

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

**Analýza provozních parametrů a konstrukce přídatných
zařízení s hydraulickým pohonem používaných
u stavebních a zemních strojů**

Bc. Libor Čech

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Libor Čech

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Analýza provozních parametrů a konstrukce přídatných zařízení s hydraulickým pohonem používaných u stavebních a zemních strojů

Název anglicky

Analysis of operating parameters and design of hydraulic power attachments used in earth-moving and construction machinery

Cíle práce

Cílem diplomové práce je naměřit provozní parametry vybraných přídatných zařízení s hydraulickým pohonem používaných u stavebních a zemních strojů a porovnat je z hlediska jejich konstrukce, výkonnosti, provozních a servisních parametrů.

Metodika

Student prostuduje tuzemskou i zahraniční literaturu týkající se přídatných zařízení s hydraulickým pohonem používaných u stavebních a zemních strojů. Popíše zvolená přídatná zařízení. Naměří jejich provozní parametry při srovnatelných pracovních režimech. Získá informace o provozních a servisních datech zvolených přídatných zařízení. Naměřená a vypočítaná data vzájemně porovná mj. z hlediska využití a uplatnění v provozu.

Doporučená osnova práce:

1. Úvod.
2. Literární rešerše zaměřená na přídatná zařízení s hydraulickým pohonem používaných u stavebních a zemních strojů a měření výkonnosti.
3. Cíl práce.
4. Metodika měření.
5. Naměřené hodnoty a získané hodnoty, jejich vyhodnocení a diskuse.
6. Závěr.

Doporučený rozsah práce

35-40 stran

Klíčová slova

přídavná zařízení, parametry, výkonnost, servis

Doporučené zdroje informací

KOPÁČEK, J. – PAVLOK, B. *Tekutinné mechanismy*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1994. ISBN 80-7078-238-2.

ROH, J. – VYSOKÁ ŠKOLA ZEMĚDĚLSKÁ V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Tekutinné mechanismy*. V Praze: Vysoká škola zemědělská, 1994. ISBN 80-213-0172-4.

SLABÝ, P. – DLOUHÁ, E. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STAVEBNÍ FAKULTA. *Dopravní stavby a systémy 20, 30*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02453-9.

ŠKRÉTA, K. – VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE. *Bezpečnost práce ve stavebnictví-CD ROM : správná praxe pro malé a střední podniky 14*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008.

Webové stránky výrobců a prodejců přídavných zařízení.

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Heřmánek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2022

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 10. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Analýza provozních parametrů a konstrukce přídavných zařízení s hydraulickým pohonem používaných u stavebních a zemních strojů vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31.3. 2023

Bc. Libor Čech

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své diplomové práce, panu doc. Ing. Petru Heřmánkovi, Ph.D., za odborné vedení a poskytnuté rady vedoucí k vypracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval vedení a zaměstnancům společnosti Lipatech s.r.o. za poskytnutí rypadel a přídatných zařízení pro naměření potřebných parametrů.

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá popisem nejčastěji používaných hydraulických přídatných zařízení na zemních strojích z hlediska jejich využití, konstrukce, provozních parametrů a dalších důležitých informací. Dále jsou přímo zvoleny tři typy zařízení, jimiž jsou hydraulické vrtací jednotky, drapáky a kladiva. U těchto zařízení jsou vybrána zařízení tří různých výrobců nabízená na českém trhu a jsou podrobena testování s cílem naměření provozních hodnot. Naměřené provozní hodnoty jednotlivých zařízení jsou spolu s výrobcí udávanými konstrukčními hodnotami následně mezi sebou porovnány. Výsledky porovnání jednotlivých zařízení jsou určeny pomocí bodovací metody vybrané z modelů pro vícekritériální rozhodování. Poslední část diplomové práce je věnována ekonomickému zhodnocení návratnosti investice při pořízení jednotlivých přídatných hydraulických zařízení a jsou zde lineární metodou dopočteny jejich odpisy, včetně jim příslušejícímu nosiči.

Klíčová slova: Přídatná zařízení, Parametry, Výkonnost, Servis

Analysis of operating and design of hydraulic power attachments used in earth-moving and construction machinery

Summary: The main objective of this thesis is to describe the most commonly used hydraulic attachments on earth-moving machines in terms of their use, construction, operating parameters, and other important information. Furthermore, the study selects three types of equipment - hydraulic drilling units, grapples, and hammers - and tests equipment from three different manufacturers available on the Czech market to measure their operational values. The measured operating values of each piece of equipment, together with the manufacturers' design values, are then compared with each other. The results of the comparison of the individual devices are determined using a scoring method selected from multi-criteria decision-making models. The last part of the thesis focuses on the economic evaluation of the return on investment for the acquisition of individual hydraulic attachments. Their depreciation, including the associated carrier, is calculated using a linear method.

Keywords: Attachments, Parameters, Performance, Service

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Literární rešerše.....	3
2.1 Úvod do problematiky.....	3
2.2 Využití přídavných zařízení	4
2.3 Popis jednotlivých přídavných zařízení	5
3 Cíl práce	20
4 Metodika měření	21
4.1 Měření	21
4.2 Metodika analýzy naměřených hodnot.....	26
5 Měření	27
5.1 Parametry nosičů použitých při měření.....	27
5.2 Hydraulické drapáky	28
5.3 Hydraulické vrtací jednotky	31
5.4 Hydraulická kladiva	33
6 Analýza naměřených hodnot.....	37
6.1 Postup řešení.....	37
6.2 Hydraulické drapáky	38
6.3 Vrtací jednotky	40
6.4 Hydraulická kladiva	42
7 Ekonomické zhodnocení pořízení přídavných zařízení.....	46
7.1 Návratnost investice	46
8 Závěr	52
9 Seznam použitých zdrojů	54

1 Úvod

Ve všech průmyslových odvětví je trendem neustálé zvyšování efektivity výrobních zařízení s požadavkem minimalizace závislosti na lidské pracovní síle. Nejinak je tomu v případě stavebních a zemních strojů. Poohlédneme-li se do minulosti, jistě každý si vybaví funkci rypadel na stavbách, spočívající prakticky pouze v těžbě horniny a následné manipulaci s ní. To v dnešní době již neplatí. Rypadla na stavbách se stala všestrannými stroji, které mohou rychlou výměnou přídatného zařízení vykonávat širokou škálu různých operací. Již dle názvu „přídavná zařízení“ lze pochopit, v čem spočívá jejich hlavní smysl. Jedná se o libovolná zařízení, která lze patřičným typem uchycení upnout k příslušnému nosiči. Podstata jejich použití spočívá ve výrazném usnadnění a urychlení vykonávané práce s větší precizností a s úbytkem závislosti na pomocných manuálních dělnících. V případě, že jsou tato zařízení pohyblivá, mohou být poháněna připojením na hydraulický okruh nosiče, nebo mohou být vybaveny vlastním energetickým zdrojem.

Tato práce vznikla ve spolupráci se společností Lipatech s.r.o., jejíž vedení vzneslo požadavek na vytvoření práce, která by komparovala jimi nově nabízená hydraulická přídavná zařízení značky Hardy s těmi nejběžněji dostupnými na Českém trhu.

Společnost Lipatech s.r.o. zahájila svoji činnost v roce 2009. Zpočátku se zaměřovala pouze na prodej a pronájem stavební techniky a poté, v roce 2013, přišla s prodejem opotřebitelných náhradních dílů na stavební stroje. Tyto díly jsou zároveň používány na všech jejich strojích v půjčovně stavební techniky. Postupem času si společnost Lipatech s.r.o. vytvořila celou řadu svých privátních značek dovážených přímo od výrobců z celého světa. Nejvýznamnější obchodní partneři jsou zejména z Číny, Indie, Itálie, Nizozemska, Turecka a Velké Británie. V současnosti tato společnost působí v Česku na dvou pobočkách v Praze a v Kojetíně. Zároveň má společnost Lipatech s.r.o. pobočku na Slovensku ve městě Dubnice nad Váhom a v průběhu roku 2023 bude navíc otevírat druhou slovenskou pobočku v Košicích.

Nejprve se práce zabývá rešeršní částí, kde jsou představeny základní typy hydraulických přídavných zařízení. Představení daných zařízení spočívá zejména v popisu jejich hlavního uplatnění v praxi, je zde popsána konstrukce, princip funkce daných částí zařízení a mnoho dalších informací.

V druhé části se práce zaměřuje na hlavní cíl práce, tedy na získání provozních a konstrukčních hodnot a jejich následné zanalyzování. Výsledné pořadí porovnávaných zařízení je určeno pomocí bodovací metody, jejíž princip je v této části diplomové práce patřičně popsán.

Závěrem se práce zabývá ekonomickým zhodnocením pořízení hydraulického přídatného zařízení, kdy je spočtena návratnost počáteční investice za dané zařízení. K výpočtu návratnosti investice jsou použité vztahy pro výpočet bodu zvratu a metody rentability.

2 Literární rešerše

2.1 Úvod do problematiky

Tato diplomová práce je zaměřena na měření a analýzu provozních parametrů přídavných zařízení používaných u zemních strojů. Takových zařízení je široká škála, tudíž se tato práce orientuje výhradně na přídavná zařízení pro pásová a kolová rypadla a případně pro upnutí na zadní část rypadlo-nakladačů.

Historie přídavných zařízení rypadel souvisela s vývojem používaného konstrukčního materiálu, konstrukce a zejména podle formy přenosu energie na přídavné zařízení. V první polovině devatenáctého století, v době sestrojení prvních rypadel, byla zdrojem energie pára a její přenos na výložník probíhal lanovými převody. O rozvoji a využívání jiných přídavných zařízení krom lopat lze hovořit až po roce 1948, kdy Italští bratři Bruneriové představili první hydraulické rypadlo, jehož nástupci začali pomalu s postupujícím vývojem nahrazovat doposud využívaná mechanická lanová rypadla. [1]

Principem funkce hydraulické soustavy rypadel je přeměna mechanické energie hnacího motoru na energii hydraulickou. Přeměněná hydraulická energie je následně převáděna ke spotřebičům (hydromotorům), kde dochází k opětovné přeměně energie z hydraulické na mechanickou, sloužící pro pohon stroje. Pohyb rypadla a jeho všech pohyblivých částí je zajišťován přímočarými nebo rotačními hydromotory. Pohyb přídavných zařízení je zajišťován hydrostatickým obvodem. Ten se vyznačuje cirkulací tlakové kapaliny seskupenými hydraulickými a jinými prvky v obvodu. Z nádrže směřuje kapalina do spalovacím motorem poháněného hydromotoru, kde získá tlakovou energii a směřuje dále do rozvaděče. Rozvaděč tlakovou kapalinu přestavením šoupátka přepouští do požadovaných větví, odkud se následně po průchodu spotřebiči vrací zpět do nádrže. [2]

Aby hydraulický obvod splňoval požadované parametry, je v něm zapotřebí použití správné hydraulické kapaliny. Hydraulická kapalina velmi ovlivňuje životnost a provozní spolehlivost hydraulických prvků. Při pohybu kapaliny hydraulickým obvodem je kapalina namáhána tlakem a třením, přichází do styku se vzduchem, kovy či vodní parou, což výrazně ovlivňuje její životnost. Hydraulická kapalina musí zajišťovat dostatečnou mazací schopnost potřebnou k mazání všech pohyblivých vnitřních částí hydraulických zařízení bez poškozování

těsnících materiálů. Dále musí být odolná proti vzniku emulzí a musí vykazovat vysokou schopnost oddělování se od vody, vodních par a vzduchu. Kapalina musí také zabraňovat vzniku kavitace a musí být chemicky stálá. Aby nedošlo k zatuhnutí kapaliny, musí být teplota okolí alespoň o 10-15 °C vyšší, než je její bod tuhnutí. [2]

