

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Diplomová práce

**Srovnávací studie vybrané skupiny mobilní  
manipulační techniky**

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. František Dvořák, CSc.

**Vypracoval:** Martin Kereszteny

© 2012 ČZU v Praze

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

# **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Kereszteny Martin

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Srovnávací studie vybrané skupiny mobilní manipulační techniky**

Anglický název

**The comparative study of selected groups of mobile handling equipment**

---

## **Cíle práce**

Analýza současné produkce mobilní manipulační techniky, porovnání a posouzení technických parametrů a užitných vlastností, a posouzení změn a nových vývojových trendů.

## **Metodika**

Na základě shromážděných materiálů a dat provést hodnocení z hlediska koncepčního, konstrukčního, energetického, environmentálního a posouzení předpokládaných vývojových trendů.

## **Osnova práce**

1. Úvod
2. Koncepční a konstrukční řešení manipulační techniky
3. Charakteristika současné produkce a vývojové trendy
4. Hodnocení užitných vlastností
5. Závěr

**Rozsah textové části**

50 stran

**Klíčová slova**

manipulace, materiál, ergonomie, ekologie

**Doporučené zdroje informací**

Pohl, R.: Úvod do dopravní a manipulační techniky I. Praha: ČVUT, 2002, ISBN 80-01-02292-7.

Svoboda, J. Teorie dopravních prostředků-vozidla silniční a terénní. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80 01 03005 9.

Vlk, F. Stavba motorových vozidel. Brno: Nakladatelství Vlk, 2003. ISBN 80 238 8757 2.

Jeřábek, K.: Stroje a zařízení pro manipulaci. Praha: ČVUT, 1987.

Syrový, O. a kol.: Doprava v zemědělství. Praha: Profi Press, 2008, ISBN 978-80-86726-30-4.

Daněk, J., Pavliška, J.: Technologie ložných a skladových operací I a II. Ostrava: VŠB, 2002, ISBN 80 248 0063 2.

**Vedoucí práce**

Dvořák František, Ing., CSc.

**Termín zadání**

listopad 2010

**Termín odevzdání**

duben 2012

**doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.**

Vedoucí katedry



**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

V Praze dne 8.2.2011

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Srovnávací studie vybrané skupiny mobilní manipulační techniky“ vypracoval samostatně a použil jsem jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém soupisu použité literatury.

V Berouně .....

Podpis: .....

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Františku Dvořákovi, CSc. za odborné vedení, názory a cenné rady při vedení mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli informace o strojích a umožnili mi na nich provést měření. Nakonec bych rád poděkoval rodině a všem blízkým, kteří mě při studiu podporovali.

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je seznámení s konstrukčním provedením a parametry čelních kolových nakladačů. Práce samotná je rozdělena do čtyř částí.

V první části práce je rozebráno konstrukční provedení nakladačů, kde jsou popsány jejich nejdůležitější funkční části jako motor, rám stroje, pracovní zařízení atd.

Druhá část práce se věnuje charakteristice současné produkce a vývojovým trendům. Jsou zde popsány čtyři vybrané čelní kolové nakladače a uvedeny jejich základní parametry.

Třetí část je experimentální. V reálném provozu jsou na vybraných strojích měřeny a ověřovány hodnoty, které uvádí výrobce.

Ve čtvrté části je pomocí Saatyho metody provedeno vícekritériální porovnání strojů.

**Klíčová slova:** manipulační technika, kolový nakladač, konstrukce, charakteristika produkce, porovnání

# **The comparative study of selected groups of mobile handling equipment**

## **Abstract:**

The aim of this thesis is to introduce the design concept and parameters of front wheel loaders. The work itself is divided into four parts.

The first part is dedicated to the design of the loader, where the most important functional parts such as engine, frame, working tool etc., are described.

The second part deals with characteristics of current production and development trends. It describes four selected wheel loaders and their basic parameters.

The third part is experimental. In real operation, the machines will show selected values of measured, which will be verified by the manufacturer.

In the fourth part, multicriteria comparison of machines is done using the Saaty method.

**Keywords:** handling equipment, wheel loader, construction, production characteristics, comparison

# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Historie.....	2
3	Koncepční a konstrukční řešení manipulační techniky .....	4
3.1	Konstrukční provedení kolových nakladačů .....	4
3.1.1	Spalovací motor .....	4
3.1.2	Rám stroje .....	6
3.1.3	Brzdy.....	7
3.1.4	Traktorový nosič .....	8
3.1.5	Hydraulický systém .....	11
3.1.6	Pracovní zařízení.....	13
3.1.7	Kabina .....	17
3.1.8	Rozměry stroje udávané výrobcem.....	19
4	Charakteristika současné produkce a vývojové trendy .....	20
4.1	Volvo L60F .....	20
4.1.1	Motor .....	20
4.1.2	Hnací ústrojí.....	21
4.1.3	Elektrický systém.....	22
4.1.4	Brzdy.....	22
4.1.5	Kabina .....	22
4.1.6	Hydraulický systém .....	23
4.2	Caterpillar 924G.....	24
4.2.1	Motor .....	24
4.2.2	Hnací ústrojí.....	25
4.2.3	Elektrický systém.....	26
4.2.4	Brzdy.....	26
4.2.5	Kabina .....	26
4.2.6	Hydraulický systém .....	27
4.3	Liebherr L528.....	28
4.3.1	Motor .....	28
4.3.2	Hnací ústrojí.....	29
4.3.3	Elektrický systém.....	29
4.3.4	Brzdy.....	30
4.3.5	Kabina .....	30
4.3.6	Hydraulický systém .....	31
4.4	JCB 426e Agri.....	32
4.4.1	Motor .....	32
4.4.2	Hnací ústrojí.....	33
4.4.3	Elektrický systém.....	33
4.4.4	Brzdy.....	34
4.4.5	Kabina .....	34



4.4.6	Hydraulický systém .....	34
4.5	Vývojové trendy .....	35
4.5.1	Dálková diagnostika stavebních strojů .....	35
4.5.2	Emisní normy .....	36
5	Experimentální část .....	40
5.1	Popis měřících přístrojů .....	40
5.1.1	Bezdrátový GPS modul Nokia LD – 3W .....	40
5.1.2	Mobilní telefon Nokia E51 .....	41
5.1.3	Stopky VST 34.1 .....	42
5.2	Metodika měření .....	43
5.2.1	Měření času výložníku .....	43
5.2.2	Měření pojezdové rychlosti .....	43
5.3	Naměřené hodnoty .....	44
6	Porovnání strojů .....	50
6.1	Saatyho metoda .....	50
6.2	Porovnání strojů .....	52
7	Závěr .....	54
	Seznam použité literatury .....	56
	Seznam obrázků .....	60
	Seznam tabulek .....	60
	Seznam grafů .....	61
	Seznam zkratk .....	61
	Přílohy .....	62

# 1 Úvod

S rostoucí světovou populací a jejími rostoucími nároky, je potřeba těmto nárokům v dané kvalitě a množství vyhovět. Samotná lidská práce pro určité úkony nestačí, proto je zapotřebí využít rozvoje techniky a práci si tak ulehčit. Využívání manipulační techniky zvyšuje efektivitu a snižuje náklady. K manipulaci s materiálem je určena manipulační technika. Do této kategorie spadá celá řada výrobků. Jedním z nich jsou i čelní kolové nakladače. Tyto nakladače jsou určeny pro přepravu a manipulaci s materiálem na krátké vzdálenosti. Jejich výkony se pohybují v rozmezí desítek kW, až po hodnoty dosahujících téměř 2 MW.

V této práci byly zvoleny čtyři stroje od předních světových výrobců Volvo, Caterpillar, Liebherr a JCB. Byli kontaktováni dealeři, od kterých bylo zjištěno, kde jsou vybrané stroje provozovány. Po domluvě s provozovatelem bylo na příslušném stroji provedeno experimentální měření.

Pro výběr správného stroje je potřeba vždy znát jeho cílové určení. Od toho se budou odvíjet kritéria výběru a požadavky na stroj. Krom určení stroje, je potřeba zvážit ekonomickou stránku pořízení a provozu. Tam, kde nebude stroj plně vytěžován by mohlo být výhodné pořídit používaný nakladač. Při koupi zachovalého stroje, který má známou servisní historii tak dojde k výrazné úspoře finančních prostředků. Podstatnou roli sehraje i osobní preference, protože každému vyhovuje něco jiného.

## 2 Historie

Rozvoj kolových nakladačů začal v 50. letech dvacátého století. Do té doby byly využívány nakladače, které byly postaveny na základech zemědělských traktorů, jejichž lopaty byly umístěny vpředu a poháněny lanem.

Mezi první kolové nakladače se řadí Bolinder – Munktell H10 z roku 1954. Bolinder – Munktell byl od roku 1950 ve vlastnictví Volvo a dá se tak říci, že to byl první nakladač od Volva. Jako základ posloužil traktor Bolinder – Munktell BM 35 s dieslovým motorem. Tento nakladač vznikl pouhým obrácením konstrukce výložníku lopaty. Umístěním nakládacího zařízení k zadním kolům se v porovnání s traktorovým nakladačem, umístěným vpředu, zvýšila nosnost a vylamovací síla. Díky zadní říditelné nápravě se rovněž zlepšila i manévrovací schopnost. [6] [11]

Kdo byl skutečně prvním výrobcem kolového nakladače nelze s přesností říci, protože v roce 1954 existovalo celkem 31 firem, které vyráběli nakladač na bázi otočného traktoru. Jedno světové prvenství si nakladač H10 drží. Byl to první nakladač, který měl rychloupínací desku na výměnná nářadí a paralelní kinematiku zvedání pomocí dvojčinných hydraulických válců. Tento systém umožňoval pracovní nástroj udržovat ve vodorovné rovině a strojník tak nemusel nástroj pracně vyrovnávat. Hlavní přínos byl při práci s paletizačními vidlemi. [11]

Prvním kolovým nakladačem vyrobeným v tehdejší Československu byl hydraulický nakladač HON 050. Na základě požadavků Ministerstva stavebnictví byl v letech 1956 – 1958 vyvinut v Brně. Sériová výroba začala v roce 1960. Hmotnost stroje byla 7450 kg, nakládací lopata měla objem 0,5 m<sup>3</sup>. Nakladač byl postaven na tuhém podvozku traktorového typu se zadní řízenou nápravou. Pro práci s materiálem byl určen jednoramenný výložník uchycený na otočném kozlíku, který umožňoval otáčení o 90 ° na obě strany. K pohonu sloužil motor Zetor 35 o výkonu 31 kW. Stroj se vyráběl s kabinou i bez. Existovala i varianta s pásovým podvozkem místo přední nápravy. Modernizace přinesla další dva typy HON 051 a HON 053.

Roku 1970 – 1974 byl vyvinut nástupce nakladačů HON. Jednalo se o nakladač UN 50. Pojezd těchto strojů byl řešen hydrostaticky, za pomoci regulačního čerpadla a konstantního hydromotoru. Osazené byly motorem Zetor 6901 o výkonu 45,5 kW a dosahovali maximální rychlosti 25 km/h.

Následoval nakladač UN 53 s pohonem všech kol, poháněný motorem Zetor 7201 o výkonu 47,5 kW. Po skončení výroby UN 50 zůstal UN 53 ve dvou modifikacích. UN 53.1 s pohonem jedné nápravy a UN 53.2 s pohonem všech kol. [12]

Do šedesátých let dvacátého století byly vyráběny nakladače s pevným rámem. Od šedesátých byly vyráběny nakladače s rámem kloubovým. Mezi první, s tímto rámem, patřil kolový nakladač Caterpillar 988 a 966. Konstrukce kloubového rámu se používá u kolových nakladačů dosud. Největší rozdíl oproti dnešním a tehdejším nakladačům je v jejich velikosti, výkonnosti a komfortu, který je poskytován posádce. Důkazem toho je, že první čelní kolový nakladač Bolinder – Munktell H10, z roku 1954, měl objem lopaty 0,4 m<sup>3</sup> a výkon motoru 32 kW, zatímco současný největší kolový nakladač světa LeTourneau L - 2350 disponuje výkonem 1715 kW a lopatou o objemu 40 m<sup>3</sup>. [11] [25]

## **3 Koncepční a konstrukční řešení manipulační techniky**

### **3.1 Konstrukční provedení kolových nakladačů**

Kolové nakladače jsou stroje, které pracují cyklicky. Pracovním nástrojem nabírají materiál, nakládají ho na dopravní prostředky nebo ho na kratší vzdálenosti přímo převážejí.

Samotný nakladač se skládá z nosného rámu. K němu jsou připojeny části podvozku, motor, nakládací zařízení a jiná příslušenství. [2]

Čelní kolové nakladače jsou po lopatových rypadlech nejvíce rozšířenými stoji ve stavebnictví, zemědělství a jiných průmyslových odvětvích. [1]

#### **3.1.1 Spalovací motor**

Spalovací motor je hlavním energetickým zdrojem každého stroje. U traktorových strojů se jedná hlavně o motory vznětové (naftové). Výkon motoru P (kW) se zjišťuje na setrvačnicku na zkušební brzdě stolici při daných jmenovitých otáčkách.

Výrobci spalovacích motorů určují jejich výkony podle norem SAE a DIN.

Při použití americké normy SAE se výkon měří na motoru, který nemá žádné příslušenství. Kdežto při zjišťování výkonu pomocí normy DIN (tato norma odpovídá normě ČSN) je motor osazen příslušenstvím pro chlazení, mazání a dodávku paliva, které je nezbytně nutné k chodu. Výsledné naměřené hodnoty pomocí normy SAE jsou o 10 – 15 % vyšší než při měření pomocí normy DIN. [1]

Podle těchto norem se motory rozdělují na dvě skupiny.

1. Motory automobilového typu (podle normy DIN 70020)

Tyto motory pracují většinou v pravidelnějším chodu s občasným odlehčením. Největší udávaný výkon musí motor dodávat po dobu patnácti minut, aniž by došlo k jeho poškození.

## 2. Motory průmyslového typu (podle normy DIN 6270)

Dále rozděluje motory pro těžký (A) a nejtěžší (B) provoz. Motory určené pro těžký provoz musí snést trvalé zatížení bez omezení pracovního nasazení a zároveň snést přetížení o 10 % po dobu jedné hodiny. Motory pro nejtěžší provoz se využívají ve strojích kde dochází k jejich cyklickému zatěžování např. rypadla. [1]

### **Chladicí soustava**

*Účel chladicí soustavy je udržet motor a jeho části v ideálních provozních teplotách. Existují dva typy chlazení motoru. Chlazení kapalinou a chlazení vzduchem. V dnešní době se používá převážně chlazení kapalinové, ale i chlazení vzduchem má své výhody.*

*Kapalinový chladicí systém dělíme na tzv. malý a velký okruh. O propojení těchto okruhů se stará termostat. V případě, že je motor ještě studený, cirkuluje kapalina jen v malém okruhu. Tím je docíleno rychlejšího ohřátí na provozní teplotu. Po ohřátí chladicí kapaliny na 70 - 75 °C se otevře termostat a umožní tak kapalině cirkulovat ve velkém okruhu. Součástí chladicího systému tvoří vnitřní části bloku motoru a hlavy, vodní čerpadlo pro oběh chladicí kapaliny, termostat pro kontrolu teploty chladicí kapaliny, radiátor chladicí kapaliny (chladič), propojovací hadice, malý radiátor pro vyhřívání interiéru a expanzní nádobka. Expanzní nádobka kompenzuje teplotní roztažnost chladicí kapaliny. O oběh kapaliny v okruhu se stará vodní pumpa. Ohřátá kapalina z motoru je dopravována do chladiče kde se ochlazuje. Chladič společně s ventilátorem bývá umístěn v zadní části nakladače za motorem. Provozní teplota motoru je 85 - 90 °C. [27]*

### **Mazací soustava**

Mazání motoru má za úkol dopravit do všech třecích ploch motoru vhodné mazivo v předepsaném časovém intervalu a dostatečném množství. Mazací olej plní rovněž funkci těsnící, odvádí vzniklé teplo, tlumí hluk, působí protikorozivně a odvádí nečistoty. Nejvíce používané je tlakové mazání. Podle umístění olejové náplně je tlakové mazání buď se suchou nebo mokrou klikovou skříní. U mokré klikové skříně je olej nasáván zubovým čerpadlem a pod tlakem 0,1 – 0,6 MPa veden mazacími kanálky k mazaným místům. [1]

## Palivová soustava

Účelem palivové soustavy je zajištění dodávky paliva do spalovacího prostoru. Ve spalovacím prostoru dojde ke smíchání s předem nasátým a stlačeným vzduchem. Tím, že je vzduch předem stlačen se ohřeje na vyšší teplotu, než je teplota zápalná. Až poté dojde ke vstřiku paliva (nafty) a procesu hoření.

