůsobení polohy kol k nerovnostem terénu. Na zadním polorámu je umístěn ložný prostor s klanicemi a je zpravidla osazen čtyřmi koly nebo šesti koly, kdežto na předním polorámu je umístěna kabina společně s pohonným ústrojím v kombinaci s dvěma nebo čtyřmi koly v závislosti na velikosti stroje (viz. obr 12). [14]



Obr. 12: Konstrukční řešení podvozku vyvážecího traktoru [14]

Jak je zřejmé z obr 13 tento podvozek se vyznačuje vysokou průchodností terénem, především díky své světlé výšce a hydraulickému systému pohonu a řízení všech kol pomocí hydromotoru. Nejčastěji využívané hydromotory jsou přímočaré, a však mohou být kývavé a rotační. [14]



Obr. 13: Ukázka průchodnosti terénem vyvážecího traktoru Ponsse Elephant [9]

4.2 VELIKOST

V dnešní době je na trhu spousta různých typů vyvážecích traktorů. Typy vyvážecích traktorů se dělí do orientačně zavedených skupin. Tyto skupiny jsou tři, a to jsou následovně malé vyvážecí traktory, střední vyvážecí traktory a velké vyvážecí traktory. Tyto skupiny jsou pouze orientační a vyvážecí traktory se do těchto skupin řadí podle určitých vlastností a specifikací. Vlastnosti, podle kterých tyto skupiny volíme jsou výkon motoru, dosah hydraulického jeřábu, šířka stroje, hmotnost vyvážecího traktoru a nosnost. [15]

4.2.1 MALÉ VYVÁŽECÍ TRAKTORY

Malé vyvážecí traktory jsou vhodné zejména pro probírkovou těžbu nebo pro lehkou mýtní těžbu. Tyto stroje mají unikátní manévrovací vlastnosti. Hmotnost stroje jako takového bývá v rozmezí 13500 kg až 17800 kg Výkon malého vyvážecího traktor se pohybuje od 118kw do 150kw a nosnost je maximálně 12000 kg. Malý vyvážecí traktor je navržen, tak aby splnil veškeré nároky kladené na probírkovou těžbu. Modely kategorie malých vyvážecích traktorů jsou vyobrazeny v tab. 4. [15]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max.dosah hydr. jeřábu (m)	Úhel otočení hydr. jeřábu	Šířka stroje (mm)	Nosnost (kg)
John Deere 910G	14700-16600	118	9,6	380°	2553-2780	9000-10000
John Deere 1010G	16800-17800	131	9,6	380°	2570-2790	11000
Rottne F10D	15350	125	7,5-9,4	380°	2400-2793	10000
Ponsse Wisent	17300	150	10	360°	2690-2840	12000
Komatsu 825TX	14610	127	7,7-10	360°	2600	9000
Komatsu 835	15850	127	7,7-10	360°	2620	11000
Komatsu 835XT	16090	127	7,7-10	360°	2620	11000
Komatsu 845-2021	16890	140	7,7-10	360°	2620	12000
Logset 4F GT	13500	127	7,2-10	360°	2480-2680	12000
Logset 5F GT	15500	127	7,2-10	360°	2640-2810	12000

Tab. 4: Modely malých vyvážecích traktorů [3][8][9][10][11]

4.2.2 STŘEDNÍ VYVÁŽECÍ TRAKTORY

Střední vyvážecí traktory se v praxi využívají v probírkovém nebo mýtním porostu, a proto jsou univerzální. Tyto stroje jsou vybaveny šesti, osmi nebo deseti koly. Stroje s deseti koly vyrábí převážně firma Ponsse. Hmotnost středního vyvážecího traktoru se pohybuje od 15330 kg do 20100 kg a výkon se pohybuje od 125kW do 190 kW. Nosnost se pohybuje od 12000 kg do 16000 kg. Modely kategorie středních vyvážecích traktorů jsou vyobrazeny v tab.5. [15]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max.dosah hydr. jeřábu (m)	Úhel otočení hydr. jeřábu	Šířka stroje (mm)	Nákladový prostor
John Deere 1110G	15330-17130	145	8,5-10	380°	2700-2990	12000
John Deere 1210G	16180-18080	156	8,5-10	380°	2746-3086	13000
John Deere 1510G	16330-18230	164	8,5-10	380°	2956-3086	15000
Rottne F11D	16700	125	7,5-9,3	380°	2830	12000
Rottne F13D	19900	125	7,2-10	380°	2924	14000
Rottne F15D	18700	164	7,2-10	380°	2890	15000
Ponsse Dimensions	17700-18800	150	7,8-10	360°	2690-3085	13000
Ponsse Elk	17700-20100	150	7,8-10	360°	2690-3085	13000
Ponsse Buffalo	18600-21100	210	7,8-10	360°	2690-3085	14000-15000
Komatsu 855	18000	170	8-10	360°	2726-3134	14000
Komatsu 875	17800-20100	190	8-10	360°	2980	16000
Logset 6F GT	17000	170	7,2-10	360°	2780-3100	14000
Logset 8F GT	17500	185	7,2-10	360°	2780-3100	15000

Tab. 5: Modely středních vyvážecích traktorů [3][8][9][10][11]

