



# 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

## AUTOMOBILOVÉ JEŘÁBY

MOBIL CRANES

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Čechmánek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2019

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Lukáš Čechmánek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.**  
Akademický rok: 2018/19

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:

## Automobilové jeřáby

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení kritické studie automobilových jeřábů nosnosti 20 až 80 t od hlavních světových výrobců. Rozbor jak s ohledem na konstrukční uspořádání jednotlivých koncepcí, tak i na provozní a technické parametry.

### Cíle bakalářské práce:

Stručná historie vývoje automobilových jeřábů.  
Současná koncepční řešení.  
Kategorizaci dle hlavních technických a rozměrových řešení včetně poměrných parametrů.  
Přehledné tabulkové uspořádání výše uvedeného.  
Stanovení vývojové tendence v konstrukčních řešeních.

### Seznam doporučené literatury:

KULKA , Jozef, Martin MANTIČ a Michal PUŠKÁR. Žeriavy mostového typu. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2017. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 978-80-553-2908-6

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 978-80-553-1187-6.

SHIGLEY, Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-2-4-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

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 obsahuje všeobecný rozbor automobilových jeřábů. Hlavní část se věnuje popisu jednotlivých konstrukčních prvků a porovnává vybrané modely výrobců Liebherr, Manitowoc Grove, Tadano Faun a Terex Demag. Součástí je také stručná historie vývoje a kategorizace automobilových jeřábů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Automobilový jeřáb, mobilní jeřáb, univerzální autojeřáb, nástavbový autojeřáb, nosnost

## ABSTRACT

This bachelor thesis contains general analysis of automobile cranes. The main part is dedicated to the description of particular construction elements and compares selected models of Liebherr, Manitowoc Grove, Tadano Faun and Terex Demag manufacturers. There is also a brief history of development and categorization of automobile cranes.

## KEYWORDS

Automobile crane, mobile crane, all terrain crane, truck mounted crane, lifting capacity

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ČECHMÁNEK, L. Automobilové jeřáby. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Miroslav Škopán.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Lukáš Čechmánek

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. za přínosné rady a poznámky při vypracovávání této bakalářské práce a také své rodině za podporu během studia.

## OBSAH

Úvod .....	9
1 Historický vývoj automobilových jeřábů .....	10
2 Základní charakteristika automobilových jeřábů .....	12
3 Kategorizace .....	14
3.1 Nástavbové autojeřáby (Truck mounted cranes) .....	14
3.2 Univerzální autojeřáby (All terrain cranes) .....	15
3.3 Kolové jeřáby .....	15
4 Hlavní části automobilových jeřábů .....	17
4.1 Podvozek .....	17
4.2 Pohonné ústrojí .....	19
4.3 Horní otočná konstrukce .....	20
4.4 Ovládání, bezpečnostní zařízení a řídicí systém .....	24
5 Přehled výrobců automobilových jeřábů .....	26
5.1 Liebherr .....	26
5.2 Manitowoc Grove .....	26
5.3 Tadano Faun .....	26
5.4 Terex Demag .....	27
6 Přehled a porovnání vybraných modelů .....	28
6.1 Liebherr .....	28
6.2 Manitowoc Grove .....	29
6.3 Tadano Faun .....	29
6.4 Terex Demag .....	30
6.5 Porovnání modelů .....	30
Závěr .....	38
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	43

## ÚVOD

Téměř na každé probíhající stavbě se setkáme s jeřáby. Vyskytují se také v mnoha oblastech průmyslu a všude tam, kde je potřeba zvedání a manipulace s materiálem i hotovými výrobky. Jeřáby patří do kategorie dopravních strojů nazývaných zdvihadla. Do této kategorie strojů můžeme zařadit také vrátky a zdviže. Jejich společným úkolem je zdvihání, přemísťování a spouštění těžkých předmětů, označovaných jako břemena [1].

Jeřáby můžeme rozdělit podle různých kritérií do mnoha skupin. Jednu velkou skupinu tvoří mobilní jeřáby. Z jejich definice vyplývá, že tyto jeřáby jsou oproti jiným typům schopné samostatného přesunu mezi jednotlivými pracovišti vlastní silou, což jim umožňuje podstatně větší využitelnost. Mobilní jeřáby se dále rozlišují podle typu použitého podvozku. Patří sem jeřáby na automobilním podvozku (autojeřáby), jeřáby na kolovém podvozku, dále jeřáby na pásovém, kolejovém a plovoucím podvozku [2]. V této práci se budu zabývat právě jeřáby na automobilním podvozku. V menší míře zde budou zastoupeny také jeřáby na kolovém podvozku, které jsou automobilovým jeřábům velice blízké. Na rozdíl od nich však nejsou určeny k provozu po běžných komunikacích. Automobilové jeřáby mohou využívat buď univerzální podvozek (univerzální autojeřáby), nebo mohou být namontovány na běžném kamionovém podvozku (nástavbové autojeřáby). Typy kolových jeřábů budou uvedeny dále.

Automobilové jeřáby jsou jedním z nejprogressivnějších typů jeřábů vůbec. Ve všech technicky pokročilých zemích světa roste počet vyráběných kusů a rozšiřuje se počet jejich typů přizpůsobených zvláštním požadavkům. Také jsou obvykle vyráběny ve větších sériích než ostatní jeřáby [3]. Z toho plyne obrovské množství druhů a typů těchto jeřábů. Je to způsobeno především jejich univerzálností a rychlostí přepravy na větší vzdálenosti po běžných komunikacích, ale také v terénu. Díky tomu nacházejí své uplatnění především ve stavebnictví a při různých montážních pracích. Nenahraditelné jsou zejména tam, kde dochází k častým změnám pracovišť.

### **CÍLE PRÁCE:**

Mým cílem v této práci bude rozbor koncepčních řešení automobilových jeřábů používaných v současnosti. Snahou bude ono veliké množství různých typů automobilových jeřábů pomocí několika zástupců účelně kategorizovat a porovnat z hlediska hlavních technických a rozměrových parametrů. To vše pro jeřáby hlavních světových výrobců s nosností od 20 do 80 tun.

## 1 HISTORICKÝ VÝVOJ AUTOMOBILOVÝCH JEŘÁBŮ

Snaha usnadnit si práci při zvedání nejrůznějších břemen provází lidstvo už od nepaměti. První předchůdci jeřábů se začali objevovat ve Starověku. Jednalo se o jednoduchá, dřevěná, lidskými silami poháněná zařízení nacházející uplatnění ve stavebnictví. Za první moderní jeřáby můžeme považovat parní jeřáby používané v 19. století. V tomtéž století se také začali pomalu objevovat ocelová lana a ocelové konstrukce jeřábů [4]. Ještě do roku 1870 byly všechny jeřáby pevně zafixovány na místě, až na několik výjimek umístěných na železničních plošinových vozech [5].

Tyto jeřáby byly ovšem poměrně nepraktické, jelikož na místo jejich výkonu práce musela být nejprve postavena železniční trať. Tento problém se vyřešil konstrukcí volně pohyblivých jeřábů na kolech, které ke svému pohybu nepotřebovaly koleje. Jejich nevýhodou ovšem byla nutnost týmu pracovníků pro jejich přesun. Potřeba skutečných samostatně poháněných automobilových jeřábů se projevila až během první světové války. První jeřáb určený pro montáž na kamionový podvozek postavil v roce 1918 F. A. Smithe z Ohia. O rok později potom založil společnost *International Crane Company* [6].



Obr. 1: Jeřáb z roku 1919, předchůdce všech automobilových jeřábů a zároveň první jeřáb vyrobený firmou *International Crane Company* [6]

Výrobou jeřábů namontovaných na nákladních vozech se začal v roce 1922 zabývat také Henry Coles ze Spojeného království. Jeho jeřáby nesly označení „*Petrol Electric Lorry Crane*“. Ke svému pohonu tedy již využívali spalovací motor v kombinaci s elektrickým pohonem jeřábových funkcí. První hydraulický nastavbový jeřáb byl zkonstruován v roce 1947 švédskou společností *Hydrauliska Industri AB* (zkráceně *Hiab*). Pro dosažení větších výšek si s sebou tyto jeřáby vozili přídatné výložníky, což značně zvyšovalo jejich operační

náklady. Teprve v roce 1959 začal Coles vyrábět jeřáby s označením „Coles Hydra Speedcrane“, které již byly vybaveny teleskopicky vysouvatelnými výložníky [5][7]. Navíc se vyznačovali speciální koncepcí, která jim umožňovala dobrou manévrovatelnost a schopnost pojíždět s břemenem na kratší vzdálenosti [8]. Díky tomu se staly ideálními pomocníky především pro menší práce. Jednalo se vlastně o předchůdce dnešních kolových jeřábů.

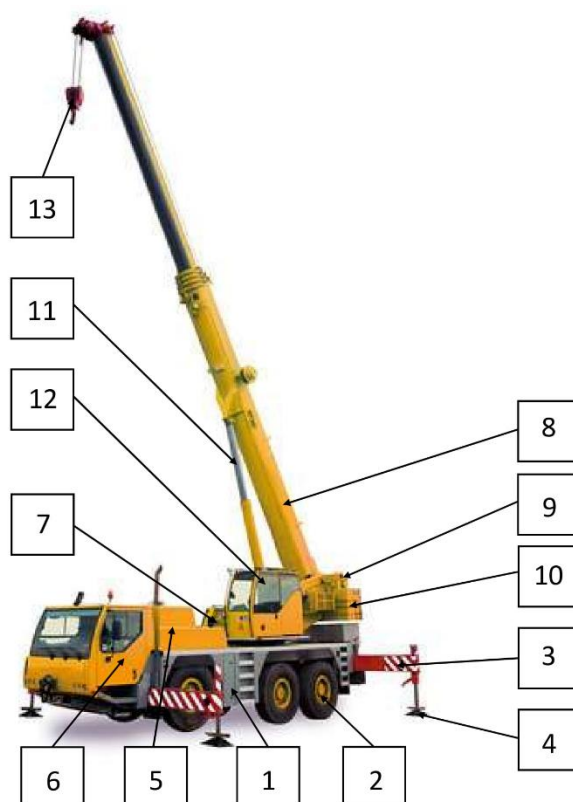


*Obr. 2: Jeden z jeřábů typu Speedcrane [8]*

V následujících letech už se vývoj jeřábů rozběhl naplno. V této době nastal velký stavební rozmach, který tyto nové mobilní jeřáby umožnili zrychlit a zefektivnit. Další vývoj probíhal u jednotlivých výrobců nezávisle na sobě a jeho výčet značně přesahuje rozsah této práce. Za zmínku stojí snad jenom 25tunový jeřáb sestavený jedním z výrobců v roce 1976, využívající nejmodernější vědecké poznatky [7].