U vznětových motorů rozlišujeme motory s přímým a nepřímým vstřikováním. Nepřímé vstřikování se již téměř nepoužívá. Palivo je zde vstřikováno do tzv. předkomůrky nebo komůrky vírové. Vstřikovací tlaky dosahují 14 MPa. [1]

S ohledem na snižování spotřeby paliva a nižší emise se do strojů osazují motory s přímým vstřikem paliva. V praxi se tento systém nazývá Common-Rail. Samotná palivová soustava se skládá z vysokotlakého čerpadla a tlakového zásobníku paliva, který je společný pro všechny válce. Z tohoto zásobníku je palivo rozvedeno k jednotlivým vstřikům, které jsou řízeny elektronicky. Díky vysokému tlaku je palivo ve válci lépe rozptýleno a zároveň i lépe spáleno. Dochází tak k vyšší účinnosti pracovního cyklu, zvýšení výkonu, točivého momentu a zároveň ke snížení spotřeby paliva. Vstřikovací tlaky se pohybují v rozmezí 130 – 200 MPa. [1] [3] [22]

### 3.1.2 Rám stroje

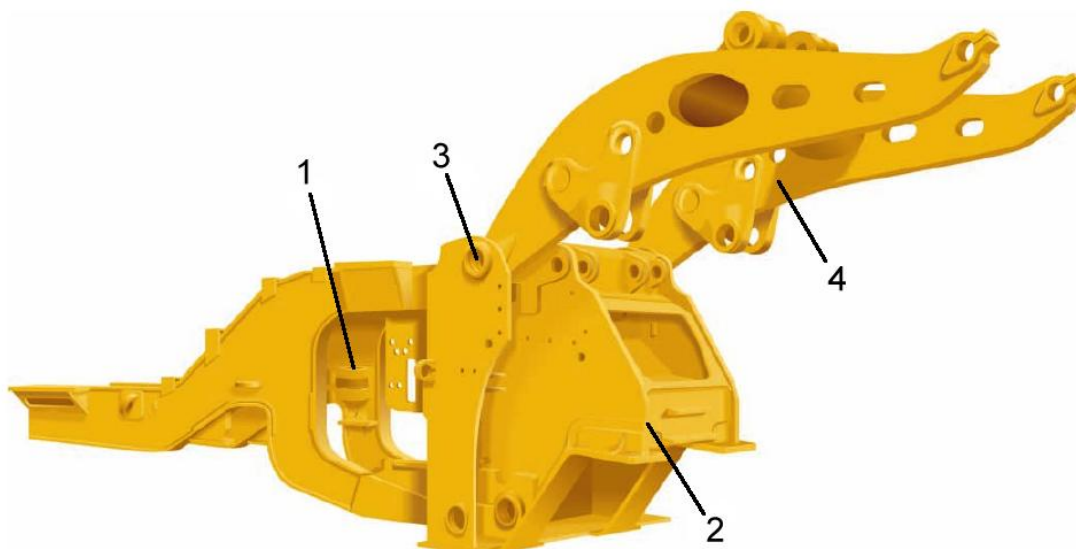
Kloubový rám je základním stavebním prvkem stroje. Jsou na něj připevněny všechny ostatní části stroje jako jsou nápravy, motor, kabina, výložníkový mechanismus atd. Rám se skládá z přední a zadní části, jež jsou spojeny středovým kloubem. U tohoto kloubu platí, čím větší vzdálenost mezi horním a dolním závěsem, tím větší tuhost kloubu. To vede k lepšímu rozložení působících sil a delší životnosti kuželovitých ložisek.

Přední část rámu poskytuje pevnou montážní základnu pro připevnění přední nápravy, ramen výložníku a hydraulické válce, které slouží ke zdvihu a naklápění lopaty.

Zadní část rámu slouží k připevnění motoru, převodovky, zadní kyvné nápravy a systému ROPS, který chrání posádku při převrácení stroje. [8]

Konstrukce rámu bývá svařována z několika desek, kde jsou sváry hluboce provařeny. Cílem je minimalizovat počet svarů, protože ve svarech vzniká pnutí a při namáhání můžou vznikat ve spojích trhliny. [7] [10]

**Obrázek 1: Rám nakladače s výložníkem**



*zdroj: <http://www.cat.com/home?x=7>*

1. Zadní díl rámu
2. Přední díl rámu
3. Kloub připevnění výložníku k rámu
4. Výložník

### **3.1.3 Brzdy**

Brzdy kolových nakladačů jsou jednou z nejvíce namáhaných částí stroje. Jejich účelem je bezpečně zpomalit nebo zastavit stroj na co nejkratší dráze za všech okolností. Na brzdy jsou kladeny náročné požadavky z hlediska spolehlivosti, tepelného a mechanického namáhání.

#### **Druhy brzd**

##### **1) Čelistové brzdy s vnitřním obložením**

Brzdy obsahují brzdové čelisti, které jsou uloženy uvnitř brzdového bubnu. Na tyto čelisti je přinýtováno brzdové obložení. Brzdný účinek se vyvolá přivedením tlakové kapaliny do brzdových válečků, které přitlačí brzdové čelisti na stěnu brzdového bubnu. Po uvolnění tlaku přitáhnou pružiny do neutrální polohy a brzdový účinek tak pomine. [1]



## **2) Pásové brzdy**

Využívají stažení pásového obložení brzdy kolem ozubeného věnce, což vede k zastavení jeho otáčení a tím i otáčení vnějšího kotouče, který je spojen s koncovým převodem. [1]

## **3) Lamelové brzdy**

Používají se nejvíce u těžkých stavebních strojů, rovněž i u kolových nakladačů. Díky malým třecím plochám čelistových a pásových brzd není možné tyto brzdy použít pro spolehlivé zastavení velkých strojů. Požadované velikosti třecích ploch jsou dosaženy kumulací několika svazků ocelových lamel umístěných v olejové lázni. Jedna skupina lamel je pevně spojena s hnací hřídelí rozvodovky a druhá s nábojovým bubnem. Vzájemným přitlačením lamel se dosáhne brzdného účinku kol. Ovládání přitlačení lamel může být mechanické, pneumatické, pružinové nebo elektromagnetické. Při brzdění se olejová náplň značně zahřívá, proto je nutné ji chladit ve speciální chladícím systému. [1]

### **3.1.4 Traktorový nosič**

#### **Pohony pojezdu**

Hydrostatický a hydrodynamický způsob pojezdu se začal rozvíjet v 70. letech dvacátého století. Do té doby se využíval pohon s převodovkou a měničem momentu. U malých a středních nakladačů jsou výhody hydrostatického pohonu natolik výrazné, že se u těchto kategorií od hydrodynamického pohonu pojezdu zcela upustilo. Hlavní výhoda hydrostatického pojezdu spočívá v absenci převodovky, díky tomu je tak uspořádání stroje mnohem jednodušší. [14]

#### **1) Hydrodynamický s hydroměničem**

Tyto pohony se obvykle používají u nakladačů výkonu motorů většími než 100 kW.

Pohon využívá pohybovou energii kapaliny proudící v uzavřeném okruhu k přenášení a přeměnu energie. Hydrodynamický měnič je převodový mechanismus s plynulou změnou točivého momentu a otáček motoru. Při nízkých otáčkách dodává vysoký točivý moment a při vysokých otáčkách motoru naopak nízký točivý moment. Měnič momentu slouží jako hydraulická spojka, kde jako médium pro přenos výkonu slouží olejová náplň. Vkládá se mezi převodovku a motor. Omezuje přetížení motoru, tlumí rázy a torzní kmity.

Jedná se o uzavřenou skříň se třemi lopatkovými koly (turbínové, vodící a pumpové kolo). Na straně motoru je turbínové kolo, jehož lopatky primárně roztáčejí proud oleje směrem na kolo pumpy, které je umístěno na straně převodovky. Uprostřed mezi těmito koly je vodící kolo, které má za úkol usměrňovat proud oleje a měnit tak velikost točivého momentu přenášeného na převodovku. Hydrodynamický měnič funguje na základě změny průtoku oleje. Změnu směru jízdy nakladače zajišťuje reverzační planetová převodovka. Točivý moment je z rozvodovky přenášen k nápravám pomocí spojovacích kloubových hřídelů. Mezi rozvodovkou a přední nápravou je dvojitý výsuvný kloubovité hřídel, který umožňuje výkyv přední části stroje oproti přední části až o  $\pm 45^\circ$ . Koncový pohon kol zajišťuje planetový převod. [1] [14]

## 2) Hydrostatický

Využití hydrostatických pohonů stále více vytlačuje pohon hydrodynamický. Ve prospěch hydrodynamického pohonu mluví jednoduché ovládání, možnost plynulé změny převodových poměrů a použití vyšších stupně regulace. U tohoto pohonu je hydraulické pístové čerpadlo namontováno přímo na motoru. Toto čerpadlo pohání olejem pístový stavitelný hydromotor, který bývá umístěn uprostřed nakladače na rozdělovací převodovce. Z této převodovky je výkon přenášen mechanicky na obě nápravy. Princip pojezdu spočívá v tom, že při volnoběžných otáčkách nedodává čerpadlo žádný olej. Při přidání plynu se řídicí kulisa vychýlí a pístky čerpadla začnou dodávat olej do systému. Změna směru jízdy probíhá vychýlením řídicí kulisy na opačnou stranu a olej tak protéká v opačném směru. Díky přímému pohonu od čerpadla k hydromotoru není potřeba reverzační ani klasické převodovky. U velkých nakladačů přináší toto řešení úsporu hmotnosti. Nemusí se také tak často používat brzdy, protože hydrostatický pojezd má samobrzdicí funkci. Jakmile dojde k uvolnění plynového pedálu, stroj se samovolně plynule zastaví. Zároveň dochází k plynulým rozjezdům, kdy se zabraňuje prokluzu pneumatik a tak i jejich nadměrnému opotřebením. Nejčastěji se hydrostatický pohon využívá u strojů do výkonu 100 kW. Nad 100 kW převládají pohony hydrodynamické. Největší možné využitelné výkony u hydrostatických pohonů se stále zvětšují a v současné době drží prvenství kolový nakladač Liebherr L586 2Plus2 s výkonem 250 kW. [1] [13] [14]

## **Druhy řízení**

U kolových lopatových nakladačů se vyžaduje dobrá mobilita a schopnost manévrovat při malém poloměru otáčení.

Používají se tyto druhy řízení:

### **1) Řízení děleným kloubovým rámem**

Tento systém řízení je nejvíce používaný. Při tomto způsobu řízení se přední rám, oproti zadnímu natáčí pomocí hydromotorů. Tento pohyb je umožněn na obě strany v úhlech 35 – 45°. Ve vyjimečných případech až o 50°. Zadní náprava je kyvná a kola při zatáčení kopírují stopu kol předních, což zmenšuje jízdní odpor při jízdě v nakypřené půdě. V porovnání s konstrukcí, s říditelnou nápravou, se zmenšuje poloměr otáčení až o 30 %.

[1]

### **2) Nápravové řízení**

Řízení je podobné jako u nákladních automobilů s tuhým jednodílným rámem, kdy se natáčí zadní náprava. Nevýhodou je, že při zatáčení vytváří vozidlo čtyři stopy, což při jízdě v terénu zvětšuje jízdní odpor. Oproti kloubovému řízení je větší i poloměr otáčení a tento systém se tak téměř nepoužívá. [1]

### **3) Řízení všech kol**

Tento styl řízení je doménou spíše menších nakladačů. Každé kolo se může samostatně natáčet o 35 - 45° a zmenšit tak poloměr otáčení. Systém také umožňuje přepnout na kruhové otáčení nebo příčnou jízdu. Tento natáčecí mechanismus je oproti předchozím mechanismům relativně složitější. Na své nakladače ho aplikuje například výrobce nakladačů Kramer. [1]

### **4) Stereořízení**

V roce 1995 tento systém začala u svých nakladačů zavádět firma Liebherr. Jde o kombinaci natáčení pomocí konstrukce děleného kloubového rámu v kombinaci s natáčením zadních kol. Dochází tak ke zmenšení poloměru otáčení o dalších 20 % a souběžně ke zvýšení příčné stability nakladače, protože se snižuje úhel natočení kloubového rámu ze 48° na 28°. [1]

### **5) Rozdílný hydrostatický náhon stranových kol**

Stejný způsob využívají smykem řízené mininakladače, kdy je jedna strana kol přibrzděna a druhá strana se normálně otáčí. Dochází tak k otáčení celého stroje na tu stranu, která je právě přibrzděna. Systém se využívá u mininakladačů. Tyto nakladače mají v nerovném terénu velmi malou stabilitu díky malému rozvoru. [1]

### **3.1.5 Hydraulický systém**

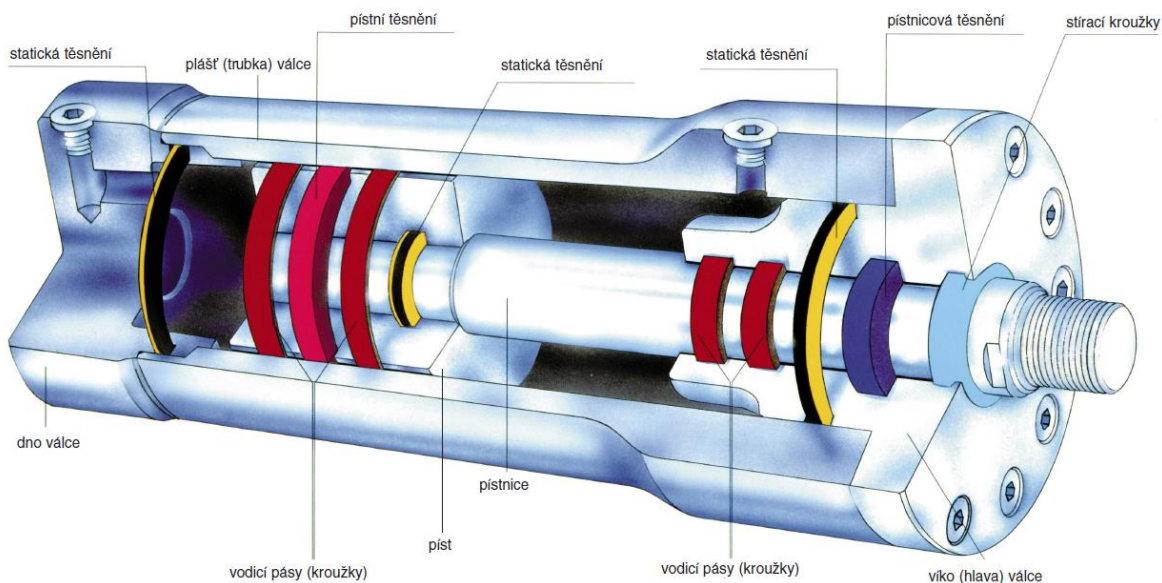
Hydraulická soustava nakladače zabezpečuje přeměnu mechanické energie hnacího motoru na energii hydraulickou. Tato energie je převáděna k hydromotorům v nichž se přeměňuje na energii mechanickou sloužící ke zdvihu a manipulaci s výložníkem, případně k pohybu stroje. Základní součástí tlakového obvodu je tlakové vedení, hydrogenerátor, nádrž s kapalinou, pojišťovací ventil, rozvaděč, škrťací ventil a hydromotor. [1]

V moderních strojích se využívá technologie Load-sensing

Tento systém používá nastavitelné čerpadlo, které dodává pouze takové množství oleje, a pod takovým tlakem, kolik právě daný úkon vyžaduje. Nedochozí tak ke zbytečnému ohřevu hydraulického oleje a ztrátám výkonu. Změna dodávaného množství se provádí škrťací klapkou, která se vychyluje ze své polohy v závislosti na množství kapaliny potřebné pro daný spotřebič. [21]

Ke zvedání výložníku, ovládání lopaty a natáčení kloubového mechanismu stroje slouží hydraulický dvojčinný motor, jehož schéma je na obrázku č.2. Vysouvání i zasouvání tohoto motoru probíhá tlakovým plněním oleje ze dvou stran.

**Obrázek 2: Schéma přímočarého dvojčinného hydromotoru**



*zdroj: <http://www.hennlich.cz/produkty/tesneni-hydraulicka-tesneni-obecne-technicke-informace-344/schema-hydraulickeho-valce.html>*

### **Hydraulické kapaliny**

Jsou nedílným prvkem hydraulických zařízení. Jejich hlavním úkolem je přenášet sílu a energii z jedné jednotky na druhou a vykonávat mechanickou práci. Jako hydraulické kapaliny se používají převážně minerální oleje. Ve speciálních případech, z důvodu zvláštních nároků, se používají jiné kapaliny. Může se jednat kapaliny s větší pracovní teplotou, z důvodu práce stroje v extrémních klimatických podmínkách nebo požadavek na ochranu životního prostředí. V takovém případě se používají biologicky odbouratelné hydraulické kapaliny.

Hydraulické oleje jsou primárně určeny k přenosu výkonu. Při této činnosti je vyžadována jejich stálost tzn. nesmí docházet ke změnám vlastností oleje. Druhotným úkolem je ochrana kovových ploch proti korozi, chemickému rozkladu, odvod tepla a zajištění těsnosti celého systému. [3]

Hydraulické oleje se rozdělují do dvou kvalitativních tříd

#### 1. Minerální oleje

Tyto oleje jsou ekologicky nešetrné.

