

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**Studijní program:** B4131 Zemědělství

**Studijní obor:** Zemědělská technika: obchod, servis a služby

**Katedra:** Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

**Vedoucí katedry:** doc. RNDr. Ing. Petr Bartoš, Ph.D.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Stanovení délky pracovních cyklů rýpadel při rozdílných  
technologiích pracovní činnosti na stavbách a návrh opravných  
koeficientů pro výpočet skutečné výkonnosti**

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Ivo Celjak, CSc.

**Autor bakalářské práce:** Martin Brabec

České Budějovice, 2015

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin BRABEC**  
Osobní číslo: **Z12166**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Stanovení délky pracovních cyklů rýpadel při rozdílných technologiích pracovní činnosti na stavbách a návrh opravných koeficientů pro výpočet skutečné výkonnosti**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

**Cíl práce:**

Cílem práce je provést měření pracovních cyklů vybraných pracovních operací prováděných rýpadly na stavbách a stanovit návrhy a zásady pro výpočet skutečné výkonnosti rýpadel ve vazbě na prováděné pracovní operace.

**Metodický postup:**

1. Analýza prováděných těžebních, nakládacích a manipulačních prací rýpadel na stavbě;
2. Analýza používaných pracovních nástrojů rýpadel;
3. Analýza technických parametrů rýpadel s vazbou na velikostní kategorii rýpadel;
4. Sběr dat pro stanovení skutečných časů pracovních cyklů v závislosti na prováděných pracích;
5. Určení faktorů, které ovlivňují výkonnost rýpadel při prováděných konkrétních pracovních operací na základě sběru dat časů pracovních cyklů;
6. Stanovení hodnot opravných koeficientů pro výpočet skutečné výkonnosti rýpadel;
7. Stanovení skutečné výkonnosti vybraných velikostních kategorií rýpadel v závislosti na prováděných pracovních operacích rýpadel;

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 50- 60 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

Celjak, I.: Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací. ZF České Budějovice, 2009, 133 s.;

Jeřábek, K.: Stroje pro zemní práce, silniční stroje. Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava, 1996. 464 s.;

Caterpillar performance handbook, Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, USA, 2012, Edition 42, 4-263 pages;

Vaněk, A.: Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Praha, Academia, 2003. 526 s.;

Časopis Komunální technika č.1/2011;

Katalogy firem vyrábějících rýpadla: Phoenix-Zeppelin ,[www.p-z.cz/](http://www.p-z.cz/);

KUHN Bohemia a.s. ,[www.komatsu.cz](http://www.komatsu.cz);

Liebherr, [www.liebherr.com](http://www.liebherr.com);

AGROTEC a. s., [www.new-holland.cz](http://www.new-holland.cz);

Volvo Stavební stroje s.r.o, [www.volvo.com](http://www.volvo.com);

[www.tesastop.com](http://www.tesastop.com);

[www.jcb.cz](http://www.jcb.cz);

[www.ppsdetva.sk](http://www.ppsdetva.sk)

; [www.bilia.cz](http://www.bilia.cz);

[www.dressta.com.pl](http://www.dressta.com.pl);

[www.prodeco.cz](http://www.prodeco.cz);

[www.stavostroj.cz](http://www.stavostroj.cz); [www.liebherr.de](http://www.liebherr.de);

[www.volvo-stavstroje.cz](http://www.volvo-stavstroje.cz);

[www.best.prodejce.cz](http://www.best.prodejce.cz);

[www.terramet.cz](http://www.terramet.cz);


[www.bagry.cz](http://www.bagry.cz).

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 14. ledna 2014  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 11. března 2014

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s využitím informací z literatury, jejíž seznam je součástí této práce a je uveden v kapitole Seznam citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne .....

.....  
Martin Brabec

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce panu Ing. Ivo Celjakovi, CSc. za odborné vedení, metodické vedení, konzultace, připomínky a všestrannou pomoc a současně děkuji půjčovně stavebních strojů Zeppelin v Českých Budějovicích vedené panem Koryčanem za poskytnutí materiálů a informací.

## **Abstrakt**

V bakalářské práci jsou uvedeny hodnoty pracovních cyklů rýpadel při rozdílných technologiích pracovní činnosti na stavbách. Na základě sběru dat a pozorování pracovních technologií je vypracován návrh opravných koeficientů pro výpočet skutečné výkonnosti. Práce obsahuje analýzu pracovního materiálu strojů pro zemní práce, analýzu základních druhů zemních prací na stavbách, analýzu lopatových rýpadel a analýzu pracovních nástrojů rýpadel. V druhé části jsou určeny faktory, které ovlivňují výkonnost rýpadel a jsou stanoveny opravné koeficienty pro výpočet skutečné výkonnosti. Dále jsou v práci porovnány teoretické a skutečné výkonnosti sledovaných rýpadel. Výsledky porovnávají různé kategorie rýpadel v závislosti na jejich velikosti. Na závěr jsou stanoveny návrhy a zásady pro optimální využití rýpadel na stavbách.

## **Klíčová slova**

Rýpadlo; výkonnost; cyklus; hornina; faktor; koeficient

## **Abstract**

In the bachelor's thesis are stated values of working cycles of excavators at different technologies of working activity at the construction. Based on the basis of data and observing working technologies, the worked up proposal reflects correcting coefficients for calculation of real productivity. The study contains analysis of working materials of machines for ground work, analysis of fundamental kinds of ground works on construction states, analysis of excavator shovels and analysis of excavators working tools. In the second part, there are factors that influence productivity and there are determined remedial coefficients for calculation a real productivity. Further, in this thesis are compared of theoretical and real productivity observed by excavators. The results compare different excavator categories according to their size. In the ending of this thesis, there are determined the proposals and the principles for optimal usability of excavators at the construction.

## **Key words**

Excavator; productivity; cycle; rock; factor; coefficient

## Obsah:

0	Úvod.....	- 10 -
1	Literární přehled.....	- 11 -
1.1	Analýza pracovního materiálů strojů pro zemní práce.....	- 11 -
1.1.1	Vlastnosti hornin .....	- 11 -
1.1.2	Klasifikace hornin .....	- 15 -
1.1.3	Teorie rozpojování hornin.....	- 16 -
1.2	Analýza základních druhů zemních prací .....	- 16 -
1.2.1	Analýza prováděných těžebních, nakládacích a manipulačních prací rýpadel na stavbě.....	- 17 -
1.2.2	Technologie zemních prací .....	- 18 -
1.3	Analýza pracovních strojů na stavbách .....	- 19 -
1.3.1	Lopatová rýpadla.....	- 19 -
1.3.2	Dozery .....	- 20 -
1.3.3	Nakladače .....	- 20 -
1.3.4	Univerzální čelní nakladače smykem řízené.....	- 21 -
1.3.5	Skejpry .....	- 21 -
1.3.6	Srovnávače (grejdry).....	- 22 -
1.3.7	Dampřry.....	- 22 -
1.4	Analýza lopatových rýpadel .....	- 23 -
1.4.1	Rozdělení rýpadel podle funkčního působení .....	- 23 -
1.4.2	Rozdělení rýpadel podle provozní hmotnosti a výkonu hnacího motoru- 24 -	
1.4.3	Rozdělení rýpadel podle konstrukce podvozku .....	- 25 -
1.5	Analýza používání pracovních nástrojů rýpadel .....	- 28 -
1.6	Analýza výkonnosti rýpadel .....	- 34 -
2	Cíle práce .....	- 37 -



3	Metodika .....	- 38 -
4	Výpočty pro stanovení skutečné výkonnosti měřených rýpadel, určení faktorů ovlivňující výkonnost a stanovení opravných koeficientů .....	- 40 -
4.1	Určení faktorů ovlivňující výkonnost.....	- 40 -
4.2	Stanovení hodnot opravných koeficientů .....	- 40 -
4.3	Rýpadlo JCB 8085 ZTS .....	- 41 -
4.4	Rýpadlo Liebherr A 924 Litronic .....	- 43 -
4.5	Rýpadlo JCB JS 330 LC.....	- 44 -
4.6	Rýpadlo Komatsu PC 450 LC .....	- 46 -
5	Výsledky .....	- 48 -
5.1	Průměrné časy pracovních cyklů rýpadel.....	- 48 -
5.2	Přehled celkových pracovních cyklů rýpadel.....	- 49 -
5.3	Přehled teoretické a skutečné výkonnosti rýpadel .....	- 49 -
6	Závěr .....	- 51 -
7	Přehled použité literatury a zdrojů .....	- 53 -
8	Seznam obrázků .....	- 55 -
9	Seznam grafů.....	- 57 -
10	Seznam tabulek .....	- 58 -
11	Seznam příloh .....	- 59 -

## 0 Úvod

Světový rozvoj techniky velmi rychle proniká do všech druhů stavebních činností, od projekce, technologie, stavební strojní techniky, přes organizaci a ekonomiku, až po samotné řízení celého procesu výstavby [7].

Stopy používání primitivních rypadel zaznamenali historici již ve starověkém Egyptě. První dochované výkresy rypadel pocházejí až z 16. století. Tato rýpadla byla poháněna lidskou silou, většinou plavala po vodě a sloužila pro hloubení koryt řek [4].

Zemní práce jako takové jsou významnou a nedílnou součástí procesu veškeré výstavby v obecné rovině (výstavba průmyslových objektů, objektů technické a občanské vybavenosti, vodohospodářské stavby, železniční a silniční stavitelství apod.), ale totéž platí i o lomové těžbě užitkových surovin (stavební materiály, uhlí apod.), kde technika je zásadně postavena na použití zemních strojů v celé své komplexnosti [3].

Bez využití zemních strojů a mechanizace, při provádění zemních prací a údržby objektů, by realizace výše uvedených úkolů nebyla možná, proto je velmi důležité znát problematiku nasazení zemních strojů. Zejména je důležité orientovat se v nabídce zemních strojů, mít představu kde mohou být nasazeny na práci, za jak dlouho práci provedou a jaké překážky přitom budou muset překonávat. To znamená, že je třeba vědět o možnostech pro překonání překážek, resp. za jakých podmínek a v jakém prostředí mohou stroje pracovat. Existuje mnoho vlivů, které ovlivní výkonnost strojů. V praktickém nasazení zemních strojů totiž nelze uvažovat matematicky na základě technických údajů z katalogu. Je nutné vždy do výpočtů zahrnout určité opravné koeficienty, které výpočty výkonnosti výrazně ovlivní. Opravné koeficienty reagují na konkrétní podmínky při práci strojů. V extrémních případech sníží výkonnost stroje až o polovinu, to je zásadní problém v časových a finančních kalkulacích. Většina strojů má možnost realizovat práce s mnoha pracovními nástroji. Umožňuje to hydraulické ovládání pracovních orgánů. Použití strojů je téměř univerzální. I mohutný stroj může připravit povrch terénu do podoby, která byla kdysi úkolem pečlivého pracovníka s hráběmi [2].

# 1 Literární přehled

## 1.1 Analýza pracovního materiálů strojů pro zemní práce

### 1.1.1 Vlastnosti hornin

Z hlediska zpracovatelnosti se řadí horniny (nerudné) k materiálům nehomogenním a anizotropním. Jejich mechanické vlastnosti jsou do značné míry ovlivněny působením vnějších vlivů (vlhkostí, erozí a podobně), což způsobuje značné potíže při výpočtech odporů, kterými reagují na svoji zpracovatelnost. Proto je nutné se seznámit se základními a vzájemnými závislostmi těchto materiálů.

Horniny vznikají v průběhu geologických procesů zvětrávání, transportu a sedimentace z vyvřelých, hlubinných a sedimentárních skalních hornin. Toto zvětrávání může být buď:

**mechanické** - nastává v důsledku atmosférických účinků, vlivem střídání nízkých a vysokých teplot, gravitačními účinky, erozní činností povrchové a prosakující podzemní vody, ledu a větru;

**chemické** - způsobené slabými chemickými roztoky, které se vyskytují v přírodě

#### **Fyzikální vlastnosti hornin**

Tyto vlastnosti charakterizují horninu, buď trvale (měrná hmotnost) nebo vyjadřují okamžitý stav, který se může vlivem vnějšího prostředí měnit (vlhkost, objemová hmotnost). Fyzikálními vlastnostmi se rozumí takové vlastnosti, které popisují hmotu materiálu ve vztahu k objemu, vztah mezi fázemi horniny nebo, si všímají důsledků vzájemného působení těchto fází.

#### *Zrnitost hornin*

Zrnitost patří k základní vyhodnocovací vlastnosti nesoudržných i soudržných hornin, která zpravidla rozhoduje o zařazení horniny. Údaje o zrnitosti jsou uvedeny v následující tabulce 1. Zrnitost hornin má přímý vliv na jejich zpracovatelnost a jejich další mechanické vlastnosti [2].