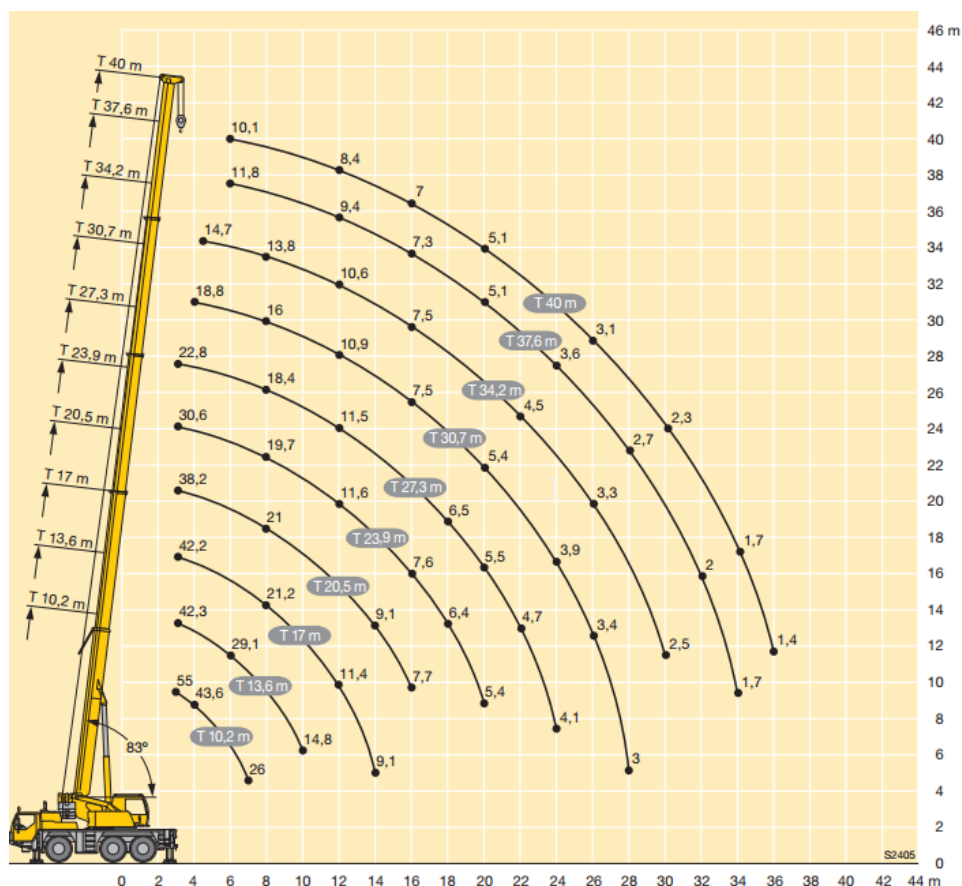
## 2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA AUTOMOBILOVÝCH JEŘÁBŮ

Automobilové jeřáby patří do kategorie jeřábů výložníkového typu. Tedy jejich hlavní částí, nesoucí prostředek k uchopení břemene (háček), je výložník. Ten je většinou vícedílný, teleskopicky vysouvatelný, někdy i s nástavci. Tyto jeřáby se vlastně skládají z kolového podvozku a horního otočného svršku nesoucího již zmíněný výložník. Zatímco podvozek slouží pro přesun jeřábu na delší vzdálenosti, horní otočná část slouží k vykonávání samotných jeřábových prací. Dalšími důležitými částmi jeřábů jsou potom stabilizační opěry, kladnice s hákem, navíjecí lanový buben, protizávaží a dvě kabiny. Naproti tomu kolové jeřáby mají kabinu pouze jednu.



Obr. 3: Popis částí autojeřábu [9]; 1 - podvozek; 2 - kolo; 3 - rameno opěry; 4 - dosedací deska opěry; 5 - motorový prostor; 6 - kabina řidiče; 7 - nástavba; 8 - výložník; 9 - lanový buben; 10 - protizávaží; 11 - sklápěcí válec; 12 - kabina jeřábníka; 13 - kladnice s hákem;

Základní parametry automobilových jeřábů jsou maximální hmotnost břemene a délka vysunutí výložníku. Maximální nosnost, udávaná výrobcem, je vždy vztažená ke konkrétní, malé délce vysunutí výložníku a konkrétnímu, malému vyložení (horizontální vzdálenost konce výložníku a středu otáčení nástavby). S rostoucí velikostí těchto parametrů nosnost pochopitelně rychle klesá. Vztah mezi těmito parametry udává zátěžový diagram (případně tabulka nosností), který je součástí dokumentace každého jeřábu [10]. Údaje v nich jsou vypočítané pro dané podmínky, uvedené rovněž v dokumentaci, podle evropské normy EN 13000 (někdy také podle normy ISO 4305).



Obr. 4: Zátěžový diagram [11]

U všech typů jeřábů je jejich nosnost omezena kromě velikosti síly, kterou je jeřáb schopen vyvinout pro zvedání břemene a velikosti zatížení, které je konstrukce jeřábu schopná unést, především podmínkou jeho stability [12]. Pro zvýšení stability automobilových jeřábů slouží protizávaží a stabilizační opěry. Nosnost jeřábu udávaná výrobcem při daném vysunutí a náklonu výložníku musí být potom menší, než je hmotnost břemene, která by při daném vysunutí a náklonu výložníku způsobila překlopení jeřábu. Stabilita také závisí na poloze těžiště jeřábu. Čím je těžiště níže, tím je práce na překlopení jeřábu (a tedy i stabilita) větší. Poloha těžiště vychází nižší u autojeřábů univerzálních než u autojeřábů nástavbových [13].

### 3 KATEGORIZACE

Rozlišujeme dva základní typy automobilových jeřábů a dále několik typů jeřábů kolových, které zde budu také zmíněny. Jednotliví výrobci rozdělují automobilové jeřáby do základních kategorií podle konstrukčního uspořádání podvozku, kolové jeřáby potom podle celkového uspořádání a samozřejmě také podle účelu využití. V některých případech se u různých výrobců mohou názvy lišit, přestože se jedná prakticky o totožné koncepce.

#### 3.1 NÁSTAVBOVÉ AUTOJEŘÁBY (TRUCK MOUNTED CRANES)

Historicky nejstarším a dodnes velmi často využívaným typem, zejména pak pro menší nosnosti, jsou nástavbové autojeřáby. Jsou osazeny na běžném podvozku kamionového typu. Na něm je zpravidla umístěn tzv. střední rám, nesoucí otočnou nástavbu a také jsou v něm zabudovány stabilizační opěry. K pohonu jeřábových funkcí slouží u větších typů často druhý motor umístěný v nástavbě. Tyto jeřáby jsou běžně schopny pohybu vysokými dálničními rychlostmi. Jejich další výhodou jsou především nižší pořizovací a provozní náklady dané jejich standardními kamionovými podvozky.



Obr. 5: Nástavbový autojeřáb [14]

### 3.2 UNIVERZÁLNÍ AUTOJEŘÁBY (ALL TERRAIN CRANES)

Mnohem lepších technických parametrů dosahují autojeřáby univerzální. Tyto jeřáby jsou schopny jak pohybu relativně vysokými rychlostmi (okolo 80 km/h) po silnici, tak i pohybu v relativně náročném terénu. Zároveň se vyznačují kompaktními rozměry a poměrně vysokou manévrovatelností. To jim umožňuje speciálně konstruovaný podvozek o dvou až devíti nápravách. Všechny nebo alespoň většina z nich bývá říditelná, což umožňuje vozidlu také jízdu šikmo a současně snižuje opotřebení pneumatik. Díky tomu se stávají velice oblíbenými v poslední době, zejména při větších nosnostech nad 50 tun [15]. Také dosahují ze všech typů automobilových a kolových jeřábů nejvyšších technických parametrů, tedy nosnosti a zdvihu.



Obr. 6: Univerzální autojeřáb [16]

### 3.3 KOLOVÉ JEŘÁBY

Velmi častým typem kolových jeřábů jsou **jeřáby do těžkého terénu (Rough terrain cranes)**. Tyto jeřáby představují svými jízdními vlastnostmi opak jeřábů nástavbových. Jejich relativně krátký podvozek má 2 nápravy, z nichž obě jsou poháněné i říditelné [17]. Díky tomu mají výbornou průchodnost tím nejnáročnějším terénem a jsou vhodné i ve ztížených pracovních podmínkách. Naopak rychlost přepravy bývá relativně nízká. Z toho důvodu musí být na silnici přepravovány pomocí speciálních přepravních vozidel. Vždy mají pouze jeden motor pro pohon všech funkcí, většinou umístěný v podvozkové části. Také mají pouze jednu kabinu sloužící současně pro řízení i ovládání jeřábových funkcí.



Obr. 7: Jeřáb do těžkého terénu [17]

Mezi další typy kolových jeřábů patří **kompaktní jeřáby (Compact cranes)**. Jsou to vlastně speciální jeřáby vyznačující se velkou kompaktností, a tedy vhodností do stísněných prostor, jako jsou zejména haly a další části výrobních podniků [18]. Vhodné jsou jak pro venkovní, tak i vnitřní práce. Také mají pouze jednu kabinu a jeden motor umístěný v podvozku. Ten je obvykle tvořen 2 až 3 nápravami. Můžou nést také označení **městské jeřáby (City cranes)**.



Obr. 8: Kompaktní jeřáb [18]

Podobně flexibilní jsou také jeřáby typu **pick and carry**. Navíc jsou schopné přesunu po silnicích vysokými rychlostmi. Nemají žádné stabilizační opěry, jelikož jsou konstruovány za účelem zvednout náklad a převézt ho do cílového umístění. Jsou populární zejména v Austrálii. Americkou verzí těchto jeřábů jsou potom jeřáby typu **carrydeck**. Ty se vyznačují nízkým profilem, čtyřmi koly a jednou kabinou umístěnou na podvozku. Navíc disponují praktickou plochou (palubou) vhodnou pro přepravu nákladu [12].

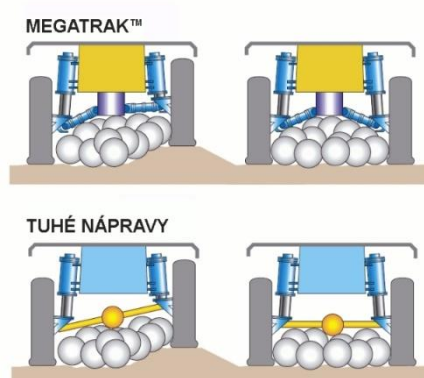
## 4 HLAVNÍ ČÁSTI AUTOMOBILOVÝCH JEŘÁBŮ

### 4.1 PODVOZEK

Podvozek je základním stavebním prvkem nesoucím všechny důležité části těchto jeřábů. Umožňuje pohyb jeřábu po silnici i v terénu a zároveň přenáší veškeré zatížení vznikající při práci jeřábu do terénu. Na rozdíl od běžných podvozků určených pro nákladní automobily jsou tyto vystaveny účinkům velkých statických sil, avšak nároky na rychlost při jízdě po silnici jsou u nich obvykle menší [3]. Součástí podvozku jsou kola uložená v nápravách, dále stabilizační opěry, kabina řidiče sloužící k řízení vozidla při přesunu a dále veškerá pohonná ústrojí včetně motoru. Vše je samozřejmě připevněno k základnímu rámu svařenému z jemnozrnné konstrukční oceli s vysokou pevností v tahu. Konstrukce podvozků je velmi rozmanitá. Na podvozku je potom otočně uložena celá horní jeřábová konstrukce.