- H – minerální olej bez aditiv
- HL – olej H + aditiva proti stárnutí a proti korozi
- HLP – olej HL + aditiva snižující opotřebení
- HVLP – olej HVL + aditiva pro stabilní viskozitu
- HLPD – HVLP + aditiva s detergenty a disperzanty

#### 2. Rostlinné a syntetické oleje

Tyto oleje jsou ekologicky šetrné a biologicky odbouratelné

- HEPG – oleje na bázi polyglykolu
- HETG – oleje na rostlinné bázi
- HEES – oleje na bázi esteru [3]

### 3.1.6 Pracovní zařízení

Mezi pracovní zařízení se řadí výložník a pracovní nástroje, tj. lopata, paletizační vidlice a jiné zařízení sloužící k manipulaci s materiály. Pro zjednodušení a zrychlení práce s výměnnými zařízeními mohou být stroje vybaveny rychloupínacím hydraulickým systémem. Tento systém se ovládá z kabiny, strojník tak nemusí opouštět své pracoviště. Výměna nástroje probíhá jednoduše. Tlačítkem v kabině jsou ovládány dva pojistné čepy rychloupínacího mechanismu. Ty uvolní nástroj a pouhým posunem výložníku dolů se nástroj vyhákně ze dvou háků na kterých je zavěšen. Poté stroj přejede k jinému nástavci a opačným principem se nástroj připevní. Rychloupínací systém je patrný na obrázku č.15 v příloze.

#### Druhy výložníků a jejich kinematika

Kinematický systém výložníku popisuje způsob a uspořádání zdvihu výložníku a vyklápěcího mechanismu lopaty nebo jiného typu náradí.

Tento systém má za úkol vedení naložené zátěže, správné využití řezné a zvedací síly. Udává výšypnou výšku, vzdálenost vyložení, stabilitu nakladače a zajišťuje dobrý přehled o pohybu materiálu.

## **Kinematika výložníků**

### **1) „Z“ kinematika**

Využívá se především ve stavebnictví u otočných i čelních nakladačů. Klopná síla je přenášena od hydromotoru pomocí táhel ve tvaru „Z“.

Tento systém využívá při plnění lopaty maximální sílu díky tomu, že je hydromotor plněn ze strany, kde tlak kapaliny působí na celou plochu pístu. Dochází tak sice k pomalejšímu plnění pístu, zároveň je ale využit maximální výkon stroje. Naopak při vyprazdňování lopaty je pracovní plocha hydromotru zmenšena o průměr pístní tyče. Hydromotor se tak plní rychleji a vykládka materiálu probíhá rychleji. [1][14]

### **2) „P“ kinematika**

Nazývána také paralelní kinematika. Tento typ výložníků se využívá především tam, kde je zapotřebí dodržet paralelní zdvih, nebo-li rovinu břemene se zemí. „P“ kinematika je určena pro nasazení s těžkým náradím a předsunutým těžištěm. Při těchto úkonech se uplatňují vysoké síly potřebné k zpětnému zavírání nástroje. V praxi se jedná např. o práci s vysokovýklopnou lopatou, drapákem na dřevo s dřevní kulatinou nebo s vidlicovým nástavcem, sloužícím k manipulaci s paletami. [1] [14]

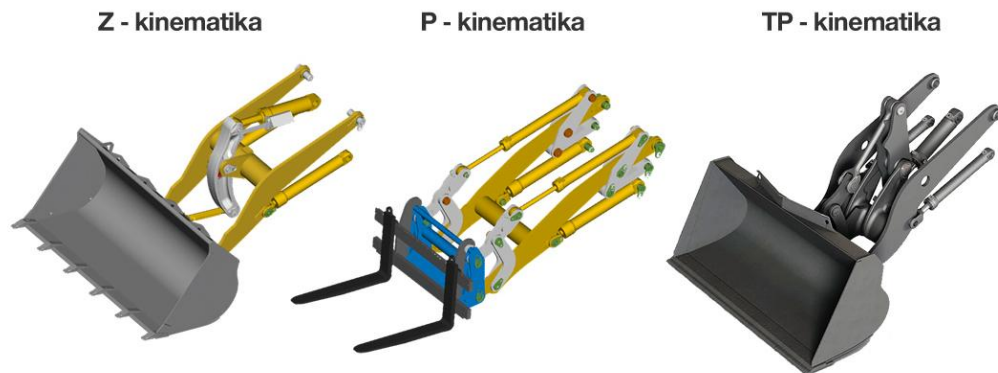
Od „Z“ kinematiky se odlišuje jiným uspořádáním lopatových táhel. Hydromotor je plněn ze strany pístnice a klopná síla je tak menší.

### **3) T-P kinematika**

Nebo-li torque parallel kinematic je patentem Volvo koncernu. Tento typ kombinuje přednosti obou předchozích systémů. Dosahuje dobrého paralelního vedení lopaty v celé výšce zdvihu, lepší zdvihové síly a lepšího řezného momentu lopaty při záběru. Z konstrukčního hlediska má tento typ kinematiky více čepových spojů a tím pádem i mazacích míst. Nevýhoda proti „P“ a „Z“ kinematice je také podstatně větší hmotnost stavby. [1] [14]

Kinematiky „Z“, „P“ a „TP“ jsou znázorněny na obrázku č.3.

**Obrázek 3: Typy kinematik výložníku**



*zdroj: [http://bagry.cz/clanky/navody/o\\_praci\\_s\\_kloubovym\\_nakladacem\\_aneb\\_umite\\_nakladat\\_prvni\\_cast\\_vymezeni\\_pojmu](http://bagry.cz/clanky/navody/o_praci_s_kloubovym_nakladacem_aneb_umite_nakladat_prvni_cast_vymezeni_pojmu)*

## **Druhy lopat**

Lopaty jsou u nakladačů nejpoužívanějším pracovním nástrojem. Dle druhů a měrných hmotností nabíraných materiálů je několik provedení lopat. [1]

Měrné hmotnosti nakládaných materiálů jsou zobrazeny v příloze v tabulce č.35

### **1) Základní**

Lopaty jsou osazeny vyměnitelnými zuby, které jsou přišroubovány zároveň se spodní lištou lopaty. Tyto nástroje jsou vhodné pro nakládku materiálů o měrné hmotnosti 1,6-1,8 t/m<sup>3</sup>. Řezné zuby a hrany jsou vyrobeny z ořezuvzdorné oceli. [1]

### **2) Lopaty se zesílenou konstrukcí**

Tyto lopaty jsou vhodné pro nakládku hornin o měrné hmotnosti 1,8-2 t/m<sup>3</sup>. Případně i k těžení zvětralé skály. V provedení s rovnými nebo šípovými zuby. [1]

### **3) Lopaty pro nakládku lehkých hmot**

Slouží pro nakládku materiálu s měrnou hmotností 0,8-1,2 t/m<sup>3</sup>. Bývají se zuby nebo bez zubů a mají zvětšený objem. [1]

### **4) Lopaty pro zvlášť lehké materiály**

Slouží pro nakládku lehkých materiálů a zemědělských produktů o měrné hmotnosti 0,5-0,8 t/m<sup>3</sup>. Tyto lopaty mají větší objem i šířku. [1]



### **5) Lopaty s bočním vyklápěním**

Lopaty s čelním nabíráním a boční vyklápění. Tento způsob zkracuje pracovní cyklus. Nejvíce využíván pro lehčí materiály 1,3-1,7 t/m<sup>3</sup>. [1]

### **6) Víceúčelové lopaty**

Tyto nástroje jsou složeny ze dvou částí. Radlicové a lopatové části, které jsou spojeny čepem. V případě, že se lopata používá jako nakládací, jsou obě části nástroje sevřeny. Při použití radlicové části je lopatová část nadzvednuta pomocí přímočarých hydraulických motorů a pracovní plocha radlice je uvolněna. Pro ovládání čelistí lopaty je použit samostatný hydraulický obvod. [1]

Radlice se používá k těmto pracem:

- odhumusení horní vrstvy půdy
- plošné těžení hornin
- zahrnování drážek nebo jam
- rozprostírání zemin

### **7) Roštové a vidlové lopaty**

Používají se pro nakládku šterku. V zemědělství např. k nakládce chleviské mrvy. [1]

## **Ostatní zařízení**

### **1) Drapákové zařízení**

Určeny pro přemísťování a nakládku kusových materiálů jako jsou bedny, kameny, kmeny stromů atd. [1]

### **2) Paletizační vidlice**

Slouží pro nakládku a pohyb s paletami. Mohou být s pevnými nebo posuvnými vidlicemi. Posuvné vidlice slouží pro případné přizpůsobení nástroje k nakládce nestandardního materiálu. [1]

### **3) Jeřábový výložník**

Tento nástroj slouží ke zvedání břemen. Může sloužit i pro zvedání drapákového zařízení. [1]

### 3.1.7 Kabina

Účelem kabiny je chránit posádku a zabezpečit jí takové podmínky, které jí dovolí vykonávat své povinnosti v požadované rychlosti a kvalitě. S rostoucími nároky na dodávku materiálu, jsou strojníci nuceni trávit v kabině více a více času. Těmto podmínkám se musí přizpůsobit i úroveň vybavení kabiny. Doby, kdy strojník seděl na sedadle umístěném na vrchní části stroje, bez jakékoli ochrany, ať už před padajícím materiálem nebo povětrnostními vlivy jsou dávno pryč.

Moderní kabina je vybavena stavitelným volantem, vzduchem odpruženou sedačkou, po jejíž levé straně bývá umístěný joystick a přepínače pro ovládání doplňkových funkcí. Za volantem bývá umístěný panel, na kterém je obsluha přehledně informována o všech důležitých informacích.

Vzduchotechnika je vybavena klimatizací a vyhříváním kabiny. Její výdechy jsou systematicky rozmístěny po celé kabině tak, aby docházelo k rovnoměrnému proudění vzduchu. Nasávaný vzduch je filtrován před pylové filtry.

V horní části kabiny bývá umístěno rádio s CD přehrávačem a radiová stanice CB pro komunikaci posádky s ostatními stroji nebo dispečerem.

Tam, kde to bezpečnost provozu vyžaduje, může být stroj vybaven kamerami, které monitorují okolí stroje a jejich záznam je přehráván na LCD panelu v kabině.

Pro provozy, jako jsou kovohutě atd., kde je pro nakládku vysokých pecí potřeba přesně vážit přemísťovaný materiál, je výložník vybaven tenzometrickou vahou. Naměřené hodnoty se zobrazují na displeji v kabině a v případě potřeby je možné tyto hodnoty tisknout na instalované tiskárně. Monitor kamery a digitální váha s tiskárnou jsou vidět na obrázku č.14 v příloze.

Bezpečnostní ochrana kabin je u současných strojů nutností. Dnešní produkce kolových nakladačů je standardně vybavena ochranným systémem FOPS dle DIN/ISO 3449/EN474-1 a ROPS dle DIN/ISO 3471/EN474-3. Ochrana kabiny se posuzuje podle rizika pracovní operace a podle rizikové skupiny pracovního stroje. Riziko pracovní operace může být buď malé, střední nebo velké. Odvíjí se podle stability podloží a podle prostředí kde se stroj pohybuje. [18] [19]

Rizikové skupiny strojů se rozdělují do třech kategorií

- kategorie 1 (vysoké riziko) – válce, nakladače, skrejpry
- kategorie 2 (střední riziko) – rýpadla, dozery, traktory
- kategorie 3 (nízké riziko) – grejdry, zametací stroje [18]

**Druhy ochrany kabin:**

**ROPS** (Roll Over Protective Structure)

Kabina chrání posádku při převrácení stroje o 180° Obsahuje FOPS a OPS

**TOPS** (Tip Over Protective Structure)

Kabina chrání posádku při překlopení stroje na bok. Obsahuje FOPS a OPS

**FOPS** (Falling Object Protective Structure)

Ochrana posádky stroje proti padajícím předmětům.

**COPS** (Cabin Operator Protective Structure)

Předchůdce normy ROPS. Obsahuje FOPS a OPS

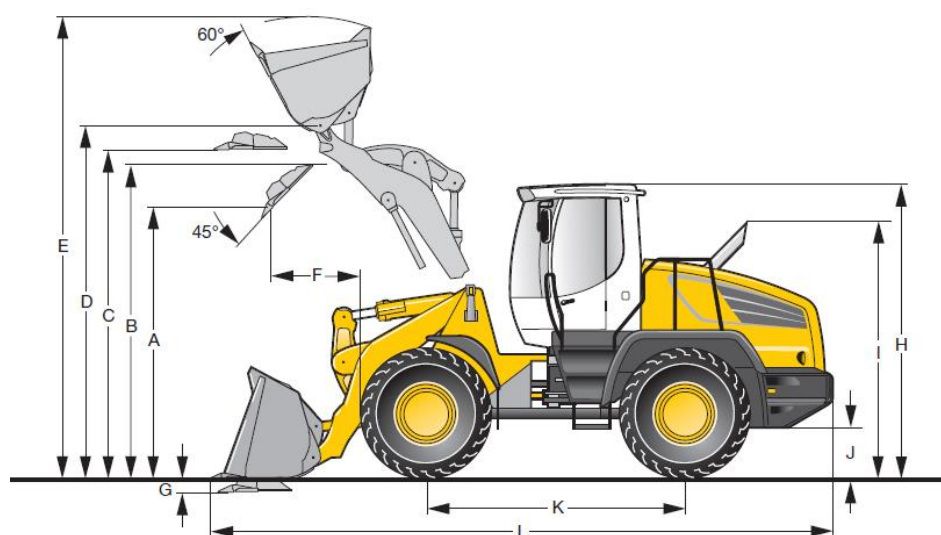
**OPS** (Operator Protective Structure)

Ochrana posádky před pronikajícími předměty do kabiny. [18] [20]

### 3.1.8 Rozměry stroje udávané výrobcem

Každý výrobce uvádí rozměry stroje pro různé modifikace. V prospektech nalezneme rozměry stroje pro různé druhy kinematik v kombinaci s různými druhy lopat a jinými nástroji. V dokumentaci jsou také uvedeny pohotovostní hmotnosti, překlopné síly v přímém směru a při zatočení, dovolené užitečné zatížení a to vše pro jednotlivé modifikace. Rozměry udávané výrobcem strojů Liebherr jsou patrné na obrázku č.4.

Obrázek 4: Rozměry a pracovní rozsahy uváděné firmou Liebherr



zdroj: <http://www.liebherr.cz/cs-CZ/94789.wfw>

- A** Sypná výška při maximální výšce zdvihu
- B** Překlopná výška
- C** Maximální výška dna lopaty
- D** Maximální výška otočného čepu lopaty
- E** Maximální výška horní hrany lopaty
- F** Dosah při maximální výšce zdvihu
- G** Těžební hloubka
- H** Výška nad kabinou
- I** Výška nad výfukem
- J** Světlná výška
- K** Rozvor
- L** Celková délka

## 4 Charakteristika současné produkce a vývojové trendy

V této kapitole jsou popsány jednotlivé stroje a jejich parametry jsou uvedeny v tabulkách pod příslušným textem.