**Tabulka 1 – Označení zrn podle ČSN 72 1002**

Velikost zrn (mm)	Označení (název)	
menší než: 0,002	jíl, slín	
0,002 - 0,063	prach	
0,063 - 0,250	písek	jemný
0,250 - 1		střední
1 - 2		hrubý
2 - 8	štěrk	drobný
8 - 32		střední
32 - 128		hrubý
128 - 256	kameny	
větší než: 256	balvany	

(Zdroj: [2])

#### *Hmotnosti hornin*

Měrná hmotnost, resp. hustota, je poměr hmotnosti pevných částic horniny vysušené při teplotě 100 – 110 °C do stálé hmotnosti  $m_s$  k jejich objemu  $V_s$ . Voda, která je pevně vázaná k povrchu zrn zůstane v hornině i po vysušení, se počítá za součást horniny.

Objemová hmotnost je hmotnost objemové jednotky horniny, sestávající z pevných částic a pórů, které jsou vyplněné částečně (případně úplně) vodou nebo vzduchem. Pro praktické použití má největší význam objemová hmotnost v přirozeném stavu. Tato hodnota je potřebná při výpočtech výkonnosti zemních strojů a při přepravě horniny. Objemová hmotnost vysušené horniny je měřítkem její ulehlosti, a proto je používána k hodnocení zhutnění hornin.

### *Vlhkost hornin*

Vlhkostí horniny se rozumí množství vody v ní obsažené, které lze z horniny odstranit vysoušením při teplotě 100 - 110° C do stálé hmotnosti (viz. ČSN 72 1012). Vyjadřuje se jako poměr hmotnosti vody k hmotnosti vysušené horniny. Vlhkost má na vlastnosti hornin podstatný vliv, přičemž se u různých hornin projevuje nesterjně. Sypké horniny (písky) zvětšují s narůstající vlhkostí svůj objem, ztrácí sypké vlastnosti a hůře se přepravují. Soudržné horniny s přibývajícím vlhkostí zmenšují svou pevnost, čímž se snižují odpory při rozpojování, avšak zpravidla se současně zvětšuje jejich lepivost. U jílovitých hornin dochází k rozbředání jejich povrchu, což vede ke zhoršování průjezdnosti strojů. Zejména u kolových podvozků dochází k prokluzu kol při překonávání svahu nebo terénních nerovností. Tvrdé horniny snižují na vrstevnatých plochách svou pevnost v tlaku při zvětšování vlhkosti, v důsledku zmenšení tření na plochách.

### *Konzistence hornin*

Jak je důležitá u nesoudržných hornin jejich ulehlost a stupeň nasycení vodou, tak u hlinitých a jílovitých hornin je rozhodující vlastností jejich soudržnost, která je bezprostředně závislá na konzistenci horniny. Konzistence představuje soudržnost mezi jednotlivými částicemi horniny závisící na její vlhkosti. Podle obsahu vody může být hornina v různých konzistenčních stavech.

### **Mechanické vlastnosti hornin**

K mechanickým vlastnostem patří vlastnosti, k jejichž zjištění je třeba vyvodit sílu, jejíž účinek na přetvárné charakteristiky materiálů se vyžaduje. Mechanické vlastnosti podstatně ovlivňují průběh rozpojovacího procesu a spotřebu energie (požadavek na výkon motoru stroje).

### *Kypřitelnost*

Při rozpojování hornin dochází vždy ke zvětšování jejich původního objemu. V běžné praxi je zaveden pojem součinitele nakypření  $k_n$ , který vyjadřuje poměr objemu rozpojené horniny k původnímu objemu horniny v rostlém stavu. Hodnota součinitele nakypření  $k_n$  závisí na druhu horniny a také na způsobu těžby. Jeho průměrná hodnota se pohybuje v rozmezí 1,1 až 1,5. Ve stejném poměru v jakém

zvětší vytěžená hornina svůj objem, sníží se její objemová hmotnost. Z hlediska spotřeby energie může mít zvětšování objemu těžené horniny v případě, kdy odřezaná tříska nemá možnost volného odsunu k povrchu horniny, za následek zvýšení tření v místě rozpojování, a tedy tomu odpovídající zvýšení spotřeby energie.

#### *Smyková pevnost*

Při mechanickém rozpojování horniny, např. působením pracovních nástrojů u strojů pro zemní práce, vzniká v hornině prostorový stav napětí, který se při pronikání pracovního nástroje zvětšuje, až dosáhne mezní hodnoty, které odpovídají smykové pevnosti dané horniny. V tom okamžiku dojde k usmýknutí odřezávané třísky. Smyková pevnost je rozdílná u hornin nesoudržných a soudržných.

#### *Tření horniny o ocel*

Toto tření má značný vliv na efektivnost rypání. Závisí na podmínkách, druhu a stavu obou materiálů a na dalších faktorech, zejména na specifickém tlaku, rychlosti vnikání břitu nástroje do horniny a pod. Vyjadřuje se přibližně součinitelem tření horniny o ocel, resp. o pracovní nástroj,  $f_2 = \text{tg } \varphi_2$ , nebo třecím úhlem  $\varphi_2$ , jak je uvedeno v následující tabulce 2.

**Tabulka 2 - Průměrné hodnoty součinitele tření horniny o ocel  $f_2$**

Ocel, stav povrchu	Hornina hlinito-písčitá	Křemičitý písek	Hornina písčito-hlinitá	Humus	Stav horniny
Leštěná ocel	0,45	0,526	0,63	0,45	vlhká
Neopracovaná ocel	0,48	0,559	0,78	0,52	vlhká
Leštěná ocel	0,33	0,445	0,36	0,36	suchá
Neopracovaná ocel	0,41	0,471	0,50	0,43	suchá

(Zdroj: [2])

### 1.1.2 Klasifikace hornin

Při praktickém nasazení strojů pro zemní práce je otázka určení charakteristiky příslušné horniny, zejména z hlediska vzájemného působení pracovního nástroje a podvozku s půdou, zcela zásadní. Z hlediska působení pracovních nástrojů strojů pro zemní práce na horninu při těžení horniny bude důležitá klasifikace hornin podle obtížnosti jejich rozpojování. Klasifikace hornin pro zemní práce podle obtížnosti jejich rozpojitelnosti rozdělujeme do 7. tříd určené v tabulce 3.

**Tabulka 3 – Klasifikace hornin podle jejich rozpojitelnosti**

<b>Třída horniny</b>	<b>Příklady hornin</b>
1. třída	soudržné horniny lehko rozpojitelné, měkké konzistence jako ornice, hlína nebo písek a z nesoudržných hornin kypré zeminy, štěrkopísek s drobnými zrny a stavební odpad odpovídající charakteru horniny 1. třídy
2. třída	soudržné horniny lehce rozpojitelné, tužší konzistence jako různé druhy ornice, písčité hlíny, rašelina a z nesoudržných hornin ulehlé zeminy jako písčité štěrky se zrny do 10 cm a stavební odpad odpovídající charakteru horniny 2. třídy
3. třída	soudržné horniny středně rozpojitelné, jako jsou pevné a tvrdé konzistence určitých druhů hlín a spraší, jílové a písčité hlíny a z nesoudržných hornin zeminy obsahující kameny do průměru 2,5 cm, zvětralé horniny a stavební odpad odpovídající charakteru horniny 3. třídy
4. třída	soudržné horniny těžko rozpojitelné, pevné a tvrdé konzistence jako jíly, jílovité hlíny, prachová hlína a z nesoudržných hornin hrubý štěrk se zrny 10-25 cm, pevné a navětralé horniny, skalní rozrušené, zvětralé a rozpukané materiály
5. třída	nesoudržné horniny, lehko rozpojitelné rozrušovacími nebo trhacími pracemi jako např. hrubý štěrk s kameny do objemu 0,1 m <sup>3</sup> , polo-skalní zpevněné materiály, skalní vyvělé a navětralé materiály nebo také zmrzlá zemina
6. třída	horniny nesoudržné, těžko rozpojitelné trhacími pracemi jako horniny s balvany nad 0,1 m <sup>3</sup> , skalní vyvělé a zčásti zdravé materiály jako žula nebo čedič, balvanité slepence, vápence či dolomit
7. třída	horniny nesoudržné, velmi obtížně rozpojitelné trhacími pracemi jako zdravé skalní masivy, mezi které patří křemence, křemenité žuly, gabra nebo rohovce

(Zdroj: [2])

### 1.1.3 Teorie rozpojování hornin

Rozpojování hornin je ovlivněno třemi základními faktory:

- a) Druhem a vlastnostmi horniny
- b) Základními parametry nástroje
- c) Technologii práce

#### Způsoby rozpojování hornin

V současné době jsou používány následující způsoby primárního rozpojování hornin:

- a) Mechanický** - pracovní nástroj působí bezprostředně na horninu
- b) Hydraulický** - k rozrušování horniny využívá kinetické energie proudu vody
- c) Explosivní** - k rozrušení horniny využívá přetlaku plynu vzniklého explozivním prohořením traskavin
- d) Fyzikální** - využívá se účinků ultrazvuku
- e) Chemický** - těžný materiál se převádí do tekutého nebo plynného stavu.

Všechny horniny nelze rozpojovat pracovními nástroji zemních strojů. Bez vážnějších problémů lze rozpojovat horniny 1. třídy rozpojitelnosti všemi stroji, naopak horniny 7. třídy rozpojitelnosti nelze rozpojovat vůbec. Pro zemní stroje je určení třídy rozpojitelnosti důležité, zejména z hlediska vzájemného působení pracovního nástroje a horniny, se kterou přichází v průběhu pracovního procesu do bezprostředního styku. V následující tabulce 3 je přehled zemních strojů ve vazbě na třídy rozpojitelnosti hornin [2].

## 1.2 Analýza základních druhů zemních prací

Celý proces můžeme rozdělit na těžbu zeminy, její přepravu a ukládání.

**Těžba:** (dobývání) rozumíme oddělení zeminy od masívu. Proces těžby realizujeme těmito operacemi:



- rozrušení rostlé zeminy
- jejím nabíráním do pracovního nástroje
- předáním zeminy na návazný prostředek

**Přeprava:** (transportem) rozumíme změnu místa, kterou provádíme operacemi:

- přemístěním (uložením) zeminy na přepravní prostředek
- pohybem přepravního prostředku
- vyprázdněním přepravního prostředku

**Ukládání:** (zakládáním) zeminy je její připojení k masívu na určeném místě. Toho docílíme:

- vysypáním zeminy (hromada, odval, výsypka)
- jejím rozprostřením
- případným zhutněním [3].

### **1.2.1 Analýza prováděných těžebních, nakládacích a manipulačních prací rýpadel na stavbě**

- a) Rozpojování hornin s následným přemístěním na odval (rýhy, stavební jámy);
- b) Rozpojování horniny s následným nakládáním na odvozní prostředek;
- c) Čištění melioračních objektů (kanály, příkopy);
- d) Nakládka rozpojených hornin ze skládek (dozery, dopravníky);
- e) Odstraňování sedimentů při rekultivacích vodních nádrží a rybníků;
- f) Úprava svahů a povrchů;
- g) Prohlubování vodotečí těžbou usazenin (samohybné rýpadlo);
- h) Budování studní, klučení pařezů, přemístování předmětů (jako jeřáb);

- i) Jako pomocný stroj pro nesení pracovních adaptérů (hydraulické nůžky, kladivo, kladivový rozbíječ, mulčovač, harvestr, fréza na pařezy) [2].

Pro stavebnictví v oblasti občanské výstavby se nejčastěji provádí hloubení základových jam, úprava terénu, hloubení výkopů pro inženýrské sítě, úprava zelených ploch, hřišť a stadionů.

V průmyslovém stavebnictví je nutné hloubení výkopů pro základy budov a jiných objektů, hloubení výkopů pro ukládání inženýrských sítí, úpravu terénu pro skladovací a manipulační plochy. Významnou roli má skrývka na povrchových hnědouhelných dolech a lomová těžba užitkových surovin a následná rekultivace.

Ve vodním hospodářství jsou budovány vodní nádrže, koryta vodních toků, hráze, meliorační kanály a další díla.

V dopravě se staví silniční, dálniční a železniční tělesa, letištní plochy, kanály a hráze pro vodní cesty apod.

V zemědělství je nejčastější rekultivace ploch, hloubení jam pro různé stavby a účely, budování cest.