V současné uspěchané době bývají stavební projekty realizovány ve stále kratších termínech, které by bez použití rypadel se širokou škálou přídatných zařízení nebylo možné splnit. V případě demolice lze využít rypadlo s demoličními či vydracovacími nůžkami, hydraulickým kladivem či demoličním drapákem. Získanou suť je možné ihned na místě dále upravit a vytvořit tak potřebný stavební materiál drtící a prosévací lopatou. Naopak při stavbě je možné práci usnadnit například upnutím vrtacího či hutnicího zařízení. Rypadla se stávají všestrannými stroji a jejich produktivita se s postupujícím zlepšováním vlastností neustále zvedá. Jejich využití se od původních předpokladů, které spočívaly hlavně v provádění výkopů a dočišťovacích terénních pracích, zcela změnilo. Velký vliv na to také mají v dnešní době stále častěji používané naklápací hlavy a rotátory. Pomocí nich je obsluha schopna svoji práci vykonat s patřičnou precizností a zároveň ve velmi krátké době. Každý typ přídatného zařízení je obvykle dodáván na širokou škálu rypadel, co se týče jejich tonáže. Při výběru správného typu přídatného zařízení je třeba dbát na nosnost rypadla a průtok hydraulického oleje v hydraulickém okruhu určeném k pohonu zařízení. [2]

2.2 Využití přídatných zařízení

Využití přídatných zařízení má v posledních letech stále rostoucí trend. S tím je spjat i růst nabídky a stále vznikající nová přídatná zařízení, která ještě více zvedají efektivitu a kvalitu odváděné práce. Přídatná hydraulická zařízení pro pásová rypadla lze dle jejich využití segmentovat do základních kategorií podle typu na: kladiva, drapáky, vrtací jednotky, harvesterové hlavy a další. Podle aplikace se hydraulická přídatná zařízení mohou dělit na: demoliční, recyklační, lesnické, výkopové a další. [3]

2.3 Popis jednotlivých přídatných zařízení

2.3.1 Hydraulický drapák

Hydraulický drapák je jedno z nejčastěji používaných hydraulických přídatných zařízení. Běžně bývá dodáván na rypadla s hmotností od 1 200 do 50 000 a více kg. Základní rozdělení drapáků je dvou a více čelist'ové. V této práci jsou blíže specifikovány pouze dvou čelist'ové. Více čelist'ové drapáky se nejčastěji používají v odpadovém hospodářství.

Obrázek 1 Konstrukce drapáku Hardy RDG 04



Konstrukce dvou čelist'ových hydraulických drapáků se obvykle skládá z částí označených na obrázku 1. Pod upínací deskou (3) upnutou v tomto případě na hydraulickou naklápečí hlavu se nachází, podle velikosti daného drapáku, buďto jeden či více rotačních hydromotorů, které pomocí věnce otoče umožňují otáčení drapáků o 360 stupňů. Pod číslem 4 se na obrázku 1 nachází ochranné uložení jednoho rotačního hydromotoru s hydraulickými hadicemi přivádějícími hydraulický olej v požadovaném průtoku a tlaku. Další důležitou částí konstrukce drapáků jsou zpětné jednosměrné ventily. Zpětný ventil umožňuje průtok kapaliny pouze jedním směrem, druhý směr uzavírá. Uzavření je zajištěno kuličkou, nebo pružinou přitlačovaným kuželíkem do jeho sedla. Hlavní částí hydraulických drapáků jsou čelisti (2) zakončené měnitelnými břity (1) s možností uchycení zubů. Čelisti musí kvůli svému využití vykazovat maximální odolnost proti únavovým opotřebením. Proto je velice důležité zvolit správně navrženou konstrukci z odolného materiálu, kterým nejčastěji bývá ořezávací ocel.

Včasná výměna opotřebených břitů je velice důležitá z důvodu možného poškození ostatních částí drapáku. Úbytkem materiálu důsledkem abrazivního opotřebením dochází ke vzniku mezery, kdy čelisti nedosedají přímo na sebe. To má za následek trvalé poškození hydraulických přímočarých hydromotorů zajišťujících rozevírání a zavírání čelistí. [2], [4]

2.3.1.1 Drapáky na dřevo

Konstrukčně se řadí mezi nejjednodušší drapáky, často jsou vyráběny bez použití hydraulického motoru umístěného pod uchycením, který zajišťuje otáčení o 360° (viz. Obrázek 2). Jejich funkce spočívá v manipulaci osekáných kmenů stromů. Díky „klešťovitosti“ konstrukce dokáží tyto drapáky bezpečně zvedat kmeny různých rozměrů ze země, lodí, vagónů, či z korby nákladních automobilů. Jednodušší konstrukci odpovídá i jejich nižší pořizovací cena, která je ze všech typů drapáků nejnižší. Často se stává, že si zákazník koupí tento drapák za účelem ušetření a očekává od něho stejné vlastnosti jako například od třídícího drapáku. Na to ovšem tyto jednoduché drapáky nejsou konstruovány a dochází k jejich rychlé poruše. Princip tohoto drapáku je stejný jako u vyvážecích traktorů používaných při těžbě dřeva v lesích. Někteří výrobci navíc nabízejí drapáky vybavené pohyblivou vodící lištou s řeznými řetězy. V tom případě lze rypadlo použít při těžbě dřeva. Ovšem výkonnostně nelze takto vybavená rypadla srovnávat s k těžbě určenými harvestory. [5]

Obrázek 2 Drapák na dřevo



Zdroj: [6]

2.3.1.2 Drapáky demoliční a třídící

Tyto drapáky se uplatňují hlavně k demoličním pracím prováděným postupným odebíráním suti. Demolovaný objekt rypadlo s drapákem postupně rozebírá a materiál rovnou třídí a nakládá. Velmi často se také takto konstruované drapáky využívají ke stavbě kamenných zdí, tarasů a dalších libovolných objektů, či jiné manipulaci s těžkými předměty jako mohou být například obrubníky, mramorové desky a další práce, kde je potřeba manipulace a přesné ukládání těžkých objektů. Pro tyto účely lze na většinu drapáků umístit speciální SoftGrip nástavce, které manipulovaný předmět ochrání před poškozením. Tyto drapáky bývají konstrukčně nejbytlejší, použité materiály vykazují nejvyšší možnou odolnost proti ohybu či lomu. Použití demoličních drapáků bývá u rypadel o vyšších hmotnostech, přední světový výrobce MB-Crusher dodává demoliční drapáky na rypadla od 6 000 kg. Studii, jak lze využít tyto drapáky při zavalení lidí v sutích vydal v roce 2006 S. Gentes z Německého Technologického institutu v Karlsruhe. [7]

Obrázek 3 Demoliční třídící drapák Hardy



Zdroj: [4]

2.3.1.3 Drapák na sypké hmoty

Používají se hlavně k překládání sypkých materiálů, nejčastěji v případě železničních či lodních překladišť. Nejčastěji bývají používány k nakládání písku, šterku, zeminy či například dřevní štěpky. Čelisti drapáku mohou být podle typu nakládaného materiálu hladké nebo se zuby. Zemní práce je tímto drapákem nejčastěji prováděna při hloubení hlubokých děr menších průměrů, například při opravách kanalizací. V takových případech se mezi rameno a drapák

umístí libovolně dlouhý prodlužovací adaptér. Tyto drapáky se díky své konstrukci velmi příznivý poměr mezi objemem a vlastní hmotností. [5], [8]

Obrázek 4 Drapák na sypké hmoty



Zdroj: [8]

2.3.2 Hydraulické kladivo

Hydraulická kladiva patří mezi velmi často používaná přídatná zařízení, využívaná zejména při výskytu překážky, kterou nelze překonat pouze rypadlem s těžební lopatou. Nachází své uplatnění při výskytu skály, tvrdých hornin či velkých kamenů během hloubení výkopů, při demolicích, stavbě silnic, při těžbě v lomech nebo například při rozrušení zmrzlé vrstvy horniny. Princip funkce hydraulického kladiva spočívá v přeměně energie hydraulického tlaku v kombinaci s pneumatickým tlakem na kinetickou energii rázového (úderného) pístu. Tato energie je následně vybraným nástrojem předávána na horninu, čímž dochází k jejímu rozrušování. Výměnou nástroje lze hydraulickými kladivy vykonávat různé činnosti. Špičatým zakončením nástroje jsou například rozbíjeny silniční betonové a asfaltové podklady. V případě rozrušování zmrzlé vrstvy horniny se používají nástroje s rýčovitým zakončením. Pro rozrušování částečně zvětralých hornin lze použít nástroj ve tvaru sekáče. Připojením hutnicí patky lze hydraulická kladiva využít i pro hutnění. V současnosti se hydraulická kladiva vyrábí s třemi způsoby přenosu energie na nástroj (oškrť). Pohyb nástroje je způsoben olejem, inertním plynem (hlavně dusík), nebo nejčastěji používanou kombinací těchto variant, zvanou „Dual power source.“ Plynný dusík je izolovaně umístěn v prostoru komory za rázovým pístem a zajišťuje pneumatický přenos energie. Použití inertního plynu zajišťuje ušetření energie a zároveň výrazné navýšení výkonu. Je zapotřebí neustále sledovat objem plynu v komoře. Nízký, nebo naopak příliš vysoký objem dusíku výrazně ovlivní technický stav hydraulického

kladiva a zapříčiní rychlejší poškození jeho částí. Pokud tlakoměrem v dusíkové komoře naměříte nadměrný tlak inertního plynu, energie z hydraulického oleje nedokáže vytlačit rázový píst do správné polohy, a tudíž nedojde k požadovanému přenosu pneumatické energie. Správná hodnota tlaku se u většiny dodávaných hydraulických kladiv pohybuje okolo 1,4 až 1,6 MPa. [9], [10]

Obrázek 5 Konstrukce hydraulického kladiva



Zdroj: [11]

Popis základních částí hydraulického kladiva je předveden na animaci modelu kladiva od Italského výrobce hydraulických přídatných zařízení Promove Demolition (obrázek 5). Tato společnost používá na svých vyráběných přídatných zařízeních několik vlastních inovací, mezi kterými je například systém proti konání úderů naprázdno (nástroj musí být přitlačen k hornině), čímž se výrazně prodlužuje životnost a zároveň šetří náklady na provoz hydraulického kladiva. Společnost Promove Demolition také vyvinula vlastní systém na vzdálený monitoring kladiv zvaný „E-Breaker“. Ten majitele informuje, kde se jejich zařízení nachází a jaké je jeho pracovní využití. Velkou výhodou kladiv dodávaných touto společností

je instalovaný inteligentní ventil (10) s funkcí „plug and play“, která majitelům přídavných zařízení zajistí možnost okamžité práce bez nutnosti změny nastavení stroje a zařízení. Tato funkce majitelům ušetří značnou porci času a zároveň zamezuje možnosti poškození příliš velkým průtokem hydraulického oleje. Na rozdíl od ostatních výrobců mají tato kladiva dvě dusíkové komory. Číslem 7 je označena dusíková komora s vysokým tlakem a číslem 8 komora s nízkým tlakem dusíku. Komora s nízkým tlakem dusíku zvyšuje ještě více energii nárazu při každém úderu. Číslo 1 označuje horní tlumič rázů, jehož hlavní funkce spočívá v minimalizaci způsobených škod na rameni nosiče absorpcí nárazů. Regulátor rázové energie označen číslem 2 umožňuje obsluhu snadnou regulaci rozsahu energie úderu a rychlosti úderů. Celý systém je uzavřen v odolném ocelovém pouzdře snižujícím hlučnost (3). Velmi namáhanou částí hydraulických zařízení je spodní otěruvzdorná patka (4) vyrobená z hardoxové oceli, pod níž je umístěn spodní tlumič rázů. [9], [11]

V následujících odstavcích je popsán technologický princip činnosti hydraulických kladiv. Princip je dále znázorněn na přiložených schématech (obrázek 6). Základem hydraulického kladiva je hlavní ventil, který řídí průtok hydraulického oleje do kladiva a z něj. Energie úderu vzniká poháněním pístu nahoru a dolů pomocí toku oleje.