### 4.1 Volvo L60F

Obrázek 5: Kolový nakladač Volvo L60F



*zdroj: vlastní zdroj*

#### 4.1.1 Motor

Kolový nakladač Volvo L60F je osazen šestiválcovým přeplňovaným motorem D6H o objemu 5,7l s přímým vstřikováním paliva Common-Rail. Palivo je distribuováno z vysokotlakého vstřikovací lišty. Vysokotlaké čerpadlo je poháněno řemenem, žene palivo do vysokotlaké lišty a pomocí vysokotlakého potrubí je vedeno k elektrohydraulicky ovládaným vstřikovačům paliva. Motor je umístěn podélně za zadní nápravou stroje a působí tak zároveň jako protizávaží. Chlazení motoru zajišťuje hydraulicky poháněný ventilátor umístěný za motorem. Maximální výkon 114 kW (dle ISO) je dodáván v 1700 ot/min. [6]

**Tabulka 1: Parametry motoru nakladače Volvo L60F**

Motor	D6H LCE3
Max. výkon v otáčkách	1700 ot/min
Výkon dle SAE J1995	115 kW
Výkon dle ISO 9249	114 kW
Max. točivý moment v otáčkách	1600 ot/min
Točivý moment dle SAE J1995	680 Nm
Točivý moment dle ISO 9249	648 Nm
Ekonomický rozsah otáček	1100 - 1600 ot/min
Zdvihový objem	5,7 l

*zdroj: [6]*

#### 4.1.2 Hnací ústrojí

Jedná se o ocelolitonové nápravy, kdy přední je pevně připevněna k rámu stroje a zadní je uložena kyvně s možností pohybu v horizontální rovině  $\pm 13^\circ$ . O koncový převod je zajištěn planetovým soukolím. Nápravy jsou vybaveny brzdami s lamelami ponořenými v olejové lázni. Pro lepší trakci na nepevném povrchu je přední náprava vybavena uzávěrkou diferenciálu s možností 100 % uzavření. [6]

Změnu převodových stupňů zabezpečuje automatická převodovka Volvo HTE 110 s možností řadit jednotlivé stupně manuálně nebo automaticky. Řazení je možné pod zatížením. [6]

**Tabulka 2: Parametry hnacího ústrojí nakladače Volvo L60F**

Převodovka	Volvo HTE 110
Převodový poměr měniče točivého momentu	2,85 : 1
Maximální rychlost	
1. stupeň	7,3 km/h
2. stupeň	14,2 km/h
3. stupeň	27,1 km/h
4. stupeň	43,1 km/h
Měřeno s pneumatikami	20,5R25
Přední a zadní náprava	AWB 15
Výkyv zadní nápravy	$\pm 13^\circ$

*zdroj: [6]*

### 4.1.3 Elektrický systém

Stroj je vybaven elektronickým výstražným zařízením, které dá při poruše signalizaci pomocí výstražné kontrolky a bzučáku. Může se jednat např. o vážné poruchy motoru (nízký tlak oleje, přehřátí motoru, porucha brzd, porucha dobíjení atd.). Stroj je vybaven dvěma dvanáctivoltovými bateriemi o kapacitě 2x110 Ah, které jsou umístěny v prostorách na protizávaží. [6]

Tabulka 3: Parametry elektrického systému nakladače Volvo L60F

Palubní napětí	24 V
Baterie	2x12 V
Kapacita baterií	2x110 Ah
Startovací proud	690 A
Alternátor	2280 W / 80 A
Startér	5,5 kW

*zdroj: [6]*

### 4.1.4 Brzdy

Provozní brzdu zabezpečuje dvouokruhový dusíkem plněný brzdový systém. Dusík je použit protože jeho objemová roztažnost v porovnání s normálním vzduchem je s měnícími se teplotami konstantní. Provozní brzdy jsou lamelové, ponořené v olejové lázni, která je chlazená v uzavřeném cirkulačním systému. [6]

Parkovací brzda je řešena pomocí kotoučové brzdy, která je umístěna na výstupu z převodovky. Aktivována je automaticky při zastavení a vypnutí stroje. Odbrzdnění je ovládáno pomocí tlačítka na přístrojové desce. Brzdový systém je jištěn dobíjecími akumulátory, pro případ, že by například vysadil motor a standardní systém by nefungoval. Brzdový systém splňuje požadavky normy ISO 3450, 71/320/EEC. [6]

### 4.1.5 Kabina

Kabina je situována tak, že se všechny potřebné informace nachází v centru zorného pole strojníka. Monochromatický displej informuje obsluhu o všech důležitých provozních parametrech stroje a je umístěn spolu s ukazateli paliva a chladicí kapaliny v kapliče za volantem. Na pravém „A“ sloupku jsou umístěny spínače osvětlení apod. Nad nimi je umístěn ovládací panel vzduchotechniky kabiny. Do kabiny je vháněn filtrovaný čerstvý vzduch pomocí ventilátoru s jedenácti stupni regulace nebo režimem AUTO. Dále je zde umístěn displej monitorovacího systému Contronic, na kterém se v reálném čase zobrazují

diagnostické informace o provozu stroje. Kabina je testována na bezpečnostní ochranu ROPS a FOPS dle ISO 3471 a ISO 3449. [6]

**Tabulka 4: Parametry kabiny nakladače Volvo L60F**

Vnitřní hladina hluku dle ISO 6396	68 dB
Vnější hladina hluku dle ISO 6395	104 dB
Ventilace	9m <sup>3</sup> /min
Výkon topení	11 kW
Výkon klimatizace	8 kW

*zdroj: [6]*

#### **4.1.6 Hydraulický systém**

Hydraulický systém typu Load-sensing s jedním axiální pístovým čerpadlem s naklápačící deskou. Ventily jsou ovládány magneticky. Při zvedání má ventil tři polohy: zvýšit, podržet a snížit. Při práci je možné nastavit jakoukoli ze tří poloh a dosáhnout tak plné výšky zdvihu nebo maximálního dosahu. Při sklápění jsou polohy podržet, vrátit a složit. Pohyb výložníku a nakládání lopaty zabezpečují dvojčinné hydraulické válce. Olejová náplň je filtrována přes filtr, který je schopný zachytit nečistoty o velikosti 10 mikronů. [6]

**Tabulka 5: Parametry hydraulického systému nakladače Volvo L60F**

Maximální pracovní tlak	26 MPa
Průtok při tlaku 10 MPa a otáčkách motoru 1900 ot/min	145 l/min

*zdroj: [6]*



## 4.2 Caterpillar 924G

Obrázek 6: Kolový nakladač Caterpillar 924G



*zdroj: vlastní zdroj*

### 4.2.1 Motor

Nakladač Caterpillar 924G pohání přeplňovaný šestiválcový motor Cat C6.6 s technologií ACERT. Jedná se o kombinaci úprav motoru a jeho součástí (turbodmychadlo plnicího vzduchu s odpouštěním a hlava válců s příčným prouděním), které snižují spotřebu paliva a zároveň i vypouštěné emise. Zdvihový objem motoru činí 6,6 litrů a maximálního výkonu 104kW dle ISO dosahuje motor v 1700 ot/min. Díky přeplňování turbodmychadlem je možné pracovat až v nadmořské výšce 3000 m n. m. Motor je uložen podélně, mírně za zadní nápravou, což snižuje překlopný moment. Ventilátor motoru je umístěným v zadní části motorového prostoru. [7]

**Tabulka 6: Parametry motoru nakladače Caterpillar 924G**

Motor	Cat D6,6 ACERT
Max. výkon v otáčkách	1700 ot/min
Výkon dle SAE J1995	105 kW
Výkon dle ISO 9249	104 kW
Max. točivý moment v otáčkách	1500 ot/min
Točivý moment dle ISO 9249	668 Nm
Zdvihový objem	6,6 l

*zdroj: [7]*

#### **4.2.2 Hnací ústrojí**

Nápravy stroje jsou přizpůsobeny pro těžký provoz. Ozubené kalené převody a ložiska s vysokou únosností zajišťují vysokou životnost. Přední náprava je pevná s možností uzamknutí diferenciálu a zamezení tak prokluzu kol na nezpevněném povrchu. Zadní náprava je kyvná s možností vychýlení  $\pm 12^\circ$ , což napomáhá stroji udržet všechny čtyři kola v kontaktu se zemí a zajistit tak dostatečnou trakci. Zadní náprava může být vybavena diferenciálem s omezeným prokluzem kol. [7]

Řazení obstarává robustní převodovka Caterpillar, jejíž komponenty jsou konstruované pro těžký provoz. To zajišťuje dlouhou životnost a spolehlivý chod. K dispozici jsou čtyři rychlostní stupně vpřed a tři vzad, které lze volit manuálně nebo automaticky. Manuální volba rychlostních převodů je realizována otočným ovladačem, který je umístěn na sloupku řízení vlevo pod volantem. Řazení převodovky je možné přepnout do režimu ekonomického a výkonnostního. V ekonomickém režimu je rozjezd plynulý, což vede k nižší spotřebě paliva a většímu komfortu obsluhy. Naopak ve výkonnostním režimu je zajištěna maximální akcelerace. [7]

Jako volitelné příslušenství lze stroj osadit převodovkou se sníženými rychlostmi pro pomalejší pojezd. [7]

**Tabulka 7: Parametry hnacího ústrojí nakladače Caterpillar 924G**

Převodovka	Caterpillar - Standard
1. stupeň	6,7 km/h
2. stupeň	12,2 km/h
3. stupeň	21,8 km/h
4. stupeň	38,5 km/h
Měřeno s pneumatikami	20,5R25
Výkyv zadní nápravy	±12°

*zdroj: [7]*

### 4.2.3 Elektrický systém

O dobíjení dvou bezúdržbových akumulátorů se stará bezkontaktní alternátor dodávající 95A. Z hlediska bezpečnosti je ve stroji umístěn odpojovací vypínač akumulátorů. V kabině je pro potřeby obsluhy umístěna zástrčka s napětím 12V. Pro rychlejší ohřátí stroje na provozní teplotu je instalován ohřev chladicí směsi. [7]

**Tabulka 8: Parametry elektrického systému nakladače Caterpillar 924G**

Palubní napětí	24 V
Baterie	2x12 V
Startovací proud	950 A
Alternátor	95 A

*zdroj: [7]*

### 4.2.4 Brzdy

Brzdy jsou lamelové ponořené v olejové lázni. Ovládané pouze hydraulicky. Parkovací brzda je ovládaná pákou umístěnou vlevo vedle sedadla strojníka. [7]

### 4.2.5 Kabina

Nástup do stroje je usnadněn zoubkovanými stupačkami. Kabina je vybavena dvěma dveřmi, které lze otevřít o 180°. Výhled na všechny strany usnadňují velká okna s plochým sklem. Zadní okno je vybaveno elektrickým odmrazováním. Pro zlepšení komunikace s personálem v okolí stroje, jsou v horní části umístěna posuvná okna. [7]

Palubní deska stroje je osazena analogovým rychloměrem. Po obou stranách rychloměru jsou osazeny teploměry hydraulického oleje, teploty chladicí kapaliny motoru a teploty olejové náplně měniče točivého momentu. Na pravé loketní opěrce je umístěn joystick k ovládní kinematiky výložníku. Tento joystick je vybaven kolébkovým

přepínačem, kterým je ovládán směr pojezdu. Za příplatek lze stroj osadit až třemi kamerami, které přenáší obraz na LCD monitor, umístěný v kabině, a dává tak posádce přehled o tom, co se děje v blízkém okolí stroje. V doplňkové výbavě nalezneme také klimatizaci nebo paket pro jízdu stroje po komunikacích. [7]

Kabina je standardně vybavena bezpečnostním systémem ROPS a FOPS úrovně II dle normy ISO 3471 a ISO 3449. [7]

**Tabulka 9: Parametry kabiny nakladače Caterpillar 924G**

Vnitřní hladina hluku dle ISO 6394	74 dB
Vnější hladina hluku	104 dB
Vnější hladina hluku*	101 dB

\*s instalovaným paketem odhlučnění "Blue Angel"

*zdroj: [7]*

#### 4.2.6 Hydraulický systém

Nakladač je vybaven modulovým hydraulickým systémem typu Load-sensing. Tento systém s proměnným průtočným množstvím reaguje na požadavky vykonávané práce a přizpůsobuje tomu průtok a tlak v hydraulickém systému. Výložník disponuje „Z“ kinematikou a spolu se systémem VersaLink, který zajišťuje paralelní zdvih, umožňuje současně zvedat, vyklápět a používat přídavné hydraulické funkce. O zvedání se starají dva hydraulické dvojčinné válce s vnitřním průměrem 101,6 mm a zdvihem 810 mm. Vyklápění obstarává válec s vnitřním průměrem 133,4 mm a zdvihem 945 mm. Standardně jsou v přístroji nainstalovány dva hydraulické obvody pro ovládání výložníku. V doplňkové výbavě lze stroj osadit až šesti samostatně ovládanými hydraulickými okruhy. [7]

Dalším prvkem volitelné výbavy je systém tlumení rázů při pojezdu. O eliminaci podélného kolébání se starají čtyři dusíkem plněné tlakové akumulátory. Systém je ovládán automaticky a je aktivován při rychlosti vyšší než 5 km/h. [7]

**Tabulka 10: Parametry hydraulického systému nakladače Caterpillar 924G**

Maximální pracovní tlak	25,9 MPa
Průtok při tlaku 6,9 MPa a otáčkách motoru 2300 ot/min	152 l/min

*zdroj: [7]*

## 4.3 Liebherr L528

Obrázek 7: Kolový nakladač Liebherr L528



*zdroj: vlastní zdroj*

### 4.3.1 Motor

Pohon kolového nakladače Liebherr obstarává příčně uložený, přeplňovaný čtyřválcový vodou chlazený motor 4045 HF 286 o objemu 4,5 litrů. Je doplněn o mezichladič stlačeného vzduchu. Příčně uložený motor má výhodu optimálně rozložené hmotnosti a posunutí těžiště stroje co nejvíce dozadu. To vede ke zlepšení překlopné síly stroje a většímu výkonu překládky, při menší pohotovostní hmotnosti, v porovnání s konkurencí. Příčně uložený motor dovoluje lepší konstrukční provedení krytu motorového prostoru a zlepšení tak výhledu z kabiny za zadní část stroje. Chlazení zajišťuje nezávisle poháněný ventilátor, který je netradičně umístěn mezi kabinou a motorem. Tím je minimalizováno nasávání zvířeného prachu, který je za strojem. Chladný vzduch je nasáván zpoza kabiny a vyfukován otvory na zadní části motorového krytu. Regulaci otáček ventilátoru řídí termostat. V případě silného zahřívání se nakladač přepne na první jízdní režim. Dojde k nepatrnému poklesu výkonu a ochraně motoru před přetížením. Souběžně je ventilátor sepnut na maximální otáčky, aby se zabránilo přehřátí motoru. [8]

**Tabulka 11: Parametry motoru nakladače Liebherr L528**

Motor	4045 HF 286
Max. výkon v otáčkách	2400 ot/min
Výkon dle SAE J1995	86 kW
Max. točivý moment v otáčkách	1500 ot/min
Točivý moment dle ISO 9249	430 Nm
Zdvihový objem	4,5 l

*zdroj: [8]*

### 4.3.2 Hnací ústrojí

Jedná se o pohon hydrostatický s jedním axiálním čerpadlem a dvěma axiálními pístovými motory, jež pracují v uzavřeném okruhu s rozdělovací převodovkou. Jízda vpřed a vzad je zajištěna změnou směru čerpání regulačního čerpadla. Řízení pohonu pojezdu probíhá pedálem akcelerace a pedálem regulace hnací síly. K dispozici jsou tři rychlosti vpřed a dvě rychlosti vzad. Nápravy stroje jsou osazeny planetovým převodem v nábojích kol. Přední náprava je pevná, zadní kyvně uložená s možností vychýlení  $\pm 6^\circ$ . Obě nápravy jsou vybaveny automatickým lamelovým samosvorným diferenciálem s 45 % uzávěrkou. Krom kyvně uložené zadní nápravy je umožněn výkyv středového kloubu, což vede k menšímu výkyvu kabiny, většímu komfortu obsluhy a lepším manévrovacím schopnostem. [8]

**Tabulka 12: Parametry hnacího ústrojí nakladače Liebherr L528**

Převodovka	Liebherr - hydrostatic
1. stupeň	6 km/h
2. stupeň	16 km/h
3. stupeň	40 km/h
Výkyv zadní nápravy	$\pm 6^\circ$

*zdroj: [8]*

### 4.3.3 Elektrický systém

Elektrická soustava stroje je 24 V. Baterie jsou osazeny dvě o celkové kapacitě 270 Ah. Jejich dobíjení zajišťuje třífázový alternátor s výstupním napětí 24 V a proudem 55A. Startování obstarává startér o výkonu 7 kW. Stroj je vybaven vypínačem baterie. Za příplatek je možné instalovat elektronický imobilizér. [8]

**Tabulka 13: Parametry elektrického systému nakladače Liebherr L528**

Palubní napětí	24 V
Baterie/kapacita	2x12 V / 270 Ah
Startér	7 kW
Alternátor	třífázový 55 A

*zdroj: [8]*

#### **4.3.4 Brzdy**

Při lehkém uvolnění plynového pedálu dojde k samovolnému zastavení stroje díky samosvornosti hydrostatického systému, který působí na všechna čtyři kola. O samotné brzdění se stará dodatečný hydraulický přečerpávací brzdový systém s mokkými lamelovými brzdami, které jsou umístěny v bloku diferenciálu. Pro přední a zadní nápravu se jedná o dva oddělené brzdové okruhy. Parkovací, elektro-hydraulicky ovládaná brzda je pružinová kotoučová brzda umístěná na kardanu, který vede k přední nápravě. [8]

#### **4.3.5 Kabina**

Kabina je k zadnímu rámu stroje připevněna na elastických podložkách, které eliminují hluk a vibrace přenášené do kabiny. Dveře strojníka jsou na levé straně kabiny s možností otevření 180°. Na pravé straně kabiny je ručně otevíratelné okno. Čelní sklo je vyrobeno z vrstveného bezpečnostního skla se zeleným tónováním. Boční skla jsou také bezpečnostní, jednovrstvá s šedým tónováním. Zadní sklo je vyhřívané. Sedadlo je na vzduchovém polštáři, šestinásobně přestavitelné s možností nastavení hmotnosti strojníka. Kabina je větraná pomocí čtyř zónové cirkulace vzduchu, vybavena vodním topením. Nasávaný vzduch je filtrován přes jemný prachový filtr. Možnost klimatizační jednotky je za příplatek. Sloupek řízení je volitelně přestavitelný. Na jeho levé straně je páčka s ovládním světel, směrovek a klaksonu. Pojezd a pohyb kinematiky je pomocí jednoho joysticku ovládaného pravou rukou strojníka. Za joystickem po pravé straně sedadla, je panel s ovládním vytápění, parkovací brzdy atd. Informace o stavu paliva, teplotě motoru, teplotě oleje, rychlosti a aktivovaných funkcích jsou zobrazovány na LCD displeji, který je umístěn po pravé straně vedle volantu. Kabina splňuje bezpečnostní požadavky proti překlopení ROPS dle ISO 3471 a ochranu proti padajícím předmětům FOPS podle ISO 3449. [8]

