

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb**



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Optimalizace strojní sestavy pro zemní
práce na stavbě: D1 oprava dálnice,
odpočívek Újezd u Průhonic**

ONDŘEJ SPURNÝ

2020

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: Ing. Martin Hlava, PhD.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

Ondřej Spurný

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Martinu Hlavovi, PhD. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Spurný</u>	Jméno: <u>Ondřej</u>	Osobní číslo: <u>458588</u>
Zadávatel katedra: <u>K122</u>		
Studijní program: <u>SI</u>		
Studijní obor: <u>Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Optimalizace strojní sestavy pro zemní práce na stavbě: D1 oprava dálnice, odpočívek Újezd u Průhonic

Název bakalářské práce anglicky: Optimization of machine assembly for groundworks on the construction site: D1 reconstruction of motorway, rest area Újezd u Průhonic

Pokyny pro vypracování:

1. Rozdělení těžebních strojů včetně jejich pracovních nástrojů
2. Rozdělení odvozních prostředků
3. Návrh optimální těžební sestavy na konkrétním projektu
4. Návrh optimální odvozní sestavy na konkrétním projektu
5. Návrh zařízení staveniště s vyznačením pojízdných tras
6. Porovnání optimalizace se skutečností

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, PhD.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[Podpis] Podpis vedoucího práce

[Podpis] Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20.2.2020 Datum převzetí zadání

[Podpis] Podpis studenta(ky)

Anotace

Optimalizace strojní sestavy pro zemní práce na stavbě: D1 oprava dálnice, odpočívák Újezd u Průhonic

Autor této práce se bude věnovat rozdělení těžebních strojů s přímým zaměřením na rypadla. Rypadla budou rozřazena podle základních charakteristických rysů. Dále se zaměřuje na těžební nástroje, které rypadlo využívá při práci. V návaznosti na těžební stroje se věnuje základnímu rozdělení odvozních prostředků. Následně uvádí teoretický postup výpočtu návrhu ideálního počtu vozidel pro práci. Zabývá se návrhem optimální těžební soupravy na stavbě, které se zúčastnil během bakalářské praxe. Autor zmiňuje postup měření a výpočtu, který je následně vyobrazen na výpočtech ke každému z měřených strojů. Výsledky jsou znázorněny v tabulkách, kde je porovnán skutečný a optimální návrh.

Klíčová slova: Strojní sestava, rypadlo, odvozní prostředek, výkonnost

Abstract

Optimization of machine assembly for groundworks on the construction site: D1 reconstruction of motorway, rest area Újezd u průhonic

The author of this work will focus on the division of mining machines with a direct focus on excavators. Excavators will be classified according to basic characteristics. It also focuses on mining tools that the excavator uses at work. In connection with mining machines, it deals with the basic division of transport means. It then presents a theoretical procedure for calculating the design of the ideal number of vehicles for work. He deals with the design of the optimal mining set on the construction site, which he participated in during his bachelor's practice. Author mentions the procedure of measurement and calculation, which is then depicted in the calculations for each of the measured machines. The results are shown in the tables, where the actual and optimal design is compared.

Key words: Machine assembly, excavator, means of transport, output

Obsah

Obsah	7
1 Úvod do problematiky těžebních strojů	9
2 Zemní práce	10
3 Lopatová rypadla.....	10
3.1 Rozdělení rypadel.....	11
3.1.1 Rozdělení rypadel podle konstrukce.....	11
3.1.2 Rozdělení podle pohyblivosti stroje.....	11
3.1.3 Rozdělení podle lopaty a způsobu těžby.....	12
3.1.4 Rozdělení podle jmenovité provozní hmotnosti a výkonu hnacího motoru .	13
3.1.5 Rozdělení podle podvozku	16
3.2 Pracovní nástroje rypadel	20
4 Odvozní prostředky.....	23
4.1 Rozdělení dopravních prostředků	23
4.1.1 Nákladní automobily silniční	23
4.1.2 Vlečná vozidla	26
4.1.3 Dempřy.....	28
5 Teorie výpočtu	30
5.1 Těžební stroje.....	30
5.1.1 Teoretická výkonost.....	30
5.1.2 Provozní výkonost.....	30
5.1.3 Pracovní skutečná výkonost.....	31
5.2 Odvozní prostředky.....	31
5.2.1 Určení objemu korby	31
5.2.2 Efektivní využití	31
5.2.3 Výkonost	31
5.2.4 Počet odvozních prostředků	32
6 Praktická část	33
7 Postup	36
8 Měření.....	39
8.1 CAT M322D	39
8.2 JCB JS175 W	42
9 Vyhodnocení	45
Závěr	47
Seznam použité literatury.....	48

Seznam použitých internetových zdrojů.....	48
Seznam obrázků	51
Seznam tabulek.....	52

1 Úvod do problematiky těžebních strojů

Stavební stroje nebo různé mechanismy začali lidé využívat už v dávných dobách, kdy vznikaly velká města nebo státy. Dříve to byly jednoduché, primitivní nástroje, které ale přispěly k vývoji dnešních moderních pracovních strojů. Dnes můžeme vidět na stavbách, silnicích nebo vlastně všude, kde to podmínky dovolí, různé stroje, které pomáhají člověku, vykonávat danou práci.

Tyto stroje využívá člověk z několika jasných důvodů. Asi každého jako první napadne ušetření lidských sil. Lidé v dnešní době nechtějí dělat věci, které by je zbytečně zmohly, ale raději použijí nějaký usnadňující prostředek. Tyto mechanismy, avšak neusnadňují jenom práci jednomu člověku, ale mohou posílit strukturu v různých oborech. Díky těmto strojům dochází k pokroku v produktivitě práce a v kvalitě provedené práce, ke snížení lidských zdrojů a v poslední řadě také ke zvýšení bezpečnosti při práci.

Avšak ne vždy mohou dané stroje splňovat předpoklady, které jsou uvedené výše. Je k tomu potřeba důkladné plánování před zahájením prací. V každé firmě nebo kanceláři probíhá před začátkem stavby sestavení předběžného návrhu sestavy strojů pro danou činnost. Ať už to jsou práce jeřábnické, výkopové nebo zhutňovací ad. je potřeba mít dobrý plán. Ale ne pokaždé se tento přesný plán podaří splnit, jelikož výkon jednotlivých strojů může být nějakým způsobem znehodnocen. Z tohoto důvodu bych se chtěl zabývat v této práci optimalizací strojní sestavy.

V první řadě jsem rozdělil rypadla a odvozní prostředky podle základních charakteristik. Dále jsem uvedl teoretický postup výpočtu návrhu sestavy. V praktické části jsem se zabýval návrhem optimální strojní sestavy. Pro tento účel jsem si vybral zemní práce, které jsem pozoroval při konání bakalářské praxe. Jednalo se o výkopy kanalizace a výkopy zeminy pod budoucím parkovištěm. Při práci jsem sledoval rypadla a jejich odvozní prostředky. Během těchto prací docházelo k časovým prostojům a rypadlo tak nenaplňovalo požadovanou výkonnost. Zaznamenával jsem pracovní cykly těchto rypadel a použil je pro výpočet ideální varianty, kterou jsem porovnal se skutečným provedením.

2 Zemní práce

Zemní práce jsou převážně prvotní částí při výstavbě pozemních, průmyslových a inženýrských staveb. U těchto staveb se uplatňují při hloubení jam, výkopů a úpravu terénu. V podstatě jsou to činnosti spojené s manipulací zeminou po stavbě. Lidská síla již není v této oblasti nikterak využívána, ale používají se různé mechanizace, které rozpojují, nabírají, nakládají, vykládají a přepravují zeminu. Zemní práce jsou velice nákladné, jelikož ceny za nákup nebo pronájem strojů jsou velmi vysoké. Mezi těžební stroje patří:

- Rypadla
- Dozery
- Rozrývače
- Grejdry
- Skrejpry
- Nakladače [1] [5]

3 Lopatová rypadla

Ve stavebnictví není více využívaného pracovního stroje než právě rypadla. Slouží k rozrušování, nabírání, přemísťování různých typů zemin nebo také mohou být použity k přenášení nářadí. Používají se ale spíše k té první činnosti. Ke svému výkonu používají různé nástroje, které se vybírají podle účelu práce. Základními částmi rypadel jsou podvozek, strojovna, svršek, kabina řidiče, výložník, násada a lopata.



Obr. 1: Složení rypadla (Zdroj:[8])

3.1 Rozdělení rypadel

3.1.1 Rozdělení rypadel podle konstrukce

- Jednoúčelová rypadla

Využívají se pro stejnou činnost stále dokola. Například mají namontovanou nakládací lopatu a nabírají zeminu opakovaně.

- Univerzální (neboli víceúčelová) rypadla

Tato rypadla jsou nejvyužívanější stroje, jelikož mají možnost napojení více pracovních nástrojů a tím se rozšiřuje jejich pracovní záběr.

- Teleskopická rypadla

Mají možnost prodloužit si pracovní záběr pomocí výsuvného přímého nebo děleného výložníku a je jim možno přidělat pracovní zařízení podle účelu práce.

- Rypadla s nakládací lopatou

Jsou určena k nabírání a nakládání hornin.