4.2.3 VELKÉ VYVÁŽECÍ TRAKTORY

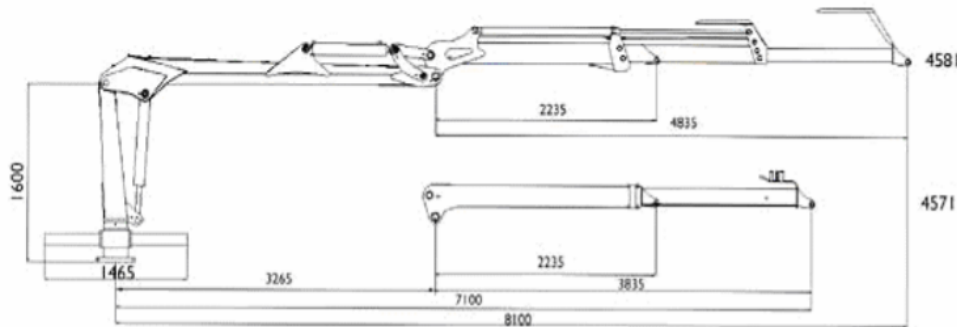
Velké vyvážecí traktory jsou navrženy pro efektivní finální mýtní těžbu. Robustní vyvážecí traktor s vysokou stabilitou disponuje velkým zdrojem energie. Tyto stroje se vyrábí ve verzi s osmi koly. Hmotnost velkého vyvážecího traktoru se pohybuje od 18700 kg do 24400 kg. Výkon velkého vyvážecího traktoru se pohybuje kolem od 193 kW do 220 kW a maximální nosnost je 20000 kg. Modely kategorie velkých vyvážecích traktorů jsou vyobrazeny v tab.6. [15]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max.dosah hydr. jeřábu (m)	Úhel otočení hydr. jeřábu	Šířka stroje (mm)	Nosnost (kg)
John Deere 1910G	18790–21530	200	7,2-8,5	380°	3090	19000
Rottne F18D	22400	207	8,5-10	380°	3000-3050	18000
Rottne F20D	23000	207	7,2-10	380°	3000-3050	20000
Ponsse Buffalo King	20600-21100	210	7,8-9,5	360°	2990-3300	18000
Ponsse Elephant	22000-24400	210	7,8-9,5	360°	2990-3300	18000
Ponsse Elephant King	22900-23500	210	7,8-9,5	360°	3070-3210	20000
Komatsu 895	20700-23800	193	7,5-8,5	360°	3060-3160	20000
Logset 10F GT	22000	220	7,2-10	360°	2990-3070	18000
Logset 12F GT	24000	220	8,1-10	360°	3090	20000

Tab. 6: Modely velkých vyvážecích traktorů [3][8][9][10][11]

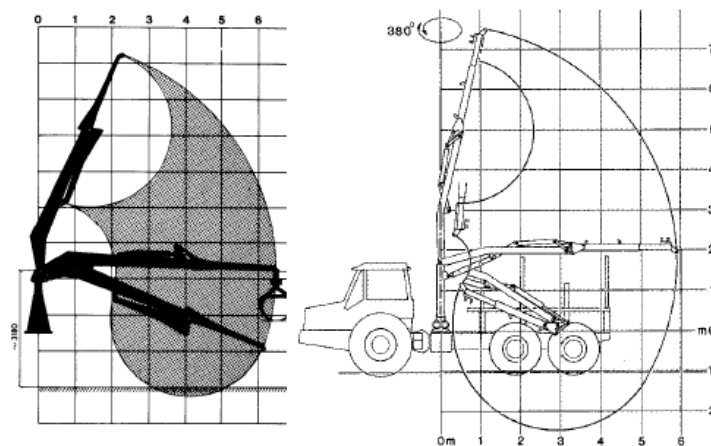
4.3 HYDRAULICKÝ JEŘÁB

Jednou z nejdůležitějších součástí vyvážecích traktorů zajišťující nakládání a skládání dřeva je zdvihací zařízení s výložníkovým ramenem viz. obr. 14, který je nesen na otočném sloupu. Konec tohoto výložníku je osazen rotátorem s drapákem. Kompletní ovládní výložníku včetně drapáku je ovládáno pomocí hydrauliky. [14] [18]

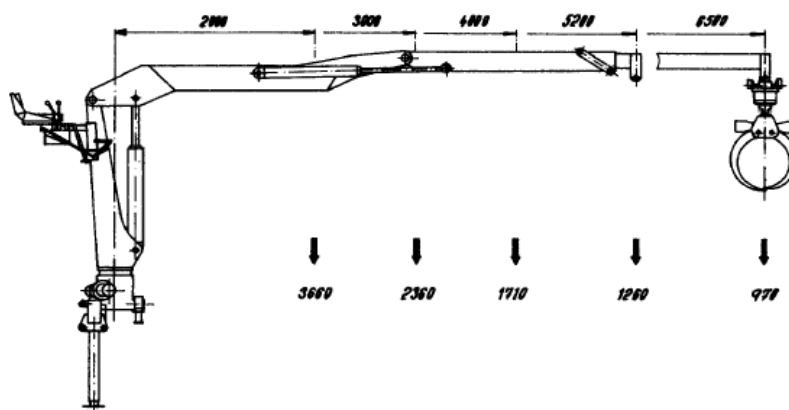


Obr. 14: Konstrukční schéma výložníku [15]

Výložník jako takový umožňuje prostorový dosah jeřábu, který je znázorněn v diagramu na obrázku č. 15. Konstrukčně se skládá z ramene zvedacího, sklopného a výsuvného. Zátěžový diagram těchto ramen výložníků je uveden na obrázku č. 16. [14] [18]



Obr. 15: Diagram prostorového dosahu hydraulického jeřábu [15]



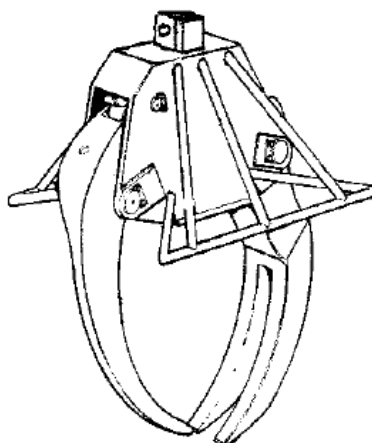
Obr. 16: Zátěžový diagram hydraulického jeřábu [15]