V první fázi, jejíž schéma je vidět na obrázku 6, je vysokotlaký proud oleje mířící do kladiva označen červeně a nízkotlaký proud hydraulického oleje mířící zpět do nádrže je znázorněn modře. V tlakových komorách 3 a 7 je z důvodu neustálého spojení s vnějším prostředím vždy nízký tlak. Naopak v komorách označených čísly 1 a 8 je tlak vždy vysoký. Tlaky v komorách 2, 4 a 6 se pohybem pístu mění. Hydraulický olej pod vysokým tlakem proudí do komor 1 a 8 a tím působí na čelní plochu rázového pístu a tlačí ho nahoru.

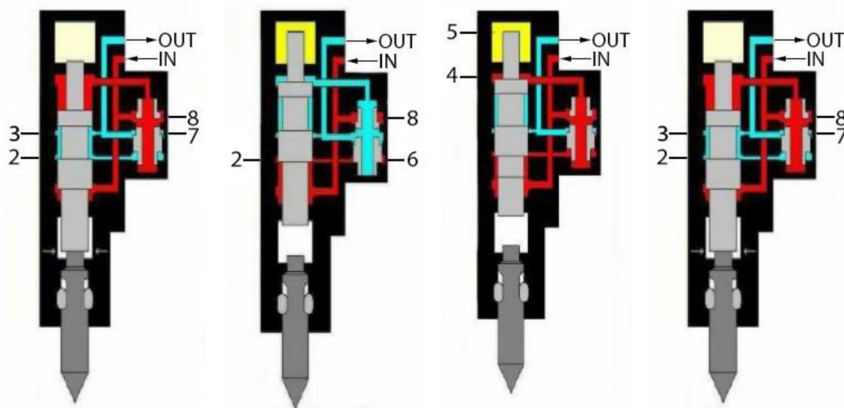
Ve druhé fázi, když je rázový píst posunutý vysokotlakým proudem hydraulického oleje až do jeho mezní polohy, dojde k propojení komor 1 a 2. Olej tak proudí do komory 6.

Ve třetí fázi dosáhne regulační ventil horní meze a vstupní otvor propojí průtok hydraulického oleje dutinou 8 tak, aby olej proudil do dutiny 4. V důsledku vysokého tlaku oleje v komoře 4, který je podporován dusíkem, se rázový píst pohybuje směrem dolů.

V poslední fázi se rázový píst pohybuje dolů a naráží na nástroj. Komory 3 a 2 jsou obě propojeny s komorou 6. V důsledku vysokého tlaku oleje v komoře 8 se řídicí ventil posune

směrem dolů a vstupní otvor je opět propojen s komorou 7. Poté se cyklus opakuje znovu od začátku. [12], [13]

Obrázek 6 Technologický princip hydraulických kladiv



Zdroj: [13]

Účinnost hydraulického kladiva η_h lze definovat vztahem 1. [12]

$$\eta_h = \frac{e_i * f_i}{Q(P_s - P_r)} \quad (1)$$

Kde:	Q	objemový průtok	[l/min]
	P_s	přívodní tlak hydraulického oleje	[MPa]
	P_r	výstupní tlak hydraulického oleje	[MPa]
	e_i	energie rázového pístu	[J]
	f_i	frekvence úderu.	[Hz]

Předpokládá-li se, že je energie rázového pístu rovna energii nástroje E_i , lze účinnost hydraulického kladiva definovat tímto vztahem 2. [12]

$$\eta_h = \frac{E_i * f_i}{Q(P_s - P_r)} \quad (2)$$

Kde:	E_i	energie nástroje	[J]	[12]
------	-------	------------------	-----	------

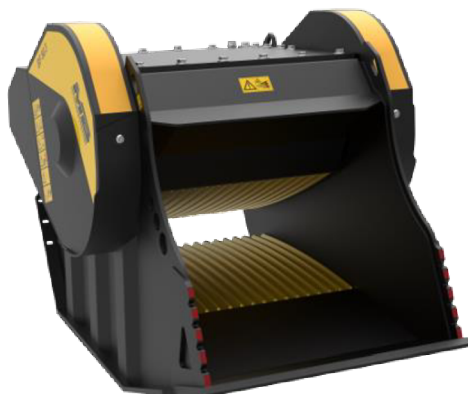
Při práci s hydraulickými kladivy je důležité dbát zřetel na důležitá bezpečnostní opatření. Během práce musím mít obsluha rypadla vždy zavřené čelní okno, aby nedošlo ke zranění odletujícími částicemi rozrušovaného materiálu. Stroj by měl stát na pevném a rovném podloží. Při práci ve svahu nebo na nerovném terénu musí obsluha pracovat zvláště opatrně. Žádný přímočarý hydromotor rypadla by neměl být ve zcela vysunutě či zasunutě poloze, aby nedošlo postupujícími rázy od kladiva k jejímu rozechvění, což by výrazně omezilo jeho

životnost. K rozrušování materiálu se nesmí využívat energie padajícího hydraulického kladiva, dále se s kladivem nesmí páčit či odsouvat těžší břemena. Všechny tyto aspekty výrazně ovlivní jejich životnost. [5]

2.3.3 Hydraulická drtící lopata

Jednou z novinek ze sortimentu hydraulicky poháněných přídatných zařízení je drtící lopata, která dokáže majitelům ušetřit časové, finanční, personální, logistické a další znatelné náklady. Využitím drtící lopaty odpadnou jejímu majiteli náklady na pořízení drtícího stroje, náklady na obsluhu jiného stroje, přepravní náklady a také dojde k opětovnému využití odpadu, který se přemění na znovu využitelný stavební materiál. V posledních měsících došlo k výraznému zdražení stavebního materiálu, a tak mnoho firem zvolilo variantu nákupu drtící lopaty za účelem přeměny demoličního odpadu na znovu použitelný materiál. Jedním z nových majitelů drtící lopaty je i Libor Dumek, který se pro časopis Stavební technika vyjádřil takto „Tady ten beton bychom za normálních okolností museli odvézt na skládku, takhle jsme schopni si ho přímo tady na místě nadrtit a znovu využít.” [14], [15]

Obrázek 7 Drtící lopata



Zdroj: [16]

S novou inovativní technologií konstrukčního řešení drtících lopat s pohyblivými čelistmi pro různé velikosti rypadel, rypadlo nakladačů i nakladačů přišla italská společnost MB Crusher teprve před několika málo lety. Lopatu lze použít k drcení demoličních materiálů včetně železobetonu, dále k drcení asfaltu, uhlí, dřeva, kůry, tvrdých zemních hrud, skla či lehkých plastů. Samozřejmostí je možnost výměny čelistí a změny nastavení pro získání požadované frakce drceného materiálu. Hydraulické komponenty zajišťující pohyb čelistí jsou

poháněny standartním hydraulickým okruhem rypadla. Princip drcení spočívá v posouvání materiálu mezi dvě čelisti, které navzájem konají oscilační pohyb. [14]

Teoretické stanovení produktivity čelist'ové drtící lopaty vychází z nadrceného objemu a počtu kusů materiálu za minutu. To lze vyjádřit vztahem 3. [14]

$$Q_v = 60 * V * n \quad (3)$$

Kde: V nadrcený objem materiálu [m³]
n počet kusů materiálu

Dobu vykonání jednoho cyklu lze vypočítat podle vzorce 4. [14]

$$T^{bc} sc = t_d + t_{frm} + t_c + t_{erm}, min \quad (4)$$

Kde: t_d minimální dobu rýpání [t]
t_{frm} rotační pohyb lopaty při jejím plném naplnění [t]
t_c čas drcení [s]
t_{erm} rotační pohyb prázdné lopaty [s]

[14]

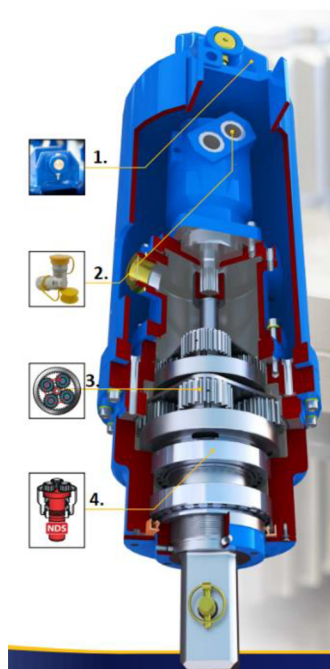
2.3.4 Hydraulická vrtací jednotka

Hlavní funkce tohoto přídatného zařízení je hloubení kruhových děr do zeminy a skály. Vrtací hydraulické jednotky ovšem nemusí sloužit pouze k vrtání děr kruhových průřezů. Připojením libovolného adaptéru mohou rypadla vybavená vrtací jednotkou zastávat funkci štípače dřeva, pařezové frézy, či například míchačky betonu.