- Tunelová rypadla

Jak už napovídá název, používají se hlavně v tunelech, tedy v méně přístupných prostorech. [2] [3]

3.1.2 Rozdělení podle pohyblivosti stroje

- Samopojízdná rypadla

Samopojízdná rypadla mají vlastní motor, který pohání podvozek, jsou nejrozšířenější.

- Samohybná rypadla

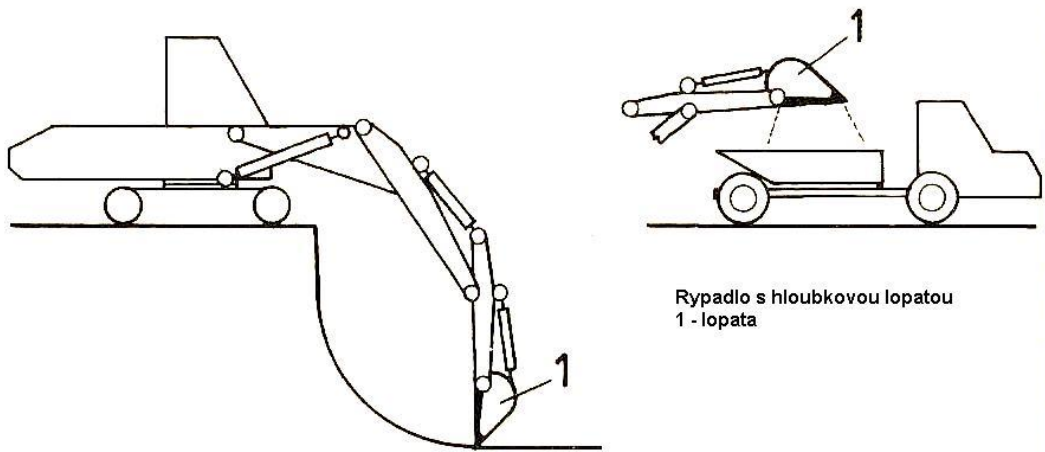
Samohybná rypadla nemají vlastní pohon a podvozek se pohybuje pomocí pracovního zařízení.

- Přípojná
- Přívěsná [2]

3.1.3 Rozdělení podle lopaty a způsobu těžby

- Rypadla s hloubkovou lopatou

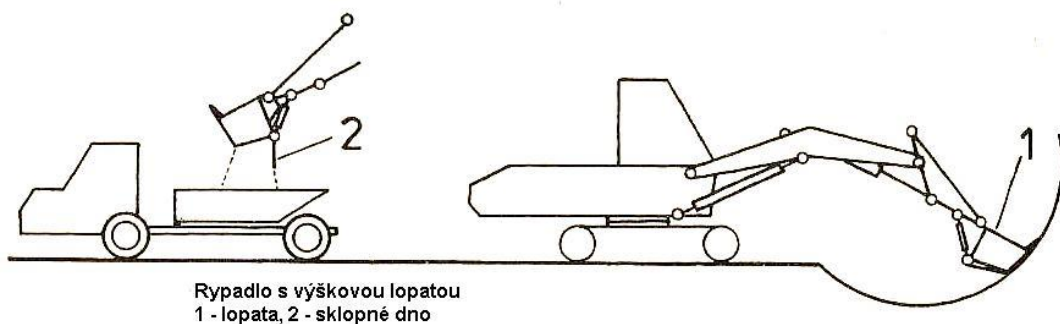
Ve stavebnictví je tento typ nejobvyklejší. Rypadlo se při těžbě nepohybuje a těží zeminu pod úrovní pojezdu tzn. těží pod sebou. K této těžbě slouží lopaty a používají se při výkopu jam, rýh a dalších výkopků. [1] [8]



Obr. 2: Práce s hloubkovou lopatou (Zdroj:[6])

- Rypadla s výškovou lopatou

Tento způsob těžby se využívá spíše v lomech a ve stavebnictví se s ním moc nesetkáváme. Rypadlo stojí na místě a těží nad úrovní pracovní roviny. Lopata se pohybuje směrem nahoru. [1] [8]



Obr. 3: Nakládání výškovou lopatou (Zdroj:[6])

3.1.4 Rozdělení podle jmenovité provozní hmotnosti a výkonu hnacího motoru

- Mikrorypadla

Používají se pro těžbu v nejvíce stísněných prostorách. Vyznačují se dobrou průchodností a umístění podpěr v přední části stroje dopomáhá k práci i v obtížných prostorových podmínkách např. ve sklepích. Podvozek je tvořen buď jednou nápravou nebo pryžovým, popřípadě kovovým pásem. K přesunu mikrorypadel jednoduše poslouží osobní automobil. [2]



Obr. 4: Mikrorypadlo JCB 8008 CTS (Zdroj:[29])

- Minirypadla

Stejně jako mikrorypadla, tak i minirypadla se používají pro práci v prostorově zhoršených podmínkách. Hlavními rozdíly mezi těmito rypadly jsou provozní hmotnost, hnací výkon, objem lopaty a maximální hloubkový dosah (mikrorypadla mají hloubkový dosah až 2,2m, ale minirypadla až 3,4m[maršál]). Mají dobrou ovladatelnost. Chod hlavních pohybů je zajištěn pomocí hydrauliky a pohon je řízen vznětovým motorem. Rypadla mohou mít přípojné podvozky. Tyto stroje spadají do nejnižší provozní třídy. Jsou zapřaženy většinou za traktorový tahač. Používají se převážně v zemědělství, ale při napojení vhodného zařízení se dají použít i pro zemní práce. Dalším druhem podvozku jsou kráčivé podvozky. Mají vlastní pohon, na zadní straně mají umístěnou kolovou nápravu a na přední namontované dvě podpěry na každé straně. Tato konstrukce umožňuje práci ve vodě a má dobré předpoklady pro práci ve velkých sklonech. Třetím podvozkem jsou pásové podvozky, které jsou ocelové nebo pryžové. Jsou to nejvíce používané podvozky. Jako přídatné zařízení se

často zřizuje dozerová radlice. Poslední podvozek je kolový, jehož hlavní výhodou je rychlost pojezdu. Přesun rypadel na jiné místo se provozuje pomocí lehkých přívěsů, i když některá rypadla mají samostatný pojezd. [2] [3] [5]



Obr. 5: Minirýpadlo Kubota KX-016 (Zdroj:[24])

- Malá rypadla

Mají většinou podvozky traktorové, nakladačů, motorové dopravní vozíky, dvounápravové kolové nebo pásové. Vymezují se provozní hmotností od 4 do 8 tun a výkonem motoru od 25 do 40 kW. Stroje jsou většinou konstruovány jako univerzální a jde na ně použít více zařízení. [2]



Obr. 6: Malé rýpadlo CAT 304E2 CR (Zdroj:[23])

- Střední rypadla

Rypadla o hmotnostech v rozmezí 10-40 t a výkonu od 40 do 200 kW. V nejčastějších případech jsou podvozky těchto strojů kolové nebo pásové, mohou být však i automobilové. Pro práci ve vodě se může použít kráčivý podvozek. Rypadlo pohání vznětový motor a ostatní ovládání pracuje pomocí hydrauliky. [2]



Obr. 7: Střední rypadlo CAT 320GC (Zdroj:[23])

- Těžká rypadla

Jedná se o největší stroje v této kategorii. Provozní hmotnost se pohybuje od 50 do 100 tun a výkon přesahuje 200 kW. Podvozky jsou v největší míře pásové, mohou se ale vyskytnout i kolové. Pohon je diesel-hydraulický. Tyto stroje jsou určeny spíše pro práce na staveništích velkých rozměrů nebo pro práci v lomech. [2]



Obr. 8: Těžké rypadlo JCB 220X (Zdroj:[29])

3.1.5 Rozdělení podle podvozku

Při výběru rypadla je důležité vybírat podvozek podle terénu, kde se bude pracoviště nacházet. Dle druhu podvozku se rypadla dělí následovně:

- Kráčivá rypadla

Tento podvozek se montuje u nejlehčích druhů rypadel. Na zadní straně stroje se skládá z jednorukové nápravy a na přední části má dvě pohyblivé podpěry. Stroj má vlastní zdroj energie k ovládní podvozku a dalších částí rypadla. Podvozek je vhodný k pracem na špatně přístupných místech jako jsou například práce v užším terénu, práce ve svahu nebo práci ve vodě. Díky konstrukci má stroj dobrou stabilitu a umožňuje dobrou manévrovatelnost. Nevýhodou je velice nízká rychlost přesunu stroje. [1] [3]



Obr. 9: Kráčivý podvozek (Zdroj:[26])

- Rypadla kolová traktorového typu

Základním nosičem těchto strojů je upravený kolový traktor [Vaněk, brožura]. Pohon je řízen hydrodynamicky nebo hydrostaticky. Na přední straně stroje se nachází nakládací lopata a na zadní straně rypadlová část, která se skládá z výložníku, násady a pracovního nástroje. Kabina řidiče bývá ve většině případů montována pevně a je vybavena otočným sedadlem pro práci na obou stranách nakladače. Tyto stroje mohou vybírat z velké škály pracovních zařízení, ať už se jedná o část nakladače nebo část rypadla. Stabilitu při práci lze zajistit postranními opěrami nebo přední částí nakladače. Podvozek umožňuje i práci mimo osu hloubeného výkopku. [2] [3] [5]



Obr. 10: Kolový podvozek traktorového typu (Zdroj:[30])

- Kolová rypadla

Podvozky kolových rypadel jsou vytvořeny spíše pro lehké a středně těžké stroje. Podvozky tvoří dvounápravové pneumatiky. Přední náprava je pohyblivě přidělena ke kovovému rámu podvozku. Tím pádem jsou přední kola ovladatelná. Často bývá přední část rypadla vybavena radlicí. Zadní náprava je připojena napevno. Oproti pásovým podvozkům mají kolové podvozky tyto výhody: menší podíl na hmotnosti celého rypadla, vyšší rychlost pojezdu, větší životnost, nepoškozují povrch vozovky a nepotřebují odvozní prostředek při přepravě. Kolový podvozek dodává dobrou ovladatelnost a pohodu při jízdě. Při výkopu lze stabilitu stroje zajistit opěrami podvozku. Do skupiny kolových podvozků lze zařadit i speciální druhy kolových podvozků. Jedná se o rypadla: [1] [3] [5]

- Rypadla pro práce na železničním svršku

Tyto stroje se používají, když je potřeba stavebních, montážních nebo manipulačních prací na železnici. Tento typ kolového rypadla je vybaven kolejovými nákolky, které odlehčí pneumatikám a umožní pohyb po koleji.