**Tabulka 14: Parametry kabiny nakladače Liebherr L528**

Vnitřní hladina hluku dle ISO 6396	69 dB
Vnější hladina hluku	101 dB

*zdroj: [8]*

### **4.3.6 Hydraulický systém**

Pohyb hydraulické kapaliny v systému zajišťuje axiální regulační čerpadlo s funkcí Load-sensing s výkonovým regulátorem a regulátorem výkonnosti čerpadla. Hydraulický olej je filtrován ve zpětném filtru v nádrži a je chlazen v chladiči ofukovaným ventilátorem, který je spínáný termostatem. Řízení probíhá jednopákově s hydraulickým předběžným řízením. Zdvihací okruh má tři polohy (zvednout, neutrál, spustit), spouštěcí (naklopit, neutrál, vyklopit) s automatickým zpětným pohybem lopaty. [8]

Kinematika stroje může být „Z“, „P“ nebo High Lift pro zvedání a vyklápění lehkých materiálů ve výškách. [8]

**Tabulka 15: Parametry hydraulického systému nakladače Liebherr L528**

Maximální pracovní tlak	31,9 MPa
Maximální průtok	105 l/min

*zdroj: [8]*



## 4.4 JCB 426e Agri

Obrázek 8: Kolový nakladač JCB 426e Agri



*zdroj: vlastní zdroj*

### 4.4.1 Motor

Stroj pohání přeplňovaný šestiválcový motor o objemu 6,7 l. Motor je vodou chlazený, uložený podélně nad zadní nápravou, s přímým vstřikem paliva Common-Rail. Nasávaný vzduch je chlazen v mezichladiči stlačeného vzduchu. Ventilátor chlazení motoru je umístěn v zadní části a je poháněný hydraulicky. Maximálního výkonu 119 kW dosahuje motor ve 2000 ot/min. [9]

Tabulka 16: Parametry motoru nakladače JCB 426e Agri

Motor	Cummins QB 6,7
Max. výkon v otáčkách	2000 ot/min
Výkon dle SAE J1995	119 kW
Max. točivý moment v otáčkách	1400 ot/min
Točivý moment dle SAE J1995	732 Nm
Zdvihový objem	6,7 l

*zdroj: [9]*

#### 4.4.2 Hnací ústrojí

Stroj je osazen automatickou převodovkou Powershift s elektrickým řazením převodových stupňů a integrovaným zpomalovačem rychlostí, který umožňuje hladkou změnu směru pojezdu a změnu převodu. Pro pojezd vpřed jsou určeny čtyři rychlostní stupně a tři stupně pro pojezd vzad. Řazení je možné automaticky nebo manuálně pomocí otočného ovladače, který je umístěn na sloupku řízení. Přední náprava je pevná, zadní je kyvná a umožňuje vychýlení až  $\pm 21^\circ$ . [9]

**Tabulka 17: Parametry hnacího ústrojí nakladače JCB 426e Agri**

Převodovka	ZF 4WG 160
Převodový poměr měniče točivého momentu	2,549 : 1
Maximální rychlost	
1. stupeň	7,44 km/h
2. stupeň	14,51 km/h
3. stupeň	25,19 km/h
4. stupeň	37,9 km/h
Přední / náprava	JCB PR12 / PR10
Převodový poměr nápravy	21,098 : 1
Výkyv zadní nápravy	$\pm 21^\circ$

*zdroj: [9]*

#### 4.4.3 Elektrický systém

Stroj je napájen dvěma bezúdržbovými bateriemi o kapacitě 145 Ah, které jsou umístěny pod ventilátorem v protizávaží. Tyto baterie jsou překryty gumovými zástěrkami, aby se zamezilo jejich znečištění. Dobíjení zajišťuje 70 A alternátor. Nouzové řízení stroje je zajištěno elektrickým čerpadlem umístěným v motorovém prostoru. Při poruše nebo vysazení motoru je čerpadlo automaticky aktivováno a řízení není nijak omezeno. Všechny konektory splňují normu krytí IP 67, která zajišťuje absolutní odolnost vůči prachu a ponoření do vody o hloubce 1 m. [9]

**Tabulka 18: Parametry elektrického systému nakladače JCB 426e Agri**

Palubní napětí	24 V
Baterie	2x12 V
Kapacita baterií	2 x 145 Ah
Alternátor	70 A

*zdroj: [9]*

#### 4.4.4 Brzdy

Dvouokruhové lamelové brzdy s lamelami ponořenými v olejové lázni. Brzděna jsou všechna čtyři kola a provozní tlak je 8 MPa. Brzdové obložení je z důvodu ochrany životního prostředí vyrobeno z organického materiálu. Parkovací kotoučová brzda je na výstupu z převodovky. Je ovládaná pomocí táhla s bezpečnostní pojistkou umístěného vedle sedadla strojníka. Systém je jištěn záložním akumulátorem pro případ nouze. [9]

#### 4.4.5 Kabina

Kabina je na rámu stroje uložena pružně. Tím je minimalizováno přenášení vibrací a hluku do kabiny. Vstup je dveřmi na levé straně stroje usnadněný po protiskluzových schůdkách. Volant je umístěn na centrálním sloupku řízení s možností naklápění. Za volantem umístěný panel s výstražnými kontrolkami a displejem, který ukazuje otáčky motoru, rychlost, zařazený rychlostní stupeň, teploty provozních kapalin a motoru a stav paliva. Po pravé straně sedadla je panel s ovládáním vzduchotechniky a joystick pro ovládání výložníku a lopaty. Přední sklo je lepené se zakřivením po stranách a nízko položenou hranou, což umožňuje lepší výhled z kabiny. Vytápění o výkonu 11 kW dodává do kabiny filtrovaný vzduch. Kabina je nečlenitá, což dovoluje dobré utěsnění proti vnikajícímu prachu. Splňuje bezpečnostní normy ROPS dle ISO 3471 a ochranu proti padajícím předmětům FOPS podle ISO 3449. [9]

**Tabulka 19: Parametry kabiny nakladače JCB 426e Agri**

Vnitřní hladina hluku dle ISO 6396	73 dB
Vnější hladina hluku dle ISO 6395	105 dB
Výkon topení	11 kW

*zdroj: [9]*

#### 4.4.6 Hydraulický systém

Hydraulický systém typu Load-sensing je osazen dvěma axiálními pístovými čerpadly s proměnným množstvím průtoku oleje. Stroj může být osazen „Z“ kinematikou s třemi hydraulickými válci nebo „P“ kinematikou s vysokým zdvihem a čtyřmi hydraulickými válci. [9]

**Tabulka 20: Parametry hydraulického systému nakladače JCB 426e Agri**

Maximální pracovní tlak	25 MPa
Průtok při tlaku 10 MPa a otáčkách motoru 1900 ot/min	132 l/min

*zdroj: [9]*

## **4.5 Vývojové trendy**

### **4.5.1 Dálková diagnostika stavebních strojů**

*S nástupem nových technologií se začíná čím dál tím více využívat dálkové diagnostiky pracovních strojů. Děje se tak pomocí na dálku zasláných informací o provozu stroje, poloze a jeho stavu do vzdáleného centra. Toto centrum bývá zpravidla počítačový server napojený na internet. Kdokoliv s přístupovými kódy tak může online, či zpětně sledovat parametry daného stroje. Odpadá tak vedení psané knihy jízd a jiných údajů pro pozdější kontrolu, což vede k zefektivnění práce a uspořeni finančních prostředků.[27]*

Informace, které mohou být zasílány:

- Doba, po kterou je motor nastartován a vypnut
- Doba běhu motoru na volnoběh
- Pozice stroje pomocí systému GPS
- Nízký stav paliva a celková spotřeba paliva
- Alarmy a chybové kódy
- Využívané funkce stroje

### **Volvo – Care Track**

CareTrack je telematický systém, který byl vyvinut pro práci se stroji Volvo. Jedná se o vlastní diagnostický systém, který kombinuje dva nezávislé systémy, GPS a mobilní telefon sítě nebo datový přenos satelitem. Ve stroji musí být instalována řídicí jednotka s GPS modulem a anténou. Systém je nabízen v základní verzi CareTrack Basic a CareTrack Advanced. [6]

Rozdíly mezi těmito dvěma verzemi jsou v příloze v tabulce č.34

### **Caterpillar – Product Link**

Product Link je systém, který shromažďuje a přináší majitelům potřebné informace o jejich strojích. Tato aplikace umožňuje kontrolovat a řídit údržbu stroje. Sledovat jeho provozně-technický stav a jeho využití včetně sledování spotřeby paliva. Přenos dat ze stroje je uskutečněn pomocí mobilní GSM sítě nebo satelitní sítě pomocí GPS zařízení, které je umístěné ve stroji. Data jsou přenesena na server Caterpillar kde je možné je prohlížet přes webové rozhraní Vision Link. [7]

### **Liebherr – LiDat**

Tento systém je nabízen ve dvou verzích LiDat Standart a LiDat Plus. Oba systémy se od sebe odlišují množstvím poskytovaných informací. [8]

Rozdíly mezi verzí LiDat Standart a LiDat Plus jsou v příloze v tabulce č.33

### **JCB – Live Link**

Live Link je softwarový systém, který umožňuje sledovat a spravovat stroje JCB na dálku. Ve stroji je zabudován malý počítač, který shromažďuje informace z několika senzorů. Tyto informace jsou odesílány pomocí mobilní komunikační technologie do datového centra JCB. Nashromážděná data jsou přístupná na webovém rozhraní Live Link nebo jsou odeslána na e-mail, nebo na mobilní telefon. [9]

Všechny tyto systémy jsou schopny monitorovat polohu stroje a v případě překročení předem definované hranice dojde k zaslání této informaci příslušné osobě, případně je stroj automaticky vypnut. Tento způsob může sloužit jako bezpečnostní prvek proti odcizení stroje.

## **4.5.2 Emisní normy**

První emisní normy se začaly zavádět v roce 1996. Bylo zapotřebí snižovat emise oxidu dusíku (NO<sub>x</sub>) a objem pevných částic (PM), které stavební stroje vypouštěly. První emisní norma, která se týkala i stavebních strojů byla norma Tier 1. Stroje s touto normou vypouštějí do ovzduší stokrát více škodlivin, než stroje s nejmodernější normou Tier 4A.

Snižování emisí má zároveň negativní vliv na spotřebu paliva. Jelikož jsou ve výfukovém potrubí umístěny filtry pevných částic, které znesnadňují plynulý odtok

výfukových plynů, musí motor pracovat s větším množstvím paliva, aby dosáhl žádaného výkonu. Další palivo navíc si vyžaduje i regenerace filtru pevných částic. [15] [16]

Redukovat vypouštěné emise NOx a PM není až tak velký problém. Problém je v tom, že při snižování jednoho druhu emisí se druhé zvyšují. Je zapotřebí najít kompromis, kdy redukce obojího bude na přijatelné úrovni. K tomu slouží dva odlišné druhy omezování emisí CEGR + DPF a SCR. [16]

Ke zpřísnování emisních limitů bude nadále docházet. Dočasná norma Tier 4 v současnosti platí pro stavební stroje o výkonu 56 – 559 kW. To znamená, že stroje vyrobené od roku 2012 s výkonem přesahujícím 56 kW, musí splňovat prozatímní normu Tier 4. Od roku 2014 začne platit finální verze Tier 4, která limity ještě více zpřísní a rozšíří na větší skupinu strojů. Stroje s výkonem nad 560 kW nepodléhají v Evropské unii žádným emisním limitům. [15] [16]

Kategorizace strojů podle výkonu a příslušné emisní třídy jsou patrné z následující tabulky č.21.

**Tabulka 21: Emisní normy pro pracovní stroje dle výkonu motoru a vstupu v platnost**

kW	hp	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0 - 7	0 - 10	V EU nepodléhá emisním limitům														
8 - 18	11 - 24	V EU nepodléhá emisním limitům														
19 - 36	25 - 49	V EU nepodléhá emisním limitům														
37 - 55	50 - 74	V EU nepodléhá emisním limitům														
56 - 74	75 - 99	EPA Tier 1 EU Stage I														
75 - 129	100 - 174				EPA Tier 2 EU Stage II											
130 - 559	175 - 749								EPA Tier 3 EU Stage III A					EPA zatímní Tier 4 EU Stage III B		EPA Tier 4 EU Stage IV
≥ 560	≥ 750	V EU nepodléhá emisním limitům														

*zdroj: [16]*

### **CEGR + DPF**

Jedná se o recirkulaci a chlazení výfukových plynů. Tato technologie se vyznačuje systémem proměnného vstřikování paliva pod vysokým tlakem, řízením turbodmychadel, řízením motoru elektronickým systémem a úpravou spalin ve výfukovém potrubí pomocí filtru pevných částic. [16]

Recirkulací výfukových plynů se snižuje obsah kyslíku nasávaného do spalovacího prostoru. Díky tomu je dosaženo nižší teploty spalování a tvorby oxidu dusíku.

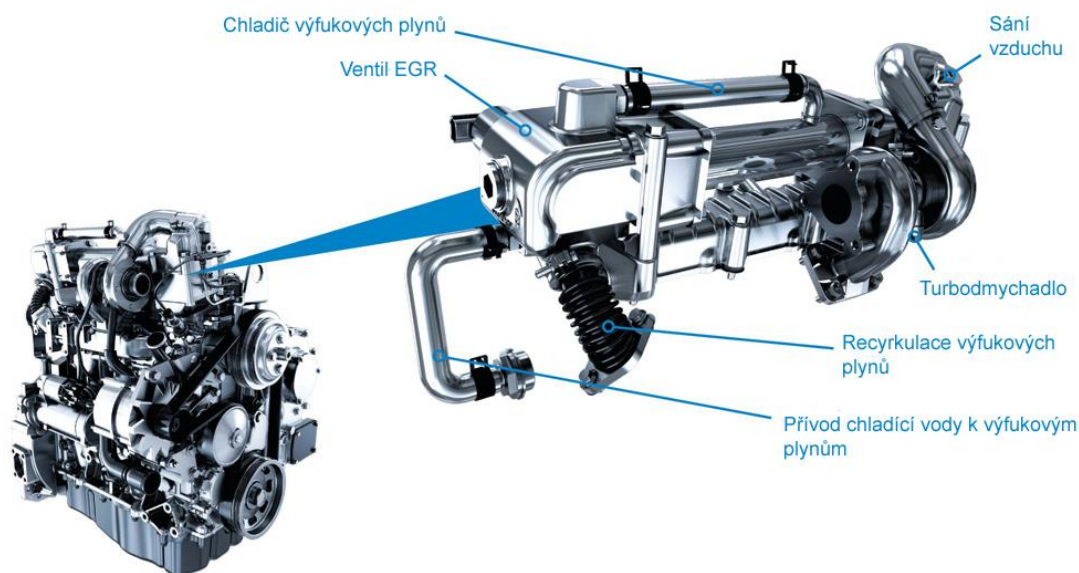
Samotný filtr pevných částic je vyroben z karbidu křemíku. Je umístěn ve výfukovém potrubí pod kovovým pláštěm. Kromě zachycování pevných částic vykonává také funkci tlumiče. Filtr je tvořen soustavou kanálek, které jsou na povrchu pórovité. V těchto pórech se pevné částice zachycují. Jakmile dojde k naplnění pórů, řídicí jednotka spustí proces tepelné regenerace. Při tomto procesu jsou při teplotách okolo 700 °C pevné částice zcela spáleny. [16]

Regenerace může být pasivní, aktivní nebo kombinace obojího. Pasivní regenerace probíhá samovolně, kdy je motor více zatížen a teplota spalin dosáhne 500 °C - 550 °C. Tento typ regenerace nelze využívat u stavebních strojů. Pracovní stroje pracují většinou v krátkých cyklech a často při nízkých otáčkách a požadované teploty se tak samovolně nedosáhne. Proto je potřeba přistoupit k regeneraci pasivní, kdy je do spalovacího prostoru vstříknuto více paliva. [16]

Nevýhody spočívají v časové náročnosti regenerace, která probíhá 30 – 45 minut v cyklu 10 – 12 hodin. Samotný filtr pevných částic ztrácí časem svoji funkci a je potřeba jeho výměna, což více prodražuje provoz stroje. [16]

Schéma motoru s technologií CEGR je na obrázku č.9.