Na obrázku 8 jsou na vrtací jednotce od výrobce Auger Torque znázorněny jednotlivé komponenty ukrývající se pod ochranným obalem vrtací jednotky. Číslo 1 označuje kované uchycení jednotky k nosiči podléhající značnému tlakovému a tahovému namáhání. Pro uchycení k nosiči je spolu s jednotkou dodáván i bezpečnostně zajištělný čep proti vysunutí, který podléhá zejména namáhání na stříh a otláčení. Pro snazší vyrovnávání úhlu vrtání a manipulaci při práci nosiče s vrtací jednotkou se mezi nosič a uchycení na vrtací jednotce vkládají různé varianty zavěšení. Nejčastěji používaným je zavěšení nazývané „kolébka“, které poskytuje konání pohybu vrtací jednotky vůči nosiči ve všech horizontálních osách. Pod číslem 2 se skrývají koncovky pro připojení hydraulických hadic, které jsou při prodeji součástí jednotky. Součástí hadic jsou i rychlospojky, kterými se jednotka propojí s hydraulickým okruhem nosiče. Proud hydraulického oleje z hydraulického okruhu nosiče proudí do hydromotoru, který transformuje tlakovou energii tekutiny na energii mechanickou. Z hydromotoru je rotační pohyb hřídelí přesouván do planetové převodovky (číslo 3), kde

dochází ke značnému znásobení výstupního točivého momentu s patřičnou účinností. Planetová převodovka se skládá z centrálního kola, satelitů, unašečů satelitů a společné osy. Násobení točivého momentu probíhá stálým otáčením všech kol v převodovce. Přes satelity je kroucí moment přenášen z centrálního kola na kolo korunové nebo naopak. Z planetové převodovky jsou výstupní otáčky převáděny z vrtací jednotky na vrtací adaptér přes hřídel pevně zajištěnou proti konání horizontálního pohybu. Pro nosiče s hmotností v rozmezí 1 000 až 6 000 kg se vyrábí výstup pro uchycení adaptéru kruhového průřezu. Dále už jsou výstupy jednotek většinou vyráběny s čtvercovým průřezem. Tím se zamezí přílišnému namáhání zajišťovacího čepu, u kterého může dojít při příliš vysokém namáhání ke stříhu. [17], [18]

Obrázek 8 Konstrukce vrtací jednotky



Zdroj: [17]

Většina výrobců, včetně leadera na trhu hydraulických vrtacích jednotek australské firmy Digga, nabízí tyto zařízení s možností volby dvou rychlostních stupňů. Největší výhodou oproti jedno rychlostním, levnějším a konstrukčně jednodušším vrtacím zařízením je značná úspora času, při možnosti využít rychlejšího rychlostního stupně. První rychlostní stupeň se vyznačuje vyšší rychlostí otáčení s nižším točivým momentem. Tato varianta se používá pro hloubení děr menších průměrů v ideálních půdních podmínkách. Tím jsou myšleny měkké sypké půdy s minimálním výskytem kamenů. Pro tvrdší půdy s kameny či skálou a pro hloubení

děr větších průměrů doporučují výrobci použít druhý rychlostní stupeň, který má sice nižší rychlost otáčení, ale nabízí vyšší točivý moment. Aby byl nosič schopný využít maximální výkonnosti vrtací jednotky a zároveň nedošlo k poškození jakékoliv její části, musí nosič disponovat hydraulickým obvodem s hodnotou průtoku mezi 20 a 75 l/min. [19]

Typy vrtáků a jejich výměnných opotřebitelných adaptérů se liší podle prostředí, ve kterém pracují. Typy vrtáků nabízené společností Digga jsou na obrázku 9. Standardně se vrtáky k vrtacím jednotkám dodávají ve třech variantách: vrtáky do země bez výskytu větších kamenů, vrtáky do země s výskytem kamenů a skalní vrtáky. Liší se mezi sebou použitými adaptéry na hrotu vrtáku a provedením těla vrtáku. Pro vrtáky určené k práci ve složitějších podmínkách, je zapotřebí obstarat robustnější konstrukci z kvalitnějších otěruvzdornějších a pevnějších materiálů. Jedná-li se o vrták určený pro skalní vrtání, navaňuje se navíc na hranu šroubovice vrtáku vrstva otěruvzdorného materiálu, aby se zabránilo jeho trvalé deformaci abrazivním opotřebením. Tyto vrtáky jsou také vybaveny snadno vyměnitelnými adaptéry umístěnými po celém průřezu, nebo s výměnnou korunkou na špici vrtáku. Skalní vrtáky využívají adaptérů s příměsí karbidu či wolframu. Při vrtání v půdách bez výskytu větších kamenů, lze použít řezné adaptéry, které nabízejí výrazné zrychlení odebírání zeminy, ale také u nich dochází k rychlejšímu opotřebení. [20]

Obrázek 9 Typy vrtáků



Zdroj: [20]

Pan Ing. Ivo Celjak, CSc., z Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích vydal v roce 2009 interní učební text s názvem „Stroje pro zemní a meliorační práce“, kde se mimo jiné zmiňuje o problematice zemního vrtání. (strana 94, 95) Zemní vrtací stroje zde rozděluje podle jejich funkčních principů na rotační vrtání, rotačně příklepové vrtání a příklepové vrtání.

V případě vrtacích zařízení porovnávaných v této diplomové práci, se jedná pouze o zařízení s možností rotačního vrtání. O těchto zařízení Celjak uvádí: „*Vrtací nástroj koná otáčivý pohyb a současně řezný břit nástroje je osově stálým tlakem přitlačováno do horniny silou, která způsobuje, že břit je nepřetržitě v dotyku s horninou a kontinuálně ji rozpojuje.*“ [10]

2.3.5 Hydraulický rýhovač

Rýhovače jsou nejčastěji používány frézování drážek pro pokládku inženýrských sítí nebo například závlahy. Výhodou je rychlost zhotovení a co nejmenší objem vytěžené zeminy uložené vedle hrany výkopu, která se po pokládce sítí může opět použít jako zásyp. Drážky bývají nejčastěji hloubené v šířkách 100 a 200 mm, hloubka je variabilní. Maximální možná hloubka hloubení u rýhovače zobrazeném na obrázku 10 je výrobcem udávána až 1 500 mm. Pro častější použití se spíše doporučuje pořízení samojízdného rýhovače, který je k těmto účelům přímo určen. Od rýhovače jakožto přídavného zařízení připojeného k rypadlu nelze předpokládat stejnou výkonnost, ale je to opět jedna z činností, která dnešní rypadla dělá tak všestranná.

Obrázek 10 Rýhovač

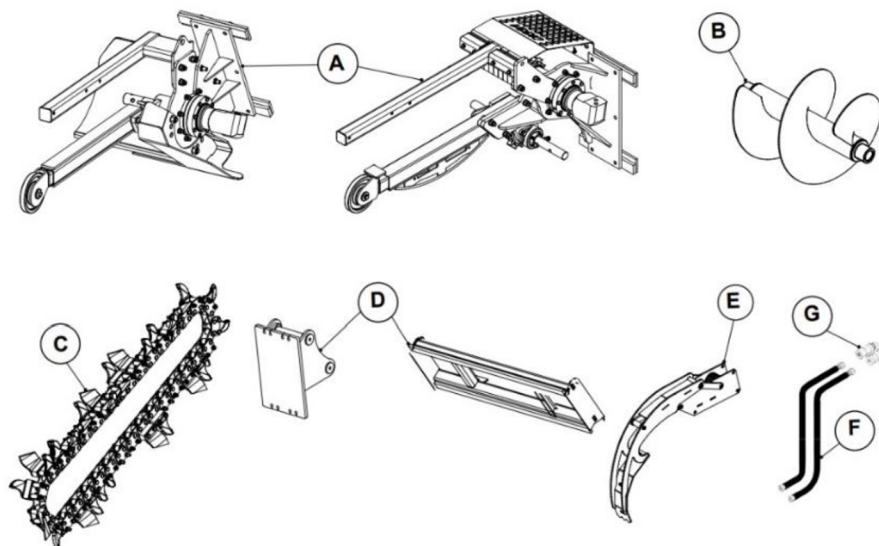


Zdroj: [4]

Na obrázku 11 jsou jednotlivě zobrazeny části rýhovače od australského výrobce Digga. Pod označením A se nachází konstrukce rýhovače, na kterou se následně upevňují další komponenty. Součástí je hydraulický motor s planetovou převodovkou, který zajišťuje spolehlivý pohon. Jejich umístění je navrženo tak, aby při práci nedošlo k jejich poškození. Společnost Digga pro své rýhovače používá kvalitní hydraulické motory od americké společnosti Eaton, která je od roku 2021 ve vlastnictví dánské společnosti Danfoss. Pod číslem

B se nachází šroubový dopravník určený k rovnoměrnému odvádění vytěženého materiálu dál od frézované drážky, čímž vytvoří čistou plochu pro manipulaci v okolí vyfrézované drážky. Je možné si rýhovač upravit tak, že dva dopravníky s opačným směrem otáčení odpravují materiál na obě strany výkopu či pouze variantu s jedním buďto levým nebo pravým dopravníkem. Pro práci vedle překážek je možné šroubové dopravníky zcela odpojit. Bod C označuje řetěz s opotřebitelnými výměnnými zuby tvarovanými tak, aby vykonávali zároveň řezání a vynášení materiálu z drážky ven. Společnost Digga nabízí variantu zubů EARTH, která je určena pro rýhování v měkkých půdách, dále variantu COMBO určenou pro sušší tvrdší půdy a nejodolnější variantu TUNGSTEN pro tvrdé a zmrzlé půdy, včetně asfaltu. Uchycení rýhovače na upínací desku je označeno bodem D. K této desce je ještě zapotřebí navařit hlavu určenou pro daný typ upnutí na rameni rypadla. Stírací lišta (E) zajišťuje čistotu rýhované drážky. Zanechaný materiál z boků a dna drážky pomocí zubů řetězu odpraví ven a zanechá za sebou čistou drážku. Písmenem F je označena sada hydraulických hadic s rychlospojkami, ty jsou označeny písmenem G. [4]

Obrázek 11 Části hydraulického rýhovače

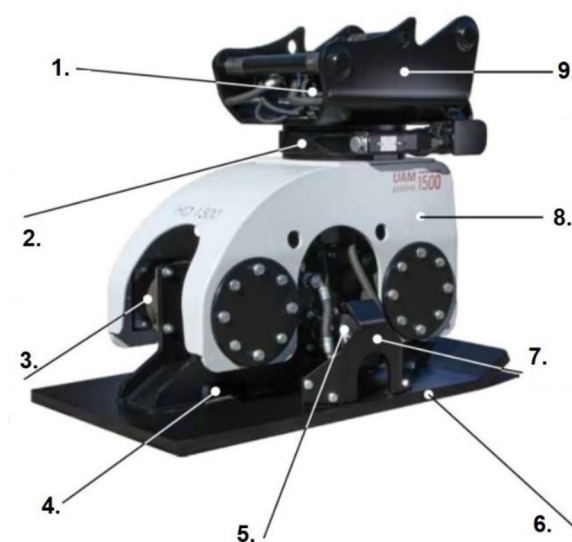


Zdroj: [4]

2.3.6 Hydraulické závěsné hutnicí zařízení

Závěsné hutnicí desky se v posledních letech stávají stále více oblíbeným přídatným zařízením, které nachází své uplatnění při široké škále prováděných pracích. Využitím tohoto přídatného zařízení odpadá potřeba většího množství pracovníků a strojů na stavbách. Závěsné hutnicí desky jsou zkonstruovány pro použití hlavně při pokládce potrubí, hutnění násypů a svahů, nebo pro práci v úzkých prostorách, kde je manipulace s běžnou ručně vedenou vibrační deskou nemožná. Jednoduchým upravením spodní hutnicí desky závěsného hutnicího zařízení nabídne možnost využití kombinace vibrační a hutnicí síly nosiče při zasouvání pilotů do země. [21]

Obrázek 12 Závěsná hutnicí deska



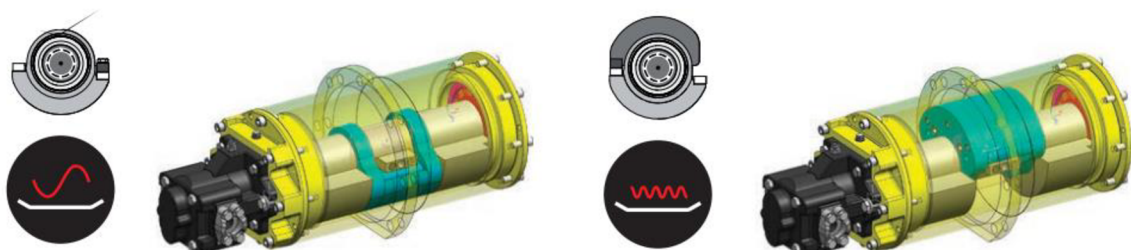
Zdroj: [21]