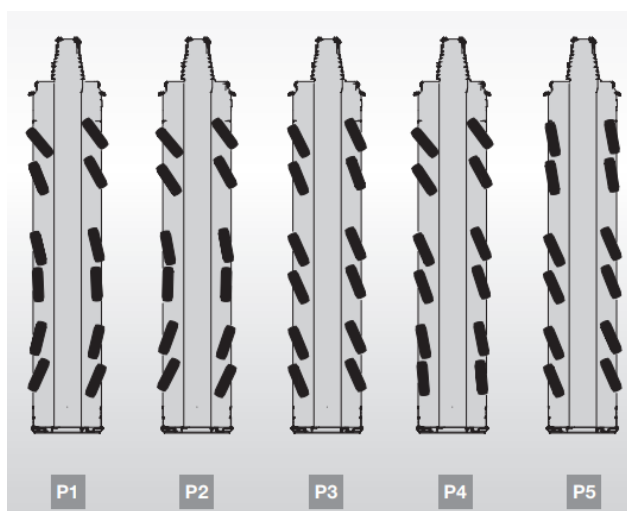
#### 4.1.1 NÁPRAVY A KOLA

Celá koncepce podvozku, tedy počet a uspořádání náprav, počet poháněných a počet říditelných náprav, umístění motoru a řešení převodového ústrojí závisí na typu jeřábu a jeho převažujícím použití. Potřebný počet náprav je volen podle nosnosti a vyložení tak, aby nebyla překročena únosnost jednoho kola [13]. Stejně tak volba většího počtu náprav a menšího rozměru kol, či naopak, závisí na poměru využití jeřábu v terénu a na upravených plochách. Podobné je to také s počtem poháněných a říditelných náprav. Odpružení náprav bývá obvykle hydropneumatické. Jelikož je při práci jeřábu odpružení náprav nežádoucí, bývá vybaveno aretačním zařízením, které přenáší síly z náprav bezprostředně do podvozku [3]. Firma Grove potom využívá na svých modelech systém nezávislého zavěšení náprav MEGATRAK umožňující lepší průchodnost terénem [19]. Vyznačuje se tím, že každé kolo je s ostatní skupinou kol propojeno jen hydraulicky a podvozek tedy nemá klasické osy, díky čemuž vzrůstá světlá výška a každé kolo je tak vždy v kontaktu se zemí [20].



Obr. 9: Porovnání systému MEGATRAK a běžných tuhých náprav na schématech při jízdě v terénu [20]

Pro řízení kol zadních náprav může být využito několik programů, vyhodnocující natočení kol v závislosti na úhlu natočení kol předních náprav a rychlosti vozidla [21].



Obr. 10: Natočení kol při použití různých programů pro řízení kol [21]

Kola automobilových jeřábů se nikterak neliší od kol jiných nákladních automobilů. Skládají se z kovového ráfku s diskem, přišroubovaného k hlavě (náboji) kola a samotné pneumatiky. Hlava je připevněna na hřídeli nápravy. Pryžový běhoun pneumatiky nese na svém povrchu vzorek, jehož tvar odpovídá předpokládanému použití kola [13]. Všechna kola jsou vybavena pneumatickými diskovými brzdami s dvojitým okruhem.

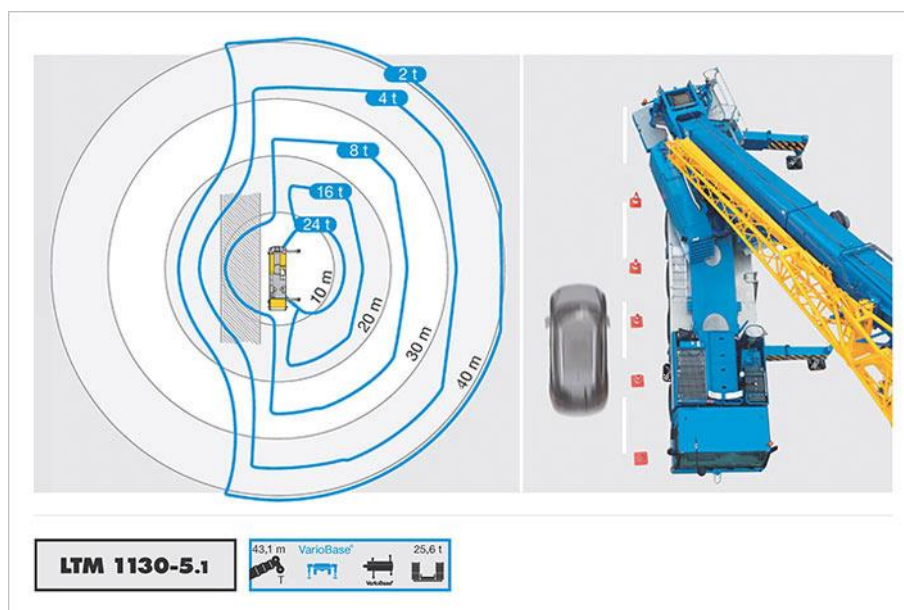
#### 4.1.2 STABILIZAČNÍ OPĚRY

Jednou z důležitých komponent podvozku jeřábů jsou také opěry, sloužící k tuhému opření podvozku o okolní terén při vykonávání jeřábových činností tím, že vylučují vliv pružnosti pneumatik a možného odpružení náprav. Tím také tyto prvky silově odlehčují a současně odstraňují nežádoucí kmitání, způsobené pružným uložením stroje na terénu. Obvykle také zvětšují opěrný obrazec jeřábu, čímž zvyšují jeho stabilitu při výkonu jeřábových prací. Při jízdě jeřábu potom nesmějí opěry překračovat obrysy vozidla a musí být spolehlivě zajištěny, aby nedošlo k jejich samovolnému vysunutí [13].

Nejběžnějším typem jsou opěry výsuvné horizontálně i vertikálně, dále mohou být také využity opěry otočné kolem vertikální osy s kombinací vertikálního posuvu (u některých nastavbových autojeřábů), případně ještě opěry šikmo výsuvné. Jejich pohon je zajištěn hydraulicky, přičemž musí mít každý hydraulický válec pro pohyb dolů samostatný obvod. Pro pohyb vzhůru potom stačí společný obvod pro všechny válce. Na konci opěry je uchycena dosedací deska, jejíž velikost je vždy volena se zřetelem na přípustný měrný tlak na zeminu. Deska je na opěře uložena prostřednictvím kulového kloubu, zajišťující správné dosednutí opěry [13]. Při tom dojde k nadzvednutí celého podvozku a kola se tak nedotýkají země. Zpravidla se vyskytují 4 opěry, které po vysunutí tvoří opěrný obrazec ve tvaru čtverce.

Velký důraz je kladen především na bezpečnost usazení opěr a dokonalost jejich dosednutí [13]. Ovládání opěr je možné buď přímo z kabiny vozidla, nebo často také z vnějšku jeřábu prostřednictvím dálkového ovládání. Opěry mohou být vyrovnávány ručně, ovšem často jsou vybaveny také automatickým vyrovnávacím systémem. Důležité jsou také senzory zatížení a další bezpečnostní prvky. Firma Liebherr používá navíc speciální systém označovaný jako VarioBase, umožňující každé opěře libovolné vysunutí na předem vypočtenou vzdálenost.

Tím je dosaženo maximálního využití nosnosti a vyložení v omezených prostorách pro každou individuální situaci [21]. Podobným systémem disponují také jeřáby výrobce Grove [19].



Obr. 11: Příklad využití systému VarioBase [22]

#### 4.1.3 KABINA ŘIDIČE

Kabina řidiče je tvořena korozivzdornou ocelovou konstrukcí s bezpečnostním zasklením. Současné kabiny jsou velmi dobře vybavené a příliš se neliší od kabin běžných nákladních automobilů. Samozřejmostí je dobrý výhled, pohodlná sedadla a jednoduché, ale funkční rozmístění všech ovládacích prvků a displejů, doplněných bezpečnostními zařízeními [21]. Prostorná kabina bývá uložena na podvozku prostřednictvím gumových tlumičů.

## 4.2 POHONNÉ ÚSTROJÍ

Jako hnací motor se téměř vždy používá přeplňovaný vznětový spalovací motor. Ten je umístěn v podvozku, nejčastěji pod nebo za kabinou řidiče. U kolových jeřábů se potom obvykle nachází v zadní části podvozku. Motor většinou pohání jak pojezd, tak i všechny funkce nástavby. Výjimkou jsou pouze některé nástavbové autojeřáby s vyšší nosností, které mají v nástavbě umístěný druhý motor pro pohon jeřábových funkcí. Vzácně se můžeme setkat také s jedním motorem umístěným v nástavbě, pohánějící jak pojezd, tak i jeřábové funkce.

Přenos energie z motoru bývá obvykle smíšený. Tedy pojezdové ústrojí jeřábu bývá poháněno mechanickými převody (dieselmechanický pohon) a veškeré ostatní prvky nástavby i stabilizační opěry potom prostřednictvím hydrostatického převodu (dieselhydraulický pohon). Od motoru je točivý moment rozveden soustavou hřídelí, ozubených kol a třecích spojek na jednotlivé nápravy. Příímý pohon jeřábového ústrojí mechanickými prvky používaný v minulosti má své nevýhody, a proto se od něj ustoupilo. Velikou nevýhodou je obtížná

regulace pracovních rychlostí [13]. Taktéž převody elektrické se svými vlastnostmi nevyrovňají hydraulickému pohonu.

Výhody hydrostatického pohonu spočívají především v jeho příznivých regulačních vlastnostech (možnosti plynulé regulace otáček, při zachování stálého momentu), schopnosti přenést velké výkony při malých rozměrech (vysoká hustota výkonu) a jeho celkové jednoduchosti (jednoduchém rozvodu tlakové kapaliny) [3]. Využívá se při nich statický tlak oleje, pohánějící hydromotory jednotlivých ústrojí jeřábu [3]. K dosažení potřebného tlaku se používají různé typy čerpadel poháněných spalovacím motorem. Často je využita dokonce kombinace dvou různých typů čerpadel. Konkrétně pak variabilního axiálního pístového čerpadla a zubového čerpadla. Zatímco axiální pístové čerpadlo je schopné vytvořit vysoké tlaky, zubové čerpadlo se používá pro dosažení středních tlaků u menších strojů [13]. Variabilní axiální pístové čerpadlo má lepší možnost regulace výstupního tlaku, oproti zubovému, u nějž je regulace možná pouze změnou vstupních otáček [23].

Většinou se používají otevřené olejové okruhy, avšak u některých jeřábů se setkáme také s uzavřeným olejovým okruhem, který umožňuje obzvláště přesné ovládání. Okruh umožňuje pohon 4 různých funkcí současně. Axiální pístové hydromotory pohání lanový buben a otáčecí ústrojí nástavby. Obě zařízení mají v sobě obvykle integrovaný planetový převod a vždy jsou doplněna určitým typem brzd. Zbylé funkce (náklon výložníku, vysouvání výložníku a stabilizačních opěr) zajišťují hydraulické válce. Celý hydraulický okruh je samozřejmě řízen elektronicky s využitím snímače zatížení [21].

### 4.3 HORNÍ OTOČNÁ KONSTRUKCE

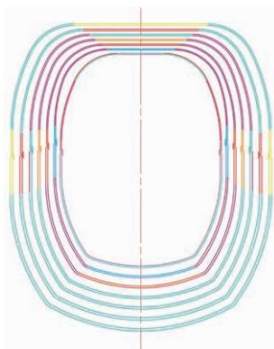
Všechny důležité komponenty pro zdvih i manipulaci s břemeny jsou součástí horní otočné konstrukce. Jedná se vlastně o jeřábovou nástavbu uloženou otočně na rámu podvozku. Tím je umožněn pohyb výložníku v prostoru i v případě, že podvozek jeřábu je pevně stabilizován v terénu. Jejím základem je opět rám, svařený z konstrukční oceli s vysokou pevností v tahu. K rámu je připevněn výložník, kabina jeřábíka a protizávaží. Jsou na ní umístěny všechny prvky potřebné pro zdvih a jeho pohon, včetně lanového bubnu s příslušenstvím.