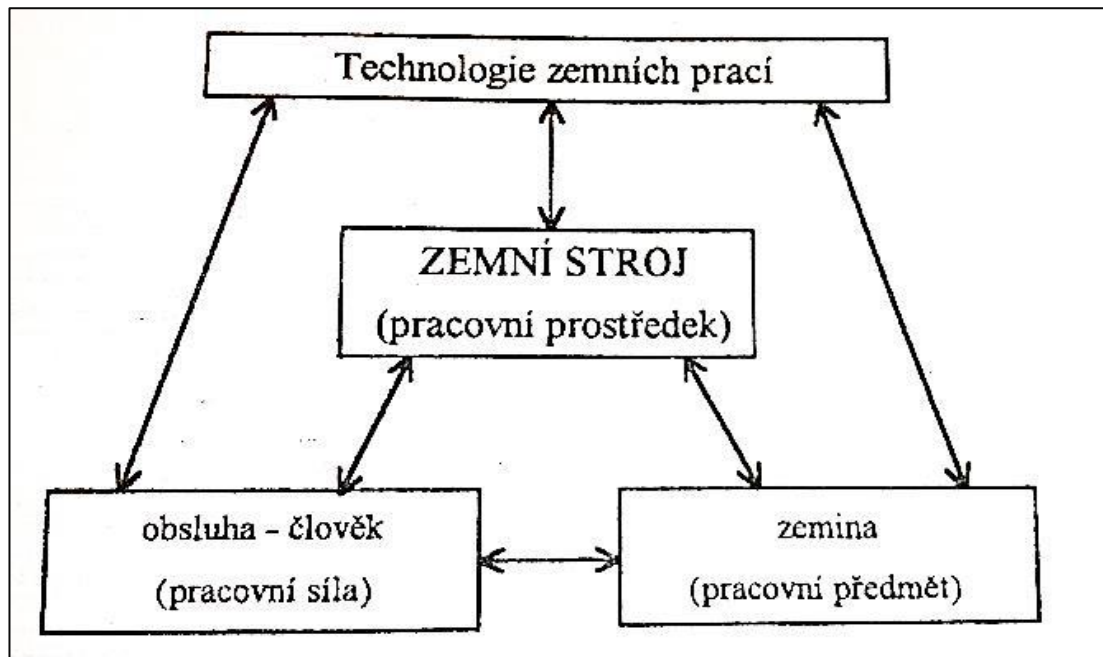
### **1.2.2 Technologie zemních prací**

Ekonomiku zemních prací ovlivňuje vedle plánování a projektu díla výraznou měrou také technologie. Efektivnost stavebních procesů je ve stále se zvyšující míře ovlivňována na proces orientovaný ke sjednocení konstrukce zemního díla a technologie jeho výroby. O efektivnosti díla se rozhoduje již při jeho přípravě, v období zpracování jeho technického a technologického projektu. Důležitými činiteli v procesu výroby zemního díla budou zejména:

- geologické a hydrologické poměry
- konstrukce stavby umožňující využití mechanizace
- sladění dílčích procesů
- výběr vhodných strojních sestav
- přehledné znázornění průběhu stavby

- zajištění kooperace
- předvídání komplikací

Technologie zemních prací je nauka o použití a uplatnění znalostí z přírodních a technických věd, organizace a řízení k utváření materiálně technické stránky zemních prací zobrazené na obrázku 1 [3].



(Zdroj: [3])

**Obrázek 1 – Souvislost technologie zemních prací se základními články výrobního procesu**

### 1.3 Analýza pracovních strojů na stavbách

#### 1.3.1 Lopatová rýpadla

Lopatová rýpadla jsou stroje s vlastním pohonem pro rozpojování a přemísťování výkopku v dosahu pracovního nástroje. Pracují cyklickým způsobem pomocí jednoho pracovního zařízení, aniž by bylo nutno během pracovního cyklu se strojem pojíždět. Pracovní zařízení se otáčí prostřednictvím otočné nástavby v úhlu 360°. Typ rýpadla je charakterizován koncepcí, konstrukcí, parametry motoru (velikostní třídou) a rozměry stroje, resp. pracovních zařízení. Pásové lopatové rýpadlo je znázorněno na obrázku 2.



(Zdroj: [www.zepelin.cz])

**Obrázek 2 – Lopatové rýpadlo (pásové)**

### 1.3.2 Dozery

Dozery jsou stroje pro zemní práce s cyklickým způsobem práce. Pracovní zařízení tvoří radlice zavěšená pomocí vzpěrných ramen a přímočarých hydromotorů na pásovém nebo kolovém nosiči-traktoru. Rozpojování, transport a rozprostírání, jenž jsou základními pracovními funkcemi dozerů, jsou závislé na trakční síle pojezdu [3]. Základní stroj je traktor bez pracovního zařízení, který je vybaven potřebnými montážními elementy pro připevnění jednoho nebo několika pracovních zařízení. Tento stroj může nést i další pracovní zařízení (rozcvičák, naviják, tažný závěs). Ukázka dozeru na obrázku 3 [2].



(Zdroj: [www.zepelin.cz])

**Obrázek 3 – Pásový dozer**

### 1.3.3 Nakladače

Nakladače jsou určeny pro nakládání sypkých a kusovitých materiálů. Charakter jejich práce je cyklický, jsou mobilní a dají se použít též k těžbě a transportu lehčích hornin. Stroj při práci do materiálu, v případě do horniny najíždí a využívá jak trakční síly, tak i rypné síly hydraulicky ovládaného pracovního mechanismu a kinetickou energii stroje. Nakladače je možné rozdělit podle druhu

podvozku na nakladače kolové viz. obrázek 4, nebo na nakladače s pásovým podvozkem. Kolové nakladače mohou mít pevný nebo dělený (kloubový) rám. Jiné členění je podle pracovního mechanismu a to na nakladače čelní, otočné a teleskopické.



(Zdroj: [www.bagry.cz])

**Obrázek 4 – Kolový (kloubový) nakladač**

#### **1.3.4 Univerzální čelní nakladače smykem řízené**

Univerzální čelní nakladač na obrázku 5 tvoří samostatnou kategorii nakladačů. Vyznačují se malými rozměry, velkou pohyblivostí, vynikající schopností manévrovat v omezených průchodech, nízkou hmotností, vysokými výkony motorů a velkým počtem přídatného zařízení. Jsou charakteristické dvojramenným výložníkem, uprostřed něhož se nachází kabina operátora.



(Zdroj: [www.bobcat.cz])

**Obrázek 5 – Smykem řízený nakladač**

#### **1.3.5 Skejpry**

Skejpry jsou stroje pro zemní práce, sloužící k postupnému rozpojování, nakládání, přepravě a rozprostírání horniny. Patří do skupiny strojů s plošným způsobem práce. Pracovním orgánem je nůž, umístěný na přední straně dna korby,

který odřezává při pojezdu horninu postupující dovnitř korby. Tloušťka odřezávané vrstvy se reguluje podle velikosti a typu stroje, zaplnění korby a vlastností horniny. Skejpr je na obrázku 6 [3].



(Zdroj: [www.zepelin.cz])

**Obrázek 6 – Skejpr**

### 1.3.6 Srovnávače (grejdry)

Grejdry jsou stroje na kolovém podvozku opatřené radlicí, která je umístěna mezi přední a zadní nápravou a lze ji natáčet v rovině horizontální, naklánět, zvedat a vysouvat mimo stroj [2]. Srovnávače se používají především k přesnému dorovnání vrstev zeminy, k úpravě zemní pláně, k urovnání podkladních vrstev vozovek, ke svahování boků nízkých násypů a zářezů nebo k úpravám příkopů v lehce rozpojitelných zeminách [3]. Shrnovač je zobrazen na obrázku 7.



(Zdroj: [www.bagry.cz])

**Obrázek 7 – Srovnávač (grejdr)**

### 1.3.7 Dampry

Dampr na obrázku 8 je stroj na kolovém nebo pásovém podvozku s vlastním pohonem, vybavený otevřenou korbou, který přepravuje a vysypává, nebo rozprostírá materiál. Nakládání do korby dampru musí být prováděno nakladači.

Dampry jsou používány převážně pro odvoz materiálu v lomech, dolech a na velkých stavbách (silnice, letiště). Vyznačují se mohutností celého stroje a velkým objemem korby (běžně je to 15 m<sup>3</sup> zarovnaný objem, 25 m<sup>3</sup> navržený objem) [3].



(Zdroj: [www.zepelin.cz])

**Obrázek 8 – Dampr**

## **1.4 Analýza lopatových rýpadel**

Jsou to nejrozšířenější stroje ve stavební činnosti, které rozpojují a nakládají horniny, hloubí příkopy, kanály apod. [7]. Tato rýpadla se řadí do skupiny strojů pro zemní práce s cyklickým charakterem práce spočívajícím v přerušovaném opakování týchž pracovních úkonů (fází) příslušných pracovnímu cyklu. Rýpadla dosahují velkých rypných sil, proto se používají k rozpojování i tvrdších hornin v nejrůznějších terénech. Rypná síla je omezena jen podmínkami stability stroje jako celku.

**Základními parametry** pro zařazení hydraulických lopatových rýpadel jsou:

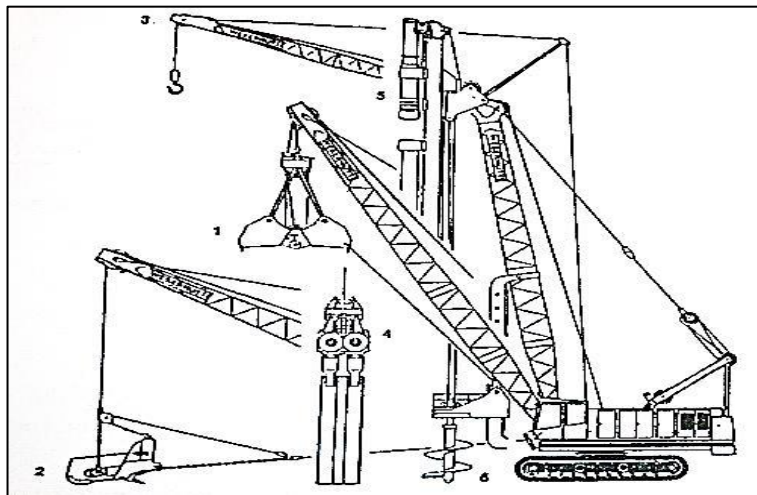
- jmenovitá provozní hmotnost (t) a výkon hnacího motoru (kW), přičemž první parametr je více určující [3].

### **1.4.1 Rozdělení rýpadel podle funkčního působení**

**Jednouúčelová rýpadla:** mají stabilně montována jeden druh pracovního zařízení, kterým vykonávají stále stejný druh práce (nakládají lopatou horninu).



**Víceúčelová, univerzální rýpadla:** zařízení, ke kterým lze přimontovat různé druhy pracovního zařízení, znázorněno na obrázku 9. Tento typ rýpadel je nejrozšířenější [7].



(Zdroj: [7])

**Obrázek 9 – Víceúčelové rýpadlo**

**Teleskopická rýpadla:** mají teleskopický výsuvný přímý nebo dělený výložník, na jehož konci lze přimontovat různé druhy pracovního zařízení.

**Rýpadla s nakládací lopatou:** jsou převážně určena k nabírání a nakládání hornin nad opěrnou rovinou.

**Tunelová rýpadla:** určená pro práce ve stísněných prostorech a malých průjezdných profilech [6].

#### **1.4.2 Rozdělení rýpadel podle provozní hmotnosti a výkonu hnacího motoru**

Jmenovité hodnoty hlavních parametrů lopatových rýpadel. Z uvedených hlavních parametrů jsou sestaveny číselné hodnoty základních parametrů rýpadel. Rýpadla rozdělujeme podle provozní hmotnosti a výkonu hnacího motoru do čtyř skupin v tabulce 4.



**Tabulka 4 - Rozdělení rýpadel podle provozní hmotnosti a výkonu hnacího motoru**

<b>Třída rýpadla</b>	<b>Mini-rýpadla</b>	<b>Malá rýpadla</b>	<b>Střední rýpadla</b>	<b>Těžká rýpadla</b>
<b>Jmenovitá provozní hmotnost (t)</b>	0,6 - 5	5 - 8	8 - 40	40 - 100
<b>Výkon hnacího motoru P (kW)</b>	2,5 - 40	40 - 50	50 - 200	200 - 500
<b>Objem lopaty V (m<sup>3</sup>)</b>	0,027 – 0,30	0,30 – 0,63	0,63 – 4	od 4

(Zdroj: [7])

#### 1.4.3 Rozdělení rýpadel podle konstrukce podvozku

**Pásové rýpadlo** – obrázek 10, jeho podvozek se skládá z rámu a dvou souběžných nekonečných pásů, odvalujících se po jezdové rovině, přetažených přes hnací, napínací kola a kladky [2]. Hmotnost rýpadla se rozkládá na velkou plochu podvozku. Tím se docílí nízkého měrného tlaku pásů na půdu i při velké hmotnosti stroje, čímž docílíme vyšší stability a průchodnosti v nesjízdném terénu.



(Zdroj: [www.zepelin.cz])

**Obrázek 10 – Pásové rýpadlo**

**Kolové rýpadlo** – obrázek 11, jeho podvozek je opatřen pojezdovými koly s pneumatikami. Mají dvounápravové pneumatikové podvozky masivní konstrukce, odolné proti zkrutu. Přední náprava je kyvná a říditelná a před ní je uchycená dozerová radlice. Zadní náprava je tuhá, připojená k rámu, podobně jako opěry. Pohon pojezdu je hydrostatický, buď centrálním hydromotorem, nebo hydromotory umístěnými v nábojích kol. Pneumatiky jsou standartní, přetlakové, nízkotlakové bezdušové nebo široko-profilové.