4.4 PŘÍSLUŠENSTVÍ

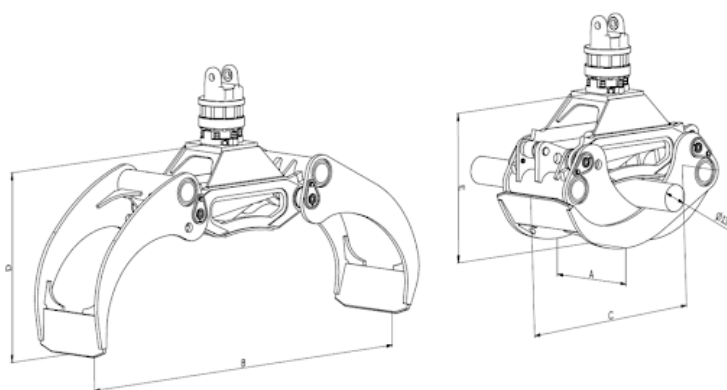
4.4.1 DRAPÁK

Neboli kleš'ové zařízení upevněné k výložníku přes tuhé uložení nebo rotátor, který mu umožňuje horizontální otáčení v obou směrech uhlově omezené nebo nekonečné. Jeho hlavní funkcí je uchopení a přemíst'ování kmenů. Jednotlivá řešení konstrukce drapáku se odvíjí od účelu, ke kterému je využíván.

V praxi se rozlišují dva typy. Prvním typ (viz. obr. 17) je upevněn na krátkém hydraulicky ovládaném výložníku (3 m) s větší světlou čelistí (1,3 - 2 m). Tento typ drapáku se využívá především k uchopení celého svazku dříví. Druhým typem (viz. obr. 18) je drapák uložený na delším hydraulicky ovládaném výložníku s dosahem 6 až 9 metrů. Tento typ drapáku je určen k nakládání, skládání a přemíst'ování břemen. Rozměr úchopu drapáku je s porovnání prvním typem malý, jelikož je určen pro úchop 1 a více kmenů v závislosti na průměru. [11]



Obr. 17: Drapák prvního typu [11]



Obr. 18: Drapák druhého typu [11]

4.4.2 HARVESTOROVÉ HLAVICE

Výložník harvestorového traktoru je možné osadit taky harvestorovou hlavicí. Tyto hlavice jsou z pravidla totožné s těmi, které se využívají u harvestorů jako takových. Tudíž jejich vlastnosti a rozdělení jsou shodné s hlavicemi, které již byly popsány v kapitole 3.4 harvestorové kácecí hlavice.

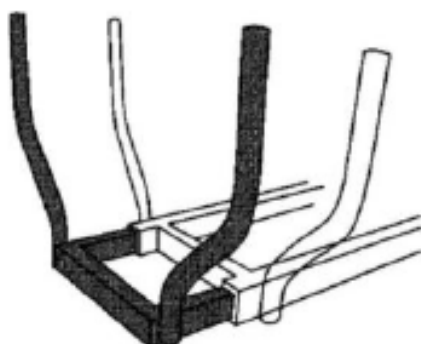
Tato kombinace vyvážecího traktoru a harvestorové kácecí hlavice se nazývá harwarder. Harwardery se využívají při malých těžebních plochách nebo při prvních probírkách. Klady využití tohoto stroje jsou především v nízkých investičních nákladech na pořízení stroje a také v redukci poškození porostu minimalizováním pojezdu po pracovní lince, jelikož tento stroj dokáže sám provést sled prací jako pokácení, odvětvění, nakrácení a vyvezení kmenů (obr. 19). [2]



Obr. 19: Harwarder Valmet 801 combi [16]

4.4.3 KLANICE

Poslední z uvedených příslušenství k vyvážecím traktorům v této práci jsou klanice, které tvoří ložný prostor. Konstrukčně se jedná o různé dlouhé svislé konzoly, které jsou umístěny na okraji ložné plochy v různých vzdálenostech od sebe. Klanice z pravidla jsou pevné, vyklápěcí, zalamovací, teleskopické a posuvné (viz. obr. 20). Jejich hlavní funkce je zajištění naloženého materiálu. Společně s klanicemi je ložný prostor osazen ochranou mříží, která slouží k ochraně kabiny před sesunutím nákladu (viz. obr. 21). [14]



Obr. 20: Posuvné klanice [14]



Obr. 21: Demonstrace významu ochranné mříže [3]

5 KOLOVÉ NAKLADAČE

Kolové nakladače jsou ve dřevozpracujícím průmyslu využívány především při finální manipulaci s dřevní hmotou na skládkách dřeva. Tyto skládky, se vyskytují v areálech pily nebo papíren. Zpravidla se jedná o konvenční kolové nakladače o maximální nosností 6000 kg až 12 000 kg, jejíž hlavní modifikace spočívá ve volbě upínaného přídatného zařízení. Avšak většina kolových nakladačů není dostatečně konstrukčně uzpůsobena k efektivní manipulaci s kmeny. V praxi to znamená, že při tomto typu práce vzniká kompromis v podobě omezení nakladače po stránce maximální výšky zdvihu a vyložení výložníku v porovnání s tím, jak efektivně může být skládka vytvořena. Jediným řešením tohoto kompromisu je specializovaný stroj, který značně tento kompromis eliminuje. Tento specializovaný stroj je blíže popsán v kap. 5.3. [17][20] [21]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max. výška zdvihu (mm)	Úhel natočení	Max. dosah (mm)	Překlopné zatížení v přímém směru (kg)
Liebherr L550	17300	129	4530	40°	2670	13520
Liebherr L556	17900	140	4530	40°	2820	15075
Liebherr L566	23150	190	5125	40°	3110	17780
Liebherr L576	24450	205	5125	40°	3110	19880
Liebherr L580	25180	215	5125	40°	3160	20990
Volvo L150	25660	220	4340 (4900)*	37°	2290	15400
Volvo 180H	28470	246	4470 (4970)*	37°	2410	17420
Volvo 220H	32810	274	4660 (5020)*	37°	2630	20160
CAT 962M	20252	201	4235	34°	1372	13477
CAT 966M	23889	229	4235	34°	1353	14950
Doosan DL320-7	19700	202	4175 (4700)*	40°	1427 (1639)*	15488
Doosan DL380-7	20300	202	4175 (4700)*	40°	1462 (1674)*	15876
JCB 457	20050 (20499)*	210	4307 (5273)*	40°	1326 (1489)*	13520