Obr. 11: Kolový podvozek na železničním svršku (Zdroj:[22])

- Rypadla kolová typu Broyt

Mají přední kola ocelová a zadní pneumatiková. Tento způsob uspořádání umožňuje práci v méně únosných půdách.



Obr. 12: Kolový podvozek typu Broyt (Zdroj:[20])

- Rypadla na automobilovém podvozku

Rypadla se vyrábí se ve dvou verzích buďto jako klasické lopatové rypadlo nebo teleskopické lopatové rypadlo. Nepoužívá se při rozsáhlejších zemních pracích, ale spíše na práce dokončovací.



Obr. 13: Kolový podvozek automobilového typu (Zdroj:[18])

- Pásová rypadla

S pásovými podvozky se můžeme setkat u všech hmotnostních druhů rypadel. Podvozek umožňuje pohyb stroje v měkkém, nerovném a svahovém terénu, kde díky nízkému měrnému tlaku a hmotnosti dosahuje stability a dobré ovladatelnosti. Nevýhodou oproti kolovým podvozkům je rychlejší opotřebovatelnost. Pásky jsou umělé, pryžové nebo ocelové. A mohou být hladké, s jedním až třemi žebry. Celé rypadlo se pak skládá z pásového podvozku, svršku rypadla a pracovního zařízení. [1] [3] [5]



Obr. 14: pásový podvozek (Zdroj:[13])

3.2 Pracovní nástroje rypadel

Pracovním nástrojem nazýváme tu část těžcího stroje, která aktivně působí na zeminu a tuto svým účinkem narušuje. [1] Hlavním účelem je snížení energie při výkopu a opotřebení stroje.

- Lopatové
 - Lopaty standardní těžební

Standardní těžební lopaty se používají pro hloubkovou nebo výškovou těžbu. Jsou vhodné pro rozpojování a nakládání zemin a štěrků. Jsou vybaveny předními břity pro lepší rozpojitelnost zemin. [2]



Obr. 15: Lopata standartní těžební (Zdroj:[13])

- Lopaty skalní

Skalní lopaty jsou méně objemové než lopaty těžební, ale mají zesílenou strukturu pro práci s kamenivem nebo kamenitým materiálem. Mají delší a silnější břity pro snadnější rozpojení horniny.[2][12]



Obr. 16: Lopata skalní (Zdroj: [13])

- Lopaty rýhové

Rýhové lopaty jsou určeny pro užší výkopy. Lopata může být vybavena vytlačovací klapkou, která vytlačí zanesený obsah lopaty. Jsou buď bezbřité nebo s menším počtem břitů. [10]



Obr. 17: Lopata rýhová (Zdroj:[20])

- Drážkovací trn

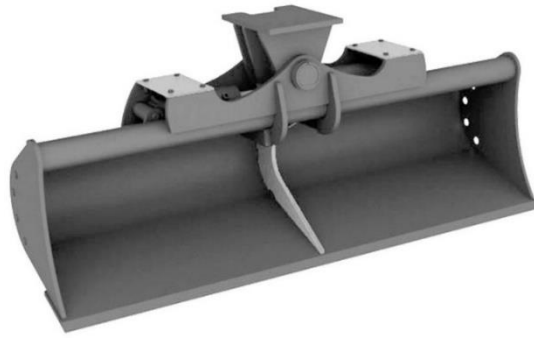
Používá se pro rozpojování velmi tvrdých materiálů. Tvar je konstruován tak, aby dosahoval největší rypné síly. [10]



Obr. 18: Drážkovací trn (Zdroj:[21])

- Příkopové lopaty

Mají velkou řeznou šířku. Vyrábí se v bezbřité i vícebřité podobě. Používají se pro čištění, úpravu a odbahnění příkopů. [13]



Obr. 19: Lopata příkopová (Zdroj:[13])

- Profilové lopaty

Konstrukce lopat umožňuje ideální předpoklady pro modelování koryt, kanálů a svahů. Používají se i pro čištění a hloubení příkopů. [13]



Obr. 20: Lopata profilová (Zdroj:[13])

- Nakládací lopaty

Slouží k nakládání zemin, šterků a dalších. Nakládací lopaty mohou být výklopné s pevným dnem, výklopné se šípovými zuby nebo čelist'ové. [5]



Obr. 21: Lopata nakládací čelist'ová (Zdroj:[25])

4 Odvozní prostředky

„Doprava stavebních materiálů a manipulace s nimi je jedním s nejnáročnějších stavebních procesů.“ [2] Skládá se ze čtyř základních částí: nakládka materiálu, přesun hmot, vykládku materiálu a skladování. U nás je nejvíce využívána doprava silniční z hlediska rozlehlosti silniční infrastruktury a tím pádem snadnějšího přístupu na různá místa. Po ní se využívá síť železniční a v nejméně případech síť lodní. [4]

Jelikož by bylo časově nebo prostorově velice náročné, kdyby těžební stroje museli ukládat vlastní vytěžený materiál blízko výkopu nebo na mezideponii je potřeba navrhnout návazné odvozní prostředky. Při návrhu je důležité držet se těchto kritérií:

- Délka trasy, kterou dopravní prostředek ujede při přepravě materiálu
- Druh komunikace a její vlastnosti
- Množství materiálu
- Technologie a možnosti nakládky vytěženého materiálu
- Velikost a druh nakládacího prostředku
- Stav a prostor nakládky a vykládky
- Druh přepravovaného materiálu
- Objemová hmotnost
- Povětrnostní a klimatické podmínky
- Cena 1 m³ za materiál [3]

4.1 Rozdělení dopravních prostředků

4.1.1 Nákladní automobily silniční

Z pohledu přepravy hmot a různého materiálu se jedná o nejvyužívanější dopravu ze všech. Jen ve stavebním odvětví se zabývá dopravou a manipulací stavebních materiálů více než 40 % pracovníků tohoto odvětví. Výhodou silničních nákladních automobilů je přeprava materiálu na běžných silnicích bez omezení jejich výkonu. [4]

Tyto prostředky se rozdělují podle následujících znaků:

1. Podle uspořádání karosérie

a) Valníky

Valníky jsou vozidla, která mají pevně přidělanou karosérii (vnější část automobilu). U přepravní vany valníku bývá přední bočnice nesklopná, ale ostatní tři sklopné jsou. Valníky se nejčastěji využívají pro přepravu kusového materiálu jako např. dřevo, řezivo, stavební materiál. Nejčastěji se můžeme setkat s valníky jako s nástavbou nákladních automobilů. [2] [5]

Hlavními technickými parametry valníků jsou:

- Užitečná nosnost vozidla (t), objem korby (m^3) nebo velikost plochy korby (m^2)
- Vlastní hmotnost vozidla (t)
- Výkon hnacího motoru (kW)
- Rychlost pojezdu (km/h) [4]



Obr. 22: Valník (Zdroj:[19])

b) Sklápěče

Hlavní rozdíl oproti valníkům je, že sklápěče mají oddělitelnou karosérii. Ta může sklápět pouze dozadu nebo do všech tří stran. Na základě toho jsou sklápěče ideálním přepravníkem zeminy a jemnějšího materiálu. Převážet ovšem mohou i náklad kusový. Stejně jako valníky je možno i u sklápěče sklápět postranní a zadní bočnice na své korbě. Velká míra sklápěčů je svojí konstrukcí předurčena pro práci v terénu. Ale musí být zjištěna pevnost podkladu, aby nedocházelo k propadávání a uvíznutí kol v zemině. [2] [5]



Obr. 23: Sklápěč (Zdroj:[31])

2. Podle účelového provedení podvozku a karosérie:

a) Silniční vozidla

Silniční vozidla jsou určena pro přepravu po silnicích

b) Terénní vozidla

Terénní vozidla jsou určena pro přepravu v terénu. Nespornou výhodou těchto vozidel je, že nemají nápravu pevně spojenou s rámem, díky čemuž dochází k lepší ovladatelnosti ve ztížených jízdních podmínkách.

c) Speciální vozidla

Speciální vozidla jsou určena pro přepravu po silnicích i v terénu pro speciální účely např. přeprava nadměrných nákladů