(Zdroj: [www.zepelin.cz])

**Obrázek 11 – Kolové rýpadlo**

**Automobilové rýpadlo** – je samojízdné rýpadlo, jehož podvozkem je speciální automobil. Jsou montována na sériové automobilní podvozky, u nás obvykle na podvozek Tatra 815 nebo Liaz. Rýpadlové nadstavby mají svůj vlastní motorický pohon a vyskytují se ve dvou verzích:

- Klasické provedení lopatového rýpadla
- Teleskopické rýpadlo lopatové, obrázek 12



(Zdroj: [www.bagry.cz])

**Obrázek 12 – Automobilové rýpadlo (teleskopické)**

**Kolové traktorové rýpadlo** - Základním nosičem těchto strojů je upravený kolový traktor, který má na přední části nakládací lopatu a vzadu pak rýpadlové zařízení s výložníkem, násadou a lopatou. Obě části jsou s traktorem pevně spojeny a tvoří kompaktní stroj (rýpadlo – nakladač) viz obrázek 13 [7].



(Zdroj: [www.stroje-naradie.sk])

**Obrázek 13 – Kolové traktorové rýpadlo**

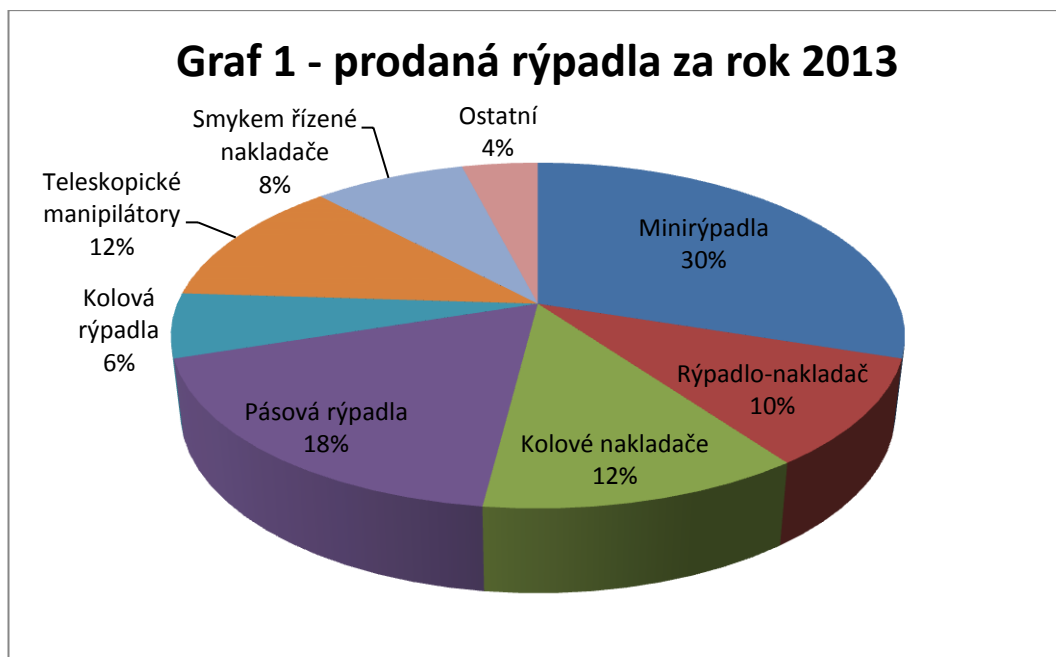
**Samohybné rýpadlo („kráčivé“)** - je opatřeno podvozkem, který se skládá z opěrné desky a pohyblivých chodidel, umožňujících přemísťování rýpadla ve složitém terénu, jako na obrázku 14 [2].



(Zdroj: [www.czechmat.cz])

**Obrázek 14 – Samohybné rýpadlo**

Na obrázku 15 je uveden podíl jednotlivých kategorií rýpadel, které byly prodány na českém trhu za rok 2013. Nejvíce bylo prodáno minirýpadel, na tomto faktoru se podepsala nejnižší pořizovací cena ze všech kategorií a cenová dostupnost pro menší firmy a živnostníky v tomto oboru [10].



(Zdroj: [www.casopisstavebnictví.cz])

**Obrázek 15 - Prodej stavebních strojů v ČR za rok 2013, rozdělení podle kategorií**

## 1.5 Analýza používání pracovních nástrojů rýpadel

### Univerzální lopata (obrázek 16)

Použitelná pro běžné výkopové a stavební práce. Uplatní se zejména při práci se snadno rozpojitelným a málo abrazivním materiálem 1. – 4. třídy těžitelnosti (ornice, hlína, písek, jíl, zvětralý měkký vápenec nebo opuka). Tvar lopat je optimalizován pro snadné vnikání do materiálu [15].



(Zdroj: [www.renomag.cz])

**Obrázek 16 – Univerzální lopata**

### **Skalní hloubková lopata (obrázek 17)**

Extrémně pevná lopata dimenzovaná pro práci s kamenivem a silně abrazivním materiálem. Vyznačuje se velkou rozpojovací a trhací silou. Vhodná pro práci v lomech a na demolicích [13].



*(Zdroj: [www.renomag.cz])*

**Obrázek 17 – Skalní lopata**

### **Drenážní lopata (obrázek 18)**

Drenážní lopaty se používají k provádění výkopů pro pokládku trubek a kabelů. Drenážní lopaty jsou podobné konstrukce jako univerzální lopaty o menší šířce pracovního záběru [14].



*(Zdroj: [www.nekr.cz])*

**Obrázek 18 – Drenážní lopata**

### **Rozrývače (obrázek 19)**

V případech kdy je potřeba rozpojit tvrdou horninu se velmi dobře uplatní rozrývače upevněné na výložník rýpadla místo lopaty.



(Zdroj: [www.renomag.cz])

**Obrázek 19 – Rozrývač**

### **Svahové, srovnávací lopaty (obrázek 20)**

Široký tvar lopaty je vhodný pro terénní úpravy, svahování a dokončovací práce.



(Zdroj: [www.bagry.cz])

**Obrázek 20 – Svahová, srovnávací lopata**

### **Profilové, příkopové lopaty (obrázek 21)**

Užívá se k hloubení a čištění profilových příkopů a brázd v podélném směru. Rozsahem prací se jedná o úzce zaměřenou lopatu, která při nasazení výrazně zvýší produktivitu stroje [15].



Zdroj: [www.nekr.cz])

**Obrázek 21 – Profilová, příkopová lopata**

### **Nakládací zubová výklopná lopata (obrázek 22)**

Nakládací lopaty jsou použitelné při nakládce a přemísťování sypkých materiálů nebo kamenů. [13].



*(Zdroj: [www.bagry.cz])*

**Obrázek 22 – Nakládací zubová výklopná lopata**

### **Drtící lopata (obrázek 23)**

Určena pro drcení inertních materiálů přímo na místě výkopu. Možností a míst pro využití tohoto nástroje je mnoho: od různých demolic budov, sanací původně průmyslových a obytných oblastí po zpracovávání vytěžených surovin, od prosté pozemní práce po výstavbu cest, od lomů po doly, od rekultivace životního prostředí po práci na skalnatém podloží.



*(Zdroj: [www.renomag.cz])*

**Obrázek 23 – Drtící lžice**

### **Třídící lopata (obrázek 24)**

Třídící lopaty jsou ideální pro třídění materiálů před nebo i po drcení. Jejich použití před samotným drcením umožňuje ušetřit až 60% času, který by drcení zabralo bez předchozího třídění, přičemž je možno vytříděný materiál okamžitě odebrat a zpracovávat dle momentální potřeby [15].



(Zdroj: [www.renomag.cz])

**Obrázek 24 – Třídící lopata**

### **Drapáky**

- **Čelistové nakládací drapáky** - nakládací drapáky jsou vhodné pro všechny typy rýpadel dle typu záměnných čelistí využitelný pro nakládání sypkých materiálů, hloubení, rozrušování rostlé zeminy a manipulace s břemeny.
- **Demoliční drapáky** - velkého výkonu, robustní konstrukce s čelistmi tvaru V vybavené zuby určené pro přemísťování a třídění materiálu z demolic, ukládání středních a velkých kamenů. Jsou hydraulicky ovládané a otočné o 360 °.
- **Manipulační a třídící drapáky** - mřížované konstrukce s výměnným břitem jsou výkonnými univerzálními pomocníky pro třídění, manipulaci a ukládání materiálu jako je kámen, beton i dřevo. Jsou hydraulicky otočné a je možno je připojit na okruh ovládání lžice.
- **Polypové drapáky** (obrázek 25) - drapák najde uplatnění při zpracování šrotu, manipulaci s kameny, demoliční recyklaci, nakládání odpadů, atd. [13].



(Zdroj: [www.nekr.cz])

**Obrázek 25 – Polypový drapák**



### Hydraulická kladiva (obrázek 26)

Kladiva klasické konstrukce, kde energie úderu je získávána pouze z tlaku v hydraulickém obvodu. Používají se u staveb silnic, výkopových a bouracích prací, renovace budov a lomů (zmenšení vstupních rozměrů materiálu pro drcení) [12].



(Zdroj: [www.demolicnitechnikar.cz])

**Obrázek 26 – Hydraulické kladivo**

### Hydraulické nůžky

- **Multifunkční nůžky** - všestranné nůžky díky možnosti výměně čelistí dle potřeby. Vytvořeno pro stříhání betonu včetně výztuží a nosníků.
- **Drtiče betonu** (obrázek 27) - zařízení pro primární i sekundární demolice k drcení betonů a stříhání výztuží.



(Zdroj: [www.demolicnitechnikar.cz])

**Obrázek 27 – Drtič betonu**

- **Nůžky na ocel** (obrázek 28) - nůžky vhodné pro stříhání ocelových konstrukcí, šrotu, recyklaci, atd. [13].



(Zdroj: [www.demolicnitechikar.cz])

**Obrázek 28 – Nůžky na ocel**

## 1.6 Analýza výkonnosti rýpadel

Rýpadla, která pracují s pravidelně se opakujícím pracovním cyklem při těžbě a nakládání materiálu, se vrací do výchozího postavení, pracují cyklicky. Výkonnost rýpadel lze definovat jako množství manipulovaného materiálu nebo horniny vytěžené a přemístěné (zpracované) za jednotku času. Výkonnost se uvádí v  $[m^3 \cdot h^{-1}]$  [1].

Rýpadlo při těžení horniny stojí na místě a v činnosti je pouze jeho pracovní zařízení. Stanoviště odvozního prostředku může být ve vztahu k rýpadlu považováno za konstantní.

### **Teoretická výkonnost**

Výpočet teoretické výkonnosti počítáme pomocí vztahu:

$$Q_T = \frac{3600 \cdot V}{T_C} \quad [m^3 \cdot h^{-1}] \quad (1)$$

kde:

$V$  - objem horniny vytěžené a zpracované během jednoho teoretického pracovního cyklu ( $m^3$ )

$T_C$  - doba teoretického pracovního cyklu (s), v tabulce 5 jsou uvedeny teoretické doby pracovních cyklů rýpadel v závislosti na objemu lopaty

3600 - konstanta na přepočítání ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ) [2]

**Tabulka 5 - Teoretické doby pracovních cyklů rýpadel v závislosti na objemu lopaty**

V jmenovitý objem lopaty (m <sup>3</sup> )	T <sub>c</sub> doba teoretického pracovního cyklu (s)
0,2	16,0
0,3	16,8
0,5	18,4
1,0	21,2
1,5	23,6
2,0	25,3
2,5	28,3
3,0	31,1
3,5	33,4
4,0	36,0
4,5	39,2

(Zdroj: [5])

Pohyb pracovního zařízení a lopaty zahrnuje následující úkony:

- a) rýpání a nabírání horniny při činnosti přímočarého hydromotoru násady, přičemž se musí lopata naplnit na jmenovitý objem;
- b) zvednutí lopaty do výsypné výšky, nejméně však 3,5 m;
- c) otočení otočného svršku s plnou lopatou o 90°;
- d) vysypání horniny z lopaty při výsypném úhlu 45° u překlápěcích lopat a při plném zdvihu hydromotoru čelistí u čelistových lopat;
- e) otočení otočného svršku zpět o 90°;
- f) spuštění a nastavení lopaty do výchozí polohy počátku rýpání

### Skutečná výkonnost

Výpočet ze vztahu:

$$Q_s = 3600 \cdot \frac{V_s}{T_{cm}} \cdot k_p \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

kde:

3600 - konstanta na přepočet (m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>)

$V_s$  – objem skutečně naloženého materiálu v lopatě ( $m^3$ )

$T_{cm}$  – doba naměřeného pracovního cyklu (s)

$T_{cm} = T_{cm1} + T_{cm2} + T_{cm3} + T_{cm4}$  (s)

$T_{cm1}$  = čas na plnění lopaty (s)

$T_{cm2}$  = čas na otáčení k místu vyprázdnění lopaty (s)

$T_{cm3}$  = čas na vyprázdnění lopaty (s)

$T_{cm4}$  = čas pro otáčení lopaty do místa dalšího náběru (s)

$k_p$  – koeficient plnění lopaty [2]

## **2 Cíle práce**

Cílem práce je provést měření pracovních cyklů vybraných pracovních operací prováděných rýpadly na stavbách a stanovit návrhy a zásady pro výpočet skutečné výkonnosti rýpadel ve vazbě na prováděné pracovní operace.