Na obrázku 12 je na závěsném hutnicím zařízení od Německé společnosti Uhrig Bau. Pod číslem 1 lze nalézt hydraulický rozdělovač ukrytý v těle upínací desky (číslo 8) tak, aby byl ochráněn proti případnému poškození. Mezi upínací deskou a samotným hutnicím zařízením je umístěn otočný pohon se šnekovým převodem (číslo 2) zajišťující zvýšení efektivity prováděné práce. Jednou z nejdůležitějších částí tohoto zařízení jsou vertikálně uložené vibrační elementy (číslo 3), v tomto případě chráněné proti UV záření, které by výrazně snížilo jejich životnost. Vznikající teplo z pohyblivých částí je odváděno dostatečným prouděním oleje, který zároveň zajišťuje jejich dostatečné mazání, znázorněné na obrázku 21 pod číslem 4. Dalším zásadním prvkem hutnicího zařízení je kvalitní hydromotor, který pomocí

ideálního tlaku hydraulického oleje dodávaného z nosiče rozpojuje vibrační elementy (číslo 5). Doporučený tlak hydraulického oleje je 10 MPa a průtok 60 l/min. Spodní část tvoří jednodílná ocelová deska (číslo 6). Pod čísly 7 a 8 se na obrázku skrývá ochrana funkčních hydraulických částí. Jelikož tato zařízení pracují ve výkopech, kde může dojít k sesunutí materiálu a poškození tak jakékoliv části, je velice důležité použití robustní ochranné konstrukce. [21]

Společnost Ammann vyrábí několik typů závěsných hutnicích zařízení. Pro nosiče s hmotností 12 000 až 40 000 kg vyrábí hutnicí zařízení s možností výběru z dvou hutnicích režimů. To umožňuje využití tohoto zařízení ve všech podmínkách. Režim s vyšší frekvencí a menší hutnicí silou se používá při práci, kdy hutněná vrstva leží na potrubí, kabelech či jiných typech sítí a je nutné předejít jejich poškození. Naopak režim s menší frekvencí a větší hutnicí silou je používán v obtížně dosažitelných místech, kde je nutné provést těžké zhutnění. Systém změny pracovního režimu hutnicího zařízení spočívá ve smyslu otáčení hřídele. Potřebnou funkci hutnění tvoří dvě pevně uložená závaží a jedno přemístitelné závaží. K přemístění závaží dochází změnou smyslu otáčení hřídele. Tento princip je znázorněn na obrázku 13. [22]

Obrázek 13 Funkční část závěsné hutnicí desky



Zdroj: [22]

3 Cíl práce

Cílem diplomové práce je naměření provozních parametrů zvolených hydraulických přídatných zařízení používaných u stavebních a zemních strojů při srovnatelných pracovních režimech jejich nosičů. Naměřené parametry následně zanalyzovat dle jejich konstrukce, výkonnosti, provozních a servisních parametrů. Pro získání širšího povědomí čtenáře o probírané problematice musí být před samotným porovnáním a měřením vybraných zařízení v práci stručně sepsaná rešeršní část, zabývající se popisem jednotlivých přídatných zařízení používaných u zemních strojů.

4 Metodika měření

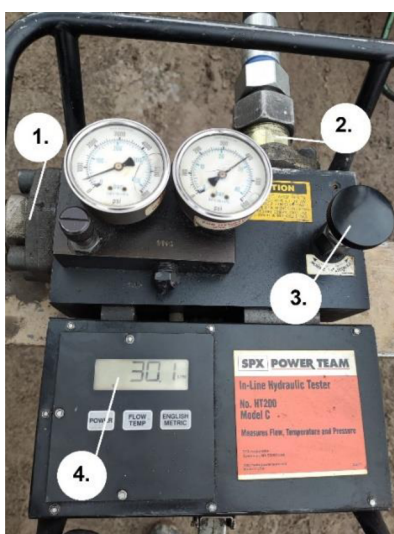
4.1 Měření

V této kapitole je popsán postup, jakým bylo provedeno naměření potřebných parametrů u jednotlivých typů přídavných zařízení potřebných k následujícímu porovnávání. Před samotným měřením zvolených parametrů bylo zapotřebí nastavit otáčky motoru každého konkrétního rypadla tak, aby hodnoty tlaku a průtoku hydraulického oleje proudícího z jejich hydraulických soustav odpovídaly hodnotám doporučených výrobcí jednotlivých přídavných zařízení. Tento krok je nezbytný pro dostatečnou funkci zařízení či případné poškození pracovních částí zařízení, které by mohlo nastat v případě, že by tlak či průtok hydraulického oleje proudícího do zařízení byl příliš velký.

4.1.1 Měření průtoku hydraulického oleje

U každého ze tří rypadel používaných při testování přídavných zařízení byl změřen průtok hydraulického oleje v závislosti na nastaveném počtu otáček motoru rypadla za minutu. Pro toto měření byl použitý přístroj SPX Power Team HT200 Model C zachycen na obrázku 14. Tento přístroj je vybaven dvěma tlakoměry na nízký a vysoký tlak, škrticím ventilem (3.) a digitálním průtokoměrem (4.). Na obrázku 14 je dále označen vstup hydraulického oleje do měřícího přístroje (1.) a výstup z něj směřující zpět do nádrže hydraulické soustavy (2.). Přístroj byl připojen na vnější hydraulický okruh používaných rypadel, v případě měření drapáků s rypadlem Bobcat E80 postupně na oba okruhy. Z důvodu různých velikostí rychlospojek na koncích vnějších okruhů každého z rypadel, bylo zapotřebí použití redukcí. Použití redukcí mohlo mírně ovlivňovat výsledné hodnoty. Měřicí a kalibrační přístroj SPX nachází své uplatnění v případě vyhledávání určitých poruch v hydraulických soustavách, nebo například pokud není dané rypadlo vybaveno automatickým nastavováním průtoku a tlaku hydraulického oleje do vnějších okruhů, používá se v praxi toto zařízení k nastavení požadovaných hodnot hydraulické soustavy rypadla. Změny hydraulické soustavy se aplikují na hodnoty potřebné pro správnou funkci a zároveň jako předcházení poškození vybraného přídavného zařízení. Na obrázku 14 je zachycené měření průtoku hydraulického oleje přístrojem SPX-Power Team HT200 u pásového rypadla Bobcat E80, na kterém následně probíhalo měření provozních parametrů tří vybraných drapáků. [4]

Obrázek 14 Měření průtoku hydraulické kapaliny zařízením SPX Power Team HT200 Model C



4.1.2 Měření tlaku hydraulického oleje

Naměření tlaku hydraulického oleje proudícího do vnějších vývodů rypadel při přesně nastavených otáčkách motoru probíhalo na k tomu určených měřících bodech. U rypadla Kubota KX 016-4 G je měřící bod umístěn na výstupu z hydraulického čerpadla (obr. 15). U rypadel Bobcat se tyto měřící body nachází na hydraulickém rozvaděči. Měření tlaku hydraulického oleje u rypadla Bobcat E35Z je zachyceno na obrázku 16. K těmto měřícím bodům byl pomocí zkušebních spojek připojen tlakoměr, z kterého byly zaznamenány hodnoty tlaku při daných otáčkách motoru rypadla.

Obrázek 15 Měření tlaku hydraulické kapaliny na rypadlu Kubota



Obrázek 16 Měření tlaku hydraulické kapaliny na rypadlu Bobcat



4.1.3 Měření hydraulických kladiv

Pro měření parametrů u hydraulických kladiv bylo využito rypadlo Kubota KX 016-4 G zobrazené obrázku 17 při měření parametrů kladiva Soosan SQ10. Parametry tohoto rypadla jsou shrnuty v tabulce 1 umístěné v kapitole měření. Na rypadlo byla jednotlivá kladiva upnuta pomocí rychloupínacího adaptéru Lehnhoff MS01 a rychlospojkami na koncích hydraulických hadic byla propojena s vnějším hydraulickým okruhem rypadla. Připojení rychlospojkami probíhalo vždy s vypnutým motorem a s odtlakovaným vnějším hydraulickým okruhem. To platí i pro další měřená zařízení u zbylých dvou rypadel. Po zahřátí spalovacího motoru a provozních kapalin rypadla na provozní teplotu byly nastaveny otáčky spalovacího motoru na maximální možnou hodnotu. Takto nastavené otáčky byly z důvodu, že podle výrobce disponuje hydraulická soustava tohoto rypadla průtokem nejvýše 16,6 l hydraulického oleje za minutu, což je spodní hranice doporučených průtoků potřebných ke správné výkonnosti jednotlivých hydraulických kladiv. Z toho důvodu byl i naměřený počet úderů za minutu u porovnávaných kladiv blízko spodním hodnotám udávaných výrobcem. Jednotlivé parametry měřených zařízení jsou shrnuty v tabulce 2. Měření průtoku a tlaku hydraulického oleje je blíže popsáno v kapitolách 4.1.1 a 4.1.2.

Obrázek 17 Kubota KX 016-4 G s kladivem Soosan SQ10



V případě hydraulických kladiv byla měřením zjišťována hodnota počtu úderů hydraulického kladiva za minutu. Pro zjištění frekvence úderů adaptéru hydraulických kladiv byl použit akcelerometr Extech VB300. V programu Microsoft Excel byl z naměřených dat vytvořen spojnicový graf, z kterého byly následně vybrány tři úseky o deseti periodách, kdy jednotlivé kladivo vykazovalo konstantní frekvenci úderů za nastavených požadovaných podmínek nosiče. Z průměru tří hodnot rovnajícím se deseti vykonaným periodám byla

následně dopočtena hodnota počtu úderů hydraulického kladiva za minutu. Příklad jedné naměřené periody je zobrazen na grafu 1.

4.1.4 Měření hydraulických vrtacích jednotek

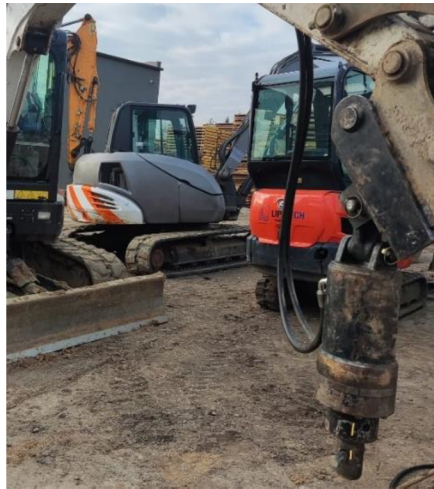
V případě měření hodnot parametrů u hydraulických vrtacích jednotek bylo pro měření použito rypadlo Bobcat E35Z. Podrobné parametry tohoto rypadla jsou vypsány v tabulce 1. Pro připojení vrtacích jednotek k rypadlu byl použit rychloupínací adaptér Lehnhoff MS03 zobrazený na obrázku 18. Stejně jako v případě propojení hydraulických kladiv s vnějšími hydraulickými vývody bylo provedeno i propojení s vrtacími jednotkami. Po zahřátí spalovacího motoru a provozních kapalin rypadla na provozní teplotu byly nastaveny otáčky spalovacího motoru na hodnotu 1 800 otáček motoru za hodinu (obr. 19).