**Obrázek 9: Motor s technologií CEGR**



*zdroj: [15]*

## SCR

Funguje jako selektivní katalytická redukce, kdy je vstřikován 32,5 % vodní roztok močoviny o vysoké chemické čistotě do výfukové soustavy. Tento roztok se zde rozloží na amoniak a oxid uhličitý. Amoniak reaguje s oxidy dusíku v katalyzátoru SCR za vzniku neškodných látek dusíku a vodní páry. Systém je známý jako AdBlue. Princip přeměny látek v katalyzátoru je popsán v chemické rovnici uvedené níže. [16] [17]

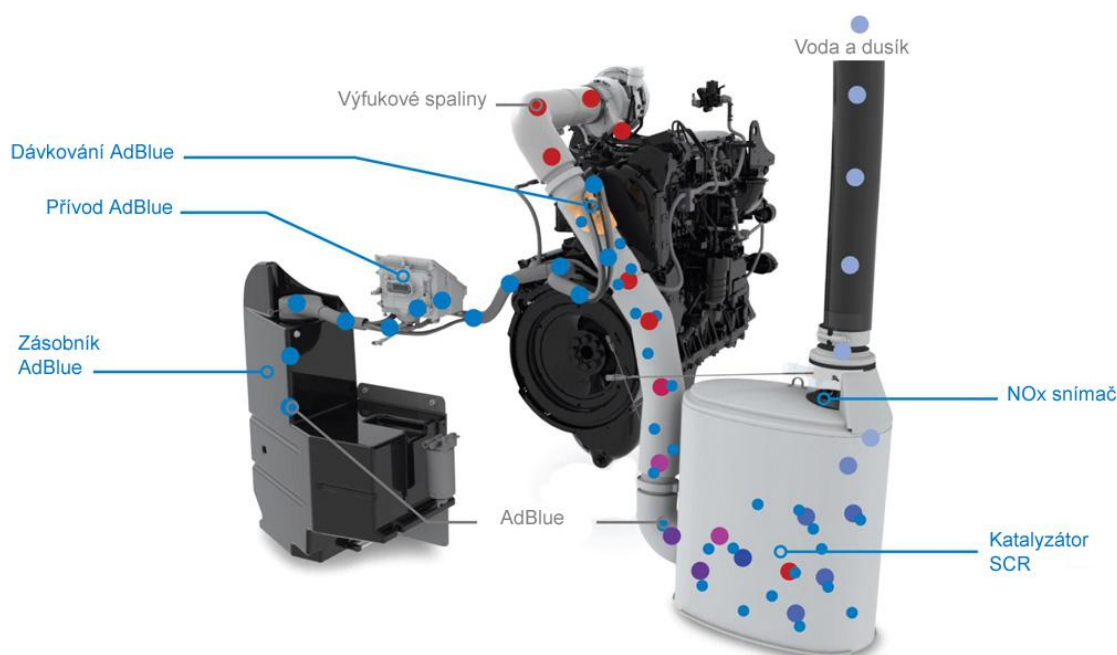


K fungování tohoto systému je zapotřebí vedení a nádrž na močovinu, elektrické vodiče a katalizační jednotky umístěné ve výfuku, která plní zároveň funkci tlumiče.

Nevýhodou tohoto systému je potřeba samostatné nádrže na AdBlue s nutností močovinu pravidelně doplňovat. Ta navíc při teplotách pod  $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$  zamrzá. K rozehrání dochází až po zahřátí motoru a do této doby tak stroj pracuje bez regulace výfukových plynů. Eliminovat tento faktor lze pomocí elektricky vyhřívané nádoby na AdBlue, kdy i při mrazivých teplotách systém funguje od počátku startu stroje. [16] [17]

Schéma motoru s technologií SCR je na obrázku č.10.

**Obrázek 10: Motor s technologií SCR**



*zdroj: [15]*



## 5 Experimentální část

### 5.1 Popis měřících přístrojů

K měření pojezdové rychlosti byl využit bezdrátový GPS modul Nokia LD – 3W. Tento modul byl připojen pomocí bezdrátové technologie Bluetooth k mobilnímu telefonu Nokia E51, kde byl nainstalován software pro zobrazení a následný odečet naměřených údajů.

#### 5.1.1 Bezdrátový GPS modul Nokia LD – 3W

Jedná se o bezdrátový GPS modul, který slouží jako přijímač signálu z družic, jeho transformaci a následné vyslání do příslušného zařízení, které přijaté informace dekóduje a zobrazí. Modul je osazen čipem Sirf Star III, který je schopen přijímat signál až z dvaceti družic najednou. Přijímač je vybaven třemi LED diodami, které signalizují jeho aktuální stav. Zelená dioda signalizuje zapnutý modul, modrá signalizuje spojení s telefonem, bílá příjem satelitního signálu a připravenost navigovat / měřit. Na boku přístroje je tlačítko pro zapnutí / vypnutí modulu a konektor pro dodatečné napájení. Podrobné parametry modulu jsou popsány v tabulce č.22.

Tabulka 22: Parametry Bluetooth modulu Nokia LD - 3W

Rozměry	78.4 x 45.4 x 16.5 mm
Váha	65 g
Napájení	Li-ion akumulátor BL - 5C
GPS přijímač	Sirf Star III, 20 paralelních kanálů
GPS anténa	Integrovaná
Přesnost	± 5-10 m, maximum ± 25 m (prostor otevřený signálům z 95%)
Rychlost aktualizace	1 s
Doba synchronizace	45 s / 2 s (studený / teplý start)
Souřadnicový systém	WGS84
Operační teploty	10 °C až 40 °C
Komunikační rozhraní	Bluetooth verze 2.0, Serial Port profil, NMEA 0183 v. 3.01

*zdroj: [23]*

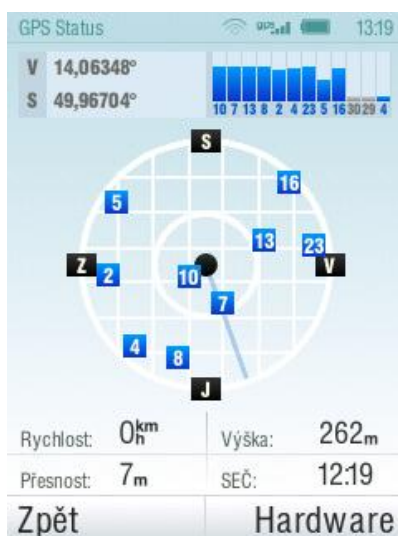
## Technologie GPS

GPS je síť družic, které obíhají nad povrchem planety Země na střední oběžné dráze ve výšce 20190 km. Dráhy družic jsou přesně stanovené. Družice vysílají signál, který obsahuje časový kód. Pro zjištění polohy stačí znát časový kód minimálně ze tří družic. Celkem je na oběžné dráze umístěno 24 družic. Na každé polokouli je v daný okamžik možno přijímat signál maximálně z dvanácti družic. [24]

Tato technologie byla původně vyvinuta pro vojenské účely. V osmdesátých letech došlo k uvolnění i pro civilní účely. [24]

Ukázka příjmu signálu GPS je patrná na obrázku č.11. Je zde vidět počet aktivních družic a kvalita signálu z nich, jejich rozmístění a jiné parametry. Obrázek je pořízen ze zařízení Nokia E51 z programu Sygic McGuiider.

Obrázek 11: Screenshot z programu Sygic McGuiider



*zdroj: vlastní zdroj*

### 5.1.2 Mobilní telefon Nokia E51

Pro příjem a zobrazení dat z GPS modulu byl použit telefon Nokia E51. V tomto přístroji byl nainstalován software Nokia Sports Tracker verze 1.78. Tento software využívá data přijatá z GPS modulu. Z nich zaznamenává a zobrazuje maximální dosaženou rychlost, průměrnou rychlost, ujetou vzdálenost, nadmořskou výšku a dobu jízdy. Naměřené údaje je možné zpětně vyvolat a vyhodnotit. Screenshoty z toho programu jsou na obrázku č.12.

**Tabulka 23: Základní parametry mobilního telefonu Nokia E51**

Rozměry	115 × 46 × 12 mm
Hmotnost	100 g
Operační systém	Symbian OS 9.2, Series S60, 3rd edition, Feature Pack 1
Verze softwaru	200.34.36
Konektivita	Wi-Fi, Bluetooth 2.0, USB
Paměť	vestavěná 130 MB, slot pro microSD karty
Napájení	Li-ion akumulátor BP - 6MT

*zdroj: [23]*

**Obrázek 12: Screenshoty z programu Nokia Sports Tracker**



*zdroj: vlastní zdroj*

Na obrázku jsou vidět hodnoty z provedeného zkušebního měření. Na levé části v položce Speed je zobrazována aktuální rychlost v km/h. V pravé části jsou patrné souhrnné hodnoty. Je zde vidět kdo měření prováděl, údaje o datu a čase měření a mnoho jiných údajů. Pro potřeby měření maximální rychlosti je nejdůležitější položka Speed max, která ukazuje nejvyšší dosaženou rychlost.

### 5.1.3 Stopky VST 34.1

K měření času výložníku byly použity stopky VST 34.1 s přesností 1 / 100 sekundy.

## **5.2 Metodika měření**

### **5.2.1 Měření času výložníku**

Pro měření času výložníku byly použity digitální stopky VST 34.1. Stroj a jeho provozní kapaliny byly při předchozím pracovním nasazením zahřáty na provozní teplotu. Měření probíhalo s osazenou lopatou, která byla prázdná. Pro měření byly nastaveny maximální otáčky stroje a maximální vychýlení ovládacího joysticku. Tím bylo zaručeno, že čas potřebný pro operaci zvednutí výložníku nebo lopaty bude co nejkratší. Měření probíhalo od počátečního pohybu výložníku až do jeho úplného zastavení. S ohledem na časový a finanční fond spolupracujících subjektů bylo měření prováděno dvakrát. Výsledná hodnota byla zprůměrována a pro jednotlivé stroje je patrná v tabulkách v kapitole 5.3.

### **5.2.2 Měření pojzdové rychlosti**

Měření pojzdové rychlosti probíhalo na plně zahřátých strojích. GPS modul byl umístěn v kabině tak, aby byl zaručen co nejkvalitnější příjem satelitního signálu. Řazení rychlosti bylo přepnuto do manuálního režimu a každá rychlost byla změřena s plným sešlápnutím plynu. Z důvodu prodlevy aktualizace rychlosti v měřicím zařízení, byla maximální rychlost držena po delší dobu, aby došlo k jejímu ustálení. S ohledem na časový a finanční fond spolupracujících subjektů bylo měření prováděno jednou. Maximální hodnoty byly zpětně odečteny z historie uložených měření v programu Nokia Sports Tracker a jsou patrné v tabulkách v kapitole 5.3. U stroje JCB 426e Agri nedošlo z technických důvodů ke změření pojzdové rychlosti na čtvrtý rychlostní stupeň.

### 5.3 Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty byly porovnány s hodnotami, které uvádí výrobce. Od hodnoty udávané výrobcem byla odečtena hodnota, která byla naměřena. Pokud naměřená rychlost byla větší než ta, kterou udává výrobce, byla výsledná hodnota označena v tabulce zelenou barvou. Pokud tomu bylo naopak, hodnota byla označena červeně. Následně byl spočítán procentuální rozdíl udávané a naměřené rychlosti. Z výsledků je zřejmé, že naměřené rychlosti u strojů Volvo L60F a Caterpillar 924G byly ve všech případech nižší než uvádí výrobce. Lepších výsledků dosahoval stroj Liebherr L528, který byl na prvním rychlostním stupni rychlejší o 5 % oproti hodnotě uváděné výrobcem a stroj JCB 426e Agri, který byl na prvním a druhém rychlostním stupni rychlejší o 7 a 11 %. Rozdíl hodnot může být zapříčiněn nadměrným opotřebením stroje (pneumatiky, hnací ústrojí), nepřesností měřících přístrojů. Výrobce také neuvádí v jaké konfiguraci stroje měření prováděl.

Pro hodnoty operace výložníku byl použit stejný systém vyhodnocení hodnot, jako pro pojezdové rychlosti. Byl proveden rozdíl udávané a naměřené hodnoty a následně spočítán procentuální rozdíl. Ve srovnání s pojezdovou rychlostí je zde naměřený rozdíl běžně 50 %. Chyba měření může být způsobena lidským faktorem a opotřebením stroje.

Naměřené a udávané hodnoty pro jednotlivé stroje jsou patrné z tabulek č.24 – č.27. Grafické znázornění naměřených a tabulkových hodnot je patrné z grafu č.1.

## Volvo L60F

Měření na stroji Volvo L60F probíhalo v podniku Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. Stroj je v podniku necelé dva roky. Jeho nájezd byl v době měření 6216 motohodin. Osazen byl kinematikou TP se standardní délkou dosahu. Stroj slouží pro přemísťování materiálu k plnění vysokých pecí. Měření probíhalo dne 16.3.2012 při teplotě okolního vzduchu 7 °C. Stroj obsluhoval strojník Karol Brlai. Stroj byl osazen pneumatikami Goodyear 20,5 / R25 GP – 2B. Jejich opotřebení bylo značné. Zbývalo cca 10 % vzorku.

**Tabulka 24: Naměřené hodnoty Volvo L60F**

Volvo L60F	Rychlostní stupeň	Rychlost udávaná výrobcem [km/h]	Rychlost naměřená [km/h]	Rozdíl udávaná vs. naměřená rychlost [km/h]	Procentuální rozdíl rychlostí
	1.	7,30	6,00	1,30	17,81
	2.	14,20	13,20	1,00	7,04
	3.	27,10	23,70	3,40	12,55
	4.	43,10	28,00	15,10	35,03
Operace	Čas udávaný výrobcem [s]	Čas naměřený [s]	Rozdíl udávaného vs. naměřeného času [s]	Procentuální rozdíl časů	
Zvedání výložníku	4,50	5,89	1,39	30,89	
Vysypání lopaty	2,30	4,99	2,69	116,96	
Spuštění výložníku	2,90	4,17	1,27	43,79	
Čas cyklu	9,70	15,05	5,35	55,15	

## Caterpillar 924G

Měření na stroji Caterpillar 924G probíhalo v zemědělském podniku PROAGRO Nymburk, a.s. Podnik disponuje dvěma stroji Caterpillar 924G. Jejich nájezd byl v době měření 20150 a 11500 motohodin. Stroj, na kterém měření probíhalo, byl osazen kinematikou typu „Z“ se standardní délkou dosahu. Stroj slouží pro manipulaci s chleviskou mrvou, pilinami a jinými materiály. Měření probíhalo dne 8.3.2012 při teplotě okolního vzduchu 3 °C. Stroj obsluhoval strojník Martin Kubíček. Stroj byl osazen pneumatikami Michelin XHA 17,5 / R25. Na přední nápravě nebyl patrný vzorek, na zadní nápravě zbývalo cca 20 % vzorku.

Tabulka 25: Naměřené hodnoty Caterpillar 924G

Caterpillar 924G	Rychlostní stupeň	Rychlost udávaná výrobcem [km/h]	Rychlost naměřená [km/h]	Rozdíl udávaná vs. naměřená rychlost [km/h]	Procentuální rozdíl rychlostí
	1.	7,00	5,30	1,70	24,29
	2.	12,00	10,20	1,80	15,00
	3.	22,00	19,10	2,90	13,18
	4.	39,00	25,90	13,10	33,59
	Operace	Čas udávaný výrobcem [s]	Čas naměřený [s]	Rozdíl udávaného vs. naměřeného času [s]	Procentuální rozdíl časů
	Zvedání výložníku	5,10	5,54	0,44	8,63
	Vysypání lopaty	1,40	2,70	1,30	92,86
	Spuštění výložníku	2,40	2,80	0,40	16,67
	Čas cyklu	8,90	11,04	2,14	24,04

## Liebherr L528

Měření na stroji Liebherr L528 probíhalo v podniku Betonárka Český Brod, s.r.o. Jeho nájezd byl v době měření 2965 motohodin. Osazen byl kinematikou „Z“ se standardní délkou zdvihu. Stroj slouží pro plnění násypek zařízení pro automatické dávkování a přípravu směsi na výrobu betonu. Jako výměnné zařízení využívají zametací nástavec pro čištění areálu podniku. Tento nástavec je zobrazen na obrázku č.13 v příloze. Stroj byl osazen centrálním mazacím systémem kloubů, který byl umístěn vlevo pod kabinou. Měření probíhalo dne 8.3.2012 při teplotě okolního vzduchu 3 °C. Stroj obsluhoval strojník Igor Grygar. Stroj byl osazen pneumatikami Triangle TB – 516 17,5 / R25, s cca 60 – 70 % vzorku.