- sběr dat pro stanovení skutečných časů pracovních cyklů v závislosti na prováděných pracích
- určení faktorů, které ovlivňují výkonnost rýpadel při prováděných konkrétních pracovních operacích na základě sběru dat časů pracovních cyklů
- stanovení hodnot opravných koeficientů pro výpočet skutečné výkonnosti rýpadel
- stanovení skutečné výkonnosti vybraných velikostních kategorií rýpadel v závislosti na prováděných pracovních operacích.

### 3 Metodika

Měření pracovních cyklů u rýpadel pro stanovení návrhů a zásad pro výpočet skutečné výkonnosti rýpadel bylo prováděno u čtyř rýpadel při rozdílných pracovních operacích.

Přehled měřených strojů:

- **Rýpadlo JCB 8085 ZTS**  
rozpojení horniny s přemístěním na odhoz
- **Rýpadlo Liebherr A 924 Litronic**  
nakládka stavební sutí na odvozní zařízení
- **Rýpadlo JCB JS 330LC**  
nakládka rozpojené horniny na odvozní zařízení
- **Rýpadlo Komatsu PC 450LC**  
těžení horniny s přemístěním na odvozní zařízení

Měření pracovních cyklů bylo měřeno u čtyř rýpadel při rozdílných pracovních operacích. Práce rýpadla byla zaznamenána na video. Z následného sestříhání videa byly naměřeny a určeny jednotlivé pracovní cykly,  $T_{cm1}$  - čas plnění lopaty,  $T_{cm2}$  - čas na otočení k místu vyprázdnění,  $T_{cm3}$  - čas vyprázdnění lopaty,  $T_{cm4}$  - čas na otočení k místu plnění lopaty, který byly zapsány do tabulky vytvořené v Excelu. Pracovní cyklus rýpadla -  $T_{cm}$  byl zjištěn pomocí tabulky v Excelu po sečtení všech čtyř předchozích cyklů  $T_{cm1}+T_{cm2}+T_{cm3}+T_{cm4}$ . Nebylo počítáno s naměřenými časy, u nichž byly výrazné odchylky v pracovním cyklu, způsobené při čekání na dopravní zařízení, nebo při nedostatečném naplnění lopaty. U každého rýpadla bylo naměřeno padesát hodnot. Z padesáti naměřených časů byly udělány průměrné hodnoty jednotlivých cyklů, se kterými bylo později pracováno při stanovení opravných koeficientů. Důležitá byla průměrná hodnota pracovního cyklu u jednotlivých rýpadel pro výpočty skutečných výkonností rýpadel.

Určení faktorů, které ovlivňují výkonnost rýpadel při prováděných pracovních operacích. Těchto faktorů může být několik. Některé mají výrazný vliv na výkonnost rýpadel a jsou zásadní. Faktory byly určeny a ohodnoceny, jak velký vliv mají na výkonnost.

Stanovení opravných koeficientů pro výpočet skutečné výkonnosti rýpadel bylo prováděno pouze v případě koeficientu plnění lopaty  $k_p$ , jelikož ostatní koeficienty jsou již zahrnuty v naměřených časech pracovních cyklů  $T_{cm}$ . U jednotlivých měření byl hodnocen vliv na stanovení hodnot opravných koeficientů při pracovním cyklu rýpadla  $T_{cm}$ . Hodnoty byly stanoveny vzhledem k tabulkám s opravnými koeficienty obsažené v literatuře [2].

Nejprve byla vypočítána teoretická výkonnost rýpadla  $Q_T$ , která je pouze orientační. Ve výpočtu se počítá pouze s objemem vytěžené horniny během jednoho pracovního cyklu  $V$  a s teoretickou dobou pracovního cyklu  $T_C$ . Výsledky jsou v  $m^3 \cdot h^{-1}$ .

Stanovení skutečné výkonnosti rýpadel bylo zjištěno postupnou metodou. Nejprve byl zjištěn odečtem ze štítu skutečný objem lopaty daného rýpadla  $V_s$  a následně byly vypočítány průměrné časy pracovních cyklů  $T_{cm}$  z naměřených časů při reálné pracovní činnosti rýpadla. Dále byl, na základě reálného pozorování a s využitím videozáznamu, stanoven koeficient plnění lopaty  $k_p$ . Výkonnost je udávána v  $m^3 \cdot h^{-1}$ .

## **4 Výpočty pro stanovení skutečné výkonnosti měřených rýpadel, určení faktorů ovlivňující výkonnost a stanovení opravných koeficientů.**

### **4.1 Určení faktorů ovlivňující výkonnost**

Mezi hlavní faktory patří: pracovník obsluhující rýpadlo, technologie prováděné operace a druh horniny. Mezi další faktory patří: konstrukce rýpadla a jeho velikost, pracovní adaptér, konstrukce a velikost odvozního zařízení, prostředí při manipulaci materiálu a následné dopravě, klimatické podmínky a ostatní pracovníci.

Obsluha rýpadla ovlivňuje výkonnost z největší míry. Svoji zkušeností a zručností dokáže obsluha výkonnost zdvojnásobit oproti začátečníkovi.

Technologie prováděné práce je neméně důležitá. Je zapotřebí dosáhnout co nejkratšího pracovního cyklu. Ten se ve velké míře odvíjí od správně zvolené technologie. Velký význam zde představuje úhel otáčení výložníku mezi místem plnění lopaty a místem vysypání lopaty.

Druh horniny: je důležité a rozhodující jestli rýpadlo pracuje v hornině 1. nebo 5. třídy. To se projeví především při čase, který je zapotřebí při plnění lopaty.

Následující faktory nejsou rozhodující, ale svojí důležitost sehrávají, protože vliv na výkonnost mají. Jsou to například extrémní meteorologické podmínky nebo opotřebením stroje a pracovního adaptéru. Výkonnost také menší mírou ovlivní skutečnost, zda je používán nevhodný pracovní adaptér.

### **4.2 Stanovení hodnot opravných koeficientů**

Pro výpočet skutečné výkonnosti byl stanoven pouze jeden opravný koeficient a to koeficient plnění lopaty  $k_p$ , jelikož ostatní koeficienty, jako kvalifikace pracovníka, úhel otočení, opotřebením rýpadla a časového využití jsou už obsáhlé v naměřených pracovních cyklech. U jednotlivých výpočtů jsou uvedeny přibližné hodnoty těchto koeficientů, které byly stanoveny na základě pozorování pracovní činnosti reálně pracujících strojů, resp. dotazem u operátora (doba praxe,



počet odpracovaných motohodin stroje od předchozí servisní prohlídky). Koeficienty plnění lopat byly voleny podle tabulky 6 a porovnáním s reálně naplněnou lopatou při pracovní činnosti.

**Tabulka 6 - Koeficienty plnění lopaty  $k_p$**

<b>Plnění lopaty</b>	<b>Koeficient plnění</b>
Přeplněná lopata	1,3
Plně naplněná lopata	1
Naplněná lopata z 85%	0,85
Naplněná lopata z 75%	0,75
Naplněná lopata z 65%	0,65
Naplněná lopata z 50%	0,50

### **4.3 Rýpadlo JCB 8085 ZTS**

Kategorie: malé rýpadlo 5 – 8 t

#### **Technické parametry rýpadla**

Výkon motoru: 43 kW

Vodorovný dosah: 4,2 m

Provozní hmotnost: 8 t

Výškový dosah: 6,3 m

Jmenovitý objem lopaty ( $V_s$ ): 0,25 m<sup>3</sup>

Hloubkový dosah: 4,3 m

#### **Technologické parametry (příloha A)**

Druh zemní práce: rozpojování horniny s následným přemístěním na odhoz

Manipulovaný materiál: hornina 3. třídy rozpojitelnosti

Úhel otáčení rýpadla: 90°

Průměrný čas pracovního cyklu ( $T_{cm}$ ): 13,53 s

Koeficient plnění lopaty ( $K_p$ ): 0,85

Doba teoretického pracovního cyklu ( $T_C$ ): 16,04 s (viz. tabulka 5)

### Zvolené opravné koeficienty

$K_1$  – stupeň opotřebení (0,9)

$K_2$  – úhel otáčení (1,08)

$K_3$  – zkušenost pracovníka (1)

$K_4$  – objem lopaty (0,9)

$K_{\xi}$  – časové využití (0,83)

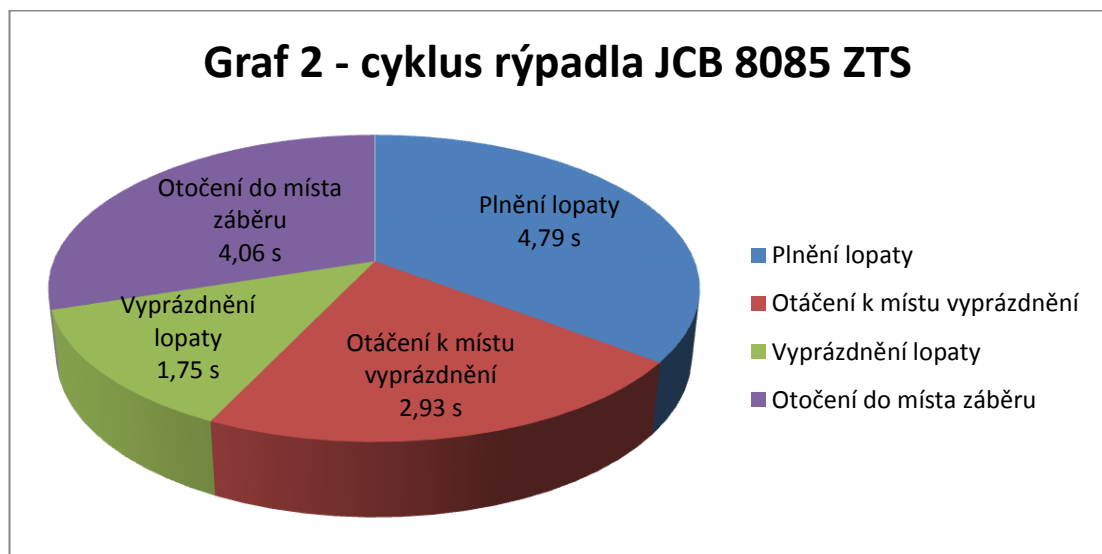
### Teoretická výkonnost

$$Q_T = \frac{3600 \cdot V}{T_C} = \frac{3600 \cdot 0,25}{16,04} = 56,10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (3)$$

### Skutečná výkonnost

$$Q_S = 3600 \cdot \frac{V_s}{T_{cm}} \cdot k_p = 3600 \cdot \frac{0,25}{13,53} \cdot 0,85 = 56,54 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (4)$$

Průměrné hodnoty jednotlivých částí pracovního cyklu, které byly naměřeny, jsou zobrazeny na obrázku 29.



Obrázek 29 – Pracovní cyklus rýpadla JCB 8085 ZTS

## 4.4 Rýpadlo Liebherr A 924 Litronic

Kategorie: střední rýpadlo 8 – 40 t

### Technické parametry rýpadla

Výkon motoru: 129 kW	Vodorovný dosah: 6,0 m
Provozní hmotnost: 25 t	Výškový dosah: 9,6 m
Jmenovitý objem lopaty ( $V_s$ ): 1,5 m <sup>3</sup>	Hlubkový dosah: 6,5 m

### Technologické parametry (příloha B)

Druh zemní práce: nakládka stavební suti na odvozní zařízení

Manipulovaný materiál: hornina 4. třídy rozpojitelnosti

Úhel otáčení rýpadla: 45°

Průměrný čas pracovního cyklu ( $T_{cm}$ ): 18,26 s

Koeficient plnění lopaty ( $K_p$ ): 0,75

Doba teoretického pracovního cyklu ( $T_C$ ): 23,6 s (viz. tabulka 5)

### Zvolené opravné koeficienty

$K_1$  – stupeň opotřebení (0,8)

$K_2$  – úhel otáčení (1,2)

$K_3$  – zkušenost pracovníka (1)

$K_4$  – poměr objemu lopaty a odvozní zařízení 1:6 (0,96)

$K_{\xi}$  – časové využití (0,83)