Tab. 7: Hlavní parametry nejpoužívanějších běžných kolových nakladačů [19][20][21][22][6][24]

*varianta nakladače s prodlouženým výložníkem

5.1 KONSTRUKCE PODVOZKU

Všichni výrobci kolových nakladačů používají shodné čtyři typy podvozků. Prvním typem je pevný rám, na němž jsou připojeny z pravidla dvě nápravy, které mohou k rámu připojeny kyvně kvůli zajištění kontaktu kol nápravy s terénem. Řízení nakladače je zajištěno natáčením kol přední nápravy nebo natáčením všech čtyř kol (viz. obr. 22). V sektoru dřevozpracujícího průmyslu se nakladače s tímto typem podvozku v praxi téměř nepoužívají, tudíž nebudou ani v dalších kapitolách více zmíněny. Druhý, v sektoru dřevozpracujícího průmyslu nejvíce využívaný, typ podvozku kolového nakladače je rám, který se dělí na přední a zadní část. Navzájem jsou tyto dvě části spojeny pomocí čepu neboli kloubu (viz. obr. 23). Ke každé části rámu je pevně připevněna náprava, která neumožňuje natáčení kol. Řízení nakladače zajišťuje již zmíněný spojovací kloub, ve kterém dochází k lámání přední a zadní části rámu. Tento kloub také zajišťuje výkyv částí rámu, což vede k stálému kontaktu jednotlivých kol s terénem. Třetím typ podvozku kombinuje předchozí dva typy. Takový podvozek je označován jako stereořízený (viz. obr. 24). Rám je taktéž rozdělen na přední a zadní část a tyto části jsou spojeny kloubem, a navíc zadní náprava má říditelná kola. Tato kombinace propůjčuje stroji v průběhu zatáčení větší stabilitu, která je v náročnějších terénech vyžadována. V poslední a v posuzované oblasti využití minimálně využívaný typ podvozku je pevný rám, na kterém jsou pevně připojena kola. Kola na pravé nebo levé straně mají společný pohon, který zajišťuje hydromotor. Řízení stroje je také zajišťováno hydromotorem, tudíž lze tento typ stroje nazvat jako smykem řízený (viz. obr. 25). [13][17][20][23][24]



Obr. 22: Podvozek prvního typu – manipulátor značky Merlo [23]



Obr. 23: Podvozek druhého typu – nakladač značky JCB [24]



Obr. 24: Podvozek třetího typu – nakladač značky Liebherr [20]



Obr. 25: Podvozek čtvrtého typu – smykový nakladač značky KOVACO [13]

5.2 KONSTRUKCE VÝLOŽNÍKU

U kolových nakladačů jsou využívány tři typy konstrukce výložníku, a to čelní, teleskopický a otočný. Nejdůležitějším prvkem výložníku je kinematika ovládní přídavného zařízení, která definuje nevhodnější využití jednotlivého výložníku. Rozdělují se tři typy kinematiky. Prvním typem je kinematika typu „Z“. Hlavní devízou tohoto typu kinematiky je velká vylamovací síla při přiklápění přídavného zařízení. Obecnou nevýhodou však je nemožnost gravitačního vyrovnávání přídavného zařízení, avšak v kombinaci s nejčastěji využívaným přídavným zařízením (drapák) v oblasti dřevozpracujícího průmyslu to není pocíťováno nutně jako nevýhoda. Druhým typem je kinematika typu „P“ neboli paralelogramová kinematika. Tato kinematika má opačné vlastnosti než dříve zmíněná kinematiku typu „Z“. Třetím a zároveň posledním typem je kinematika typu „TP“, která je kombinací předešlých dvou typů. Její konstrukce je však značně složitější, ale její výhodou je, že svou kombinovanou konstrukcí eliminuje jednotlivé nevýhody kinematik „Z“ a „P“. Veškeré pohyby ve všech typech kinematik jsou prováděny pomocí přímočarých generátorů. [20][22][25]

5.2.1 ČELNÍ VÝLOŽNÍK

Jak název naznačuje tento výložník je umístěn na čelní straně nakladače (viz. obr. 26). Pohyb je zajišťován přímočarými hydromotory. [22]



Obr. 26: Nakladač značky CAT s čelním výložníkem [22]

5.2.2 TELESKOPICKÝ VÝLOŽNÍK

Tento výložník je tvořen ramenem, z něhož se vysouvá rameno další jako následek práce konané přímočarým generátorem. Hlavní výhodou tohoto typu výložníku je větší pracovní dosah (viz. obr. 27). [20]



Obr. 27: Nakladač značky Liebherr s teleskopickým výložníkem [20]

5.2.3 OTOČNÝ VÝLOŽNÍK

Otočný výložník se může na rozdíl od čelního výložníku natáčet vůči přímému směru nakladače o úhel až 90° do obou stran (viz. obr. 28). Otočný pohyb výložníků je zajišťován točnou. Tento typ výložníku může být kombinován i s teleskopickým ramenem. [25]



Obr. 28: Nakladač značky AHLMANN s otočným výložníkem [25]

5.3 SPECIALIZOVANÝ KOLOVÝ NAKLADAČ

Specializovaným kolovým nakladačem je myšlen kolový nakladač se speciálním provedením výložníku společně s drapákem viz. obr. Použitím tohoto stroje na dřevních skládkách dochází k úspoře místa až 60 % v porovnání s použitím běžného kolového nakladače s čelním drapákem, a to především díky možnosti většího zdvihu a většímu vyložení výložníku. Ze všech výrobců kolových nakladačů jsou na trhu pouze dva, kteří tyto specializované stroje produkčně vyrábějí. Jako první tuto konstrukci představila firma Volvo již v roce 1974 na svém kolovém nakladači L180H HL (High Lift). Jediná firma, která Volvo následovala v tomto konstrukčním řešení je firma Liebherr se svým strojem s označením L580LogHandler. Firma Liebherr navíc doplnila odvětví specializovaných strojů pro manipulaci s dřevní hmotou o stroj s označením LRS LogHandler, který se však svým celkovým konstrukčním řešením kompletně liší od běžných kolových nakladačů, které je možné na dřevních skládkách vidět nejčastěji (viz. obr. 29). [20][21]