Otočné uložení nástavby musí zaručit spolehlivý přenos sil a silových momentů do podvozku [3]. V současnosti se téměř výhradně používá uložení prostřednictvím radiaxiálního kuličkového ložiska (věnce), nazývaného též kuličkovou drahou [13]. Obvykle jednořadého, pro větší nosnosti pak i víceřadého. Otáčení nástavby je poháněno hydromotorem pomocí ozubeného věnce. Středem ložiska je potřeba vést převaděč hydraulického oleje a kroužkový sběrač elektrické instalace (řídících signálů) [13].

#### 4.3.1 VÝLOŽNÍK

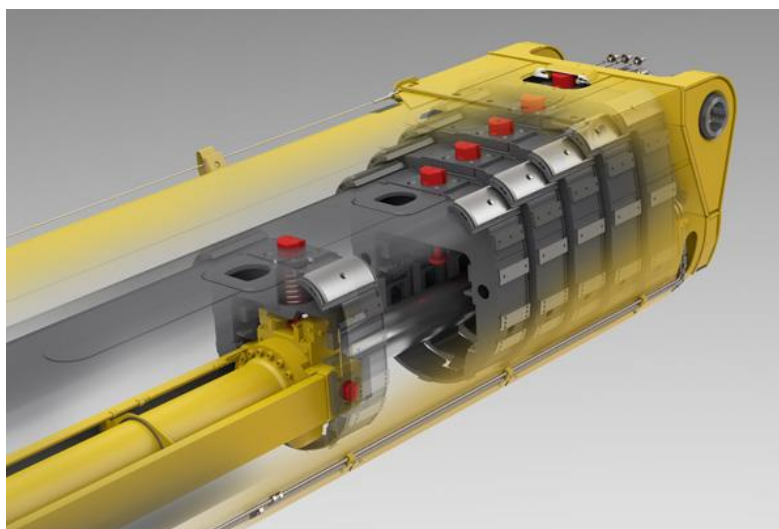
Výložník je základním pracovním prvkem automobilových jeřábů nesoucí na svém konci hák. Výložníky jsou obvykle plnostěnné. Příhradové výložníky se používaly v minulosti a dodnes se používají pouze výjimečně u jeřábů pro vysoké zdvihy a velké nosnosti. Plnostěnné výložníky se dnes používají vždy teleskopické, složené ze základního a několika výsuvných dílů. To jim umožňuje rychle a jednoduše dosáhnout několikanásobně vyšších zdvihů. Skříňový profil plnostěnných výložníků svařených z plechů [13] byl modernizován použitím

oválného, či vejčitého průřezu, čímž bylo dosaženo vyšší tuhosti výložníku [24]. Tento tvar průřezu poskytuje nejvýhodnější poměr pevnosti k hmotnosti, spoj je potom svařován speciální laserovou technologií [19]. Aby byl výložník při bezpečné tuhosti a pevnosti co nejlehčí, využívají se oceli s vysokou mezí kluzu, spolehlivé výpočtové metody při dimenzování a důsledná kontrola při výrobě [13].



Obr. 12: Oválný tvar průřezu výložníku [19]

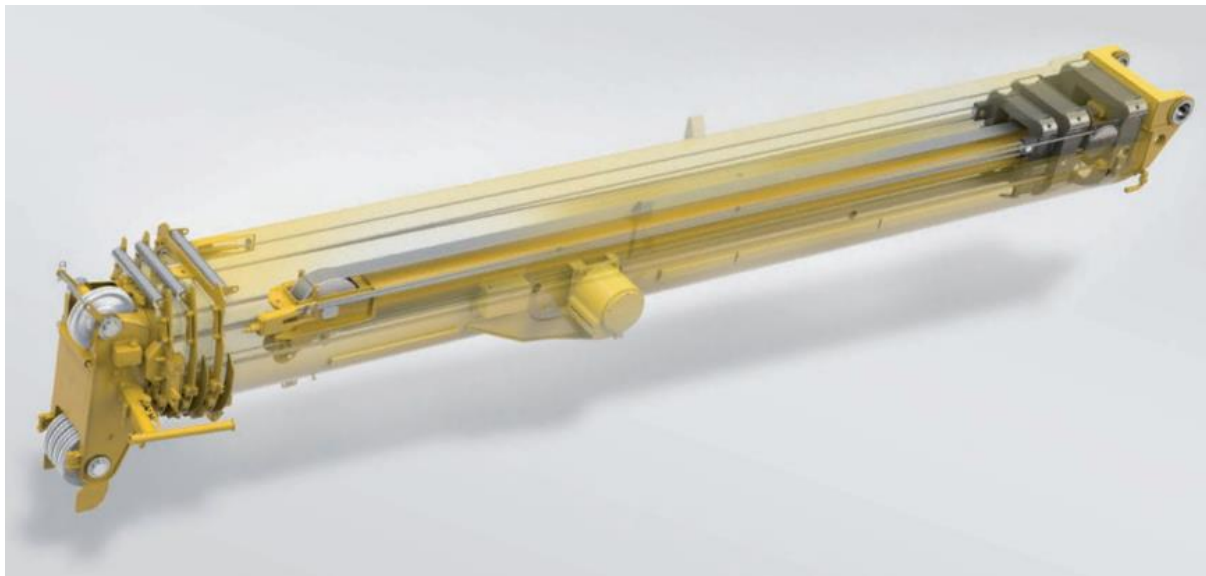
Zajištění vysunutých dílů ve svých pracovních polohách se uskutečňuje pomocí různých západek, zástrček, narážek, předepjatých pružin nebo kolíků. Tyto mechanismy jsou často patentovány jednotlivými výrobci [13]. Např firma Liebherr má patentovaný systém TELEMATIK a firma Grove systém TWIN-LOCK. Aretace probíhá v obou případech automaticky, na každém díle samostatně a je ovládána a kontrolována elektronicky. Pro pohon samotného výsuvu slouží jediný hydraulický válec, umístěný v podélné ose výložníku [13]. Tato osvědčená koncepce šetří hmotnost a zároveň zjednodušuje konstrukci. Výsuv jednotlivých dílů potom probíhá postupně, vždy po zaaretování předchozího dílu. Jedná se o bezpečný a bezúdržbový systém.



Obr. 13: Teleskopický výložníkový systém TELEMATIK s jediným hydraulickým válcem [24]

Systém TWIN-LOCK se od systému TELEMATIK liší umístěním čepů sloužících pro aretaci jednotlivých dílů na bočních stěnách výložníku, tedy jeho nejméně namáhaných částech, čímž se snižuje riziko náhodného zaseknutí [25].

U některých koncepcí může být použit také hydromechanický systém výsuvu výložníku. Tato koncepce je použitelná pro výložníky s nejvýše třemi vysouvacími díly a umožňuje zvláště rychlé a jednoduché vysunutí. Pohon zajišťuje jednostupňový, dvojčinný hydraulický válec, který vysouvá první díl. Další dva díly jsou potom vysouvány prostřednictvím tažných lan.



*Obr. 14: Teleskopický výložníkový systém využívající technologii tažných lan [21]*

Součástí výložníku jsou dále kladky pro vedení lana a navijecí lanový buben umístěný na konci výložníku pro samotný zdvih. Pro pohon hydraulického válce uvnitř výložníku slouží hadicový buben namontovaný na stěně výložníku. Pohon náklonu výložníku zprostředkovává opět hydraulický válec.

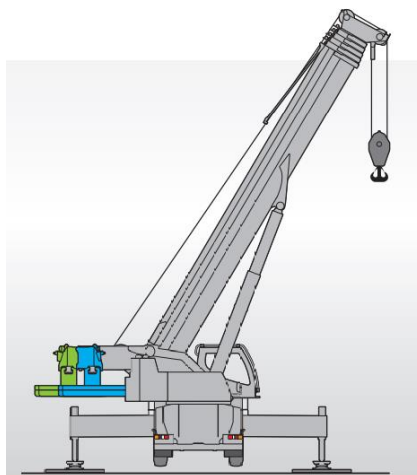
Pro zvýšení výšky zdvihu mohou být k výložníku připevněny různé nástavce. Jejich použitím se značně zvýší pracovní rozsah jeřábu. Jsou dodávány jako doplňková výbava, často individuálně na přání zákazníka. Jedná se zejména o příhradové skládací a sklápěcí výložníky. Ty mohou být rozloženy rovněž hydraulicky, často také plně automaticky do mnoha různých konfigurací [21]. Pro bezpečnou přepravu jsou umístěny po boku výložníku [19]. Nástavce mohou být také sklopeny pod různým úhlem, čímž umožňují přístup i do míst, kde by přímému výložníku stála v cestě nějaká překážka [19].



*Obr. 15: Příklad použití skládacího příhradového nástavce výložníku [21]*

### 4.3.2 PROTIZÁVAŽÍ

Protizávaží slouží k vyvážení hmotnosti břemene. Je umístěné v zadní části nástavby, tedy na opačném konci výložníku za lanovým bubnem. Jeho horizontální vzdálenost od výložníku může být měnitelná. Tím je možné dosáhnout větší využitelnosti v omezených prostorech, nebo naopak maximální nosnosti při větším rádiu protizávaží. Skládá se ze základní části, ke které mohou být v případě potřeby přidány další části (segmenty). Ty jsou často kompatibilní s jinými typy jeřábů [21]. U větších jeřábů bývají závaží odnímatelná a přepravovaná na zvláštních vozech, z důvodu omezení maximálního zatížení na jednu nápravu na mnoha silnicích [12]. Podobně může být oddělitelná také kladnice s hákem [19].



Obr. 16: Znáznornění různé polohy protizávaží [21]

### 4.3.3 KABINA JEŘÁBNÍKA

Tato kabina obsahuje veškeré ovládací a kontrolní prvky pro vykonávání jeřábových operací, u kolových jeřábů potom slouží současně i pro řízení pojezdu jeřábu. Kabina disponuje podobným vybavením, jako kabina umístěná na podvozku. Oproti ní se ovšem otáčí spolu s výložníkem a může být také naklápěcí přibližně do úhlu 20° dozadu, pro zajištění lepšího výhledu na zdvihané břemeno [21]. Interiér kabiny může být vybavený také obrazovkami, zobrazující pohledy z kamer, umístěných na strategických místech jeřábu [19].



*Obr. 17: Naklápění kabiny jeřábníka [19]*

#### **4.4 OVLÁDÁNÍ, BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ A ŘÍDÍCÍ SYSTÉM**

Řízení současných automobilových jeřábů obstarává inteligentní řídicí elektronika. Většina předních výrobců si tyto řídicí systémy vyvíjí sama a přizpůsobuje svým vlastním požadavkům. Systém umožňuje přesné a klidné řízení a plně dohlíží také na bezpečnost, prostřednictvím nejrůznějších čidel [19]. Nezbytnou součástí bezpečnostních zařízení je vždy omezovač zatěžovacího momentu, dále pak omezovač maximálního zdvihu a pojistné ventily zabráňující roztržení hadic či trubek hydraulického okruhu. Řídicí systém také ukládá poslední jeřábové konfigurace, poskytuje operátorovi informace v reálném čase a možnost diagnostikovat problémy [26]. Řídicí systém musí odolat všem vibracím vznikajícím při práci a také všem teplotám a povětrnostním vlivům.