Obrázek 19 Bobcat E35Z a Obrázek 18 Hodnota otáček motoru rychloupínací adaptér Lehnhoff MS03 Bobcat E35Z



Předmětem měření provozních parametrů u hydraulických vrtacích jednotek bylo změření času jedné periody a zrychlení jednotky. V případě měření doby periody jedné otočky byly na každou jednotku vyznačeny značky, podle kterých bylo možné zjistit přesný čas jedné otočky vývodu k uchycení nástroje. Na obrázku 20 je zachyceno měření vrtací jednotky Digga PD-4 s vyznačenými žlutými značkami. Výsledný čas byl s přesností na 2 desetinná místa odečten z pořízeného video záznamu během měření. Hodnoty zaznamenané v tabulce 6 vychází z průměrných hodnot tří otoček jdoucích za sebou. Zrychlení otáčení vrtacích jednotek bylo měřeno akcelerometrem upnutým na vývodu k uchycení nástroje. Hodnoty zapsané v tabulce 6 vychází z průměrné hodnoty tří po sobě následujících měření.

Obrázek 20 Měření jednotka Digga PD4-2



4.1.5 Měření hydraulických drapáků

Měření parametrů hydraulických drapáku probíhalo s jejich upnutím na rypadlo Bobcat E80. Toto rypadlo s připojeným hydraulickým drapákem Kinshofer je zobrazeno na obrázku 21. K rypadlu byly jednotlivé drapáky upnuty pomocí čepového rychloupínače Geith a měnitelné desky s navařeným adaptérem. Tato deska byla k jednotlivým drapákům před měřením upevněna šroubovými spoji. Jelikož se jedná o přídatná zařízení, která pro konání požadovaných funkcí potřebují připojení ke dvěma vnějším hydraulickým okruhům, bylo zapotřebí propojení obou okruhů.

Obrázek 21 Bobcat E80 s drapákem Kinshofer D09 HPX



Co se týče měření provozních parametrů u drapáků, jednalo se pouze o změření času jednoho cyklu otočení o 360°, rozevření a zavření. Otočení drapáku bylo měřeno stejným způsobem jako otáčení u vrtacích jednotek. Čas rozevření a zavření čelistí drapáků byl získán také z pořízených video záznamů během měření. Z video záznamů byly hodnoty s přesností na

2 desetinná místa získány v programu na stříh videí. Hodnoty v tabulce 3 opět odpovídají průměrné hodnotě tří různých naměřených časových úseků. Veškeré měření bylo prováděno s uvedením ovládacích prvků na joysticku rypadla Bobcat E80 do krajních poloh tak, aby byl zajištěn nejrychlejší chod zařízení. Měření probíhalo vždy v nezátíženém stavu.

4.2 Metodika analýzy naměřených hodnot

Po naměření a zapsání hodnot požadovaných parametrů byly hodnoty tří provedených měření každého parametru zprůměrovány a zapsány do tabulek přiložených v této diplomové práci. Do tabulek byly dále dopsány hodnoty vybraných parametrů potřebných k podrobnějšímu srovnání. Jedná se převážně o konstrukční hodnoty udávané výrobcí daných zařízení.

Analýza vybraných parametrů byla provedena bodovací metodou z modelů pro vícekritériální rozhodování. Výsledkem této metody je pořadí tří porovnávaných přídavných zařízení. Výsledky porovnání jsou zapsány v tabulkách 5, 8 a 11. Jednotlivým parametrům byly dle subjektivního názoru autora této diplomové práce přiřazeny bodové preference. Bodová preference vyjadřuje subjektivní názor autora na důležitost jednotlivého parametru. Parametrům dle jejich důležitosti mohly být přiděleny body od 1 do 10. V návaznosti na přidělené bodové preference byla následně každému parametru dopočtena dle vztahu pro výpočet vah (rovnice 5) příslušná váha. Dále bylo zapotřebí dle subjektivního názoru autora uvést povahy jednotlivých parametrů. Povaha parametru určuje, zdali je nejideálnější variantou co nejvyšší hodnota, či naopak nejnižší. Váhy, bodové preference a povahy jednotlivých parametrů jsou zapsány v tabulkách 4, 7 a 10. Po dopočtení vah kritérií následovalo přidělení bodů jednotlivým přídavným zařízením dle naměřených, výrobcí udávaných či autorem subjektivně přidělených hodnot. Získané body jednotlivých přídavných zařízení vychází z celkové sumy součinů autorem přidělených bodů jednotlivých parametrů s jeho váhou. Jako nejlepší jsou vybrány zařízení s nejvíce získanými body.

5 Měření

5.1 Parametry nosičů použitých při měření

Jednotlivé typy přídatných zařízení se od sebe liší svou hmotností a požadavky na hydraulický okruh daného nosiče, pro který jsou určeny. Z toho důvodu bylo zapotřebí pro každý porovnávaný typ přídatného zařízení použít jiné rypadlo, vykazující požadované parametry. Parametry tří rypadel, na která byly upínány srovnávaná přídatná zařízení jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1 Parametry nosičů

Parametr rypadel	Kubota KX 016-4 G	Bobcat E80	Bobcat E35Z
Přídatné zařízení [-]	Hydr. Kladivo	Hydr. drapák	Hydr. vrtací jednotka
Rok výroby [rok]	2017	2014	2022
Hmotnost [kg]	1 610	8 380	3 500
Rypná síla [kN]	13	54,6	33,43
Zdvihový objem motoru [l]	0,778	3,3	1,64
Výkon motoru [kW]	9,6	40,4	18,2
Otáčky v maximálním točivém momentu [ot./min]	2 300	2 200	2 200
Maximální točivý moment [Nm]	45,8	248	97,4
Max. průtok hydr. oleje [l/min]	16,6	144	100,8
Max tlak hydr. oleje [MPa]	20,1	28	20,6
Otáčky motoru při měření [ot./min]	2 300	2 200	1 800
Průtok hydr. oleje při měření [l/min]	15,8	136,4	78,7
Tlak hydr. oleje při měření [MPa]	18,7	25,4	15,1

Zdroj: [4]

5.1.1 Parametry porovnávaných přídatných zařízení

Pro srovnání základních parametrů byla do práce přidána tabulka 2, informující o hmotnosti a požadovaných hodnotách průtoku a tlaku hydraulického oleje příslušející jednotlivým porovnávaným přídatným zařízením. Aby zařízení splňovala předpokládanou výkonnost a nedošlo k poškození určitých částí, musí vhodný nosič splňovat všechny tyto parametry.

Tabulka 2 Parametry porovnávaných přídavných zařízení

Zařízení	Výrobce	Hmotnost [kg]	Hydr. průtok [l/min]	Hydr. tlak [MPa]
kladivo	Hardy	102	15-25	9-12
	Atlas Copco	95	16-35	10-15
	Soosan	104	15-35	9-12
drapák	Hardy	456	30-55	16-20
	MB	600	15-30	20-40
	Kinshofer	355	20-50	max. 32
vrtací jednotka	Hardy	60	38-76	max. 24
	Digga	56	50-85	17,5-24
	Kinshofer	71	50-90	8-24

Zdroj: [4]

5.2 Hydraulické drapáky

Pro srovnání hydraulických drapáků tří různých výrobců bylo zvoleno kritérium použití u nosičů v rozpětí jejich hmotnosti 6 000-12 000 kg. Důležitým aspektem výběru vhodného nosiče je, aby disponoval dvěma vnějšími vývody hydraulických okruhů pro využití funkcí otevírání/zavírání čelistí drapáku a zároveň rotace drapáku na obě strany. Pro tento účel bylo použito rypadlo Bobcat E80 s provozní hmotností 8 380 kg vybavené na jeho násadě dvěma vývody hydraulických okruhů připravených k připojení drapáku přes rychlospojky stejného typu. Bobcat E80 disponuje čtyřválcovým motorem Yanmar o výkonu 40,4 kW a maximální hodnotou 2 200 otáček za minutu. Maximální průtok hydraulického oleje 166 l/min udávaný výrobcem byl použitým průtokoměrem během měření potvrzen téměř identický. Maximální hodnota tlaku hydraulické tekutiny činí dle výrobce 31 MPa. Výrobce Kinshofer u svých otočných hydraulických drapáků udává doporučený průtok hydraulické kapaliny pro zavírání a rozevírání čelistí v rozmezí 25-75 l/min. a pro rotaci drapáku 20 až 50 l/min. Proto byly na rypadle nastaveny otáčky motoru tak, aby byl průtok hydraulické kapaliny v obou vnějších vývodech 40 l/min. Přesná hodnota otáček motoru nebyla možná kvůli poruše ukazatele otáček zaznamenat. Při tomto průtoku vykazoval tlakoměr hodnotu tlaku hydraulické tekutiny 40 MPa. [23], [24]

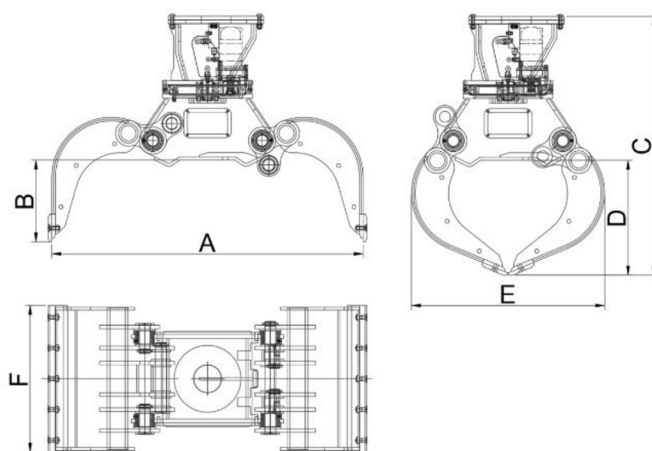
Jelikož se zařízení jednotlivých výrobců v doporučeném rozpětí hmotnosti nosičů mírně liší, může být toto srovnání mírně hypotetické. Snahou bylo zvolení, pokud možno, co nejpodobnějších zařízení dostupných na českém trhu. Hydraulický drapák Hardy je

doporučován pro nosiče o hmotnosti 6 000 až 10 000 kg, drapák značky Kinshofer pro nosiče o hmotnosti 5 000 až 9 000 kg a drapák od výrobce MB pro nosiče o hmotnosti 6 000 až 12 000 kg. Každý z těchto drapáků je vybaven vyměnitelnými břity vyrobenými z ořezavzdorné oceli. Konstrukční výhodou drapáku Hardy je oboustranný břit, který lze při poškození ostří jednoduše otočit.