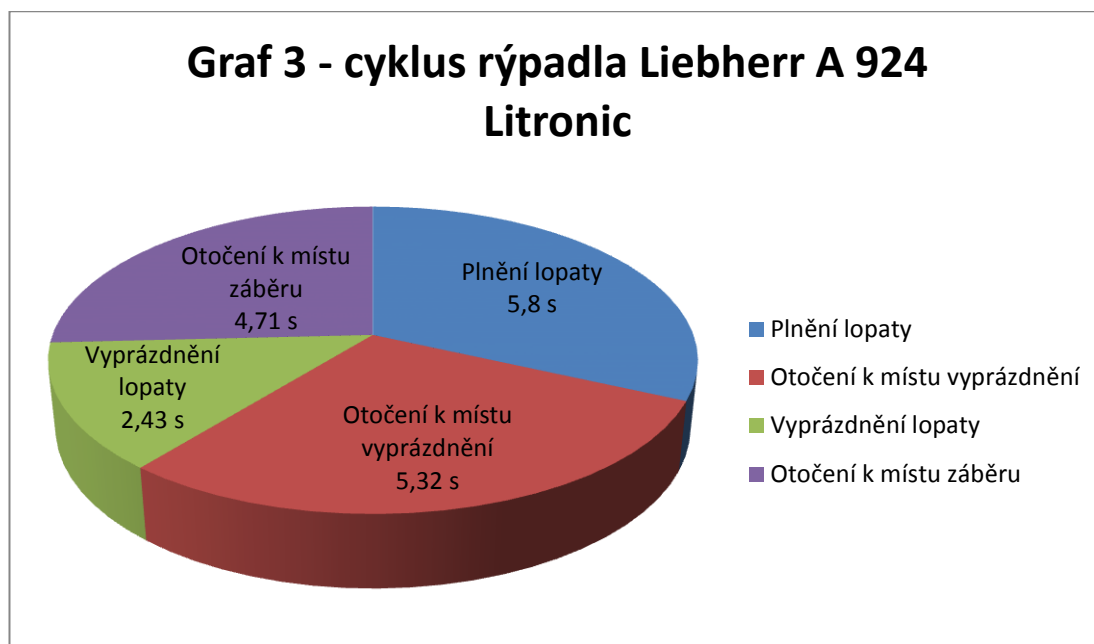
### Teoretická výkonnost

$$Q_T = \frac{3600 \cdot V}{T_C} = \frac{3600 \cdot 1,5}{23,6} = 228,81 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (5)$$

### Skutečná výkonnost

$$Q_S = 3600 \cdot \frac{V_s}{T_{cm}} \cdot k_p = 3600 \cdot \frac{1,5}{18,26} \cdot 0,75 = 221,79 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (6)$$

Průměrné hodnoty jednotlivých částí pracovního cyklu, které byly naměřeny, jsou zobrazeny na obrázku 30.



**Obrázek 30 – Pracovní cyklus rýpadla Liebherr A 924 Litronic**

#### **4.5 Rýpadlo JCB JS 330 LC**

Kategorie: střední rýpadlo 8 – 40 t

##### **Technické parametry rýpadla**

Výkon motoru: 210 kW

Vodorovný dosah: 6,3 m

Provozní hmotnost: 33 t

Výškový dosah: 10,1 m

Jmenovitý objem lopaty ( $V_s$ ): 2,5 m<sup>3</sup>

Hlubkový dosah: 7,2 m

##### **Technologické parametry (příloha C)**

Druh zemní práce: nakládka rozpojené horniny na odvozní zařízení

Manipulovaný materiál: hornina 2. třídy rozpojitelnosti

Úhel otáčení rýpadla: 120°

Průměrný čas pracovního cyklu ( $T_{cm}$ ): 21,86 s

Koeficient plnění lopaty ( $K_p$ ): 1

Doba teoretického pracovního cyklu ( $T_C$ ): 28,3 s (viz. tabulka 5)

### Zvolené opravné koeficienty

$K_1$  – stupeň opotřebení (0,9)

$K_2$  – úhel otáčení (0,98)

$K_3$  – zkušenost pracovníka (1,10)

$K_4$  – poměr objemu lopaty a odvozní zařízení 1:5 (0,94)

$K_{\xi}$  – časové využití (0,67)

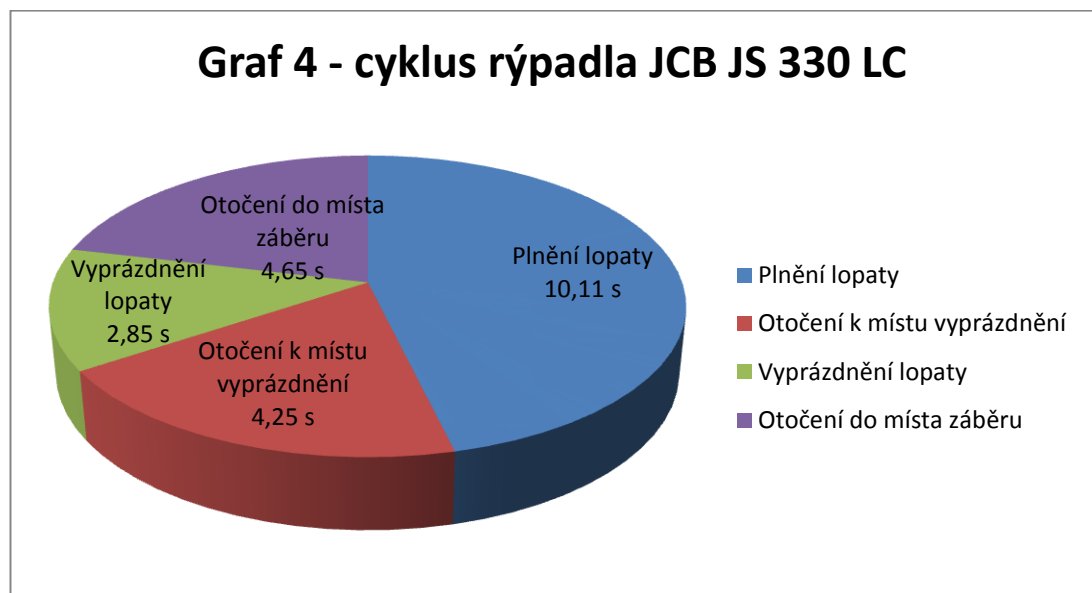
### Teoretická výkonnost

$$Q_T = \frac{3600 \cdot V}{T_C} = \frac{3600 \cdot 2,5}{28,3} = 318,02 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (7)$$

### Skutečná výkonnost

$$Q_S = 3600 \cdot \frac{V_s}{T_{cm}} \cdot k_p = 3600 \cdot \frac{2,5}{21,86} \cdot 1 = 411,71 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (8)$$

Průměrné hodnoty jednotlivých částí pracovního cyklu, které byly naměřeny, jsou zobrazeny na obrázku 31.



Obrázek 31 – Pracovní cyklus rýpadla JCB JS 330 LC

## 4.6 Rýpadlo Komatsu PC 450 LC

Kategorie: těžké rýpadlo 40 – 100 t

### Technické parametry rýpadla

Výkon motoru: 241 kW	Vodorovný dosah: 7,2 m
Provozní hmotnost: 43 t	Výškový dosah: 10,9 m
Jmenovitý objem lopaty ( $V_s$ ): 2,8 m <sup>3</sup>	Hlubkový dosah: 7,7 m

### Technologické parametry (příloha D)

Druh zemní práce: těžení horniny s přemístěním na odvozní zařízení

Manipulovaný materiál: hornina 5. třídy rozpojitelnosti

Úhel otáčení rýpadla: 90°

Průměrný čas pracovního cyklu ( $T_{cm}$ ): 37,84 s

Koeficient plnění lopaty ( $K_p$ ): 0,85

Doba teoretického pracovního cyklu ( $T_C$ ): 30,1 s (viz. tabulka 5)

### Zvolené opravné koeficienty

$K_1$  – stupeň opotřebení (0,85)

$K_2$  – úhel otáčení (1)

$K_3$  – zkušenost pracovníka (0,85)

$K_4$  – poměr objemu lopaty a odvozní zařízení 1:6 (0,96)

$K_{\zeta}$  – časové využití (0,83)

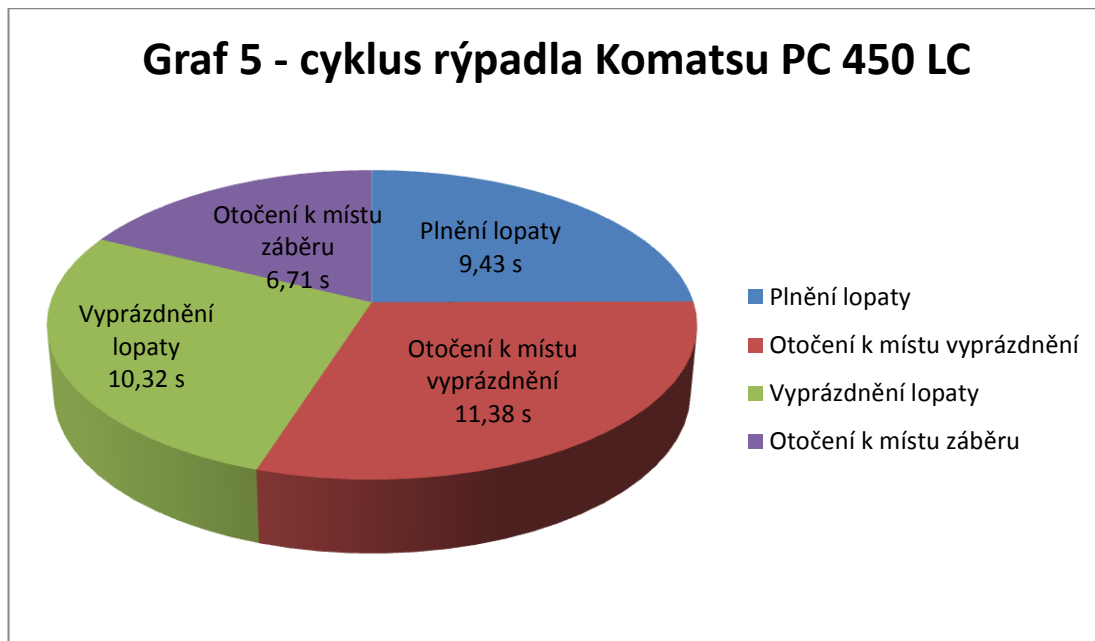
### Teoretická výkonnost

$$Q_T = \frac{3600 \cdot V}{T_C} = \frac{3600 \cdot 2,8}{30,1} = 334,88 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (9)$$

### Skutečná výkonnost

$$Q_S = 3600 \cdot \frac{V_s}{T_{cm}} \cdot k_p = 3600 \cdot \frac{2,8}{37,84} \cdot 0,85 = 226,42 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad (10)$$

Průměrné hodnoty jednotlivých částí pracovního cyklu, které byly naměřeny, jsou zobrazeny na obrázku 32.



**Obrázek 32 – Pracovní cyklus rýpadla Komatsu PC 450 LC**

## 5 Výsledky

V tabulkách 7 – 9 jsou shrnuté výsledky pracovních cyklů a výkonnosti jednotlivých rýpadel při pracovních operacích, při kterých byly sledovány.

### 5.1 Průměrné časy pracovních cyklů rýpadel

V tabulce 7 jsou uvedeny průměrné časy pracovních cyklů v jednotlivých velikostních kategoriích rýpadel, které byly naměřené při těžebních a nakládacích prací. Tyto časy jsou závislé hlavně na úhlu otáčení rýpadla na požadované místo přemístění horniny a druhu horniny.

**Tabulka 7 – Naměřené průměrné časy pracovních cyklů u různých velikostních kategorií rýpadel**

Velikostní kategorie rýpadel (t)	Typ rýpadla	Čas plnění lopaty (s)	Čas otočení k místu vyprázdnění (s)	Čas vyprázdnění lopaty (s)	Čas otočení k místu záběru (s)
	třída horniny				
5 – 8 t malá	JCB 8085	4,79	2,93	1,75	4,06
	ZTS				
	3. třída				
8 – 40 t střední	Liebherr A	5,80	5,32	2,43	4,71
	924 L				
	4. třída	10,11	4,25	2,85	4,65
	JCB JS 330				
LC	2. třída				
40 – 100 t velká	Komatsu PC	9,43	11,38	10,32	6,71
	450 LC				
	5. třída				



## 5.2 Přehled celkových pracovních cyklů rýpadel

V tabulce 8 jsou uvedené časy celkových pracovních cyklů, které byly naměřené ve třech různých velikostních kategoriích rýpadel při rozdílných operacích.

**Tabulka 8 – Časy celkových pracovních cyklů**

Velikostní kategorie rýpadel (t)	Typ rýpadla	Celkový čas pracovního cyklu rýpadla (s)
	třída horniny	
5 – 8 t malá	JCB 8085 ZTS	13,53
	3. třída	
8 – 40 t střední	Liebherr A 924 L	18,26
	4. třída	
	JCB JS 330 LC	21,86
	2. třída	
40 – 100 t velká	Komatsu PC 450 LC	37,84
	5. třída	

Z tabulky 8 je patrné, že jednotlivé velikostní kategorie se poměrně liší ve velikosti pracovních cyklů. Z tabulky 12 je zřejmé, že ve stejné velikostní kategorii 8 – 40 t jsou časy podobné. V kategorii 40 – 100 t je čas dlouhý z důvodu těžení horniny 5. třídy.

## 5.3 Přehled teoretické a skutečné výkonnosti rýpadel

Velikost teoretické a skutečné výkonnosti měřených rýpadel je uvedena v tabulce 9.