Komunikace systému s operátorem jeřábu je uskutečňována prostřednictvím barevné obrazovky. Ta podává obsluze informace o základní geometrii a tabulky zdvihových nosností, podle zadaných parametrů. Součástí celého systému jsou softwarové doplňky, umožňující plánovací a simulační funkce, výpočet maximálních sil na opěry a maximální rychlosti větru, monitorování pracovního rozsahu a překážek, jako jsou mosty, střechy atd.



Obr. 18: Příklad obrazovky řídicího systému [26]

Před každým zdvihem je potřeba vložit do systému data o hmotnosti zvedaného břemene a výšce zdvihu. Systém potom slouží jako záloha, varující operátora v případě překročení zadaných parametrů nebo přiblížení se maximálním limitům jeřábu [23]. Ovládání samotných jeřábových pohonů se potom uskutečňuje pomocí samostředících joysticků a nožních pedálů [23].

Některé jeřáby firmy Liebherr mohou být ovládány také prostřednictvím dálkového ovládání, založeném na technologii Bluetooth. Díky tomu mohou být všechny funkce ovládány z vnějšku jeřábu, což zaručuje obsluhu lepší vizuální kontakt s břemenem [27].

## 5 PŘEHLED VÝROBCŮ AUTOMOBILOVÝCH JEŘÁBŮ

Mezi přední světové výrobce automobilových jeřábů, jejichž produkty budou v následující části práce podrobněji rozebírány a s nimiž se můžeme setkat na našem území, patří společnosti Liebherr, Manitowoc Grove, Tadano Faun a Terex Demag. Méně známými, současně produkujícími výrobci jsou potom Sany, XCMG, Manitex, Link-Belt a LiuGong. Jediným českým výrobcem je potom společnost ČKD Mobilní jeřáby a.s., zabývající se výrobou nástaveb pro nastavbové autojeřáby.

### 5.1 LIEBHERR

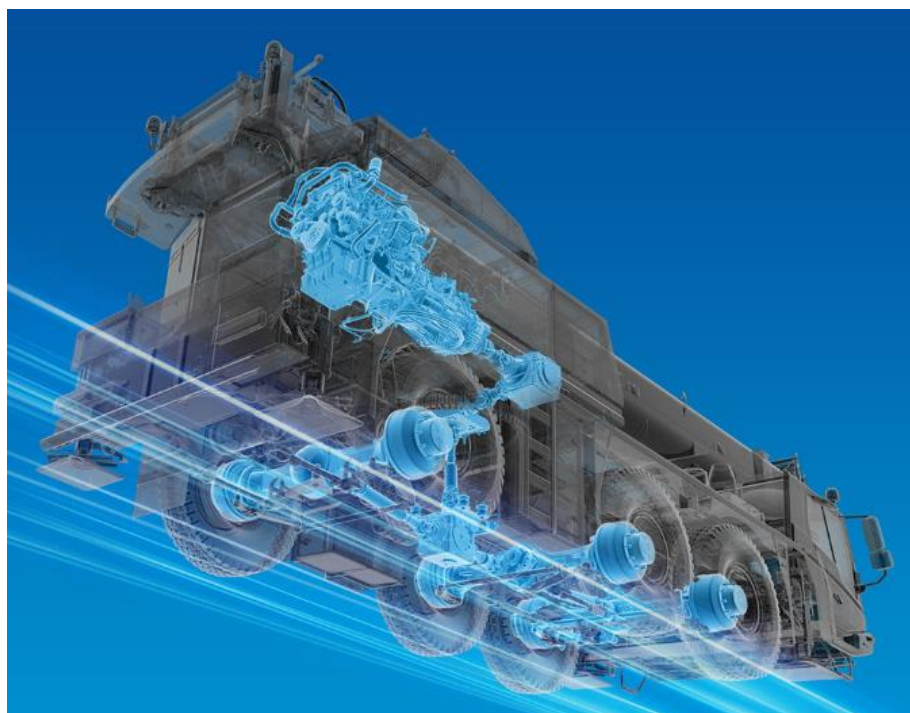
Jedná se o jednoho z největších světových výrobců jeřábů a stavebních strojů. Značnou část jeho produkce tvoří právě automobilové, kolové a pásové jeřáby nejrůznějších typů a nosností, u nichž se společnost zasloužila o mnoho nejrůznějších inovací. Mezi ně patří především již popsany systém výsuvných opěr VarioBase, dále pak vlastní řídicí systém LICCON a mnoho technologií souvisejících s výložníky, včetně tvaru jeho průřezu a teleskopického systému TELEMATIK, vyvinutého v roce 1997. Tato technologie umožnila konstruovat výložníky dosahující značných délek v rozloženém stavu [24]. Společnost byla založena v roce 1949 a její výrobní centrála se nachází v Německu [28].

### 5.2 MANITOWOC GROVE

Americká firma Grove zaujímá čelní místo mezi výrobci mobilních hydraulických automobilových a kolových jeřábů na světě. Společnost byla založena v roce 1947 a v současnosti nabízí mnoho typů jeřábů různých nosností. Grove je součástí společnosti Manitowoc Cranes zabývající se produkcí různých typů jeřábů. Jejich nastavbové autojeřáby však nemají CE certifikaci, a tudíž nebudou dále rozebírány. Jeřáby společnosti Grove využívají rovněž několik patentovaných technologií, jako je systém nezávislého zavěšení kol MEGATRAK, konstrukce tvaru výložníku MEGAFORM a systém aretace dílů výložníku TWIN-LOCK [29].

### 5.3 TADANO FAUN

Tento německý výrobce je dceřinou společností japonské firmy Tadano Limited. Firma vyrábí převážně univerzální autojeřáby ve dvou odlišných motorizacích. V nabídce je ovšem i několik typů nastavbových autojeřábů. Historie společnosti sahá až do roku 1845 [30]. Jejich nový model univerzálního autojeřábu s názvem ATF 60G-3 EM 4 využívá pro pohon jeden motor umístěný v nastavbě. Jedná se o velmi neobvyklou koncepci, která podle výrobce spolu s neobvyklým uspořádáním náprav zajišťuje rovnoměrnější rozložení celkové hmotnosti [31].



Obr. 19: Speciální koncepce pohonu automobilového jeřábu společnosti Tadano Faun [31]

#### 5.4 TEREX DEMAG

Terex je americký výrobce zdvihacích a manipulačních zařízení. Demag je potom německý výrobce průmyslových jeřábů a jeřábových technologií. Společnost Demag je součástí skupiny Terex Cranes a dodává pro ni vlastní řídicí systém IC-1, který je schopný vypočítat nosnost, pro každou polohu výložníku v reálném čase [32]. Obě společnosti vyrábějí univerzální autojeřáby a různé typy kolových jeřábů. Nástavbové autojeřáby má společnost Terex pouze ve svém archivu dříve vyráběných produktů.

## 6 PŘEHLED A POROVNÁNÍ VYBRANÝCH MODELŮ

V následující kapitole budou uvedeny základní technické parametry vybraných zástupců univerzálních a nastavbových autojeřábů. Jedná se o produkty dříve představených hlavních výrobců automobilových jeřábů splňující zadaný rozsah nosností. Údaje jsou čerpány z internetových stránek výrobců a nejsou nijak ověřeny. Jedná se o odkazy [33]-[46] v seznamu použitých zdrojů. Na těchto stránkách jsou pro každý model k dispozici podrobné parametry, včetně zátěžových diagramů a tabulek nosností, pro různé hmotnosti protizávaží a při použití různých nastavců výložníků. Maximální výšku zdvihu udává pouze firma Liebherr, u ostatních výrobců byl tento údaj přibližně odečten z grafu.

### 6.1 LIEBHERR

Tab. 1: Technické parametry vybraných produktů firmy Liebherr

Název modelu	LTM 1030-2.1	LTM 1060-3.1	LTF 1045-4.1	LTF 1060-4.1
Typ automobilového jeřábu	Univerzální	Univerzální	Nastavbový	Nastavbový
Maximální nosnost [t]/vyložení [m]	35/3	60/2,1	45/2,5	60/2,5
Maximální výška zdvihu [m]	44	63	44	56
Maximální vyložení [m]	40	48	42	48
Délka hlavního výložníku [m]	9,2 - 30	10,3 - 48	10,5 - 35	10,2 - 40
Délka přídatného výložníku [m]	8,6 - 15	9,5 - 16	9,5	9,5 - 16
Maximální hmotnost protizávaží [t]	5,5	12,8	9	10,2
Celková hmotnost vozidla [t]	24	36	33	42
Výkon hlavního motoru [kW]	210	270		
Výkon jeřábového motoru [kW]	-	-	129	129
Maximální cestovní rychlost [km/h]	80	85		
Počet náprav	2	3	4	4

## 6.2 MANITOWOC GROVE

Tab. 2: Technické parametry vybraných produktů firmy Manitowoc Grove

Název modelu	GMK3050-2	GMK3060L	GMK4080-2
Typ automobilového jeřábu	Univerzální	Univerzální	Univerzální
Maximální nosnost [t]/vyložení [m]	50/3	60/3	80/3
Maximální výška zdvihu [m]	47,5	62	72
Maximální vyložení [m]	36	42	50
Délka hlavního výložníku [m]	10,2 - 40	9,6 - 48	11 - 51
Délka přídatného výložníku [m]	8	8,7 - 15	8,7 - 21
Maximální hmotnost protizávaží [t]	7,5	13,5	14,8
Celková hmotnost vozidla [t]	36	36	48
Výkon hlavního motoru [kW]	254	254	320
Výkon jeřábového motoru [kW]	-	-	-
Maximální cestovní rychlost [km/h]	80	80	85
Počet náprav	3	3	4

## 6.3 TADANO FAUN

Tab. 3: Technické parametry vybraných produktů firmy Tadano Faun

Název modelu	ATF 50G-3 EM 3B	ATF 60G-3 EM 4	HK 40	HK 70
Typ automobilového jeřábu	Univerzální	Univerzální	Nástavbový	Nástavbový
Maximální nosnost [t]/vyložení [m]	50/2,5	60/2,5	40/3	70/2,5
Maximální výška zdvihu [m]	56,5	55,5	45	58
Maximální vyložení [m]	46	44	40	46
Délka hlavního výložníku [m]	10 - 40	9,5 - 48	10,5 - 35,2	11,4 - 41
Délka přídatného výložníku [m]	9 - 16	1 + 6,4/ 0,4 + 1,3	9	8,8 - 15,8
Maximální hmotnost protizávaží [t]	10	13	8,5	15,2
Celková hmotnost vozidla [t]	36	< 36	< 32	≤ 44
Výkon hlavního motoru [kW]	240	-		
Výkon jeřábového motoru [kW]	-	260	97	95
Maximální cestovní rychlost [km/h]	85	85		
Počet náprav	3	3	4	4

## 6.4 TEREX DEMAG

Tab. 4: Technické parametry vybraných produktů firmy Terex Demag

Název modelu	AC 40/2 L <sup>1</sup>	AC 55-3 <sup>2</sup>	AC 60-3 <sup>2</sup>
Typ automobilového jeřábu	Univerzální	Univerzální	Univerzální
Maximální nosnost [t]/vyložení [m]	40/2,6	55/3	60/3
Maximální výška zdvihu [m]	45,5	51	65
Maximální vyložení [m]	36	36	44
Délka hlavního výložníku [m]	9,5 - 37,4	10,3 - 50	10,4 - 50
Délka přídatného výložníku [m]	8	1	8,5 - 16
Maximální hmotnost protizávaží [t]	5,5	6	12,1
Celková hmotnost vozidla [t]	24	36	36
Výkon hlavního motoru [kW]	205	260	260
Výkon jeřábového motoru [kW]	-	-	-
Maximální cestovní rychlost [km/h]	80	85	85
Počet náprav	2	3	3

## 6.5 POROVNÁNÍ MODELŮ

Uvedené produkty je možné porovnat pomocí poměrných parametrů. Nejprve bude provedeno srovnání na základě hmotnostních parametrů, charakterizující nosnost jeřábů. Dále budou srovnány rozměrové parametry vyjadřující velikost pracovního rozsahu strojů.