Obr. 29: Srovnání běžného a specializovaného nakladače značky Volvo [21]

5.3.1 VOLVO L180H HL

Konstrukce podvozku tohoto nakladače vychází z běžného kolového nakladače Volvo L180H HL, jedná se tedy o rám rozdělený na přední a zadní část, které jsou spojeny kloubem. Konstrukce výložníku je speciálně uzpůsobena předem danému využití nakladače (viz. obr. 30) Jedná se o čelní typ výložníku, jehož pohyb je zabezpečován podélnými hydromotory. Maximální výška zdvihu (po čep) je 8930 mm a maximální vyložení dosahuje hodnoty 3990 mm. Na konci výložníku je pomocí rotátoru připojen z pravidla drapák, který se může otáčet o 360°. Na čele přední části rámu je stroj vybaven pevným rampovačem, který slouží k přitlačování klad. [21]



Obr. 30: Speciální nakladač Volvo L180H HL [21]

5.3.2 LIEBHERR L580LOGHANDLER

Tento specializovaný stroj značky Liebherr je konstrukčně totožný s předchozí strojem Volvo L180HL (viz. obr. 31). Jediný rozdíl nastává v maximální výšce zdvihu (po čep), kdy dosahuje hodnoty 9015 mm. [20]



Obr. 31: Speciální nakladač Liebherr L580LogHandler [20]

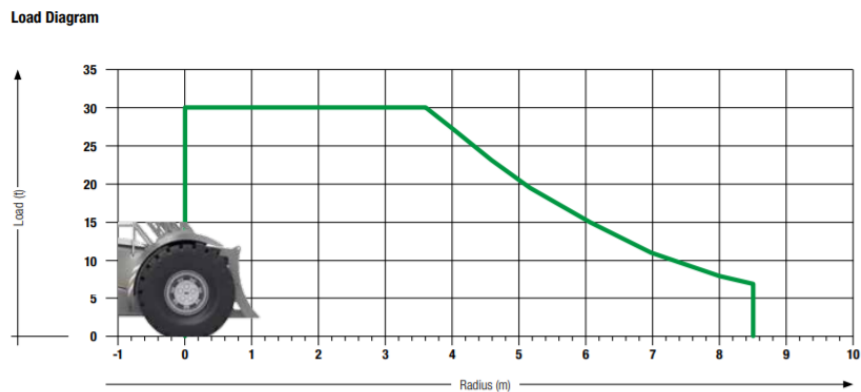
5.3.3 LIEBHERR LRS LOGHANDLER

Tento stroj spadá do kategorie specializovaného manipulátoru (viz. obr. 32). Využívá teleskopický výložník s dosahem až 8500 mm a stohovací výškou až 8900 mm. Konec výložníku je specificky uzpůsoben, tak aby na něj mohl být připojen rotátor společně s drapákem, který se taktéž může otáčet v obou směrech 360°. Řízení stroje je zajišťováno říditelnou zadní nápravou. Pohyb teleskopického výložníku je taktéž zajišťován přímočarými hydromotory. [20]



Obr. 32: Speciální nakladač Liebherr LRS LogHandler [20]

Zátěžový diagram výložníku je uveden na obrázku č. 33. Příklad tohoto stroje je vybavena pevným rampovačem, který slouží k natlačení klad. [20]



Obr. 33: Zátěžový diagram výložníku stroje Liebherr LRS LogHandler [20]

Model	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Max.výška (mm)	Úhel natočení	Max. dosah (mm)	Překlopné zatížení v přímém směru (kg)
Liebherr L580LogHandler	36750	253	9015	40°	3990	17500
Volvo L180H HL	38040	251	8930	37°	3990	17000
Liebherr LRS LogHandler	110000	230	8900	-	8500	60000

Tab. 8: Hlavní parametry specializovaných kolových nakladačů [19][20][21]

5.4 PŘÍDAVNÁ ZAŘÍZENÍ

5.4.1 PŘÍDAVNÁ ZAŘÍZENÍ PRO BĚŽNÉ KOLOVÉ NAKLADAČE

V dřevozpracujícím průmyslu využívají kolové nakladače variace drapáku. Jednotlivé varianty se liší podle druhů materiálu s kterým manipulují. Drapáky mohou být dvouzubé, třízubé nebo čtyřzubé (viz obr. 34). [11] [15]



Obr. 34: Znáznornění dvouzubého, třízubého a čtyřzubého drapáku [15]

Dále se liší na drapák s dotykem a drapák bez dotyku (viz obr. 35). [11][15]



Obr. 35: Znáznornění drapáku s dotykem a bez dotyku [15]

Drápky se využívají také v různých velikostních kategoriích, které se odvíjí od druhu manipulované dřevní hmoty (viz. obr. 36). V případě méně časté manipulace lze využít paletových vidlí, potažmo modifikace paletových vidlí přídatným drápákem (viz. obr. 37). [15]



Obr. 36: Drápák pro manipulaci s velkým [15]



Obr. 37: Modifikace paletových vidlí [15]

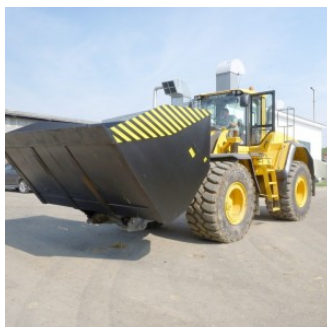
Kolové nakladače se na pilách také využívají k manipulaci s dřevním odpadem, k tomuto účelu se využívají lopaty nebo vidle s přidržováním (větší dřevní odpad), které jsou vyobrazeny na obrázcích č. 38 a č. 39. K manipulaci s pilinami se používají velkoobjemové lopaty nebo lopaty s vyklápěním, konkrétní příklady jsou uvedeny na obrázcích č. 40 a č. 41. [21][22]