Z tabulky 9 je patrné, že u rýpadla JCB 8085 ZTS je teoretická výkonnost přibližně shodná jako skutečná. U rýpadla Liebherr A 924 L je teoretická výkonnost vyšší než skutečná, protože bylo manipulováno se stavební sutí a byl stanoven nízký koeficient plnění lopaty, vzhledem k jejímu horšímu plnění. Právý opak je u rýpadla JCB JS 330 LC, zde je skutečná výkonnost o 25% vyšší než teoretická. Bylo zde manipulováno s horninou 2. třídy a koeficient plnění lopaty byl vysoký. Rýpadlo

Komatsu PC 450 LC, které pracovalo v lomu, mělo podstatně nižší skutečnou výkonnost než teoretickou, z důvodu dlouhých pracovních cyklů, které byly způsobeny rozpojováním horniny 5. třídy.

Jeden z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje výkonnost, byl druh horniny a zkušenost obsluhy rýpadla. Ve výsledku skutečné výkonnosti se také značně projevil koeficient plnění lopaty.

**Tabulka 9 – Teoretická a skutečná výkonnost rýpadel**

Velikostní kategorie rýpadel (t)	Typ rýpadla	Objem lopaty V (m <sup>3</sup> )	Teoretická výkonnost $Q_T$ (m <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup> )	Skutečná výkonnost $Q_S$ (m <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup> )
	třída horniny			
5 – 8 t malá	JCB 8085	0,25	56,10	56,54
	ZTS			
	3. třída			
8 – 40 t střední	Liebherr A	1,5	228,81	221,79
	924 L			
	4. třída	2,5	318,02	411,71
	JCB JS 330			
LC	2,8	334,88	226,42	
2. třída				
40 – 100 t velká	Komatsu PC	2,8	334,88	226,42
	450 LC			
	5. třída			

## 6 Závěr

V daném tématu byly na závěr určeny nejvhodnější návrhy, pro co nejefektivnější využití rýpadel při daných operacích a odhalení faktorů, které snižují výkonnost rýpadel.

Při volbě vhodného rýpadla je nejdůležitější zvolit hlavní kritéria, která mají být splněna při požadovaných operacích. Mezi hlavní kritéria patří náklady, pracnost, rozsah prací a termíny uskutečnění prací. Při volbě rýpadla pro danou operaci je důležité zjištění v jaké hornině bude rýpadlo pracovat a v jakém prostředí se uskuteční daná operace, případné faktory, které mohou působit v daném prostředí. Neméně důležitá je správně zvolená technologie práce, která se projeví vzhledem k efektivnímu využití rýpadla. Při efektivním využití rýpadla se dosáhne požadované výkonnosti rýpadla, se kterou lze kalkulovat pro danou operaci, aby byla splněna podle požadavků.

Zvolení správné velikosti rýpadla je možné až po pečlivém uvážení a promyšlení pracovní operace, která bude prováděna v daném terénu s návazností na odvozní zařízení, pokud bude hornina z výkopiště odvážena. Pro zvolení správného rýpadla se musí vzít v potaz všechny požadavky a vybrat podle toho takové rýpadlo, které se s požadavky nejvíce shoduje a z pravidla se volí to optimální nebo nejuniverzálnější.

Další hledisko je, jakou bude mít rýpadlo výkonnost. Výkonnost je závazná vzhledem k plánovanému splnění úkolu rýpadlem. Teoretickou výkonnost udává výrobce, se kterou se počítá pouze orientačně a pro praktické využití nemá velký význam. Skutečná výkonnost se odvíjí od druhu horniny, se kterou je manipulováno, od koeficientu plnění lopaty a v neposlední řadě od zkušenosti a zručnosti obsluhy rýpadla. Při sběru dat pro vypracování této práce bylo prokázáno, že tyto faktory dokážou ovlivnit výkonnost rýpadla až o 25%.

Neméně důležitá je správná volba pracovního nástroje. Každý pracovní nástroj se hodí pro jinou operaci. Snahou je zvolit co nejvhodnější pracovní nástroj a také ten co bude mít velký rozsah pro využití v požadované operaci. V dnešní době je široká škála pracovních adaptérů, které lze použít na rýpadlo. Těžební a nakládací lopaty jsou základem. Mezi další patří profilové lopaty různých geometrických tvarů, třídící a drtící lopaty. Na demolice starých staveb se používají drtiče betonu, nůžky

na ocel, hydraulická kladiva a drapáky a nakládací vidle. Výběr vhodného nástroje je velice široký. Snahou je volit efektivní a produktivní nástroj, což je dnes jeden z nejdůležitějších požadavků.

Obsluha rýpadla má zásadní vliv na celou pracovní operaci. Musí mít oprávnění na obsluhu rýpadla, což je strojnický průkaz na lopatová rýpadla, ale to neznamena, že je zkušeným pracovníkem. Musí se řídit předpisy a normami, které jsou stanovené. Můžeme využívat rýpadlo pouze pro předem určené operace, pro které bylo rýpadlo konstrukčně vyrobené a odpovídá technickému stavu rýpadla.

Neustálým pokrokem techniky se vyvíjí a zdokonalují nové technologie a jejich využití. Velký důraz je kladen na co nejmenší důsledky vzhledem k životnímu prostředí a na to, aby se člověk co nejvíce vyhnul fyzické námaze při práci. Důraz je především kladen na kvalitu prováděné práce, tempo výroby a náklady spojené s prací.

## 7 Přehled použité literatury a zdrojů

### Literární zdroje:

- [1] Celjak, I.: *Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací*. Interní učebnicový text. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2009. 124 s;
- [2] Celjak, I.: *Stroje pro zemní a meliorační práce*. Interní učebnicový text. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2009. 146 s;
- [3] JEŘÁBEK, K.: *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-389-3. 464 s;
- [4] KOLOMÝ, R.: *Historický vývoj lopatových rýpadel: historie výroby a vývoje stavebních strojů v českých zemích I*. Práce z dějin techniky a přírodních věd. Praha: Národní technické muzeum, 2013. ISBN 978-80-7037-217-3. 214 s;
- [5] MARŠÁL, P.: *Stavební stroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2774-4. 205 s;
- [6] VANĚK, A.: *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1045-9. 526 s;
- [7] VANĚK, A.: *Strojní zařízení pro stavební práce*. 2. přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-61-1. 301 s;

### Internetové zdroje:

- [8] <http://bagry.cz/> (staženo dne 5.2.2015, 19,15 hod)
- [9] <http://www.bobcat.cz/> (staženo dne 5.2.2015, 22,20 hod)
- [10] <http://casopisstavebnictvi.cz/> (staženo dne 4.2.2015, 18,35 hod)
- [11] <http://www.czechmat.cz/> (staženo dne 5.2.2015, 22,40 hod)
- [12] <http://demolicnitechika.cz/> (staženo dne 3.3.2015, 20,33 hod)
- [13] <http://www.empec.cz/> (staženo dne 2.3.2015, 13,08 hod)

- [14] <http://www.nekr.cz/cz> (staženo dne 2.3.2015, 13,26 hod)
- [15] <http://www.renomag.cz/> (staženo dne 2.3.2015, 12,50 hod)
- [16] <http://www.staves.cz/> (staženo dne 27.1.2015, 20,52 hod)
- [17] <http://stroje-naradie.sk/> (staženo dne 5.2.2015, 23,10 hod)
- [18] <http://zeppelin.cz/> (staženo dne 5.2.2015, 23,18 hod)

## 8 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Souvislost technologie zemních prací se základními články výrobního procesu .....	- 19 -
Obrázek 2 – Lopatové rýpadlo (pásové) .....	- 20 -
Obrázek 3 – Pásový dozer.....	- 20 -
Obrázek 4 – Kolový (kloubový) nakladač .....	- 21 -
Obrázek 5 – Smykem řízený nakladač.....	- 21 -
Obrázek 6 – Skejpr.....	- 22 -
Obrázek 7 – Srovnávač (grejdr) .....	- 22 -
Obrázek 8 – Dampr .....	- 23 -
Obrázek 9 – Víceúčelové rýpadlo .....	- 24 -
Obrázek 10 – Pásové rýpadlo.....	- 25 -
Obrázek 11 – Kolové rýpadlo .....	- 26 -
Obrázek 12 – Automobilové rýpadlo (teleskopické) .....	- 26 -
Obrázek 13 – Kolové traktorové rýpadlo.....	- 27 -
Obrázek 14 – Samohybné rýpadlo .....	- 27 -
Obrázek 15 - Prodej stavebních strojů v ČR za rok 2013, rozdělení podle kategorií ...-	28 -
Obrázek 16 – Univerzální lopata.....	- 28 -
Obrázek 17 – Skalní lopata .....	- 29 -
Obrázek 18 – Drenážní lopata.....	- 29 -
Obrázek 19 – Rozrývač .....	- 30 -
Obrázek 20 – Svahová, srovnávací lopata .....	- 30 -
Obrázek 21 – Profilová, příkopová lopata .....	- 30 -
Obrázek 22 – Nakládací zubová výklopná lopata.....	- 31 -
Obrázek 23 – Drtící lžíce .....	- 31 -
Obrázek 24 – Třídící lopata .....	- 32 -
Obrázek 25 – Polypový drapák .....	- 32 -
Obrázek 26 – Hydraulické kladivo .....	- 33 -
Obrázek 27 – Drtič betonu .....	- 33 -
Obrázek 28 – Nůžky na ocel .....	- 34 -
Obrázek 29 – Pracovní cyklus rýpadla JCB 8085 ZTS .....	- 42 -
Obrázek 30 – Pracovní cyklus rýpadla Liebherr A 924 Litronic .....	- 42 -

Obrázek 31 – Pracovní cyklus rýpadla JCB JS 330 LC.....	- 45 -
Obrázek 32 – Pracovní cyklus rýpadla Komatsu PC 450 LC .....	- 47 -



## **9 Seznam grafů**

Graf 1 - prodané rýpadla za rok 2013.....	- 42 -
Graf 2 – cyklus rýpadla JCB 8085 ZTS.....	- 42 -
Graf 3 – cyklus rýpadla Liebherr A 924 Litronic.....	- 42 -
Graf 4 – cyklus rýpadla JCB JS 330 LC.....	- 45 -
Graf 5 – cyklus rýpadla Komatsu PC 450 LC.....	- 47 -

## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Označení zrn podle ČSN 72 1002.....	- 12 -
Tabulka 2 - Průměrné hodnoty součinitele tření horniny o ocel $f_2$ .....	- 14 -
Tabulka 3 – Klasifikace hornin podle jejich rozpojitelnosti .....	- 15 -
Tabulka 4 - Rozdělení rýpadel podle provozní hmotnosti a výkonu hnacího motoru ...	- 25 -
Tabulka 5 - Teoretické doby pracovních cyklů rýpadel v závislosti na objemu lopaty	- 35 -
Tabulka 6 - Koeficienty plnění lopaty $k_p$ .....	- 41 -
Tabulka 7 – Naměřené průměrné časy pracovních cyklů u různých velikostních kategorií rýpadel.....	- 48 -
Tabulka 8 – Časy celkových pracovních cyklů.....	- 49 -
Tabulka 9 – Teoretická a skutečná výkonnost rýpadel .....	- 50 -

# 11 Seznam příloh

## Příloha A

Rýpadlo: JCB 8085 ZTS		Objem lžice: 0,25 m³	Úhel otáčení: 90°	Typ půdy: hornina 3. třídy	1. 10. 2014 (11 : 00) 15°C
Č. měření	Plnění lopaty (náběr)	Otočení k místu vyprázdnění	Vyprázdnění lopaty	Otočení k místu záběru	Celkový prac. cyklus
1	4,06	3,27	2,39	4,12	13,84
2	5,69	2,60	2,17	4,13	14,59
3	5,91	2,63	1,74	3,82	14,10
4	2,57	2,47	2,16	2,05	9,25
5	3,43	2,51	2,34	3,99	12,27
6	5,04	3,36	1,78	4,23	14,41
7	3,98	3,30	1,53	3,75	12,56
8	4,09	2,51	2,28	6,20	15,08
9	4,41	3,29	3,17	6,09	16,96
10	4,14	6,47	2,13	5,79	18,53
11	5,58	3,35	1,67	3,60	14,20
12	4,43	2,63	2,09	4,58	13,73
13	4,67	2,72	2,19	5,04	14,62
14	2,72	5,51	1,60	3,05	12,88
15	4,46	2,75	1,63	4,18	13,02
16	2,33	2,35	1,74	3,03	9,45
17	3,79	3,61	1,61	4,07	13,08
18	5,19	3,09	1,58	3,75	13,61
19	4,18	2,73	1,63	3,09	11,63
20	5,17	2,78	1,57	2,79	12,31
21	4,43	2,66	1,79	3,36	12,24
22	5,35	2,98	1,49	3,73	13,55
23	5,33	2,74	1,39	3,43	12,89
24	4,59	2,83	1,56	3,97	12,95
25	5,07	2,99	1,69	4,09	13,84
26	6,61	3,34	1,58	3,77	15,30
27	3,34	2,27	1,70	3,53	10,84
28	3,99	2,76	1,72	3,36	11,83
29	4,82	2,91	1,56	5,88	15,17
30	2,49	2,58	1,56	4,17	10,80
31	7,16	2,64	1,87	5,96	17,63
32	7,59	2,81	1,51	4,03	15,94
33	5,39	2,91	1,55	3,92	13,77
34	5,63	2,83	1,30	3,83	13,59
35	7,17	2,53	1,69	4,54	15,93
36	6,73	2,97	1,29	4,14	15,13
37	6,66	2,48	1,56	5,54	16,24
38	5,38	3,05	1,64	3,53	13,60
39	5,49	2,99	1,61	4,53	14,62
40	5,37	2,81	1,75	3,94	13,87
41	4,53	2,53	1,73	3,84	12,63
42	3,93	2,87	1,54	3,04	11,38
43	2,77	2,13	1,73	4,06	10,69
44	5,19	2,67	1,73	4,34	13,93
45	5,78	2,61	1,43	3,64	13,46
46	3,10	2,45	1,67	3,17	10,39
47	3,43	2,73	1,73	3,51	11,40
48	5,06	2,68	1,66	4,10	13,50
49	5,24	3,09	1,68	3,54	13,55
50	6,26	2,94	1,55	4,96	15,71
<b>Průměr</b>	<b>4,79</b>	<b>2,93</b>	<b>1,75</b>	<b>4,06</b>	<b>13,53</b>