### 6.5.1 HMOTNOSTNÍ PARAMETRY

Jelikož maximální nosnosti uvedené výrobcí jsou u jednotlivých modelů vztaženy k různým hodnotám vyložení, je pro další práci potřeba jejich velikost při stejné hodnotě vyložení pro každý model. Jako referenční hodnota bylo zvoleno vyložení 3 m, která se vyskytuje ve všech zátěžových tabulkách.

Podobnou úpravu je potřeba provést také s hmotnostmi vozidel. Ty jsou určeny pro vozidla s hmotností protizávaží dodávaného v základní výbavě vozidla, případně s protizávažím určeným k přepravě. Tyto hmotnosti jsou zjevně navrženy s ohledem na počet náprav vozidla a jejich maximální zatížení při jízdě po komunikaci. Některé modely jsou již v základní výbavě osazeny plnou kapacitou protizávaží (někdy dokonce pevně fixovaném k nástavbě), zatímco některé využívají pouze podpoloviční část maximální hmotnosti protizávaží. Maximální nosnosti je však vždy dosaženo pouze s plnou kapacitou protizávaží, proto je pro přesnější srovnání potřeba použít celkovou hmotnost vozidla s maximální hmotností protizávaží. Tento údaj však není obsažen v technické dokumentaci každého produktu. U

<sup>1</sup> Produkt je vyráběn společností Terex

<sup>2</sup> Produkty jsou vyráběny společností Demag

těchto produktů byl údaj získán připočtením hmotnosti dodatečného protizávaží k základní hmotnosti vozidla.

Tab. 5: Srovnání původních a upravených hodnot nosností (pro vyložení 3 m) a hmotností (s plnou kapacitou protizávaží) potřebných k dalšímu porovnání

Výrobce	Název modelu	Typ autojeřábu	Maximální nosnost [t]/vyložení [m]	Nosnost při vyložení 3 m [t]	Celková hmotnost vozidla [t]	Hmotnost s plnou kapacitou protizávaží [t]
Liebherr	LTM 1030-2.1	Univerzální	35/3	35	24	27,2
	LTM 1060-3.1	Univerzální	60/2,1	54,6	36	43,3
	LTF 1045-4.1	Nástavbový	45/2,5	35,4	33	38
	LTF 1060-4.1	Nástavbový	60/2,5	55,1	42	42
Grove	GMK3050-2	Univerzální	50/3	50	36	36
	GMK3060L	Univerzální	60/3	60	36	49,5
	GMK4080-2	Univerzální	80/3	80	48	58
Tadano Faun	ATF 50G-3 EM 3B	Univerzální	50/2,5	45,4	36	39
	ATF 60G-3 EM 4	Univerzální	60/2,5	50,5	< 36	45
	HK 40	Nástavbový	40/3	40	< 32	< 37
	HK 70	Nástavbový	70/2,5	58,6	≤ 44	≤ 50,1
Terex	AC 40/2 L	Univerzální	40/2,6	35	24	30
Demag	AC 55-3	Univerzální	55/3	55	36	36
	AC 60-3	Univerzální	60/3	60	36	46

Z tabulky je patrné, že pokles nosnosti v mnoha případech není zanedbatelný. Tyto hodnoty jsou sice pro mírně odlišné výšky zdvihu (v závislosti na celkových rozměrech a délce základního dílu výložníku), avšak každá z nich je pro minimální délku výložníku.

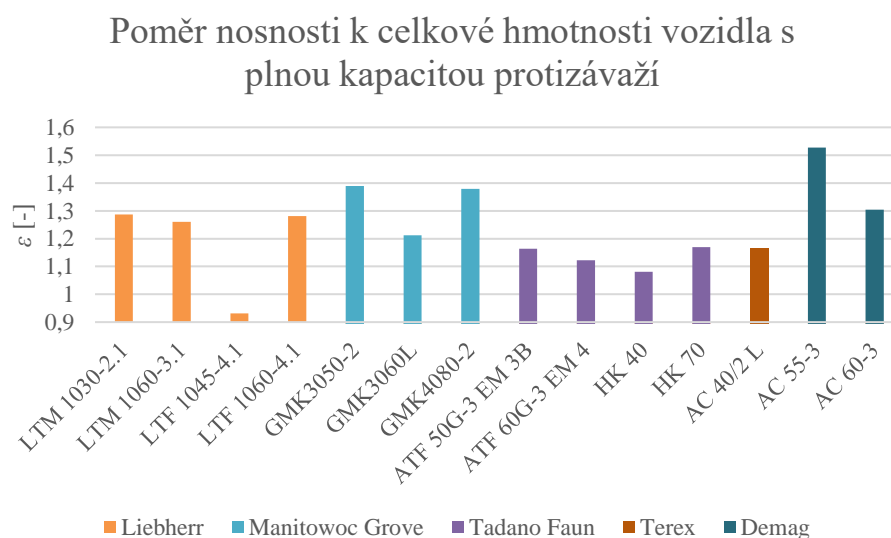
Hlavním srovnávacím parametrem je poměr maximální nosnosti k vlastní hmotnosti stroje. Ten je vyjádřen prostřednictvím parametru  $\varepsilon$ , definovaném následujícím podílem:

$$\text{Parametr } \varepsilon = \frac{\text{Nosnost při vyložení 3 m}}{\text{Hmotnost vozidla s plnou kapacitou protizávaží}} [-]$$

Sestupným seřazením tohoto parametru je možné získat následující tabulku, přičemž u nerovností bylo počítáno (a dále bude) vždy s nejhorší možnou hodnotou, tedy s největší hmotností. Velikost parametru  $\varepsilon$  je pro přehlednější zvýraznění rozdílů možné znázornit také graficky.

Tab. 6: Sestupné seřazení produktů podle velikosti poměru nosnosti k hmotnosti vozidla s plnou kapacitou protizávaží

Výrobce	Název modelu	Typ autojeřábu	Nosnost při vyložení 3 m [t]	Hmotnost s plnou kapacitou protizávaží [t]	Parametr $\varepsilon$ [-]
Demag	AC 55-3	Univerzální	55	36	1,528
Grove	GMK3050-2	Univerzální	50	36	1,389
Grove	GMK4080-2	Univerzální	80	58	1,379
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	55,1	42	1,312
Demag	AC 60-3	Univerzální	60	46	1,304
Liebherr	LTM 1030-2.1	Univerzální	35	27,2	1,287
Liebherr	LTM 1060-3.1	Univerzální	54,6	43,3	1,261
Grove	GMK3060L	Univerzální	60	49,5	1,212
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	58,6	50,1	1,170
Terex	AC 40/2 L	Univerzální	35	30	1,167
Tadano Faun	ATF 50G-3 EM 3B	Univerzální	45,4	39	1,164
Tadano Faun	ATF 60G-3 EM 4	Univerzální	50,5	45	1,122
Tadano Faun	HK 40	Nástavbový	40	37	1,081
Liebherr	LTF 1045-4.1	Nástavbový	35,4	38	0,932



Obr. 20: grafické znázornění parametru  $\varepsilon$

Z grafu je zřejmé, že nejhoršího poměru dosahuje nástavbový autojeřáb LTF 1045-4.1 firmy Liebherr. U všech ostatních modelů je tento poměr větší než 1, tedy nosnost strojů je větší než jejich vlastní hmotnost. Mírně podprůměrných hodnot dosahují také všechny jeřáby společnosti Tadano Faun. Naopak nejlépe v tomto porovnání vychází model AC 55-3 vyráběný společností Demag.

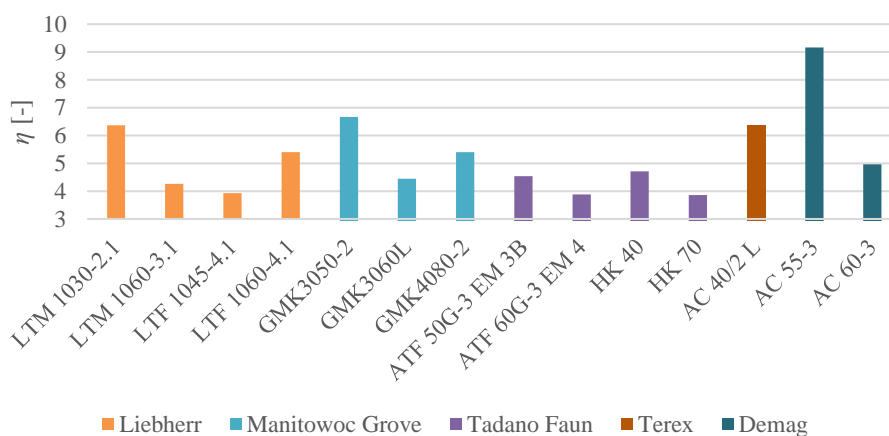
Dále je potom vhodné provést porovnání maximální nosnosti vůči maximální hmotnosti protizávaží a hodnoty opět seřadit v tabulce. Získáme tedy parametr vyjadřující, jak hmotné protizávaží je potřebné k dosažení dané nosnosti. Parametr označený písmenem  $\eta$  definovaný následujícím podílem byl opět seřazen do tabulky a znázorněn graficky:

$$\text{Parametr } \eta = \frac{\text{Nosnost při vyložení 3 m}}{\text{Maximální hmotnost protizávaží}} [-]$$

Tab. 7: Sestupné seřazení produktů podle velikosti poměru nosnosti k maximální hmotnosti protizávaží

Výrobce	Název modelu	Typ autojeřábu	Nosnost při vyložení 3 m [t]	Maximální hmotnost protizávaží [t]	Parametr $\eta$ [-]
Demag	AC 55-3	Univerzální	55	6	9,167
Grove	GMK3050-2	Univerzální	50	7,5	6,667
Liebherr	LTM 1030-2.1	Univerzální	35	5,5	6,364
Terex	AC 40/2 L	Univerzální	35	5,5	6,364
Grove	GMK4080-2	Univerzální	80	14,8	5,405
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	55,1	10,2	5,402
Demag	AC 60-3	Univerzální	60	12,1	4,959
Tadano Faun	HK 40	Nástavbový	40	8,5	4,706
Tadano Faun	ATF 50G-3 EM 3B	Univerzální	45,4	10	4,540
Grove	GMK3060L	Univerzální	60	13,5	4,444
Liebherr	LTM 1060-3.1	Univerzální	54,6	12,8	4,266
Liebherr	LTF 1045-4.1	Nástavbový	35,4	9	3,933
Tadano Faun	ATF 60G-3 EM 4	Univerzální	50,5	13	3,885
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	58,6	15,2	3,855

Poměr nosnosti k maximální hmotnosti protizávaží



Obr. 21: Grafické znázornění parametru  $\eta$

Také při tomto porovnání vychází nejlépe autojeřáb s označením AC 55-3 firmy Demag, který je již v základní verzi vybaven plnou kapacitou protizávaží o hmotnosti 6 t. Je však schopen zvedat břemena téměř desetkrát hmotnější. Nejhůře v tomto porovnání vycházejí opět produkty společnosti Tadano Faun, z nichž některé nejsou schopné zvednout ani čtyřnásobek vlastní hmotnosti protizávaží.