Obr. 38: Lopata s přidržováním [13]



Obr. 39: Vidle s přidržováním [13]



Obr. 40: Velkoobjemová lopata [21]



Obr. 41: Lopata s vyklápěním [22]

5.4.2 PŘÍDAVNÁ ZAŘÍZENÍ PRO SPECIÁLNÍ KOLOVÉ NAKLADAČE

Specializované nakladače jsou z pravidla agregovány s velkými drapáky s příčným průřezem $3,2 - 3,8 \text{ m}^2$ (viz. obr. 42), v případě stroje Liebherr LRS Log Handler má jeho drapák příčný průřez $8,2 \text{ m}^2$ (viz. obr. 43). Hlavním významem je ještě větší zefektivnění pracovní činnosti vykonávané těmito specializovanými stroji. Konstrukčně jsou totožné s drapáky, které se používají v kombinaci s běžnými kolovými nakladači, avšak rozdíl je v tom, že jsou k ramenu výložníku připojeny pomocí rotátoru nikoliv závěsu. [20][21]



Obr. 42: Drapák specializovaného Volvo L180H HL nakladače [21]



Obr. 43: Drapák specializovaného Liebherr LRS LogHandler [20]

ZÁVĚR

Nároky na větší efektivitu v dřevozpracujícím průmyslu zapříčinily, že v 50. letech minulého století byly nahrazovány prvotní pokusy mechanizace pro těžbu dřeva za stroje speciálně konstruované pouze pro tento druh využití. Za prvotní pokusy lze považovat modifikace zemědělských traktorů k používání při těžbě dřeva. Modifikace traktorů byly především z hlediska vybavení navijáky, pevným nebo hydraulicky stavitelným rampovačem, ochrannými mřížemi a odstraněním prvků karoserie, které se ukázaly jako snadno poškoditelné. Takto upravené traktory byly schopné usnadnit a zefektivnit manipulaci s dřevní hmotou během těžby. Avšak během používání se negativně projevíly kompromisy, které s sebou tato konstrukce nesla. Především vysoké těžiště traktoru, malý rozchod náprav, tedy špatná stabilita, také špatná manévrovatelnost nejen v lesním porostu a omezené využití vzhledem k doplňkům traktoru. Tyto kompromisy se projevíly také v častých nehodách, které byly časté při práci s těmito stroji v lesním prostředí. Toto vedlo k snaze o vytvoření schopnějších strojů v obtížném lesním terénu. Tyto snahy vyústily v produkci lesních kolových traktorů (LKT), které velkou část negativních kompromisů částečně nebo úplně eliminovaly. Hlavní viditelnou změnou byla náhrada zadního velkého kola za menší, tudíž došlo ke snížení těžiště a lepší stabilitě. Také byl rám stroje rozdělen na dvě části, které byly spojeny kloubem. Kloub přinesl výhody v oblasti lepší manévrovatelnosti a stability z hlediska zachování stálého kontaktu kol s terénem díky možnosti příčného naklápění. Taktéž po prvotních pokusech proběhla modifikace kabiny operátora, aby byla zajištěna lepší bezpečnost. Takto upravené stroje již ukázaly, že jsou vhodné k pohybu v lesním porostu. Tudíž základní koncepce podvozku zůstala zachována z určité míry i v aktuálních strojích. Podvozky se následně upravovali dle různých typů využití, až dosáhly bodu, kdy jsou osazeny Boogie nápravami a pohonem hydromotory. V případě dnešních harvestorů je možné vidět podvozky schopné maximálního přizpůsobení terénu pomocí podélné nebo příčné nivelace. Toto všechno dovedlo tyto stroje do míst, kde by se s původní koncepcí lesní mechanizace nebylo možné ani zdaleka pohybovat, natož tak tam pracovat. Když byla vyřešena otázka podvozků, bylo nutné zavést jednotlivé doplňky stroje k různým specializacím daného stroje, například harvestory byly osazeny výložníkem, na jehož konci byla osazena harvestorová hlavice, která byla sama o sobě v oblasti lesního průmyslu považovaná za převratné řešení, které v kombinaci s propracovaným podvozkem dostali stroje do míst, kde dříve musel těžbu provádět manuálně pracovník a s vytěženými kmeny byla prováděna manipulace pouze pomocí vzdálených navijáků na tehdejších strojích, nebo pomocí koní. Což opět poukázvalo na důležitost v oblasti efektivnosti práce.

Další specializací stroje bylo uzpůsobení strojů k vyvážení pokácených kmenů z těžce přístupných míst na místa, kde byl přístup již snadný i pro obyčejné stroje. Tyto vyvážedky používali podobně modifikované podvozky, aby byla zajištěna stejná průchodnost terénem jako u harvestorů, avšak pouze byly osazeny výložníkem v kombinaci s drapákem a ložnou plochou. Tento fakt, že pro každou činnost v průběhu těžby dřevní hmoty byly v maximální míře postupně upraveny jednotlivé stroje tak, aby jim mohli zastat v plném rozsahu, pouze potvrzuje, jak byl a stále je kladen důraz na efektivitu a bezpečnost práce v průběhu těžby dřeva.

Běžné kolové nakladače procházely postupným vývojem s minimálním ovlivněním ze strany manipulace s dřevní hmotou. Jediné ovlivnění nastalo v případě specializovaných kolových nakladačů, kdy běžnou konstrukci výložníku nahradilo speciální přepákování výložníku tak, aby bylo možné stroje využívat k stohování na skládkách dřeva a snadnějšímu nakládání nebo vykládání vagónů nebo návěsů. Tato speciální konstrukce umožnila téměř zdvojnásobit maximální zdvih nakladače a taktéž rotaci drapáku.