## Příloha B



Liebherr A 924 Litronic		Objem lžice: 1,5 m³	Úhel otáčení: 45°	Typ půdy: stavební suť (4. tř.)	25. 2. 2015 (09:00) 3°C
Č. měření	Plnění lopaty (náběr)	Otočení k místu vyprázdnění	Vyprázdnění lopaty	Otočení k místu záběru	Celkový prac. cyklus
1	6,68	6,15	2,45	5,28	20,56
2	5,58	6,55	2,88	4,33	19,34
3	5,21	6,10	2,91	4,87	19,09
4	5,94	6,02	2,32	4,71	18,99
5	6,04	5,06	2,39	3,82	17,31
6	5,55	5,66	2,43	4,79	18,43
7	5,49	6,42	2,88	4,36	19,15
8	5,20	5,15	2,52	4,23	17,10
9	5,74	6,21	2,46	3,71	18,12
10	5,95	5,71	2,21	3,70	17,57
11	6,06	5,19	3,32	4,69	19,26
12	5,51	6,02	2,29	4,76	18,58
13	6,37	5,94	2,71	5,32	20,34
14	6,16	6,25	2,58	4,69	19,68
15	5,85	5,88	2,76	5,19	19,68
16	5,61	5,35	2,60	4,93	18,49
17	6,11	5,86	2,56	4,56	19,09
18	6,32	5,48	2,95	4,82	19,57
19	5,68	5,89	2,57	4,98	19,12
20	5,74	5,87	2,39	4,73	18,73
21	6,00	5,56	2,44	4,62	18,62
22	6,04	5,79	2,29	5,04	19,16
23	5,84	4,98	2,50	4,87	18,19
24	5,78	4,89	2,34	5,01	18,02
25	6,03	5,07	2,11	4,84	18,05
26	5,89	5,62	2,43	4,78	18,72
27	5,40	4,96	2,04	5,07	17,47
28	5,39	4,54	2,20	4,61	16,74
29	6,05	5,08	2,48	4,41	18,02
30	5,70	4,42	2,09	4,57	16,78
31	5,55	5,18	2,27	4,56	17,56
32	5,84	4,87	2,22	4,55	17,48
33	5,61	4,71	2,24	4,35	16,91
34	5,83	5,06	2,54	5,23	18,66
35	5,40	5,28	2,37	5,11	18,16
36	5,48	4,70	2,57	5,21	17,96
37	5,71	5,24	2,58	4,79	18,32
38	6,02	5,47	2,42	4,74	18,65
39	5,49	4,80	2,07	4,80	17,16
40	5,57	4,98	2,31	4,67	17,53
41	5,65	4,81	2,20	4,62	17,28
42	6,29	4,86	2,14	4,81	18,10
43	5,83	4,97	2,09	4,53	17,42
44	5,79	4,83	2,36	4,87	17,85
45	5,66	4,76	2,28	4,75	17,45
46	5,81	5,00	2,19	4,54	17,54
47	6,02	4,64	2,04	4,82	17,52
48	5,43	5,00	2,44	4,96	17,83
49	5,80	4,80	2,71	4,64	17,95
50	6,13	4,35	2,48	4,66	17,62
<b>Průměr</b>	<b>5,80</b>	<b>5,32</b>	<b>2,43</b>	<b>4,71</b>	<b>18,26</b>

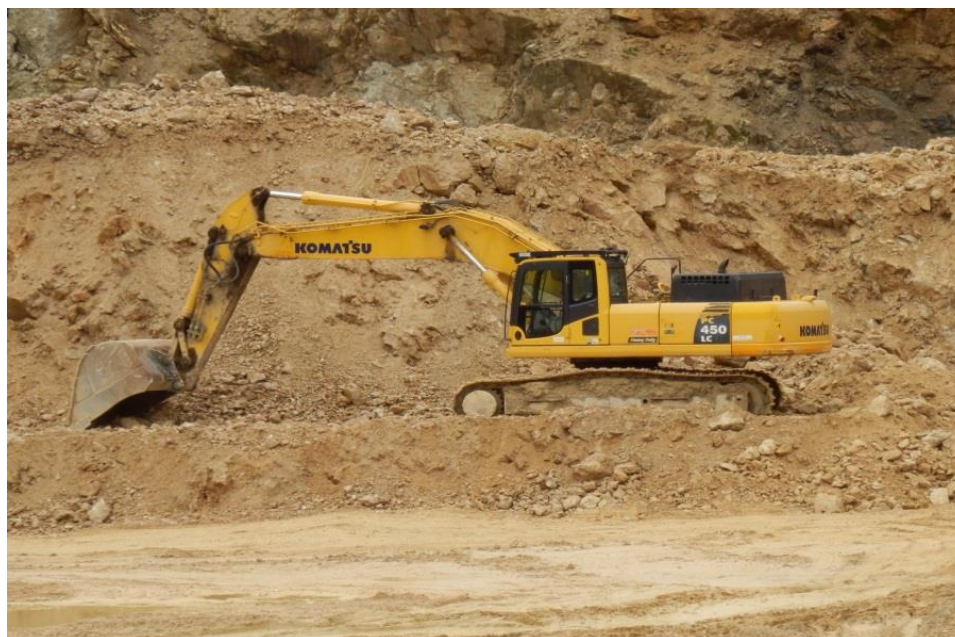
## Příloha C

Rýpadlo: JCB S330L		Objem lžice: 2,5 m <sup>3</sup>	Úhel otáčení: 120°	Typ půdy: hornina 2. třídy	11. 9. 2014 (13:00) 16°C
Č. měření	Plnění lopaty (náběr)	Otočení k místu vyprázdnění	Vyprázdnění lopaty	Otočení k místu záběru	Celkový prac. cyklus
1	8,50	5,29	2,92	4,16	20,87
2	8,12	3,63	2,69	4,98	19,42
3	8,52	4,59	2,66	4,05	19,82
4	10,29	5,02	2,25	5,31	22,87
5	10,77	5,14	2,18	3,37	21,46
6	7,40	5,50	3,42	5,51	21,83
7	8,77	4,51	3,28	5,07	21,63
8	12,69	5,08	2,72	5,31	25,80
9	11,81	4,49	3,16	4,84	24,30
10	10,89	4,45	2,77	5,26	23,37
11	12,47	5,31	2,67	5,37	25,82
12	10,63	4,61	2,43	4,87	22,54
13	11,66	4,54	3,60	4,31	24,11
14	11,94	5,95	2,67	5,13	25,69
15	10,67	5,19	3,26	4,93	24,05
16	10,47	4,47	2,39	5,54	22,87
17	12,82	4,24	4,23	6,03	27,32
18	11,34	4,59	2,35	5,54	23,82
19	13,31	4,55	3,41	5,15	26,42
20	9,83	4,22	2,50	3,53	20,08
21	7,51	3,53	2,83	3,95	17,82
22	8,55	3,58	3,17	6,94	22,24
23	9,20	4,12	2,44	5,13	20,89
24	13,31	4,21	3,76	4,77	26,05
25	10,33	4,62	2,80	3,63	21,38
26	8,47	4,57	2,19	3,67	18,90
27	8,22	3,93	3,05	6,66	21,86
28	11,42	4,37	3,18	4,45	23,42
29	12,64	3,56	2,68	4,13	23,01
30	10,36	3,75	3,76	4,95	22,82
31	10,65	3,33	2,16	3,92	20,06
32	11,21	3,42	2,67	4,21	21,51
33	9,58	3,71	2,06	3,86	19,21
34	10,78	3,58	2,27	4,49	21,12
35	10,37	4,25	2,49	3,93	21,04
36	10,77	4,69	2,88	4,21	22,55
37	9,04	3,55	2,85	3,49	18,93
38	9,45	3,76	3,53	4,18	20,92
39	9,17	3,83	2,70	4,52	20,22
40	6,75	4,27	2,59	4,31	17,92
41	9,83	4,04	2,49	4,45	20,81
42	8,19	4,33	3,10	4,74	20,36
43	8,91	3,47	3,98	4,70	21,06
44	10,33	3,44	2,69	4,53	20,99
45	11,17	4,03	3,05	4,02	22,27
46	9,00	4,03	2,83	4,20	20,06
47	8,22	4,07	2,27	4,51	19,07
48	9,25	3,37	3,79	4,28	20,69
49	9,95	3,76	2,39	4,37	20,47
50	10,12	3,84	2,38	4,85	21,19
<b>Průměr</b>	<b>10,11</b>	<b>4,25</b>	<b>2,85</b>	<b>4,65</b>	<b>21,86</b>





## Příloha D



Komatsu PC 450LC		Objem lžice: 2,8 m <sup>3</sup>	Úhel otáčení: 90°	Typ půdy: hornina 5. třídy	23. 9. 2014 (11:00) 19°C
Č. měření	Plnění lopaty (náběr)	Otočení k místu vyprázdnění	Vyprázdnění lopaty	Otočení k místu záběru	Celkový prac. cyklus
1	7,59	15,51	9,10	6,01	38,21
2	9,13	12,71	7,71	6,66	36,21
3	8,22	13,19	10,21	7,03	38,65
4	10,48	15,36	10,76	5,93	42,53
5	10,07	12,93	11,26	5,37	39,63
6	9,23	13,56	10,86	5,35	39,00
7	9,39	11,95	10,37	6,01	37,72
8	9,71	12,21	9,99	7,56	39,47
9	8,33	11,52	8,27	6,55	34,67
10	9,09	13,49	11,06	6,89	40,53
11	9,53	12,79	10,04	5,80	38,16
12	9,39	13,12	11,57	6,55	40,63
13	8,45	12,28	11,31	6,15	38,19
14	8,65	10,91	10,82	6,54	36,92
15	9,98	11,86	10,22	7,18	39,24
16	9,79	11,73	9,09	6,45	37,06
17	9,69	11,59	10,62	7,02	38,92
18	10,40	11,22	11,41	6,71	39,74
19	9,72	10,53	9,42	6,25	35,92
20	9,56	9,41	9,35	6,74	35,06
21	10,72	11,18	9,87	6,90	38,67
22	9,71	10,58	10,13	6,94	37,36
23	9,10	11,15	11,38	6,67	38,30
24	9,44	12,60	11,75	7,95	41,74
25	8,97	11,62	12,05	7,05	39,69
26	9,92	10,46	10,30	6,84	37,52
27	9,89	10,13	11,63	6,63	38,28
28	8,26	9,81	10,90	6,86	35,83
29	9,74	10,02	9,55	7,65	36,96
30	9,39	10,77	11,70	7,34	39,20
31	8,85	10,49	9,78	7,62	36,74
32	7,79	9,87	12,33	6,03	36,02
33	9,77	10,47	10,34	7,69	38,27
34	9,64	10,20	10,41	6,85	37,10
35	9,08	10,98	11,07	7,37	38,50
36	8,96	11,78	11,89	6,77	39,40
37	8,29	10,80	9,32	6,63	35,04
38	8,59	9,84	9,71	7,01	35,15
39	8,26	10,06	9,42	7,12	34,86
40	9,61	10,84	10,69	6,75	37,89
41	8,88	10,51	10,05	6,00	35,44
42	9,99	10,49	9,55	6,38	36,41
43	10,31	10,00	9,75	6,61	36,67
44	10,68	11,48	10,79	6,83	39,78
45	11,72	11,39	9,66	6,76	39,53
46	10,26	10,99	9,24	6,28	36,77
47	10,15	9,07	9,44	7,15	35,81
48	9,89	11,83	10,60	6,55	38,87
49	9,65	10,44	9,03	6,75	35,87
50	9,79	11,31	10,00	6,62	37,72
<b>Průměr</b>	<b>9,43</b>	<b>11,38</b>	<b>10,32</b>	<b>6,71</b>	<b>37,84</b>