Tabulka 26: Naměřené hodnoty Liebherr L528

Liebherr L528	Rychlostní stupeň	Rychlost udávaná výrobcem [km/h]	Rychlost naměřená [km/h]	Rozdíl udávaná vs. naměřená rychlost [km/h]	Procentuální rozdíl rychlostí
	1.	6,00	6,30	0,30	5,00
	2.	16,00	14,90	1,10	6,88
	3.	40,00	33,80	6,20	15,50
Operace	Čas udávaný výrobcem [s]	Čas naměřený [s]	Rozdíl udávaného vs. naměřeného času [s]	Procentuální rozdíl časů	
Zvedání výložníku	6,60	5,70	0,90	13,64	
Vysypání lopaty	1,80	2,70	0,90	50,00	
Spuštění výložníku	4,00	2,48	1,52	38,00	
Čas cyklu	12,40	10,88	1,52	12,26	



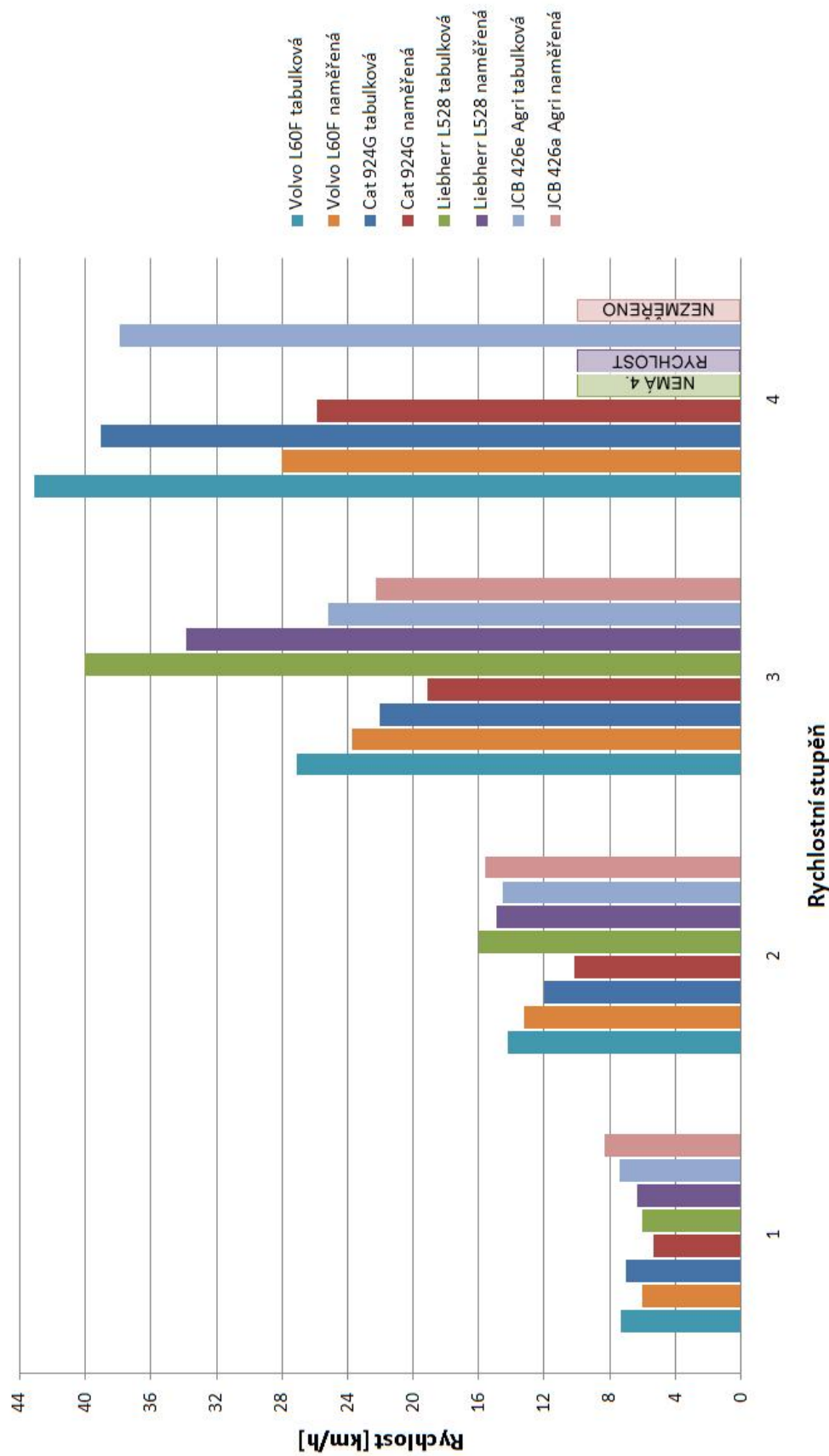
## JCB 426e Agri

Měření na stroji JCB 426e Agri probíhalo v zemědělském družstvu v Rosovicích. Nájezd stroje byl v době měření 2018 motohodin. Osazen byl kinematikou „P“ pro vysoký zdvih. Stroj slouží k nakládce rozmetadel hnoje, manipulaci s balíky slámy a přemísťování palet. Jako výměnné zařízení má podnik k dispozici hrot pro manipulaci s balíky slámy, kleště na balíky slámy a paletizační vidle. Pro lepší prostupnost nakladače v bahnitým terénu byl stroj osazen pneumatikami Michelin Megaxbib 620 / 75 / R26 se šípovitým vzorem. Opotřebením vzorku bylo cca 50 %. Měření probíhalo dne 15.3.2012 při teplotě okolního vzduchu 7 °C. Stroj obsluhoval strojník Jiří Krasňan.

Tabulka 27: Naměřené hodnoty JCB 426e Agri

JCB 426e Agri	Rychlostní stupeň	Rychlost udávaná výrobcem [km/h]	Rychlost naměřená [km/h]	Rozdíl udávaná vs. naměřená rychlost [km/h]	Procentuální rozdíl rychlostí
	1.	7,44	8,30	0,86	11,56
	2.	14,51	15,60	1,09	7,51
	3.	25,19	22,30	2,89	11,47
	4.	37,90	nezměřeno	Xxx	xxx
	Operace	Čas udávaný výrobcem [s]	Čas naměřený [s]	Rozdíl udávaného vs. naměřeného času [s]	Procentuální rozdíl časů
	Zvedání výložníku	4,40	5,38	0,98	22,27
	Vysypání lopaty	1,30	3,35	2,05	157,69
	Spuštění výložníku	2,70	3,39	0,69	25,56
	Čas cyklu	8,40	12,12	3,72	44,29

**Graf č.1.1 Porovnání naměřených a skutečných rychlostí v závislosti na zařazeném rychlostním stupni**



## 6 Porovnání strojů

Vícekritériálnost je důležitým znakem při každém rozhodování. Ve vícekritériální úloze se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Pro správné rozhodnutí je potřebné si stanovit vhodná kritéria, jež povedou k výběru varianty, která nejvíce uspokojí naše požadavky. Pro stanovení vah kritérií existuje několik metod. Patří mezi ně metoda pořadí důležitosti, bodovací metoda, metoda párového srovnání a Saatyho metoda. Pro hodnocení kolových nakladačů byla zvolena Saatyho metoda. [4] [5]

### 6.1 Saatyho metoda

Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnání kritérií. Tato metoda slouží k určení vah kritérií. Používá se v případě, když hodnocení provádí pouze jeden expert. Pro vytváření párových porovnání kritérií se používá devíti bodové stupnice, kdy je možné vyžít i mezistupně. [5]

Hlavní stupně hodnocení párových proměnných:

- 1 – Rovnocenná kritéria  $i$  a  $j$
- 3 – Slabě preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 5 – Silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 7 – Velmi silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 9 – Absolutně preferované kritérium  $i$  před  $j$

Hodnotící porovnává každou dvojici kritérií a velikost preferencí  $i$ -tého kritéria oproti  $j$ -tému kritériu zapíše do Saatyho matice  $S = (s_{ij})$ . V případě, že je  $i$ -té a  $j$ -té kritérium rovnocenné, je  $s_{ij} = 1$ . Je-li  $i$ -té kritérium slabě preferováno před  $j$ -tým, je  $s_{ij} = 3$ . Silná preference  $i$ -tého kritéria před  $j$ -tým, je  $s_{ij} = 5$ . Při velmi silné preferenci  $i$ -tého kritéria, je  $s_{ij} = 7$ . Absolutní preference je  $s_{ij} = 9$ . V případě, že je  $j =$  té kritérium preferováno před  $i$ -tým je zápis proveden jako převrácená hodnota, kdy pro slabou preferenci bude vypadat  $s_{ij} = \frac{1}{3}$  atd. [5]

Zápis probíhá do matice čtvercového řádu  $n \times n$ , kdy jsou na diagonále vždy hodnoty jedna, protože každé kritérium je samo sobě rovno. [5]

Pro samotný výpočet hodnot  $b_i$  a  $v_i$  – váha se využívá geometrického průměru a výpočtu normalizací hodnot podle následujících vzorců.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$
$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Pro hodnocení pomocí Saatyho matice byla zvolena tato kritéria:

**Výkon ( $k_1$ )** – Maximální výkon udávaný výrobcem dle normy SAE

**Točivý moment ( $k_2$ )** – Maximální točivý moment udávaný výrobcem

**Vylamovací síla ( $k_3$ )** – Vertikální síla, kterou je schopen vyvinout hydraulický válec zavírání lopaty. Definiuje schopnost nakladače nabrat materiál.

**Klopné zatížení v přímém směru ( $k_4$ )** – Maximální statická „nosnost“ stoje, bez toho aniž by došlo k jeho překlopení přes přední nápravu

**Čas cyklu výložníku ( $k_5$ )** – Celková naměřená hodnota pro operace zvednutí výložníku, vysypání lopaty, spuštění výložníku

**Hmotnost ( $k_6$ )** – Hmotnost uváděná výrobcem při osazení lopatou 2,1 – 2,2 m<sup>3</sup>

**Osobní preference ( $k_7$ )** – Osobní hodnocení strojů (ergonomie kabiny, vzhled atd.). Ohodnoceno bodovací metodou, kdy maximum je 10 bodů

**Cena ( $k_8$ )** – Základní katalogová cena přepočtená z měny Euro na české koruny při kurzu 24,16Kč za 1€ (kurz ze dne 28.3.2012). Uvedené ceny jsou bez DPH.

## 6.2 Porovnání strojů

Tabulka 28: Váhy Saatyho matice

	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$b_i$	$v_i$
$k_1$	1	1	1/5	1/3	2	1	3	5	1,091	0,107
$k_2$	1	1	1/3	5	5	2	3	6	2,040	0,200
$k_3$	5	3	1	1	3	2	7	6	2,800	0,274
$k_4$	3	1/5	1	1	2	2	7	5	1,740	0,170
$k_5$	1/2	1/5	1/3	1/2	1	1/3	1/4	1/3	0,383	0,038
$k_6$	1	1/2	1/2	1/2	3	1	5	4	1,286	0,126
$k_7$	1/3	1/3	1/7	1/7	4	1/5	1	1/3	0,396	0,039
$k_8$	1/5	1/6	1/6	1/5	3	1/4	3	1	0,473	0,046
									10,209	$\Sigma = 1$

Z tabulky č.28 je patrné, že nejvíce preferovaným kritériem je vylamovací síla. Jako druhé preferované kritérium je točivý moment následovaný klopným zatížením v přímém směru a jako čtvrté kritérium byla preferována hmotnost. Tyto čtyři kritéria spolu úzce souvisí a mají největší podíl na tom, jak stroj bude schopen vykonávat svoji práci.

Tabulka 29: Parametry porovnávaných strojů

	Volvo L60F	Caterpillar 924G	Liebherr L528	JCB 426e Agri
Výkon [kW]	115	105	86	119
Točivý moment [Nm]	680	668	430	732
Vylamovací síla [kN]	76,1	89	76	128
Klopné zatížení v přímém směru [kg]	8030	7793	8380	8188
Čas cyklu výložníku [s]	15,05	11,04	10,88	12,12
Hmotnost [kg]	11640	11734	11330	13010
Osobní preference	9	8	9,5	9,5
Cena [Kč]	3 020 000	2 800 000	2 657 600	2 817 539

V tabulce č.29 jsou uvedeny reálné parametry stroje, které jsou v tabulce č.30 vyjádřeny procentuálně. Nejlepší hodnota je vyjádřena jako 100 % a ostatní hodnoty jsou dopočítány jako procentuální podíl z nejlepší hodnoty. Pro kritérium ceny a času výložníku byla sty procenty ohodnocena nejmenší cena a nejkratší čas. Platí tak nepřímá úměra.

**Tabulka 30: Procentuální vyjádření hodnoty parametru**

	Volvo L60F	Caterpillar 924G	Liebherr L528	JCB 426e Agri
Výkon [kW]	96,6	88,2	72,2	100
Točivý moment [Nm]	92,8	91,2	58,7	100
Vylamovací síla [kN]	59,3	89	69,5	100
Klopné zatížení v přímém směru [kg]	95,8	92,9	100	97,7
Čas cyklu výložníku [s]	72,2	98,5	100	89,7
Hmotnost [kg]	89,4	90,1	86,8	100
Osobní preference	94,7	84,2	100	100
Cena [Kč]	88,0	94,9	100	94,3

**Tabulka 31: Celkové hodnocení stroje a určení pořadí**

	Volvo L60F	Caterpillar 924G	Liebherr L528	JCB 426e Agri	$v_i$
Výkon [kW]	10,32	9,42	7,71	10,68	0,107
Točivý moment [Nm]	9,91	9,74	6,27	10,68	0,200
Vylamovací síla [kN]	6,33	9,51	7,42	10,68	0,274
Klopné zatížení v přímém směru [kg]	10,23	9,92	10,68	10,44	0,170
Čas cyklu výložníku [s]	7,71	10,52	10,68	9,58	0,038
Hmotnost [kg]	9,55	9,62	9,27	10,68	0,126
Osobní preference	10,12	8,99	10,68	10,68	0,039
Cena [Kč]	9,40	10,14	10,68	10,07	0,046
Celkové hodnocení stroje [%]	73,58	77,87	73,41	83,50	
Výsledné pořadí	<b>3.</b>	<b>2.</b>	<b>4.</b>	<b>1.</b>	

Vynásobením procentuální hodnoty parametru a jeho váhy  $v_i$  dostaneme hodnoty v tabulce č.31. Součtem těchto hodnot vyjde celkové procentuální hodnocení stroje. Z těchto hodnot určíme výsledné pořadí strojů, kdy největší hodnota znamená nejlepší pořadí a naopak. Na prvním místě se umístil stroj JCB 426e Agri s 83,50 %. Na druhém místě se s 77,87 % umístil stroj Caterpillar 924G. Třetí místo patří stroji Volvo L60F se 73,58 % a čtvrté nakladači Liebherr L528. Rozdíl mezi nejlepším a nejhorším strojem je 10 %. Při konečném výběru stroje bude rozhodovat jeho určení v daném procesu a jiné okolnosti, jako blízkost a vstřícnost servisu, osobní preference atd.

## 7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo provést srovnání vybrané skupiny manipulační techniky. Pro komparaci byly vybrány čtyři kolové nakladače od výrobců Volvo, Caterpillar, Liebherr a JCB. V rozmezí provozních hmotností 11,5 – 13 tun a výkonem motoru 86 – 119 kW.

Pro hodnocení kolových nakladačů je možné zvolit mnoho kritérií. Záleží na každém jedinci jaké má požadavky. Pro srovnání byla zvolena Saatyho matice. Dle vlastního uvážení bylo vybráno osm kritérií, pomocí kterých se porovnání provádělo. Nejvíce preferovaným kritériem byla vylamovací síla, točivý moment, klopné zatížení v přímém směru, hmotnost a výkon. Tyto kritéria spolu úzce souvisí. Vysoká hmotnost, zajišťuje lepší přilnavost pneumatik k podkladu a umožňuje tak využít maximum točivého momentu a výkonu motoru. Záleží také na konkrétním nasazení daného stroje a do jisté míry také na osobních preferencích jedince. Jiný stroj bude vybírán pro nasazení v zemědělském podniku, jiný pro betonárku a jiný pro pískovnu.

Základní platforma strojů zůstává již po několik let nezměněna. Dochází však ke změnám, které mají pozitivní vliv na chod stroje, pohodlí posádky a v neposlední řadě na životní prostředí. Ke změnám dochází například v umístění ventilátoru motoru (stroj Liebherr), použití kabiny umístěné na gumových polštářích atd. Stroj Liebherr jako jediný z porovnávaných nakladačů disponuje čtyřválcovým motorem. Tento motor je uložen příčně za zadní nápravou a zlepšuje tak klopné zatížení. Ačkoli má o poznání nižší výkon, je vidět, že využitím vhodné koncepce může stroj s nižšími parametry konkurovat nakladačům s parametry o řád vyššími.

Vývoj se ubírá směrem implementace moderních technologií. Do strojů se instalují zařízení, které umožňují dálkovou telematiku, usnadňují a kontrolují práci posádky. Stroje jsou vybaveny klimatizační jednotkou, vzduchově odpruženou sedačkou, kamerami s LCD monitorem, rádiem, vysílačkou a jinými technologiemi.

Zpřísnují se také hlukové a emisní limity. Moderní stroje uváděné na trh musí tyto normy splňovat jinak není možný jejich provoz. V současné době je známý harmonogram emisních limitů do roku 2015. Dá se očekávat, že i po tomto datu se budou limity dále zpřísnovat. S nástupem nových technologií, bude možné konstruovat motory, které budou produkovat menší množství škodlivých látek, než je doposud.

Samotné měření bylo prováděno s běžně dostupnou technikou. Proto je při vyhodnocování výsledků potřeba k tomuto přihlédnout. Výrobci metodiku měření neuvádí a není tak možné zjistit podmínky za kterých bylo jejich měření provedeno. V této práci byl zvolen jednotný postup měření jak pro měření času výložníku, tak pro měření pojezdové rychlosti. Tím by měla být zajištěna objektivita výsledků. Zároveň je potřeba podotknout, že každý stroj byl osazen jiným typem a rozměrem pneumatik, což také vede k rozličným výsledkům.