Volba každého z těchto strojů probíhá především na základě znalosti, jaké nároky jsou na stroje kladeny v kombinaci s tím, jaké má majitel finanční možnosti. Toto platí jak u harvestorů, vyvážeců či nakladačů. Výběr se také odvíjí od hmotností, s jakými se počítá, že budou stroje pracovat. Ve výše uvedených srovnávacích tabulkách různých kategorií jednotlivých strojů jsou uvedeni nejčastěji využívaní zástupci, avšak nejsou to zdaleka všichni zástupci daných kategorií, jelikož jich je na trhu nespočet a v mnoha případech se jedná o totožné stroje s jinými stroji, jelikož mnoho značek neprovádí vlastní vývoj, ale pouze mají koupené výrobní licence jiných značek.

Nutné je také zmínit negativní přínos, který s sebou nese využívání mechanizace především v lesním prostředí. Především velká hmotnost strojů zanechává po svém působení znatelné stopy, v některých případech i poškození, které jsou na takových místech znatelné ještě dlouho po ukončení činnosti. Příkladem mohou být hluboké koleje v podmáčených a nezpevněných lesních cestách nebo poznamenaná místa přechodnou skládkou dřeva. I v tomto ohledu je snaha o eliminaci následků, například využitím kolopásového pro lepší rozložení váhy nebo minimalizace tvorby přechodných skládek dřeva a dřevního odpadu. Pro případ, že během práce v lese dojde k poškození stroje a následném úniku například hydraulického oleje, používají se ekologické hydraulické oleje, které následky těchto nehod eliminují.

Každá mechanizace s sebou vždy nese řadu výhod či nevýhod, avšak je to vždy pouze otázka úhlu pohledu, na co se více nebo méně přihlíží nebo co se přehlíží.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] NEUHÖFFEROVÁ, P. Historie a vývoj lesů v českých zemích. Praha: ČZU v Praze, 2006. 256 s. ISBN 80-213-1536-9.
- [2] NERUDA, Jindřich. Harvestorové technologie lesní těžby. Brno: Mendelova univerzita, 2013. ISBN 978-807375-842-4.
- [3] Oficiální stránky firmy Reparoservis, s.r.o., distributora značky Rottne do ČR, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.lesni-technika.cz/index.php/>
- [4] Oficiální stránky firmy MERIMEX, s.r.o., distributora značky John Deere do ČR, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.merimex.cz/john-deere/>
- [5] ULRICH, Radomír. *Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. ISBN 80-737-5012-0.
- [6] Oficiální firemní stránky Doosan Infracore, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://eu.doosanequipment.com/en/>
- [7] Oficiální stránky firmy STAVOPLAST KL spol. s.r.o., distributora značky Menzi Muck do ČR, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: https://www.macchineagricolenews.it/2018/11/04/agricoltura-e-territorio-una-soluzione-sotto-gli-occhi-di-tutti/foto_011/
- [8] Oficiální stránky firmy John Deere, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.deere.com/en/index.html>
- [9] Oficiální stránky firmy Ponsse Plc, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.ponsse.com/en/home#/>
- [10] Oficiální stránky firmy Komatsu Forest, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.komatsuforest.com>
- [11] Oficiální stránky firmy Logset Oy, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.logset.com/en>
- [12] ULRICH, Radomír, Adolf SCHLAGHAMERSKÝ a Vladimír ŠTOREK. *Použití harvesterových technologií v probírkách*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-715-7631-X.
- [13] Oficiální stránky firmy Kovaco spol. s.r.o., [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.kovacocompany.sk>
- [14] NERUDA, J., SIMANOV, V. *Technika a technologie v lesnictví*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. 324 s. ISBN: 80-7157-988-2.
- [15] Oficiální stránky firmy AGRIMPORT PLZEŇ, s.r.o., distributora značky Farmi Smart do ČR, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.agriimport.cz/hydraulicke-ruky-farmi-forest.html>
- [16] SEIXAS, Fernando. *HARVESTING AND USE OF FORESTRY BIOMASS FOR ENERGY PRODUCTION IN THE USA* [online]. [cit. 21.5.2021]. Dostupný na WWW: https://www.researchgate.net/figure/Harwarder-Valmet-801-Combi-330-Duo_fig30_329318231
- [17] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLIŠKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.
- [18] NEPRAŽ, František. *Modelování systémů s hydraulickými mechanismy*. 1. vydání. Brno: Bosch Rexroth, 2002. ISBN 8021421878.
- [19] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.
- [20] Oficiální stránky firmy Liebherr Group, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/start/start-page.html>

- [21] Oficiální stránky firmy Volvo Group, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.volvoce.com/europe/en/>
- [22] Oficiální stránky firmy ZEPELIN CZ, s.r.o., distributora značky CAT do ČR, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://zeppelin.cz/online-katalog/stavebni-stroje-caterpillar/nakladace/kolove-nakladace>
- [23] Oficiální stránky firmy CIME, s.r.o., distributora značky MERLO do ČR, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.cime.cz/zemedelske-stroje/>
- [24] Oficiální stránky firmy J C Bamford Excavators Ltd., [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://www.jcb.com/en-gb>
- [25] Oficiální stránky firmy AHLMANN Nederland bv, [cit. 21.5.2021] Dostupné z: <https://ahlmann.nl/en/>
- Bibliografické citace použitých informačních zdrojů musejí odpovídat normě ISO ČSN 690 (01 0197) platné od 1. dubna 2011.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