3. Podle druhu a konstrukce:

a) Podvozky se stálou karosérií

Do této skupiny se zařazují sklápěče a valníky. Ačkoliv některé mohou mít korbu sklápěcí, není oddělitelná od automobilu

b) Tahačové podvozky určené pro přívěsy

c) Tahačové podvozky určené pro návěsy

d) Podvozky pro speciální účely

e) Traktorové tahače

4. Podle užitkové hmotnosti nákladu:

- a) Lehká vozidla
- b) Střední vozidla
- c) Těžká vozidla
- d) Velmi těžká vozidla

5. Vlečná vozidla

- a) Přívěsná
- b) Návěsná [2]

4.1.2 Vlečná vozidla

Vlečná vozidla umožňují přepravit velké množství materiálu, které by samostatné nákladní automobily nezvládly přemístit. Je možné sestavit soupravu, která bude po běžných silnicích převážet několikanásobně větší množství než klasický nákladní automobil. Vlečná vozidla se dělí na dva základní typy:

- Vozidla přívěsná

Přívěsná vozidla jsou nemotorová vozidla, které jsou spojeny s tažnými vozidly pomocí tyče. Výhoda těchto vozidel je nepřilíšné zatěžování svého táhnoucího vozidla, k čemuž dopomáhá rozmístění náprav na vozidlech. Nápravy jsou většinou umístěny tak, aby hmotnost ležela právě na kolech přívěsu. Podle velikosti a potřeby mohou mít i několik náprav. Tato vozidla můžeme dále rozdělit na:

- Valníky
- Sklápěče
- Přívěsy pro přepravu dlouhých břemen
Mohou přemísťovat materiály dlouhé desítky metrů
- Podvalníky
- Mají položeno nízko svoje lože a dosahují velkých rozměrů, což z nich dělá dobré přepravce těžkých břemen. [2] [4] [9]



Obr. 24: Přívěs (Zdroj:[28])

- Vozidla návěsná

Návěsná vozidla jsou také nemotorová vozidla, která jsou připojena ke svému tahači pomocí čepu, který je umístěn na zadku vozidla. Jak už to vypovídá z názvu tahač, návěsná vozidla převádí část své tíhy na svůj tažný stroj. Oproti přívěsům, které mají většinou své nápravy rozmístěny rovnoměrně, se u návěsů umisťují zezadu dopředu. Jako vozidla přívěsná, tak i vozidla návěsná mohou být tvořena několika nápravami. Podle konstrukce se návěsná vozidla dělí na:

- Valníky
- Sklápěče
- Návěsové podvalníky
- Návěsné soupravy pro přepravu dlouhých prvků [2] [4] [9]



Obr. 25: Návěs (Zdroj:[32])

U všech výše zmíněných konstrukčních řešení platí stejné využití jako u přívěsů, ale je zapotřebí využít výkonnější tažné zařízení.

4.1.3 Dempry

Pokud je zapotřebí odvozu zeminy nebo horniny v obzvláště ztíženém terénu, zpravidla se používají právě dempry. Tyto stroje byly navrženy pro přepravu obrovského objemu materiálu (ty největší dempry dokážou převést materiál o hmotnostech až ve stovkách tun). Používají se převážně v lomech a na běžných komunikacích je můžeme potkat velice zřídka. Vyprázdnění korby funguje podobně jako u sklápěčů, kdy je materiál vysypán zádňím bočnicí. Pohon demprů zabezpečuje vznětový motor s hydroměříčem a mechanickou převodovkou. U demprů vyšších nosností bývá použito pohonu dieselelektrického se samostatným elektromotorem v každém z kol. Doposud největší vyrobený dempr na světě je běloruský BelAZ 75710. Na trh byl uveden v roce 2013 a má nosnost 450 tun. [1] [2] [5] [11]

Dempry se dělí na dva základní typy:

- Dempry s pevným rámem

Vyznačují se tuhým rámem po celé délce vozidla. Korba se sklápí dozadu a je navržena tak, aby bylo umožněno dobré nakládání zeminy a aby těžiště nákladu příznivě ovlivňovalo stabilitu dempru při jízdě. Z důvodu bezpečnosti je na začátku korby vytvořena pevná, chránící stříška. Ve většině případů bývají dempry dvounápravové, ale můžou být i třínápravové. Při výběru dempru sledujeme hlavně tyto technické parametry:

- Užitečná nosnost vozidla (t) nebo objem korby (m^3)
- Vlastní hmotnost vozidla (t), poměr nosnosti a hmotnosti vozidla
- Výkon hnacího motoru (kW), poměr výkonu k nosnosti
- Uspořádání polonáprav
- Rychlost pojezdu [1] [2] [3] [5]



Obr. 26: Dempr s pevným rámem (Zdroj:[27])

- Dempry s kloubovým rámem

Tyto dempry jsou používány do nejtěžších terénů, kde díky své konstrukci mohou bez problému převážet materiál. Korba je připojena pomocí kloubu, který umožňuje pohyb táhnoucího vozidla do více směrů. To přináší lepší otáčení a manipulaci s vozidlem v obtížném terénu i při vyšší rychlosti. Tyto stroje mohou pracovat během celého roku i při extrémních klimatických podmínkách. Při porovnání nosnosti, hmotnosti a výkonu potřebného k utáhnutí nákladu zjistíme, že dempry s děleným rámem potřebují menší sílu než dempry s pevným rámem. [1] [2] [3]



Obr. 27: Dempr s kloubovým rámem (Zdroj:[33])

5 Teorie výpočtu

5.1 Těžební stroje

5.1.1 Teoretická výkonost

Jedná se o největší teoretické množství nakypřené horniny, jež lze vytěžit rypadlem za jednu hodinu nepřetržité práce. Uvádí se v m³/h. Při těžbě rypadlo nepojíždí, stojí na místě, a pohybuje se jenom výložník s nástrojem. Počítá se podle následujícího vztahu:

$$E_t = V_t * C_o (m^3 \cdot h^{-1})$$

kde:

V_t – jmenovitý objem lopaty (m³)

C_o – teoretický pracovní cyklus lopaty za jednu hodinu

$$C_o = \frac{3600}{T_t} (s)$$

kde:

T_t – teoretický pracovní cyklus v sekundách [3] [7]

5.1.2 Provozní výkonost

Udává maximální dosažitelný výkon stroje pracujícího bez přestávek se započítáním opravných koeficientů. Tyto parametry vznikají vlivem provozu a jsou to například materiály, pracovníci, prostředí, pohyby lopaty. Uvádí se v m³/h. Počítá se následovně:

$$E_p = E_t * k_p * k_o * k_u * k_n * k_l (m^3 \cdot h^{-1})$$

kde:

E_p – provozní výkonost (m³/h)

k_p – koeficient plnění lopaty

k_o – koeficient zkušenosti obsluhy

k_u – koeficient úhlu otáčení

k_n – koeficient opotřebení lopaty

k_l – koeficient objemu lopaty k objemu korby odvozního prostředku [7]

5.1.3 Pracovní skutečná výkonost

Udává množství skutečně vytěžené zeminy za jednotku času se započítáním ztrátových časů. Uvádí se v m³/h. Počítá se podle vzorce:

$$E_s = E_p * k_{\zeta} (m^3 \cdot h^{-1})$$

kde:

E_s – pracovní skutečná výkonost (m³/h)

k_{ζ} – koeficient časového využití stroje za jednu hodinu práce [7]

5.2 Odvozní prostředky

5.2.1 Určení objemu korby

$$V_k = \frac{m}{\rho} (m^3)$$

kde:

V_k – objem korby

m – provozní hmotnost vozidla

ρ – objemová hmotnost zeminy

5.2.2 Efektivní využití

$$T_e = \frac{T_c}{T_c + k_z} (min. h^{-1})$$

Kde:

T_e – efektivní čas využití

T_c – celkový časový cyklus

k_z – koeficient ztrát

5.2.3 Výkonost

$$E_{op} = \frac{T_e}{T_c} \frac{m}{V_k} (m^3 \cdot h^{-1})$$

Kde:

T_e – efektivní čas využití

T_c – celkový časový cyklus

V_k – objem korby

5.2.4 Počet odvozních prostředků

$$N_{op} = \frac{E_s}{E_{op}} (ks)$$

Kde:

E_s – skutečná výkonost těžebního stroje

E_{op} – výkonost odvozního prostředku [3]

6 Praktická část

Hlavním výstupem tohoto zkoumání je porovnání optimálního návrhu zemní soupravy se skutečnou soupravou, která byla pozorována během praxe u stavební firmy. Porovnání vychází ze zaznamenávání časových hodnot pracovních cyklů rypadla a z následného spočtení teoretických a skutečných výkonů rypadel a z toho určení ideálního množství odvozních prostředků, aby nedocházelo ke zbytečným časovým ztrátám způsobenými čekáním. Při návrhu je potřeba navrhnout takové množství odvozních prostředků, aby byla činnost plynulá. Ale je nutné dát pozor, aby nebylo větší množství vozidel, které by výkonost rypadla nezvládla naplnit. Postup pracovní části se skládá z těchto bodů:

1. Zaznamenání časů cyklů rypadel
2. Výpočet teoretického výkonu
3. Výpočet skutečného výkonu
4. Výpočet množství dopravních prostředků
5. Porovnání se skutečností
6. Návrh ideálního množství strojů