Při obou porovnáních vycházejí poměry nosnosti k hmotnostem lépe u jeřábů univerzálních než u nástavbových. Tato skutečnost je pravděpodobně způsobena hmotností samotných podvozků, které jsou u univerzálních automobilových jeřábů lépe optimalizovány pro dané využití. Dále si můžeme všimnout, že podvozky nástavbových jeřábů potřebují více náprav pro přenos stejného či podobného zatížení než jeřáby univerzální. Důvod je zjevně podobný, jako u předchozího tvrzení.

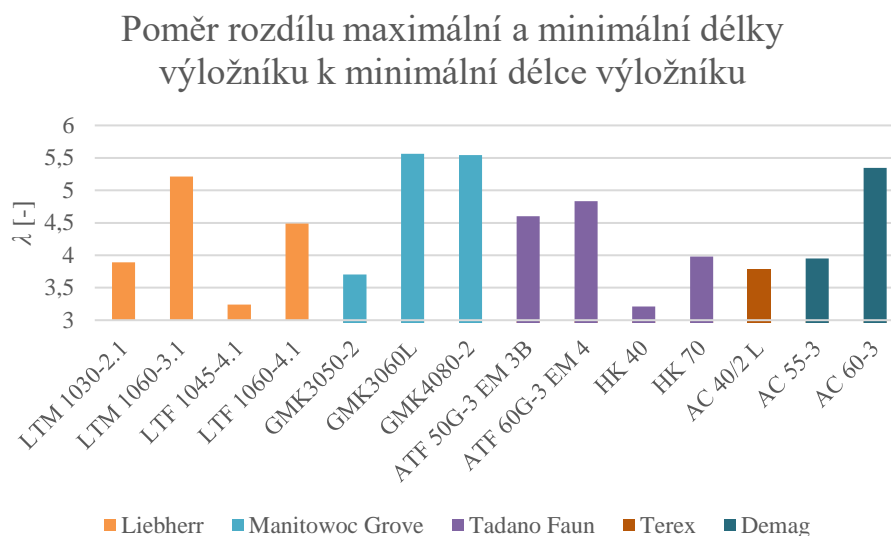
### 6.5.2 ROZMĚROVÉ PARAMETRY

Rozdíl maximální délky výložníku (pochopitelně včetně nástavců) a jeho minimální délky (tedy délky ve zcela složeném stavu) můžeme označit jako pracovní délku výložníku. Porovnání této délky vztažené k délce minimální charakterizuje vlastně poměrnou velikost pracovního rozsahu jeřábu, tedy variabilitu délky výložníku. Tuto vlastnost je možno vyjádřit dalším parametrem a ten opět uspořádat do tabulky a znázornit graficky. Parametr  $\lambda$  je tedy definovaný vztahem:

$$\text{Parametr } \lambda = \frac{\text{Maximální délka výložníku} - \text{Minimální délka výložníku}}{\text{Minimální délka výložníku}} [-]$$

Tab. 8: Sestupné seřazení produktů podle velikosti poměru rozdílu maximální a minimální délky výložníku k minimální délce výložníku

Výrobce	Název modelu	Typ autojeřábu	Minimální délka výložníku [m]	Maximální délka výložníku včetně nástavců [m]	Parametr $\lambda$ [-]
Grove	GMK3060L	Univerzální	9,6	63	5,563
Grove	GMK4080-2	Univerzální	11	72	5,545
Demag	AC 60-3	Univerzální	10,4	66	5,346
Liebherr	LTM 1060-3.1	Univerzální	10,3	64	5,214
Tadano Faun	ATF 60G-3 EM 4	Univerzální	9,5	55,4	4,832
Tadano Faun	ATF 50G-3 EM 3B	Univerzální	10	56	4,600
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	10,2	56	4,490
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	11,4	56,8	3,982
Demag	AC 55-3	Univerzální	10,3	51	3,951
Liebherr	LTM 1030-2.1	Univerzální	9,2	45	3,891
Terex	AC 40/2 L	Univerzální	9,5	45,4	3,779
Grove	GMK3050-2	Univerzální	10,2	48	3,706
Liebherr	LTF 1045-4.1	Nástavbový	10,5	44,5	3,238
Tadano Faun	HK 40	Nástavbový	10,5	44,2	3,210



Obr. 22: Grafické znázornění parametru  $\lambda$

Z tohoto porovnání je patrná závislost na nosnosti produktů. Přibližně je možné vyvodit, že čím je nosnost modelu větší, tím je také jeho výložník složen z více teleskopických dílů. Toto tvrzení potvrzuje dvojice jeřábů firmy Grove, jejichž výložník je schopen dosáhnout více jak pětinasobného prodloužení vzhledem ke složenému stavu. Naproti tomu výložníky nastavbových autojeřábů LTF 1045-4.1 firmy Liebherr a HK 40 firmy Tadano Faun jsou schopné dosáhnout pouze mírně více než trojnásobného prodloužení oproti složenému stavu.

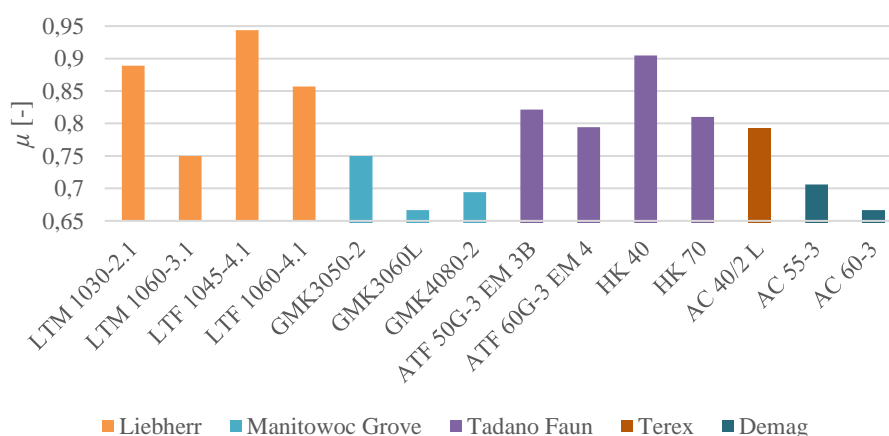
Velikost pracovního rozsahu charakterizuje také velikost vyložení. Zavedením poměru této hodnoty k samotné délce výložníku získáme poslední parametr pojmenovaný písmenkem  $\mu$ . Tento parametr má dokonce geometrický význam, neboť vyjadřuje hodnotu funkce cosinus úhlu sklonu výložníku (měřený od vodorovné roviny) při jeho maximální délce a maximálním vyložení. Ve skutečnosti však tato představa není zcela přesná, jelikož hodnoty maximálního vyložení uvedené u některých modelů se vztahují k nástavcům výložníků, sklopeným pod určitým úhlem vůči základnímu výložníku. Také tento parametr je seřazen do tabulky a znázorněn graficky. Jeho definice zní:

$$\text{Parametr } \mu = \frac{\text{Maximální vyložení}}{\text{Maximální délka výložníku}} [-]$$

Tab. 9: Sestupné seřazení produktů podle velikosti poměru maximálního vyložení k maximální délce výložníku

Výrobce	Název modelu	Typ autojeřábu	Maximální vyložení [m]	Maximální délka výložníku [m]	Parametr $\mu$ [-]	Minimální úhel sklonu výložníku [°]
Liebherr	LTF 1045-4.1	Nástavbový	42	44,5	0,944	19,297
Tadano Faun	HK 40	Nástavbový	40	44,2	0,905	25,180
Liebherr	LTM 1030-2.1	Univerzální	40	45	0,889	27,266
Liebherr	LTF 1060-4.1	Nástavbový	48	56	0,857	31,003
Tadano Faun	ATF 50G-3 EM 3B	Univerzální	46	56	0,821	34,772
Tadano Faun	HK 70	Nástavbový	46	56,8	0,810	35,918
Tadano Faun	ATF 60G-3 EM 4	Univerzální	44	55,4	0,794	37,418
Terex	AC 40/2 L	Univerzální	36	45,4	0,793	37,538
Grove	GMK3060L	Univerzální	48	63	0,762	40,368
Grove	GMK3050-2	Univerzální	36	48	0,750	41,410
Liebherr	LTM 1060-3.1	Univerzální	48	64	0,750	41,410
Demag	AC 55-3	Univerzální	36	51	0,706	45,099
Grove	GMK4080-2	Univerzální	50	72	0,694	46,017
Demag	AC 60-3	Univerzální	44	66	0,667	48,190

Poměr maximálního vyložení k maximální délce výložníku

Obr. 23: Grafické znázornění parametru  $\mu$ 

V tomto porovnání vycházejí překvapivě lépe naopak autojeřáby nástavbové, zatímco autojeřáby univerzální dosahují horších parametrů. Ve všech předchozích porovnáních velice špatně hodnocený nástavbový model LTF 1045-4.1 firmy Liebherr je v tomto případě nejlepší, jeho maximální vyložení je totiž jen nepatrně menší než maximální délka jeho výložníku. Můžeme tedy říci, že je schopen sklopit svůj plně prodloužený výložník do úhlu menšího než 20° vůči vodorovné rovině. Nejhuře potom v tomto případě vychází model

s označením AC 60-3 firmy Demag, který svůj plně prodloužený výložník vůči vodorovné rovině sklopí pouze do úhlu mírně menšího než 50°.

Tato skutečnost je podle mého názoru způsobena snahou navrhovat jeřáby dosahující co největších výšek zdvihů, avšak velikost maximálního vyložení již není tak podstatná, jelikož již dosahuje pro praktické použití dostatečných hodnot. Maximální délka výložníku s nástavci je tedy u univerzálních autojeřábů obvykle značně velká s cílem dosažení co největší výšky, zatímco hodnota maximálního vyložení je u všech typů přibližně podobná.

Poslední porovnání také potvrzuje tvrzení, že každý produkt se lépe hodí pro jiné pracovní podmínky a požadavky. Celkové pořadí modelů tedy není možné objektivně vyhodnotit.

## ZÁVĚR

Cílem této práce byl rozbor současných typů automobilových jeřábů, včetně jejich technických parametrů. Cílem práce nebyl podrobný popis jednotlivých produktů, ani určení nejlepšího výrobce či konkrétního modelu z velkého množství nabízených typů. Práce může posloužit jako podklad v případě volby konkrétního produktu pro dané pracovní podmínky. Jejím úkolem je převážně podat ucelený přehled informací o těchto strojích a zvýraznění silných a slabých stránek jednotlivých typů.