%: procenta

° : stupně

kg: kilogram

m: metr

mm: milimetr

kW: kilowatt

m^2 : metr čtvereční

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1: MALBA ZNÁZORŇUJÍCÍ TĚŽBU DŘEVA V HISTORII [1]	11
OBR. 2: HARVESTOR ZNAČKY ROTTNE H11C [3]	12
OBR. 3: HARVESTROR FIRMY JOHN DEERE V EXTRÉMních SVAHOVÝCH PODMÍNKÁCH [4]	13
OBR. 4: HARVESTOR ROTTNE H8D, PRINCIP PODÉLNÉ NIVELACE [3]	14
OBR. 5: HARVESTOR ROTTNE H8D, PRINCIP PŘÍČNÉ NIVELACE [3]	14
OBR. 6: UKÁZKA BOOGIE NÁPRAV SCHOPNÝCH KOPÍROVAT TERÉN [3]	14
OBR. 7: PÁSOVÝ HARVESTOR V PRUDKÉM SVAHU [6]	15
OBR. 8: KRÁČEJÍCÍ HARVESTOR V DEFINOVANÉM VYUŽITÍ [7]	16
OBR. 9: SCHÉMATICKÉ ZOBRAZENÍ KÁCECÍ HLAVICE:	20
OBR. 10: PŘÍKLAD STŘÍHACÍHO NOŽE [13]	21
OBR. 11: UKÁZKA SLEDU PRACÍ HARVESTORU A VYVÁŽECÍHO TRAKTORU [3]	23
OBR. 12: KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PODVOZKU VYVÁŽECÍHO TRAKTORU [14]	24
OBR. 13: UKÁZKA PRŮCHODNOSTI TERÉNEM VYVÁŽECÍHO TRAKTORU PONSSE ELEPHANT [9]	24
OBR. 14: KONSTRUKČNÍ SCHÉMA VÝLOŽNÍKU [15]	28
OBR. 15: DIAGRAM PROSTOROVÉHO DOSAHU HYDRAULICKÉHO JEŘÁBU [15]	28
OBR. 16: ZÁTĚŽOVÝ DIAGRAM HYDRAULICKÉHO JEŘÁBU [15]	28
OBR. 17: DRAPÁK PRVNÍHO TYPU [11]	29
OBR. 18: DRAPÁK DRUHÉHO TYPU [11]	29
OBR. 19: HARWARDER VALMET 801 COMBI [16]	30
OBR. 20: POSUVNÉ KLANICE [14]	31
OBR. 21: DEMONSTRACE VÝZNAMU OCHRANNÉ MŘÍŽE [3]	31
OBR. 22: PODVOZEK PRVNÍHO TYPU – MANIPULÁTOR ZNAČKY MERLO [23]	33
OBR. 23: PODVOZEK DRUHÉHO TYPU – NAKLADAČ ZNAČKY JCB [24]	33
OBR. 24: PODVOZEK TŘETÍHO TYPU – NAKLADAČ ZNAČKY LIEBHERR [20]	33
OBR. 25: PODVOZEK ČTVRTÉHO TYPU – SMYKOVÝ NAKLADAČ ZNAČKY KOVACO [13]	33
OBR. 26: NAKLADAČ ZNAČKY CAT S ČELNÍM VÝLOŽNÍKEM [22]	34
OBR. 27: NAKLADAČ ZNAČKY LIEBHERR S TELESKOPICKÝM VÝLOŽNÍKEM [20]	35
OBR. 28: NAKLADAČ ZNAČKY AHLMANN S OTOČNÝM VÝLOŽNÍKEM [25]	35
OBR. 29: SROVNÁNÍ BĚŽNÉHO A SPECIALIZOVANÉHO NAKLADAČE ZNAČKY VOLVO [21]	36
OBR. 30: SPECIÁLNÍ NAKLADAČ VOLVO L180H HL [21]	36
OBR. 31: SPECIÁLNÍ NAKLADAČ LIEBHERR L580LOGHANDLER [20]	37
OBR. 32: SPECIÁLNÍ NAKLADAČ LIEBHERR LRS LOGHANDLER [20]	37
OBR. 33: ZÁTĚŽOVÝ DIAGRAM VÝLOŽNÍKU STROJE LIEBHERR LRS LOGHANDLER [20]	38
OBR. 34: ZNÁZORNĚNÍ DVOUZUBÉHO, TŘÍZUBÉHO A ČTYŘZUBÉHO DRAPÁKU	39
OBR. 35: ZNÁZORNĚNÍ DRAPÁKU S DOTYKEM A BEZ DOTYKU	39
OBR. 36: DRAPÁK PRO MANIPULACI S VELKÝM	40
OBR. 37: MODIFIKACE PALETOVÝCH VIDLÍ	40
OBR. 38: LOPATA S PŘIDRŽOVÁNÍM [13]	41
OBR. 39: VIDLE S PŘIDRŽOVÁNÍM [13]	41
OBR. 40: VELKOOBJEMOVÁ LOPATA [21]	41
OBR. 41: LOPATA S VYKLÁPĚNÍM [22]	41
OBR. 42: DRAPÁK SPECIALIZOVANÉHO VOLVO L180H HL NAKLADAČE [21]	42
OBR. 43: DRAPÁK SPECIALIZOVANÉHO LIEBHERR LRS LOGHANDLER [20]	42

SEZNAM TABULEK

TAB. 1: MODEL Y MALÝCH HARVESTORŮ [3][8][9][10][11].....	17
TAB. 2: MODEL Y STŘEDNÍCH HARVESTORŮ [3][8][9][10][11]	18
TAB. 3: MODEL Y VELKÝCH HARVESTORŮ [3][8][9][10][11]	19
TAB. 4: MODEL Y MALÝCH VYVÁŽECÍCH TRAKTORŮ [3][8][9][10][11]	25
TAB. 5: MODEL Y STŘEDNÍCH VYVÁŽECÍCH TRAKTORŮ [3][8][9][10][11]	26
TAB. 6: MODEL Y VELKÝCH VYVÁŽECÍCH TRAKTORŮ [3][8][9][10][11]	27
TAB. 7: HLAVNÍ PARAMETRY NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH BĚŽNÝCH KOLOVÝCH NAKLADAČŮ [19][20][21][22][6][24]	32
TAB. 8: HLAVNÍ PARAMETRY SPECIALIZOVANÝCH KOLOVÝCH NAKLADAČŮ [19][20] [21].....	38