5.2.1 Hardy RDG04

Drapák značky Hardy prodáváný společností Lipatech s.r.o. je na trhu teprve krátce, takže recenze a zkušenosti o této značce drapáků se teprve začínou objevovat. Konstrukčně není tento drapák příliš odlišný od drapáků jiných výrobců. Stejně jako u konkurentů, i v tomto případě tvoří základ drapáku jeden otočný hydromotor s věncem otoče, čelisti a břit z ořezavzdorné oceli. Konstrukční údaje umístěné na štítku udávají hmotnost drapáku Hardy RDG04 456 kg. Šířka rozevřených čelistí drapáku (A) činí 1 500 mm, šířka břitu (F) je 600 mm a celková výška drapáku (C) činí 1 200 mm. [4]

Obrázek 22 Hardy RDG04



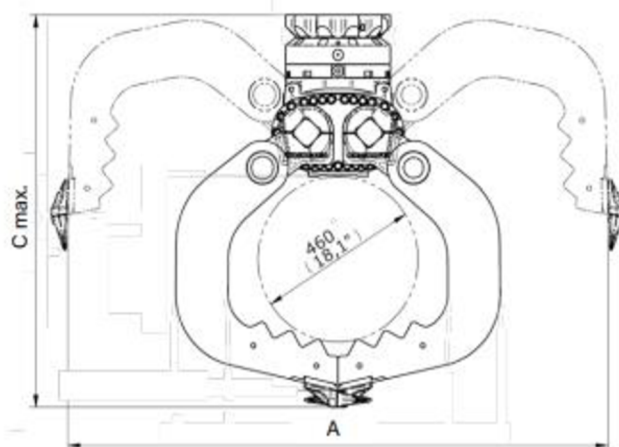
Zdroj: [4]

5.2.2 Kinshofer D09 HPX

Největší výhodou drapáku Kinshofer D09 je řešení funkce rozevření a zavření čelistí zvané HPXdrive. Jedná se o vlastní technologii společnosti Kinshofer, která narozdíl od ostatních výrobců, používajících k funkci čelistí přímočaré hydromotory, využívá dvou opačně se otáčejících šroubových hřídelí. Tato technologie podle společnosti Kinshofer zajistí o 50% delší životnost funkčních částí drapáku. Společnost

Kinshofer si je tímto systémem jistá tak, že zákazníkům nabízí pětiletou záruku bezplatných oprav či výměny poškozeného drapáku. U drapaků Hardy a MB je záruka poskytována na dva roky. Zároveň tato technologie uložená v olejové lázni zajišťuje značnou úsporu času potřebného k mazání funkčních částí ostatních drapaků. Rozměrově se od konkurentů příliš neliší. Hmotnost drapáku Kinshofer D09 HPX činí podle výrobce 404 kg. Šířka rozevřených čelistí (A) je 1 545 mm, šířka břitu je 500 mm a výška drapáku včetně otočného mechanismu (C) je 1 087 mm. [23]

Obrázek 23 Kinshofer D09 HPX

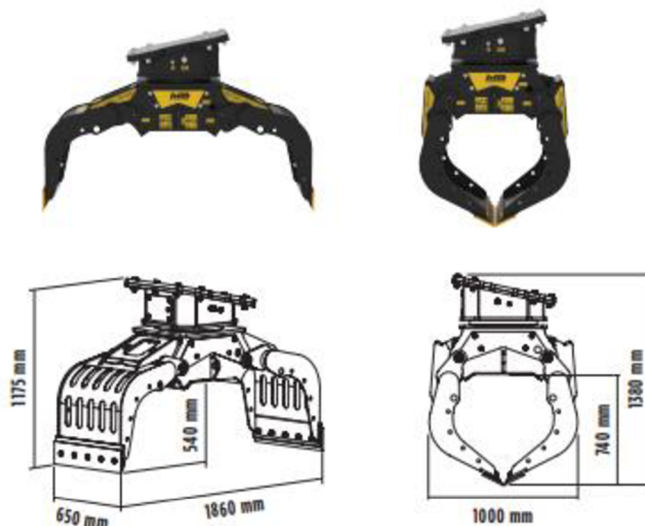


Zdroj: [23]

5.2.3 MB-G600 S4

I třetí drapak vyráběný italskou společností MB-Crusher vychází z klasické konstrukce dostupných drapaků. Výhodou drapaků MB je široká škála nabízených předmětů určených k přestavění drapáku ke specifickým činnostem, jako například k ukládání obrubníků, manipulace se sypkými materiály nebo možnost odstranění otočného mechanismu pro případ manipulace s těžšími předměty, které by na otočný mechanismus působily příliš velkým zatížením. Hmotnost drapáku MB-G600 S4 činí dle výrobce 600 kg. Šířka rozevřených čelistí je 1 860 mm, šířka břitu je 650 mm a výška drapáku včetně otočného mechanismu činí 1 175 mm. [25]

Obrázek 24 MB-G600 S4



Zdroj: [25]

5.3 Hydraulické vrtací jednotky

Pro porovnání hydraulické vrtací jednotky Hardy REA4500 byly vybrány jednotky konkurenčních výrobců dostupných na Českém trhu. Konstrukčně jsou všechny tyto tři jednotky velice podobné. Ve všech případech se jedná o jedno rychlostní jednotky. Všechny tyto jednotky jsou doporučovány pro nosiče o hmotnosti do 10 000 kg s doporučeným průtokem hydraulického oleje v rozmezí mezi 38 až 85 litrů za minutu a jeho tlakem mezi 17,5 až 24 MPa.

5.3.1 Hardy REA4500

Vrtací jednotka vyráběna pod privátní značkou Hardy představuje levnější náhradu v sortimentu společnosti Lipatech s.r.o. k jednotce Digga PD4-2. Této dražší vrtací jednotce se jednotka Hardy velmi podobá svojí konstrukcí i provedením vnitřních součástí, včetně totožného výstupního uchycení na požadovaný adaptér. U tohoto modelu je uchycení adaptérů řešené výstupem s kulatým průřezem. Využití nachází tento model u nosičů o hmotnosti 2 500 až 10 000 kg s potřebným pracovním průtokem hydraulického oleje 38 až 76 l/min a tlakem 2,4 MPa. Otáčky motoru při těchto hodnotách pracovního průtoku a tlaku se pohybují

v rozmezí 32 až 64 otáček za minutu. Hodnota maximálního kroucího momentu činí 4 218 Nm. [4]

Obrázek 25 Hardy REA 4500



5.3.2 Digga PD4-2

Australská společnost Digga je považována za světového leadera v oblasti hydraulických vrtacích jednotek. Vyrábí vrtací jednotky na nosiče o hmotnosti od 750 kg do 50 000 kg. Co se týče jednotky PD4-2, patří mezi nejprodávanější variantu, jejíž využití je dle výrobce u nosičů o hmotnosti 750 až 10 000 kg, ale v praxi se uvádí spíše rozmezí hmotnosti nosiče 2 000 až 5 000 kg. Důležité je, aby nosič disponoval hodnotou doporučeného pracovního průtoku hydraulického oleje v rozmezí 50 až 85 l/min s hodnotou pracovního tlaku mezi 17,5 až 24 MPa. Jiné, než doporučené hodnoty mohou mít za následek poškození vnitřních funkčních částí jednotky, či její nedostatečnou výkonnost. Hodnota maximálního kroucího momentu činí 4 473 Nm. [26]

Obrázek 26 Digga PD4-2



Zdroj: [4]

5.3.3 Auger Torque 4500MAX

Posledním výrobcem hydraulických vrtacích zařízení zastoupeným v této práci je člen společnosti Kinshofer, vyráběný pod jménem Auger Torque. Pod tímto označením vyrábí v Číně od roku 2009 společnost Kinshofer přídavná zařízení typu vrtacích jednotek, rýhovačů či mulčovačů. O tomto Německém výrobcí hydraulických zařízení je psáno již v kapitole popisující jejich hydraulický drapák. Jak již bylo řečeno, Kinshofer patří mezi nejkvalitnější výrobce, s čímž souvisí i vyšší cena jejich produktů. Vrtací jednotka s označením 4500MAX je přímo výrobcem doporučována pro nosiče o hmotnosti 3 000 až 5 000 kg zajišťující průtok hydraulického oleje v rozmezí 50 až 90 l/min s hodnotou tlaku mezi 8 až 24 MPa. Hodnota kroutícího momentu se pohybuje u tohoto zařízení mezi hodnotami 1 500 až 4 499 Nm.

Uchycení adaptéru vystupující z vrtací jednotky má průměr 65 mm a jeho otáčky se pohybují v rozmezí 43 až 81 otáčkami za minutu. [18]

Obrázek 27 Kinshofer 4500MAX



Zdroj: [18]

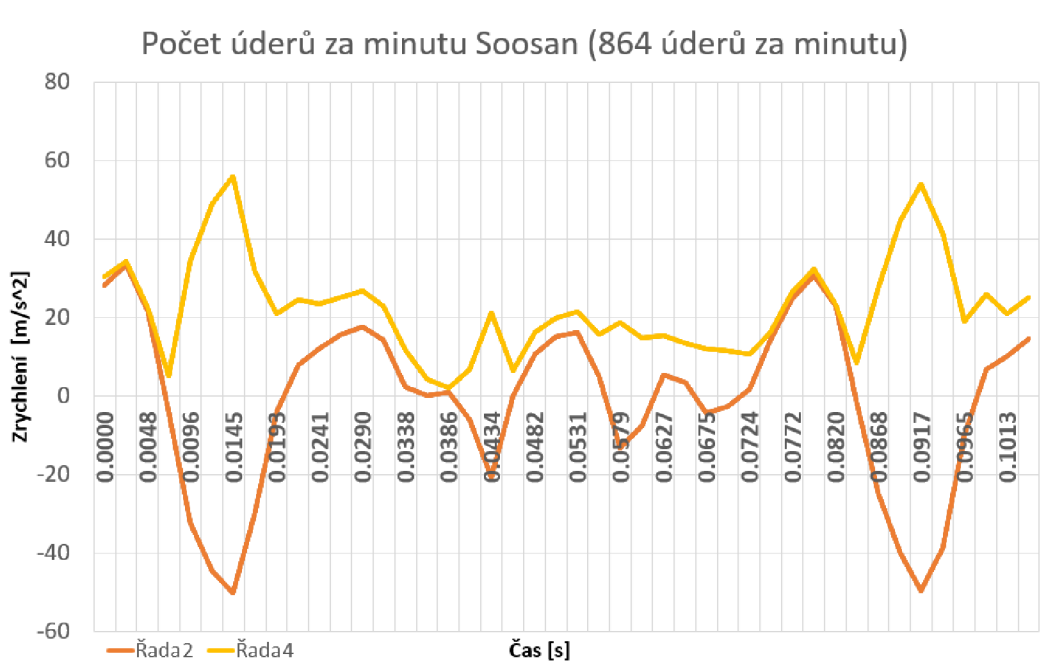
5.4 Hydraulická kladiva

Hydraulická kladiva patří mezi nejčastěji používaná hydraulická přídavná zařízení používaná na zemních strojích. O tom, že jsou tato zařízení tolik používaná svědčí i velká nabídka od různých výrobců. Pro porovnání hydraulického kladiva Hardy byl vybrán korejský výrobce Soosan a velice známý švédský výrobce průmyslových strojů a vybavení Atlas Copco. Tato kladiva jsou zkonstruována k použití u rypadel o nosnosti od 800 do 3 000 kg. Jsou to tedy jedny z nejmenších vyráběných hydraulických kladiv na zemní stroje.