Obr. 28: Pohled na staveniště a stavební stroje (Zdroj: vlastní)



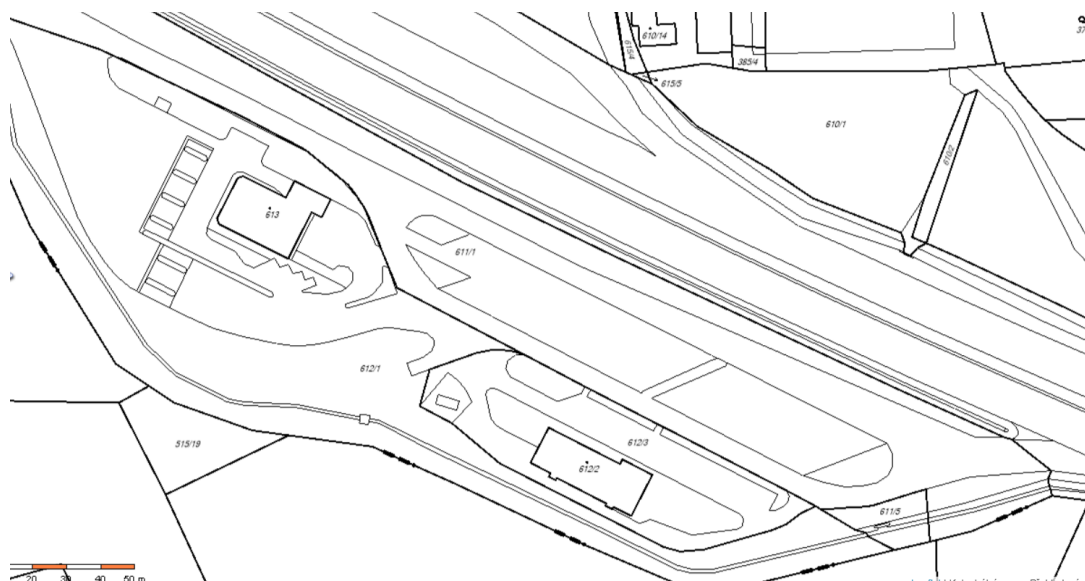
Obr. 29: Pohled na staveniště a stavební stroje (Zdroj: vlastní)



Obr. 30: Ukládání pažení (Zdroj: vlastní)



Obr. 32: Katastrální mapa + ortofoto (Zdroj:[34])



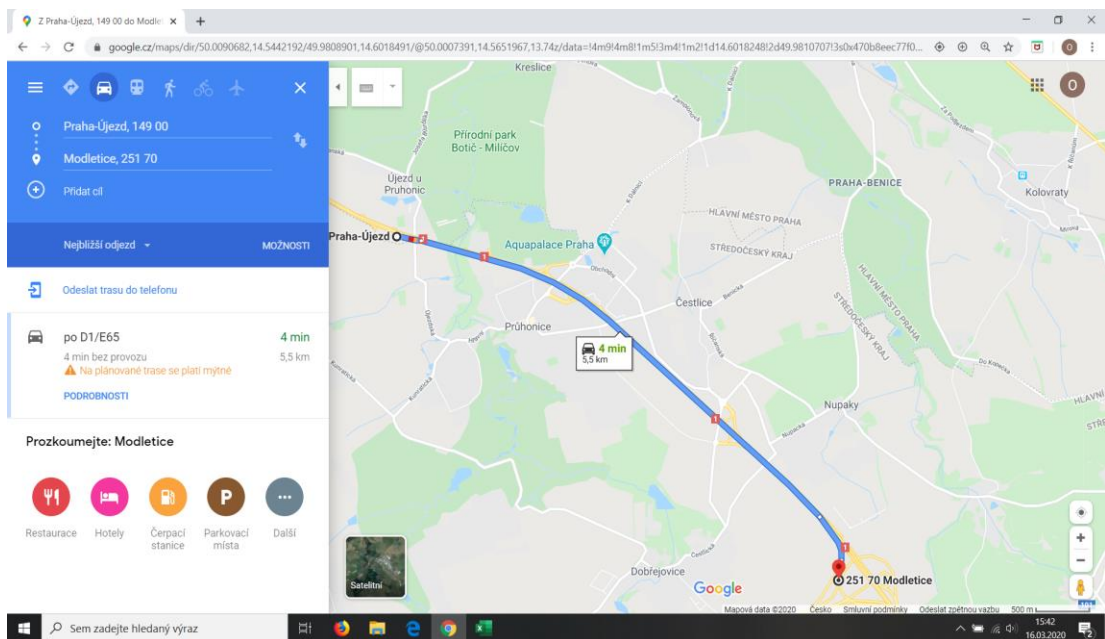
Obr. 31: Katastrální mapa (Zdroj:[34])

7 Postup

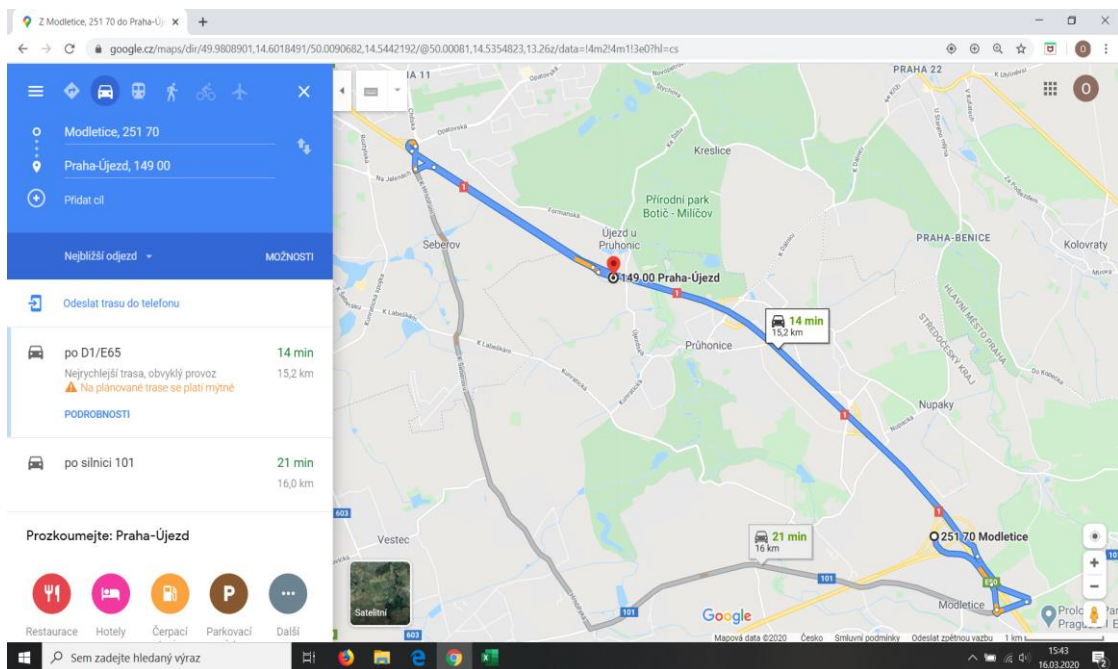
Na stavbě byly naměřeny časové hodnoty těžebních strojů – rypadel. U každého pracovního cyklu bylo naměřeno 25 časů. K měření byly použity stopky na mobilním telefonu, takže mohlo dojít k malým odchylkám v časech, ale nemělo by to mít výrazný vliv na výsledek. Naměřené časy byly přepsány do tabulkového programu v počítači. Zde byly následně přepočítány na průměrné časy jednotlivých cyklů. Dále byly sečteny podle vzorce $T_{1r} + T_{2r} + T_{3r} + T_{4r} = T_{cr}$ na čas celkový, kde T_{1r} je čas nabrání zeminy na lopatu, T_{2r} je čas vyzvednutí a otočení výložníku nad korbu dopravního stroje, čas T_{3r} je vyprázdnění objemu lopaty a čas T_{4r} je otočení a pohyb výložníku dolů zpět k místu výkopu. Výsledný čas byl použit ke zjištění teoretického výkonu rypadla. Tento výkon je pouze orientační a je k němu zapotřebí jmenovitý objem lopaty, který lze najít v technických listech stroje nebo na štítku lopaty. Dále již použijeme známý výsledný průměrný čas jednoho pracovního cyklu. A jako poslední potřebujeme koeficient na přepočet zeminy z nakypřeného stavu na stav rostlý, který najdeme v tabulkách použité literatury. Poté můžeme spočítat skutečný výkon rypadla. Tento výsledek nám určí, jaké množství je za jednu hodinu práce daný stroj vykonat. Už se nejedná o orientační výsledek, ale o reálný vypočítaný poznatek. Ten získáme vynásobením teoretického výkonu opravným koeficientem časového využití stroje.