Nejprve bylo provedeno zařazení do kontextu dopravních strojů a vysvětlen rozdíl mezi automobilovými a kolovými jeřáby. Dále byl shrnut jejich historický vývoj za sto let jejich existence a uvedeno jejich rozdělení. Potom byly rozebrány všechny základní části, z nichž tyto stroje sestávají. V poslední části bylo provedeno srovnání vybraných produktů podle několika různých parametrů. Srovnání probíhalo pomocí základních a nejdůležitějších parametrů, jako je maximální nosnost, hmotnost vozidla, hmotnost protizávaží, maximální a minimální délka výložníku a maximální vyložení. Z nosností a hmotností bylo sestaveno hmotnostní porovnání a z délek výložníků a vyložení potom rozměrové porovnání charakterizující pracovní rozsah strojů. Celkové pořadí porovnávaných produktů ani výrobců však bohužel nebylo možné objektivně sestavit, jelikož každý produkt se lépe hodí pro jiné pracovní podmínky.

Automobilové jeřáby prodělali za sto let svojí existence značný vývoj a v současné době se jedná o značně komplikované a drahé stroje. Z dosavadního stavu nabízených a produkováných typů automobilových jeřábů a ve srovnání s dřívějšími typy je patrné, že největší snahou a cílem konstruktérů je dosažení co nejbezpečnějších a nejspolehlivějších produktů, jakož i zjednodušení obsluhy těchto strojů. Snahou je, aby se obsluha jeřábů cítila pohodlně a bezpečně. Dále je kladen důraz na univerzálnost a tím i vyšší využitelnost těchto strojů za cílem získat co největší zisk z provozu jediného stroje.

V budoucnosti se podle mého názoru budou výrobci držet osvědčené koncepce pohonu, tedy jednoho společného motoru pohánějícího pojezdové ústrojí mechanickými převody a jeřábové funkce pomocí hydraulických převodů. Je možné, že se začne stále častěji objevovat jeho umístění v nástavbě. Myslím si však, že nelze vyloučit ani zavedení elektrických pohonů, zejména pro pohon jeřábových funkcí menších strojů. Akumulátory by pak mohly částečně nahradit protizávaží a v případě delších pobytů na jednom místě by se jeřáb připojil na běžnou elektrickou síť. Především lze v budoucnu očekávat další zdokonalování bezpečnostních a řídicích systémů, tak aby obsluha a údržba jeřábů byla co nejjednodušší. Stroje budou stále více využívat inteligentní elektroniku, aby se při práci vyloučil vliv lidských chyb. V neposlední řadě je podle mého názoru možné očekávat vývoj a využití nových materiálů o vyšší pevnosti při zachování podobné hustoty pro konstrukci výložníků. Tyto materiály by umožnily dosažení vyšších nosností, přestože celková hmotnost vozidla by zůstala zachována.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Jeřáb (stroj). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Je%C5%99%C3%A1b\\_\(stroj\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Je%C5%99%C3%A1b_(stroj))
- [2] *Jeřáby* [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: [https://www.spsstavcb.cz/download2/633\\_2763\\_cs\\_06\\_jeraby.pdf](https://www.spsstavcb.cz/download2/633_2763_cs_06_jeraby.pdf)
- [3] DRAŽAN, František a Ladislav KUPKA. *Jeřáby*. Praha: SNTL, 1968, 661 s.
- [4] Historie jeřábů a zdvihacích zařízení: První zmínky o zdvihacích zařízeních. *Jan Hlavatý: školení&revize* [online]. ©2017 [cit. 2019-01-27]. Dostupné z: <https://www.skolenirevize.cz/historie-jerabu.php>
- [5] History of Mobile Crane. *Crane: Mobile Crane* [online]. ©2014 [cit. 2019-01-27]. Dostupné z: <https://samanshafafzadeh.wixsite.com/mobile-crane/history-of-mobile-crane>
- [6] BERRY, THOMAS. The first truck crane. *OEM Off-highway* [online]. AUGUST 15, 2013 [cit. 2019-01-29]. Dostupné z: <https://www.oemoffhighway.com/market-analysis/article/11116923/early-truck-crane-design-and-development>
- [7] Mobile crane. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_crane](https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_crane)
- [8] Speedcranes 1959-1987: Coles Speedcrane 1958 - 1978. *Coles: Cranes* [online]. Sunderland UK [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/colescranedatabase/main-database/speedcranes-1959-1987>
- [9] Mobile Crane Rental Services. In: *IndiaMART* [online]. ©1996-2019 [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/mobile-crane-rental-services-8368310897.html>
- [10] Autojeřáb. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Autoje%C5%99%C3%A1b>
- [11] Liebherr LTM 1055-3.1. In: *Autojeřáby Horák* [online]. ©2009–2015 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <http://autojerabyhorak.cz/jeraby-k-pronajmu/liebherr-ltm-1055-3-1/>
- [12] Crane (machine). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Crane\\_\(machine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Crane_(machine))
- [13] REMTA, František, Ladislav KUPKA, František DRAŽAN, Zdeněk CVEKL, Oldřich JURÁŠEK a Juraj KOŠÁBEK. *Jeřáby. II. díl*. Druhé, přepracované a doplněné vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1975, 562 stran: ilustrace.

- [14] 3 Major Benefits of Using a Truck Mounted Crane. In: *Crane plus* [online]. ©2016 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://www.cranepius.in/news/3-Major-Benefits-of-Using-a-Truck-Mounted-Crane/124>
- [15] Types of Mobile Crane. *Crane: Mobile Crane* [online]. ©2014 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://samanshafazadeh.wixsite.com/mobile-crane/types-of-mobile-crane>
- [16] Liebherr LTM 1030-2. In: *Jeřábové služby: Malina - Vrše* [online]. ©2019 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <https://www.jerabovesluzby.cz/jeraby/liebherr-ltm-1030-2/>
- [17] Different Types of Mobile Cranes Explained. *Pro Lift: Crane service* [online]. ©2019 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://proliftcrane.com/different-types-mobile-cranes-explained/>
- [18] Compact cranes from Liebherr. *Liebherr* [online]. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/ltc-compact-cranes/ltc-compact-cranes.html>
- [19] All Terrain: All Terrain Features and Benefits. *Manitowoc* [online]. 2017 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain>
- [20] Megatrak. *Pragotechnik: mobile cranes* [online]. ©2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.pragotechnik.cz/technologie/megatrak/>
- [21] *Mobile Crane Technology at a Glance* [online]. 2016 [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/shared/media/mobile-and-crawler-cranes/brochures/mobile-crane-technology/liebherr-mobile-crane-technology-p415-00-e04-2016.pdf>
- [22] Enhanced safety and performance with VarioBase. *Liebherr* [online]. [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: [18] <https://www.liebherr.com/en/cze/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/variobase/variobase.html#lightbox>
- [23] BONSOR, KEVIN. How Hydraulic Cranes Work. *HowStuffWorks* [online]. ©2019 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/hydraulic-crane.htm>
- [24] Reliable boom technology. *Liebherr* [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/can/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/mobile-crane-technology/boom-technology/boom-technology.html#!/content=liebherr-werk-ehingen-mobile-cranes-boom-technology-telematik-tab1>
- [25] TWIN-LOCK. *Pragotechnik: mobile cranes* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.pragotechnik.cz/technologie/twin-lock/>
- [26] IC-1 Control System. *Terex: Cranes* [online]. ©2019 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.terex.com/cranes/en/product/demag-tech-inside/ic-1-control-system>
- [27] Intelligent crane control with LICCON. *Liebherr* [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: [25] <https://www.liebherr.com/en/can/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile->

cranes/mobile-crane-technology/crane-controller/crane-controller.html#!/crane-control=working-range+work-planner+bluetooth+remote-control

- [28] Liebherr. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Liebherr>
- [29] Grove Mobile Telescopic Cranes. *Manitowoc* [online]. ©2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.manitowoccranes.com/en/cranes/grove>
- [30] Tadano Faun GmbH. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tadano\\_Faun\\_GmbH](https://en.wikipedia.org/wiki/Tadano_Faun_GmbH)
- [31] ATF 60G-3: Strong. Long. Light. *Tadano* [online]. ©2018 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <http://www.atf60g-3.de/en/>
- [32] About Demag: Above. Ahead. Always. *Demag: By Terex* [online]. 2019 [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.terex.com/demag/en/about/about-demag>
- [33] LTM 1030-2.1: Mobile crane. *Liebherr* [online]. 2017 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/can/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/ltm-mobile-cranes/details/ltm103021.html>
- [34] LTM 1060-3.1: Mobile crane. *Liebherr* [online]. 2017 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/can/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/ltm-mobile-cranes/details/ltm106031.html>
- [35] LTF 1045-4.1: Truck mounted telescopic crane. *Liebherr* [online]. 2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/can/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/ltf-telescopic-truck-mounted-cranes/details/ltf104541.html>
- [36] LTF 1060-4.1: Truck mounted telescopic crane. *Liebherr* [online]. 2015 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.liebherr.com/en/can/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-cranes/ltf-telescopic-truck-mounted-cranes/details/ltf106041.html>
- [37] GMK3050-2 (new). *Manitowoc* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain/GMK3050-2>
- [38] GMK3060L (new). *Manitowoc* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain/GMK3060L>
- [39] GMK4080-2. *Manitowoc* [online]. ©2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.manitowoccranes.com/en/cranes/grove/grove-products/all-terrain/GMK4080-2>
- [40] ATF 50G-3 EM 3B. *Tadano: Lifting your dreams* [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.tadanofaun.de/en/products/all-terrain-cranes-versions/euromot-3/atf-50g-3-euro-3-engl.html>

- [41] ATF 60G-3 EM 4: Strong. Long. Light. The new ATF 60G-3. Available now!. *Tadano: Lifting your dreams* [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.tadanofaun.de/en/products/all-terrain-cranes-versions/euromot-4/atf-60g-3-em-4.html>
- [42] HK 40: A broader range of applications. More maintenance-friendly. The new HK 40. *Tadano: Lifting your dreams* [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.tadanofaun.de/en/products/truck-mounted-cranes/hk-40.html>
- [43] HK 70. *Tadano: Lifting your dreams* [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.tadanofaun.de/en/products/truck-mounted-cranes/hk-70.html>
- [44] AC 40/2L. *Terex: Cranes* [online]. 2018 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.terex.com/cranes/en/product/all-terrain/ac-40-2l>
- [45] AC 55-3: Efficiency with Demag Quality. *Demag: By Terex* [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.terex.com/demag/en/product/all-terrain/ac-55-3>
- [46] AC 60-3: More Efficiency at the Work Site. *Demag: By Terex* [online]. 2019 [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.terex.com/demag/en/product/all-terrain/ac-55-3>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CE	Značka vyjadřující, že produkt splňuje základní požadavky Evropské Unie
$\varepsilon$ [-]	Parametr vyjadřující poměr nosnosti k maximální hmotnosti vozidla
$\eta$ [-]	Parametr vyjadřující poměr nosnosti k maximální hmotnosti protizávaží
$\lambda$ [-]	Parametr vyjadřující poměr rozdílu krajních délek výložníku k jeho minimální délce
$\mu$ [-]	Parametr vyjadřující poměr maximálního vyložení k maximální délce výložníku