## Seznam použité literatury

### Knižní publikace:

- [1] Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Legerova 61, Praha 2: Akademie věd České republiky, 2003. 5493. ISBN 80-200-1045-9.
- [2] *Stroje a zařízení pro manipulaci*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1986.
- [3] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vydání. Brno : Nakladatelství a vydavatelství vlk, 2001. 576 s. ISBN 80-238-6573-0.
- [4] ZÍSKAL, Jan a Jaroslav HAVLÍČEK. *Ekonomicko matematické metody II: Studijní texty pro distanční studium*. Praha: CREDIT Praha, 2002. ISBN 80-213-0664-5.
- [5] BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: CREDIT Praha, 2003. ISBN 80-213-1019-7.

### Internetové zdroje:

- [6] *Volvo Stavební stroje Czech s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.volvoce.com/dealers/cs-cz/volvo/pages/homepage.aspx>
- [7] *Phoenix - Zeppelin, spol. s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: [http://www.p-z.cz/cs/site/pz-stroje-caterpillar/cat\\_categories.htm](http://www.p-z.cz/cs/site/pz-stroje-caterpillar/cat_categories.htm)
- [8] *Liebherr* [online]. 2012 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.liebherr.cz/cs-CZ/94240.wfw>
- [9] *Terramet* [online]. 2012 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.terramet.cz/>
- [10] *Kolové nakladače - Hitachi* [online]. [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://www.kohlschein.cz/nove-stroje/p4-hitachi-prospekt-kolove-nakladace>
- [11] HÁJEK, Ondřej. *Bagry.cz*. Bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce [online]. 01.12.2008 [cit. 2012-02-10]. Dostupné z: [http://bagry.cz/clanky/veterani/prvnim\\_nakladacem\\_od\\_volva\\_byl\\_bolinder\\_munktell\\_h10](http://bagry.cz/clanky/veterani/prvnim_nakladacem_od_volva_byl_bolinder_munktell_h10)

[12] HÁJEK, Ondřej. Bagry.cz. Bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce [online]. 04.08.2004 [cit. 2012-02-10]. Dostupné z: [http://bagry.cz/clanky/veterani/kdyz\\_se\\_rekne\\_hon](http://bagry.cz/clanky/veterani/kdyz_se_rekne_hon)

[13] HORT, Jan. Největší hydrostaticky poháněný nakladač na světě [online]. 7.4.2008, 7.4.2009 [cit. 2012-02-11]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/nejvetsi-hydrostaticky-pohaneny-nakladac-na-svete/>

[14] HORT, Jan. *O práci s kloubovým nakladačem aneb umíte nakládat?* [online]. 16.07.2010 [cit. 2012-02-12]. Dostupné z: [http://bagry.cz/clanky/navody/o\\_praci\\_s\\_kloubovym\\_nakladacem\\_aneb\\_umite\\_nakladat\\_prvni\\_cast\\_vymezeni\\_pojmu](http://bagry.cz/clanky/navody/o_praci_s_kloubovym_nakladacem_aneb_umite_nakladat_prvni_cast_vymezeni_pojmu)

[15] *Kobelco Tier4* [online]. [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: [www.kobelcotier4.com](http://www.kobelcotier4.com)

[16] HÁJEK, Ondřej. *Emisní norma Tier 4i* [online]. 06.10.2011 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: [http://bagry.cz/clanky/technika/emisni\\_norma\\_tier\\_4i\\_jak\\_funguji\\_nove\\_motory\\_v\\_zemnich\\_strojich\\_a\\_na\\_co\\_si\\_dat\\_pozor](http://bagry.cz/clanky/technika/emisni_norma_tier_4i_jak_funguji_nove_motory_v_zemnich_strojich_a_na_co_si_dat_pozor)

[17] *Technologie SCR* [online]. 2011 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://www.adblue-bluesky.cz/o-technologie-scr.php>

[18] OPERATOR PROTECTIVE STRUCTURES. In: *Http://www.osh.govt.nz* [online]. 2000 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://www.osh.govt.nz/order/catalogue/pdf/opscod.pdf>

[19] HORT, Jan, Ondřej HÁJEK a Martin ČÍŽEK. *O práci s kloubovým nakladačem aneb umíte nakládat? Druhá část: Bezpečnost, příprava a „studený“ provoz* [online]. 04.08.2010 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: [http://bagry.cz/clanky/navody/o\\_praci\\_s\\_kloubovym\\_nakladacem\\_aneb\\_umite\\_nakladat\\_druha\\_cast\\_bezpecnost\\_priprava\\_a\\_studeny\\_provoz](http://bagry.cz/clanky/navody/o_praci_s_kloubovym_nakladacem_aneb_umite_nakladat_druha_cast_bezpecnost_priprava_a_studeny_provoz)

[20] *Ochranné konstrukce a bezpečnostní kabiny* [online]. [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://www.szzpls.cz/index.php?p=kabiny&site=default>

[21] *Úspora energie díky systému LOAD SENSING* [online]. [cit. 2012-02-24]. Dostupné z: <http://www.kohut.cz/load-sensing-system-1>

[22] SAIDL, Jan. *Common-rail* [online]. [cit. 2012-02-25]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/common-rail/>

[23] *Nokia Europe* [online]. 2012 [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: <http://europe.nokia.com/home>

[24] *Co to je GPS? Historie a úvod do problematiky* [online]. 12.12.2005 [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: <http://www.ce4you.cz/articles/detail.asp?a=244>

[25] *Mining products* [online]. 2012 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: [http://www.letourneautechnologies.com/mining/loaders\\_dozer.php](http://www.letourneautechnologies.com/mining/loaders_dozer.php)

[26] *Emission Standards* [online]. 2012 [cit. 2012-03-31]. Dostupné z: <http://www.dieselnets.com/standards/us/nonroad.php>

#### **Akademické práce:**

[27] KERESZTENY, Martin. *Provoz vozidel v různých klimatických podmínkách a pásmech*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Ing. František Dvořák, CSc.

**Osobní komunikace:**

ZALABÁK, Kamil. *Volvo*. 15. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

Brlai, Karol. *Obsluha Volvo L60F*. 16. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

PLUHAŘ, Petr. *Caterpillar*. 3. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

KUBÍČEK, Martin. *Obsluha Caterpillar 924H*. 15. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

MACKO, Pavel. *Liebherr*. 3. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

GRYGAR, Igor. *Obsluha Liebherr L528*. 15. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

REJFEK, Luboš. *JCB – Toko*. 10. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

KRASŇAN, Jiří. *Obsluha JCB 426e Agri*. 15. 3. 2012 [cit. 2012–03–15]. Osobní komunikace

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Rám nakladače s výložníkem.....	7
Obrázek 2: Schéma přímočarého dvojčinného hydromotoru .....	12
Obrázek 3: Typy kinematik výložníku .....	15
Obrázek 4: Rozměry a pracovní rozsahy uváděné firmou Liebherr .....	19
Obrázek 5: Kolový nakladač Volvo L60F .....	20
Obrázek 6: Kolový nakladač Caterpillar 924G.....	24
Obrázek 7: Kolový nakladač Liebherr L528 .....	28
Obrázek 8: Kolový nakladač JCB 426e Agri.....	32
Obrázek 9: Motor s technologií CEGR.....	38
Obrázek 10: Motor s technologií SCR.....	39
Obrázek 11: Screenshot z programu Sygic McGuiDer .....	41
Obrázek 12: Screenshotsy z programu Nokia Sports Tracker.....	42
Obrázek 13: Zametací nástavec .....	62
Obrázek 14: LCD monitor a tenzometrická váha s tiskárnou.....	62
Obrázek 15: Rychloupínací systém výložníku .....	63

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry motoru nakladače Volvo L60F.....	21
Tabulka 2: Parametry hnacího ústrojí nakladače Volvo L60F .....	21
Tabulka 3: Parametry elektrického systému nakladače Volvo L60F .....	22
Tabulka 4: Parametry kabiny nakladače Volvo L60F .....	23
Tabulka 5: Parametry hydraulického systému nakladače Volvo L60F .....	23
Tabulka 6: Parametry motoru nakladače Caterpillar 924G .....	25
Tabulka 7: Parametry hnacího ústrojí nakladače Caterpillar 924G .....	26
Tabulka 8: Parametry elektrického systému nakladače Caterpillar 924G.....	26
Tabulka 9: Parametry kabiny nakladače Caterpillar 924G.....	27
Tabulka 10: Parametry hydraulického systému nakladače Caterpillar 924G.....	27
Tabulka 11: Parametry motoru nakladače Liebherr L528 .....	29
Tabulka 12: Parametry hnacího ústrojí nakladače Liebherr L528.....	29
Tabulka 13: Parametry elektrického systému nakladače Liebherr L528.....	30
Tabulka 14: Parametry kabiny nakladače Liebherr L528.....	31
Tabulka 15: Parametry hydraulického systému nakladače Liebherr L528.....	31
Tabulka 16: Parametry motoru nakladače JCB 426e Agri .....	32
Tabulka 17: Parametry hnacího ústrojí nakladače JCB 426e Agri.....	33
Tabulka 18: Parametry elektrického systému nakladače JCB 426e Agri.....	33
Tabulka 19: Parametry kabiny nakladače JCB 426e Agri .....	34
Tabulka 20: Parametry hydraulického systému nakladače JCB 426e Agri.....	35
Tabulka 21: Emisní normy pro pracovní stroje dle výkonu motoru a vstupu v platnost.....	37
Tabulka 22: Parametry Bluetooth modulu Nokia LD - 3W.....	40
Tabulka 23: Základní parametry mobilního telefonu Nokia E51 .....	42
Tabulka 24: Naměřené hodnoty Volvo L60F .....	45
Tabulka 25: Naměřené hodnoty Caterpillar 924G.....	46
Tabulka 26: Naměřené hodnoty Liebherr L528 .....	47
Tabulka 27: Naměřené hodnoty JCB 426e Agri.....	48
Tabulka 28: Váhy Saatyho matice .....	52

Tabulka 29: Parametry porovnávaných strojů .....	52
Tabulka 30: Procentuální vyjádření hodnoty parametru.....	53
Tabulka 31: Celkové hodnocení stroje a určení pořadí .....	53
Tabulka 32: Emisní norma Tier4 a její parametry .....	63
Tabulka 33: Liebherr - Lidat.....	64
Tabulka 34: Volvo - CareTrack.....	64
Tabulka 35: Měrné hmotnosti materiálů.....	65
Tabulka 36: Objemy provozních náplní .....	66

## Seznam grafů

Graf 1: Porovnání naměřených a skutečných rychlostí v závislosti na zařazeném rychlostním stupni.....	49
---	----

## Seznam zkratk

**CB (Citizen band)** – radiostanice provozované ve volném pásmu

**CD** – Compact Disk

**CEGR** – Cooled Exhaust Gas Recirculation

**DIN** – Deutsche Industrie Norm

**DPF** – Diesel Particulate Filter

**GSM** – Global System for Mobile communications

**ISO** – International Standard Organisation

**LCD** – Liquid Crystal Display

**LED** – Light-Emitting Diode

**PM** – Particulate Matter

**SAE** – Society of Automotive Engineers

**SCR** – Selective Catalytic Reduction

## Přílohy

Obrázek 13: Zametací nástavec



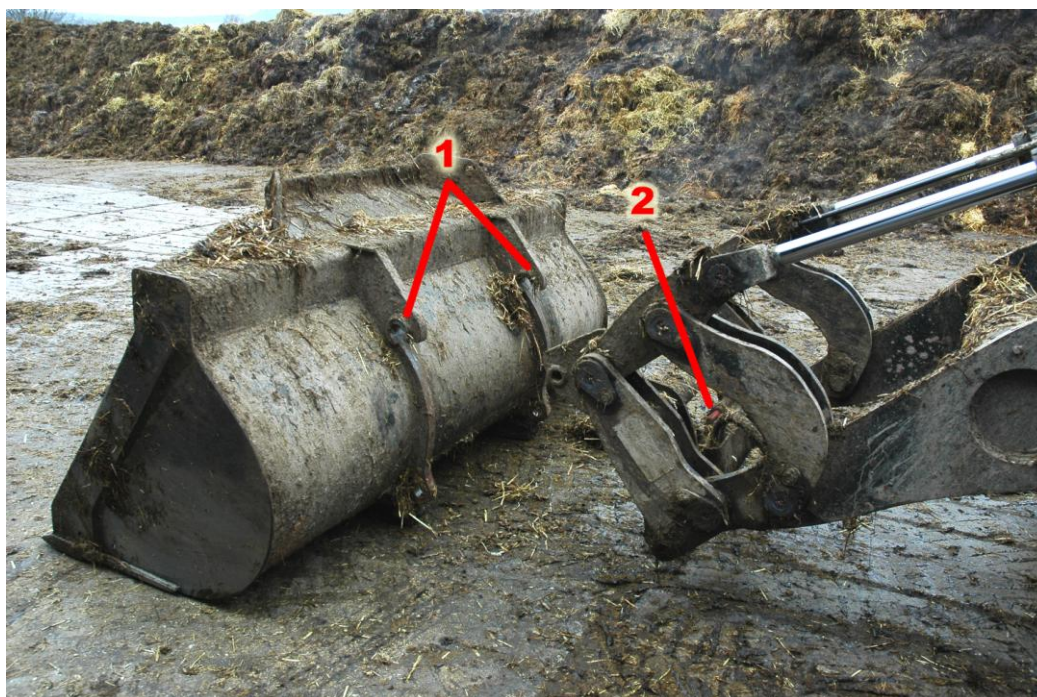
*zdroj: vlastní zdroj*

Obrázek 14: LCD monitor a tenzometrická váha s tiskárnou



*zdroj: vlastní zdroj*

**Obrázek 15: Rychloupínací systém výložníku**



*zdroj: vlastní zdroj*

1. Háky lopaty
2. Pojistné čepy

**Tabulka 32: Emisní norma Tier4 a její parametry**

Výkon motoru	Rok	CO (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	NMHC + NOx (g/kWh)	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)
kW < 8	2008	8	-	7,5	-	0,4
8 ≤ kW < 19	2008	6,6	-	7,5	-	0,4
19 ≤ kW < 37	2008	5,5	-	7,5	-	0,3
	2013	5,5	-	4,7	-	0,03
37 ≤ kW < 56	2008	5	-	4,7	-	0,3
	2013	5	-	4,7	-	0,03
56 ≤ kW < 130	2012-2014	5	0,19	-	0,4	0,02
130 ≤ kW ≤ 560	2012-2014	3,5	0,19	-	0,4	0,02

*zdroj: [26]*



**Tabulka 33: Liebherr - Lidat**

Lidat - Liebherr		
Operační parametr	LiDat Standart	LiDat Plus
Pozice stroje	o	o
Provozní doba stroje	o	o
Informace o servisních intervalech	o	o
Chybová hlášení	o	o
Správa zařízení	o	o
Monitoring geografické provozního prostoru		o
Monitoring operačních časů		o
Oznámení o kritických provozních situacích		o
Informace o spotřebě paliva		o
Informace o doplňkových funkcích		o
Interval přenosu dat	denně	dle potřeby

*zdroj: [8]*

**Tabulka 34: Volvo - CareTrack**

CareTrack - Volvo		
Operační parametr	CareTrack Basic	CareTrack Advanced
Poloha stroje	o	o
Denní využití	o	o
Omezení pohybu	o	o
Omezení pracovní doby	o	o
Servisní historie	o	o
Informace o servisních intervalech	o	o
Přístup k získaným datům	o	o
Reálná spotřeba paliva		o
Využití a výkon stroje		o
Oznámení o kritických provozních situacích		o
Vzdálená analýza problému		o

*zdroj: [6]*

**Tabulka 35: Měrné hmotnosti materiálů**

Materiál		hmotnost [t/m <sup>3</sup> ]
Štěrk	vlhký	1,90
	suchý	1,60
	mokrý 6 - 50 mm	2,00
	suchý 6 - 50 mm	1,70
	drcený, drť	1,50
Písek	suchý	1,50
	vlhký	1,80
	mokrý	1,90
Štěrkopísek	suchý	1,70
	mokrý	2,00
Písek a hlína		1,60
Hlína	přírodní	1,60
	tvrdá	1,40
	kašovitá	1,65
Hlína a štěrk	suchý	1,40
	mokrý	1,60
Zemina	suchá	1,30
	mokrý vykopaná	1,60
Ornice		1,10
Zvětralá hornina	50 %horniny, 50 % zeminy	1,70
Čedič		1,95
Žula		1,80
Vápenec	tvrdý	1,65
	měkký	1,55
Pískovec		1,60
Břidlice		1,75
Bauxit		1,40
Sádrovec	drcený	1,80
Koks		0,50
Struska	drcená	1,80
Kamenné uhlí		1,10

*zdroj: [8]*

**Tabulka 36: Objemy provozních náplní**

	Volvo L60F	Caterpillar 924G	Liebherr L528	JCB 426e Agri
Palivová nádrž	224	225	170	230
Chladicí soustava	30	40	neuvádí	35
Motorový olej	20	15	12	14
Převodovka	20	23	neuvádí	27
Diferenciály a koncové převody				
Přední / zadní	35 / 27	21 / 21	18,9 / 17,6	39 / 37
Hydraulický systém (včetně nádrže)	neuvádí	148	170	210
Hydraulická nádrž	90	70	110	neuvádí

\* objemy provozních náplní jsou uvedeny v litrech

*zdroj: [6] [7] [8] [9]*