Všechny faktory ovlivňující výkon rypadla jsou započítány v časech, které byly naměřeny při práci. Mezi tyto parametry patří koeficient kvalifikace obsluhy. Tento parametr zohledňuje schopnosti dané obsluhy a její vliv na výkon stroje. Dalším parametrem je úhel otáčení rypadla, který stanovuje snížení výkonu rypadla zvětšujícím se úhlem otáčení k odvoznímu prostředku. Udává tedy, jak by mělo být vůči těžebnímu stroji vozidlo ideálně postaveno. Koeficient opotřebení lopaty stroje zdůrazňuje, že by při práci měly být použity nepoškozené a vhodné součásti lopaty (zuby, břity). Jediné dva opravné parametry, které byly použity při výpočtu byly koeficienty využití stroje během směny a koeficient na přepočet ze stavu nakypřeného na přírodní stav. Prvně jmenovaný zohledňuje, jak často je stroj zaměstnaný za jednu hodinu práce. Druhý se používá na přepočet, jelikož každá hornina má jinou třídu těžitelnosti a vyskytuje se v jiném stavu. Jednotlivé faktory se mohou získat pozorováním a zaznamenáváním přímo během práce nebo se mohou použít empirické hodnoty z tabulek.

Dále byla pro zjištění výkonu a počtu dopravních prostředků spočítána doba pracovního cyklu. Podle vzorce $T_{\text{cop}} = T1_{\text{op}} + T2_{\text{op}} + T3_{\text{op}} + T4_{\text{op}} + T5_{\text{op}} + T6_{\text{op}}$ byl vypočítán čas celkový. Čas $T1_{\text{op}}$ je těžení a nakládka materiálu, čas $T2_{\text{op}}$ je přeprava naloženého automobilu, čas $T3_{\text{op}}$ je nastavení do vyklápěcí polohy, čas $T4_{\text{op}}$ je vyklápění materiálu, čas $T5_{\text{op}}$ je cesta zpět k místu nakládky a čas $T6_{\text{op}}$ je nastavení k místu naložení. Jako první byla určena poloha meziskládky, kam byla odvážena vytěžená hornina. Byla změřena vzdálenost z místa nakládky na místo skládky a zpět. Podle průměrných časů rychlosti jízdy a vzdálenosti byly vypočítány časy $T2_{\text{op}}$ a $T5_{\text{op}}$. Čas $T1_{\text{op}}$ byl dán podle rychlosti nakládajícího rypadla. Časy $T3_{\text{op}}$, $T4_{\text{op}}$ a $T6_{\text{op}}$ byly změřeny empiricky. Následně byla vyhledána pohotovostní hmotnost odvozního prostředku a vydělena objemovou hmotností zeminy dané třídy pro získání reálně možného přepravního místa. Pomocí časového cyklu se započtením časových ztrát byl odvozen efektivní čas vozidla, který určuje, jak často je vozidlo schopno pracovat v hodině. Po vynásobení objemu korby vozidla s poměrem efektivního času s celkovým časem cyklu jsme obdrželi výkon. Poté po vydělení výkonu těžebního prostředku a výkonu odvozního prostředku jsme získali potřebné množství nákladních automobilů, které bude potřeba při dané výkonosti strojů.



Obr. 33: Odvozní trasa (směr meziskládka) (Zdroj:[35])

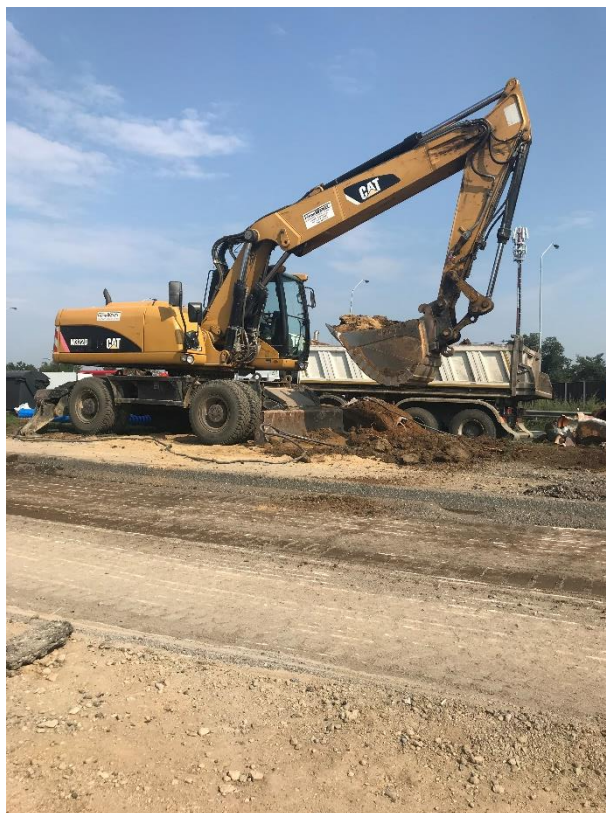


Obr. 34: Odvozní trasa (směr staveniště) (Zdroj:[35])

8 Měření

8.1 CAT M322D

Při hloubení rýhy pro kanalizaci byl použit stroj CAT M322D. Jednalo se o zeminy 1. až 2. třídy a zemina byla ve svém přírodním rostlém stavu. Postup práce byl následovný. Nejprve rypadlo vyhloubilo rýhu o potřebné délce, do které se následně umístily pažicí boxy a bylo kladeno nové kanalizační potrubí. Z důvodu nízkého počtu pažicích boxu na stavbě byla činnost rypadla snížena. Rypadlo vytěžilo potřebnou zeminu a poté muselo čekat až pracovníci v jámě připraví potrubí pro další postup. Proto je u výpočtu použit časový ztrátový koeficient, který výrazně ovlivňuje výkonost stroje. Délka práce byla ovlivněna i nízkým počtem odvozních prostředků, kterých bylo pro tuto činnost přiřazeno po dvou kusech. Druhý týden prací byl však tento počet navýšen na čtyři. Prvotní nízký počet nákladních aut byl příčinou nucených pauz, které práci zdržovaly.



Obr. 35: Stroj CAT M322D při práci (Zdroj: vlastní)

Parametry stroje:

Výkon	123 kW
Provozní hmotnost	19 500 - 23 500 kg
Max. dosah na opěrné rovině	10 320 mm
Max. hloubkový dosah	6 680 mm

Parametry potřebné k výpočtu:

Druh zeminy: zemina 1. - 2. třídy

Průměrný čas pracovního cyklu těžebního stroje: 34,62 s

Objem vytěžené zeminy: 1 553 m³

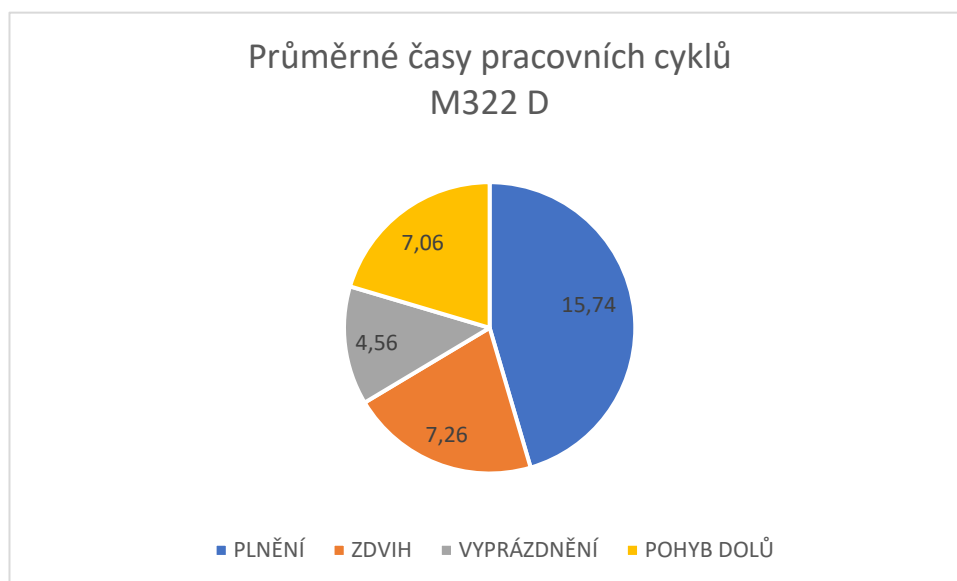
Koeficient převodu z nakypřené zeminy na rostlou: 0,864

Koeficient využití v čase: 0,35

Délka pracovní směny: 10 h

Čas pracovního cyklu odvozního prostředku: 24,62 min

Provozní hmotnost odvozního prostředku: 17 000 kg



Obr. 36: Průměrné časy pracovních cyklů rypadla M322 D (Zdroj: vlastní)

Teoretická výkonnost:

$$E_t = \frac{3600}{34,62} * 1,2 * 0,864 = 107,82 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Skutečná pracovní výkonnost:

$$E_s = 107,82 * 0,35 = 37,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Počet dnů potřebných na vytěžení zeminy:

$$D_n = \frac{1553}{10 * 37,7} = 4,1 \text{ dne}$$

Počet odvozních prostředků:

Objem korby:

$$V_k = \frac{17000}{2000} = 8,5 \text{ m}^3$$

Efektivní čas vozidla:

$$T_e = \left(\frac{24,62}{24,62 + 20} \right) * 60 = 33,1 \text{ min} \cdot \text{h}^{-1}$$

Výkonnost odvozního prostředku:

$$E_{op} = \frac{33,1}{8,5} = 11,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Počet odvozních prostředků:

$$N_{op} = \frac{37,7}{11,4} = 3,3$$

8.2 JCB JS175 W

Kolové rypadlo JCB JS175 W bylo použito pro výkop zeminy na plánovaném parkovišti. Nejprve zde byla odstraněna asfaltová a betonová vrstva pomocí frézy. Jednalo se o vrstvu cca 40 cm. Recyklát vytvořený frézou byl následně použit při zasypání rýh. Následně zde byl proveden výkopek zeminy třídy 1. až 2. třídy. Tento proces nebyl nikterak ovlivňován podružnými pracemi. Pro tuto činnost byly přiřazeny dva kusy odvozních prostředků.



Obr. 37: Stroj JCB JS175 W při práci (Zdroj: vlastní)

Parametry stroje:

Výkon	128 kW
Provozní hmotnost	18 120 kg
Max. dosah na opěrné rovině	9 025 mm
Max. hloubkový dosah	5 750 mm

Parametry potřebné k výpočtu:

Druh zeminy: zemina 1. - 2. třídy

Průměrný čas pracovního cyklu: 27,24 s

Objem vytěžené zeminy: 1 040,2 m³

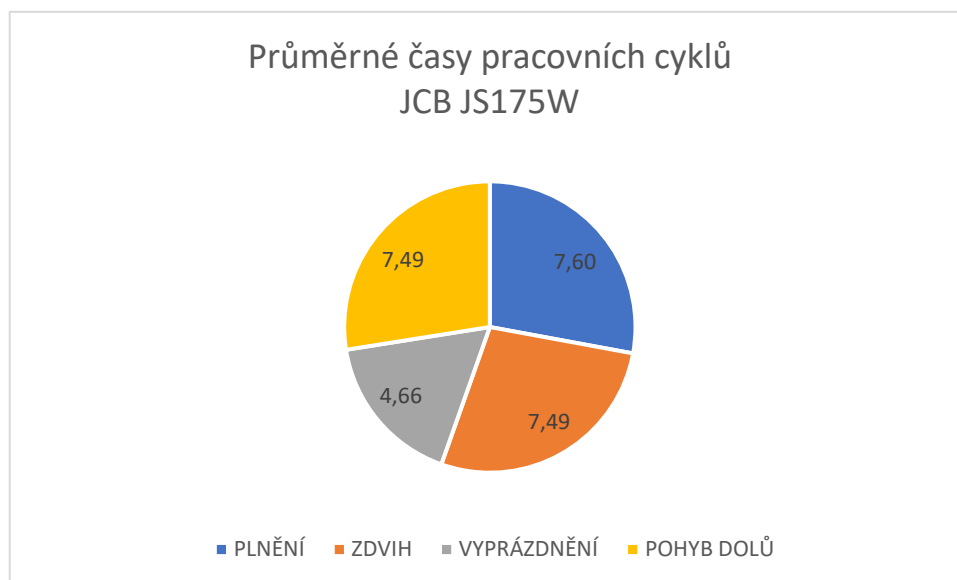
Koeficient převodu z nakypřené zeminy na rostlou: 0,864

Koeficient využití v čase: 0,8

Délka pracovní směny: 10 h

Čas pracovního cyklu odvozního prostředku: 28,9 min

Provozní hmotnost odvozního prostředku: 17 000 kg



Obr. 38: Průměrné časy pracovních cyklů rypadla JCB JS175W (Zdroj: vlastní)

Teoretická výkonnost:

$$E_t = \frac{3600}{27,24} * 0,6 * 0,864 = 68,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Skutečná pracovní výkonnost:

$$E_s = 68,5 * 0,8 = 54,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Počet dnů potřebných na vytěžení zeminy:

$$D_n = \frac{1040,2}{10 * 54,8} = 1,9 \text{ dne}$$

Počet odvozních prostředků:

Objem korby:

$$V_k = \frac{17000}{2000} = 8,5 \text{ m}^3$$

Efektivní čas vozidla:

$$T_e = \left(\frac{28,9}{28,9 + 20} \right) * 60 = 35,47 \text{ min. h}^{-1}$$

Výkonost odvozního prostředku:

$$E_{op} = \frac{\frac{35,47}{28,9}}{8,5} = 10,34 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Počet odvozních prostředků:

$$N_{op} = \frac{54,8}{10,34} = 5,3$$

9 Vyhodnocení

	Skutečnost	Návrh
Počet rypadel	1	1
Počet aut	2	3
Počet dní	10	5
Rypadlo cena	84 000 Kč	42 000 Kč
Auta cena	292 068 Kč	160 230 Kč
Mýtné	16 229 Kč	12 172 Kč
Celkem	392 297 Kč	214 402 Kč

Tab. 1: Porovnání skutečného a vypočteného návrhu 1. strojní sestavy

	Skutečnost	Návrh
Počet rypadel	1	1
Počet aut	2	5
Počet dní	3	2
Rypadlo cena	25 200 Kč	16 800 Kč
Auta cena	245 700 Kč	174 090 Kč
Mýtné	4 869 Kč	8 114 Kč
Celkem	275 769 Kč	199 004 Kč

Tab. 2: Porovnání skutečného a vypočteného návrhu 2. strojní sestavy

Podle výše uvedených hodnot v tabulkách můžeme vidět porovnání mezi skutečným provedením a ideálním návrhem na pracovní soupravu.

Jak je vidět v první tabulce, u které se jednalo o výkop zeminy pro kanalizaci, jde o výrazný rozdíl mezi časovými i finančními hodnotami. Můžeme si všimnout, že zvýšením počtu odvozních vozidel se sníží počet dní potřebných k práci a zároveň dojde ke snížení nákladů na práci. Důvodem je vysoký pronájem těžebního prostředku, který rapidně roste při zvýšení počtu pracovních dnů. Na rozdíl od odvozních prostředků, které mají nižší provozní náklady a vyplatí se tedy v tomto případě využít jich vyšší počet. Ve skutečnosti byly na první týden navrženy jenom dva kusy odvozních prostředků a následně se počet zvýšil na čtyři kusy. Příčinou změny počtu odvozních prostředků bylo, že i přes sníženou výkonost rypadla z důvodu podřadných prací, docházelo k dlouhým čekáním na nákladní automobil. Čekání bylo způsobeno uvíznutím vozidla v koloně na dálnici, které byla součástí odvozní trasy. Ve výpočtu vycházely čtyři odvozní prostředky, avšak ty by rypadlo se svojí výkonností nestíhalo plnit. Proto byl určen konečný návrh na tři odvozní prostředky.

U druhé tabulky si můžeme všimnout, že práce skutečná i navrhovaná netrvala příliš dlouho a rozdíl mezi nimi je minimální. Ovšem dochází zde i ke snížení nákladů. Zde byl znovu problém s čekáním na odvozní vozidla ze stejného důvodu jako u první situace. Ve výpočtu vycházel počet vozidel na šest kusů, ale tento počet by rypadlo nedokázalo svojí výkonností naplnovat. Proto byl výsledný počet určen na pět. Tento počet nijak výrazně neovlivní počet dní pronájmu a náklady budou nižší oproti pronájmu šesti kusů odvozních prostředků.

Závěr

První část této práce byla určena k obeznámení s těžebními stroji se zaměřením na rypadla. Dozvídáme se v ní o základním rozdělení rypadel a nástrojích, která rypadla používají ke své činnosti. Dále se zmiňují odvozní prostředky, které mají přímou technologickou vazbu na těžební stroje. Uvádí se zde opět jejich základní rozdělení podle jejich charakteristických rysů. Následně je uveden teoretický postup výpočtu ke stanovení počtu odvozních prostředků a k optimálnímu návrhu těžební soustavy.

Druhá část práce byla věnována návrhu optimální těžební a odvozní soustavy, která byla pozorována při výstavbě nové odpočívky na dálnici D1 během bakalářské praxe. Byly pozorovány dva těžební stroje při dvou odlišných výkopech s jinými technologickými postupy. Je zde uveden postup a přesné výpočty, které vedly ke zlepšenému návrhu strojní soupravy. Výsledky jsou znázorněny v tabulkách, které uvádí výsledný rozdíl skutečného a vypočítaného návrhu. Tabulka zobrazuje časový a ekonomický rozdíl obou návrhů. Během práce jsem se seznámil s novými metodami výpočtu a možnostmi ovlivňování výkonnosti stroje, jak po stránce kladné, tak i záporné.

Při návrhu je potřeba zohlednit okolní vlivy, které mají dopad na činnost stroje. V této práci jsem se setkal s negativním ovlivněním výkonu stroje podřadnými pracemi a nedostatkem odvozních prostředků. Se snížením výkonnosti v důsledku podřadných prací se ve skutečnosti nejspíše kalkulovalo, ale nepočítalo se s nižší výkonností odvozních prostředků kvůli zvýšenému času pracovního cyklu jednoho vozidla. Na tento čas mělo největší vliv čekání v kolonách na přilehlé dálnici, která byla součástí odvozní trasy zeminy.

Již v počátku projektu by měl přípravař brát v úvahu všechny nepříznivé okolnosti při výběru strojů. Terén, ve kterém se bude stroj pohybovat, i okolní prostředí pracoviště by měly být prozkoumány. Dále je potřeba znát celkový objem práce, které bude stroj zpracovávat. Po stránce ekonomické by měla být zjištěna doba využívání stroje a případná cena koupě nebo pronájmu. Všechny tyto skutečnosti by měly dát dohromady ideální návrh. Nakonec je potřeba navrhnout takové množství odvozních prostředků, které nepřesáhne výkonnost těžebního stroje a umožní plynulou přepravu zeminy.

Seznam použité literatury

- [1] JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: silniční stroje*. 2. přeprac. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 1996.
- [2] MARŠÁL, Petr. *Stavební stroje*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2774-4.
- [3] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1045-9.
- [4] VANĚK, Antonín. *Stroje a zařízení pro dopravu a manipulaci stavebních materiálů*. Praha: Stamp, 2003.
- [5] VANĚK, Antonín. *Strojní zařízení pro stavební práce*. 2. přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 1999. ISBN 80-85920-61-1.

Seznam použitých internetových zdrojů

- [6] JUNKL, Václav a Miroslav PÁN. *Stroje a zařízení pro výrobu stavebních hmot pro 2. ročník SOU*. Praha: STNL, 1985.
- [7] *Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací* [online]. In: CELJAK, Ivo. České Budějovice, 2009, s. 134 [cit. 2020-04-19]. DOI: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/strojni_zarizeni_pro_realizaci_staveb.pdf.
- [8] Rýpadla(pásový podvozek). *Katalog stavebních strojů* [online]. Praha: ČVUT v Praze, FSv, KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB, 2011 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <http://www.celysvet.cz/mechanizace/rypadla-pas>
- [9] Rozdíly mezi přívěsy a návěsy. *Svět motorů* [online]. 2016 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <http://svet-motoru.blog.cz/1611/rozdily-mezi-privesy-a-navesy>

- [10] Podkopové lopaty - lžice pro bagry a rýpadla. *EMPEc* [online]. Bruntál, b.r. [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <http://www.empec.cz/?page=products&category=podkopove-lzice>
- [11] Největší dampry na světě. *Stavební technika* [online]. Hradec králové: Vega, 2016 [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/nejvetsi-dampry-na-svete>
- [12] Lžice pro rýpadla. *Renomag* [online]. Brno, b.r. [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.renomag.cz/s85781-lzice-pro-rypadla>
- [13] LOPATY. *HYUNDAI* [online]. Zlín, b.r. [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://www.hyundai-stavebnistroje.cz/adaptery/lopaty/>
- [14] Equipment: CAT M322D2. *CAT* [online]. Caterpillar©, 2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: https://www.cat.com/en_MX/products/new/equipment/wheel-excavators/wheel-excavators/1000009189.html
- [15] JS175w. *JCB* [online]. J C Bamford Excavators Ltd., 2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <https://www.jcb.com/en-gb/products/wheeled-excavators/js175w>
- [16] *Tatra T158* [online]. In: . 2020, s. 2 [cit. 2020-04-20]. DOI: https://www.tatra.cz/underwood/download/files/tatra-t-158-8p5r46-261-8x8_cz.pdf.
- [17] Ceník mechanizace a dopravy pro rok 2020. *Firma Wenzl* [online]. Praha, 2020 [cit. 2020-04-20]. Dostupné z: <http://www.firmawenzl.eu/cenik.html>
- [18] In: *Tatra-club.com* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.tatra-club.com/gallery_detail.phpid=1000
- [19] Bazar. *Acdodávky* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.acdodavky.cz/bazar/citroen-valnik/5932.html>
- [20] Bazar. *Bagry.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://bagry.cz/cze/bazar>

- [21] CAT 302.5 DRÁŽKOVACÍ LŽÍCE 75 MM X 700 MM. In: *Www.lzicealopaty.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.lzicealopaty.cz/302-5/cat-302-5-drazkovaci-lzice-75-mm-x-700-mm/>
- [22] DVOUCESTNÁ KOLOVÁ RYPADLA. *Edikt* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.edikt.cz/mechanizace/dvoucestna-kolova-rypadla_7.html
- [23] Excavators. *CAT* [online]. Caterpillar©, b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/excavators.html
- [24] Minirýpadlo Kubota KX-016. *Staves* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.staves.cz/prodej-stavebnich-stroju/minirypadlo-kubota-kx-016-60>
- [25] Nakládací lžice 4v1. In: *Denison cz* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.nahradnidilystroje.cz/nahradni-dily/prislusenstvi/jcb-prislusenstvi/lopaty-jcb-prislusenstvi/nakladaci-lopaty/nakladaci-lzice-4v1/>
- [26] Nové modely. In: *Euromach* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://www.euromach.com/cze/kracivy-bagr.php>
- [27] Nový 55tunový dempr Komatsu předán do lomu Mokrá. In: *Heidelbergcement* [online]. 2015 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.heidelbergcement.cz/cs/tisk-a-media/aktuality/novy-dempr-v-lomu-mokra>
- [28] Produkty. *Dhtrucks* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://dhtrucks.com/produkt/tandemovy-sklapci-prives-meiller-novy-skladem/>
- [29] Produkty: hydraulická pásová rypadla. *Terra* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.terra-world.com/cz/produkty/>
- [30] Pronájem traktorbagrů. In: *Malina Vrše* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.zemnipracepardubice.cz/pronajem-traktorbagru>

- [31] SKLÁPĚČ Tatra T 815 S3, 6X6, V10, TIPPER. In: *Truck1.eu* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.truck1-cz.com/nakladni-auta/sklapecky/tatra-t-815-s3-6x6-v10-tipper-a3870852.html>
- [32] TRAKTOROVÝ NÁVĚS WTC BIG 27.20. In: *Profistroje.cz* [online]. b.r. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.profistroje.cz/traktorovy-naves-wtc-big-27-20_2606.html
- [33] Volvo A60H je největší kloubový dampr své značky (+video). *Auto.cz* [online]. 2017 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/volvo-a60h-je-nejvetsi-kloubovy-dampr-sve-znacky-video-102873>
- [34] Nahlížení do katastru nemovitostí. ČÚZK [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://nahliznidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>
- [35] [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/>

Seznam obrázků

OBR. 1: SLOŽENÍ RYPADLA	10
OBR. 2: PRÁCE S HLOUBKOVOU LOPATOU	12
OBR. 3: NAKLÁDÁNÍ VÝŠKOVOU LOPATOU	12
OBR. 4: MIKRORYPADLO JCB 8008 CTS	13
OBR. 5: MINIRYPADLO KUBOTA KX-016.....	14
OBR. 6: MALÉ RYPADLO CAT 304E2 CR	14
OBR. 7: STŘEDNÍ RYPADLO CAT 320GC	15
OBR. 8: TĚŽKÉ RYPADLO JCB 220X.....	15
OBR. 9: KRÁČIVÝ PODVOZEK.....	16
OBR. 10: KOLOVÝ PODVOZEK TRAKTOROVÉHO TYPU.....	17
OBR. 11: KOLOVÝ PODVOZEK NA ŽELEZNIČNÍM SVRŠKU.....	18
OBR. 12: KOLOVÝ PODVOZEK TYPU BROYT	18
OBR. 13: KOLOVÝ PODVOZEK AUTOMOBILOVÉHO TYPU.....	19
OBR. 14: PÁSOVÝ PODVOZEK	19

OBR. 15: LOPATA STANDARTNÍ TĚŽEBNÍ	20
OBR. 16: LOPATA SKALNÍ	20
OBR. 17: LOPATA RÝHOVÁ	21
OBR. 18: DRÁŽKOVACÍ TRN	21
OBR. 19: LOPATA PŘÍKOPOVÁ	22
OBR. 20: LOPATA PROFILOVÁ	22
OBR. 21: LOPATA NAKLÁDACÍ ČELIŠŤOVÁ.....	22
OBR. 22: VALNÍK	24
OBR. 23: SKLÁPĚČ	25
OBR. 24: PŘÍVĚS	27
OBR. 25: NÁVĚS	27
OBR. 26: DEMPR S PEVNÝM RÁMEM	29
OBR. 27: DEMPR S KLOUBOVÝM RÁMEM	29
OBR. 28: POHLED NA STAVENIŠTĚ A STAVEBNÍ STROJE	33
OBR. 29: POHLED NA STAVENIŠTĚ A STAVEBNÍ STROJE	34
OBR. 30: UKLÁDÁNÍ PAŽENÍ	34
OBR. 31: KATASTRÁLNÍ MAPA + ORTOFOTO	35
OBR. 32: KATASTRÁLNÍ MAPA	35
OBR. 33: ODVOZNÍ TRASA (SMĚR MEZISKLÁDKA)	37
OBR. 34: ODVOZNÍ TRASA (SMĚR STAVENIŠTĚ)	38
OBR. 35: STROJ CAT M322D PŘI PRÁCI	39
OBR. 36: PRŮMĚRNÉ ČASY PRACOVNÍCH CYKLŮ RYPADLA M322 D	40
OBR. 37: STROJ JCB JS175 W PŘI PRÁCI	42
OBR. 38: PRŮMĚRNÉ ČASY PRACOVNÍCH CYKLŮ RYPADLA JCB JS175W	43

Seznam tabulek

TAB. 1: POROVNÁNÍ SKUTEČNÉHO A VYPOČTENÉHO NÁVRHU 1. STROJNÍ SESTAVY	45
TAB. 2: POROVNÁNÍ SKUTEČNÉHO A VYPOČTENÉHO NÁVRHU 2. STROJNÍ SESTAVY	45