Nosičem hydraulických kladiv bylo rypadlo Kubota KX 016-14 G spadající svou hmotností 1 610 kg do doporučeného rozmezí hmotnosti nosičů pro danou kategorii

hydraulických kladiv. Dle minimálního objemu lopaty $0,035 \text{ m}^3$ se toto rypadlo řadí do skupiny mikrorypadel. Činnost rypadla zajišťuje 3 válcový motor Kubota D782BH disponující výkonem 9,6 kW a hodnotou maximálního točivého momentu 2 300 otáček za minutu. Při testování tlaku a průtoku hydraulické kapaliny v okruhu směřujícím z čerpadla do přídavného zařízení byla naměřena hodnota tlaku při maximálních otáčkách motoru 16,5 MPa a hodnota průtoku taktěž při maximálních otáčkách 27 l/min. Tyto hodnoty jsou dle výrobců hydraulických kladiv zmíněných v této diplomové práci limitní, spíše příliš vysoké. Pracuje-li rypadlo s polovičními otáčkami motoru, pohybují se hodnoty tlaku a průtoku hydraulické kapaliny v požadovaném rozmezí. [27]

Graf 1 Naměřená perioda úderů kladiva Soosan SQ 10



Na grafu 1 lze vidět čas jedné amplitudy mezi dvěma po sobě jdoucími úderu u hydraulického kladiva Soosan SQ 10. Čas akcelerometrem naměřených změn pohybu nástroje je v grafu 1 na vodorovné ose X, svislá osa Y obsahuje hodnoty zrychlení nástroje. Čas jedné periody úderu zobrazené na grafu 1 činí 0,0796 s, což by odpovídalo 754 úderům hydraulického kladiva za minutu. Hodnota 864 úderů za minutu byla získána průměrnou hodnotou deseti period úderů kladiva za minutu u tří úseků na spojnicovém grafu. Měřicí zařízení pevně upevněno na nástroj hydraulického kladiva zaznamenávalo jeho frekvenci úderů v čase. Při měření příčného zrychlení nástroje byl akcelerometr pevně umístěn na nástroji

hydraulických kladiv. Řada 2 označuje zrychlení nástroje v ose Y a řada 4 v ose X. V době měření byla hydraulická kladiva ve vodorovné poloze.

5.4.1 Hardy EDT100

Nejnovějším zařízením ze sortimentu hydraulických přídatných zařízení prodávaných společností Lipatech s.r.o. pod vlastní značkou Hardy jsou hydraulická kladiva. Pro srovnání s dalšími dvěma zástupci bylo zvoleno nejmenší dodávané kladivo Hardy EDT100. Konstrukčně se toto kladivo od ostatních konkurenčních kladiv nijak výrazně neliší. Celková hmotnost modelu Hardy EDT100 včetně nástroje činí 102 kg a celková délka kladiva včetně nástroje je 1190 mm a výrobce kladivo doporučuje pro nosiče o hmotnosti mezi 800 až 2 500 kg. Nosič by měl disponovat hydraulickým okruhem s průtokem hydraulického oleje v rozmezí 15 až 25 l/min a tlakem v rozmezí 9 až 12 MPa. Průměr nástroje je 40 mm.

Obrázek 28 Hardy EDT100



Zdroj: [4]

5.4.2 Soosan SQ10

Korejský výrobce Soosan patří v České republice mezi nejprodávanější hydraulické kladiva. Společnost Lipatech s.r.o. má v současné době ve své půjčovně stavebních strojů několik desítek hydraulických kladiv značky Soosan pro rypadla o hmotnostech od 750 až do 40 000 kg. Hydraulické kladivo SQ10 představuje nejmenší hydraulické kladivo z nabídky společnosti Soosan. Hmotnost kladiva SQ10 je 104 kg a celková délka 1 135 mm. Doporučené rozmezí nosičů dle jejich hmotnosti je 800 až 2 500 kg. Pro správnou funkci kladiva je potřeba, aby nosič disponoval hydraulickým okruhem o průtoku 15 až 35 l/min. a provozním tlakem 9 až 12 MPa. Frekvence úderů je výrobcem udávána v rozmezí 800 až 1 530 úderů za minutu.

Narozdíl od níže zmíněného hydraulického kladiva Epiroc SB 102 je toto kladivo osazeno nástrojem o průměru 40 mm. [28]

Obrázek 29 Soosan SQ10



Zdroj: [28]

5.4.3 Atlas Copco Epiroc SB 102

Společnost Atlas Copco své stroje pro práci v těžebním a infrastrukturním průmyslu od roku 2017 prodává pod názvem Epiroc. Řada kladiv SB disponuje štíhlou kompaktní konstrukcí, která je ideální pro práci ve stísněných podmínkách. Tělo kladiva bez uchycení a příslušenství je dlouhé 444 mm a jeho provozní hmotnost činí 90 kg. Měnitelný nástroj má oproti svým konkurentům širší průměr a to 45 mm. [29]

Obrázek 30 Epiroc SB102



Zdroj: [29]

6 Analýza naměřených hodnot

6.1 Postup řešení

V této kapitole jsou porovnány jednotlivá přídavná zařízení podle zvolených parametrů. Cílem porovnávání je určit na základě získaných bodů výsledné pořadí přídavných zařízení. K vyhodnocení výsledků byla vybrána bodovací metoda z modelů pro vícekritériální rozhodování. Důvodem zvolení této metody je její jednoduchost a celková přehlednost, což je v případě porovnávání tří různých zařízení zásadním faktem.

Bodovací metoda vychází z vyjádření určitého počtu bodů na dané bodovací stupnici. Body jsou jednotlivým parametrům přidělovány podle subjektivního názoru hodnotícího. Pro hodnocení přídavných zařízení v této diplomové práci je důležité, že lze pro více parametrů přiřadit stejnou bodovou hodnotu. O této bodovací metodě je obecně známá jistá subjektivita. Každý hodnotící má jiný názor na důležitost jistého parametru či bodové ohodnocení preferencí. Bodovací stupnice má hodnoty řazeny vzestupně od 0 do 10 bodů, kdy 0 bodů znamená nejméně vhodný a 10 bodů nejvhodnější výsledek. Pro zpřesnění měření lze použít desetinná čísla. Důležitým aspektem hodnocení je povaha každého kritéria. Pokud je povaha minimální, bere se za nejvhodnější možnost kritérium s nejnižší hodnotou. Pro maximální povahu platí opak, tedy nejvhodnější možnost je nejvyšší hodnota. Váhy jednotlivých parametrů jsou vypočteny podle vztahu 5. „*Je-li obecně j -té kritérium ohodnoceno b_j body (jedinou hodnotou nebo součtem hodnot při hodnocení více experty), vypočítá se jeho váha na základě vztahu:*“ (Brožová 2014) [30]

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Kde: b_j součet všech bodů, který byl j -tému kritériu přidělen [body]
 j počet kritérií

[31]

U každého přídavného zařízení má nejvyšší bodovou preferenci jeho pořizovací cena. Všechny uvedené ceny v této práci jsou udávány v korunách českých bez DPH.

6.2 Hydraulické drapáky

6.2.1 Vybrané parametry

Tabulka 3 Parametry drapáků

Parametr	Hardy RDG04	Kinshofer D09 HPX	MB-G600 S4
Cena [Kč]	139 000	241 066	187 600
Rozevření [s]	1,37	1,26	1,51
Zavření [s]	1,64	1,56	1,92
Otočení 360° [s]	15,79	16,48	14,56
Design [-]	6	9	7
Vlastní inovace [-]	4	10	6

Zdroj: [4]

V případě porovnávání hydraulických drapáků bylo hleděno zejména na cenu pořízení. Měření u jednotlivých drapáků byly zjištěny intervaly rozevření a zavření čelistí drapáků. Jelikož tyto drapáky disponují otočnými mechanismy, byl naměřen také interval otočení o 360°. Konstrukčně se od sebe tyto tři drapáky poměrně výrazně liší. Hned na první pohled lze zaregistrovat větší rozměry drapáku MB-G600 S4, čemuž odpovídá i téměř o 200 kg těžší konstrukce než u dalších dvou zmíněných drapáků a doporučené využití je i pro těžší nosiče. Tak výrazný rozdíl spočívá v robustnější konstrukci. Rozevřené čelisti tohoto drapáku mají rozpětí 1 860 mm, kdežto v případě nejmenšího drapáku Hardy je rozpětí čelistí o 360 mm menší. S tím souvisí i nejdelší čas, za který se čelisti rozevřou ze zavřeného stavu do plného rozevření. Společnost MB doporučuje tento drapák pro nosiče o hmotnosti 6 000 až 12 000 kg. Proti tomu společnost Kinshofer svůj drapák D09 doporučuje pro nosiče o hmotnostech 6 000 až 9 000 kg drapák Hardy je určen pro nosiče o hmotnostech 6 000 až 10 000 kg. Proto není konstrukce, myšleno jako porovnání hmotnosti či rozměrů, těchto drapáků zařazena mezi zkoumané parametry. Místo toho byly použity parametry design a vlastní inovace jednotlivých výrobců. Na parametr design je v případě hydraulických drapáků nahlíženo jako na rozdílnost konstrukčních řešení oproti konkurenčním zařízením, s ohledem na mírně rozdílné rozměry. Parametr vlastní inovace vyjadřuje vývoj a vlastní inovace, případně držení patentové ochrany, jednotlivých výrobců používaných na jejich zařízení. Jednotlivé zvolené parametry s příslušnými naměřenými či výrobcem udávanými hodnotami jsou vypsány v tabulce 3.

V tabulce 4 je zkoumaným parametrům přiřazena jejich povaha, maximální nebo minimální. Povaha označuje, jestli je daný parametr preferován s maximální či minimální hodnotou. V dalším sloupci jsou doplněny subjektivně zvolené body preference. V případě porovnávání drapáků byla nejvyšší bodová preference přiřazena pořizovací ceně. Následující ohodnocení 7 body preference jsou naměřené provozní hodnoty rozevření a zavření čelistí a design jednotlivého drapáku. Doba, za kterou se drapák otočí o 360° není v praxi tak zásadní, proto mu byla přiřazena nižší bodová preference. Nejnižší bodová preference náleží parametru vlastní inovace, kde jsou ohodnocené vlastní odlišnosti a vývoj jednotlivých výrobců, či jejich vlastní patenty a vylepšení oproti konkurenci.

Tabulka 4 Váhy parametrů

Parametr	Povaha	Body preference	Váha
Cena [Kč]	Min.	10	0,238
Rozevření [s]	Min.	7	0,167
Zavření [s]	Min.	7	0,167
otočení 360° [s]	Min.	6	0,143
Design [-]	Max.	7	0,167
Vlastní inovace [-]	Max.	5	0,119
Celkem [-]	[-]	42	1

6.2.2 Vyhodnocení výsledků

Z tabulky 5 vychází konečné umístění porovnávaných drapáků od tří výrobců zastoupených na českém trhu. Nejvíce bodů získal drapák D09 HPX od společnosti Kinshofer. Ten je sice výrazně dražší než ostatní dva drapáky, ale jeho naměřené provozní hodnoty rozevření a zavření čelistí byly z tří zmíněných drapáků nejlepší. Zároveň tento drapák získal nejvyšší bodové ohodnocení pro parametry design a vlastní inovace, a to zejména díky vlastnímu způsobu řešení rotace čelistí a oproti konkurenci nezvyklému, ale velice kompaktnímu tvaru čelistí. S nepatrným rozdílem mezi zbylými drapáky se na druhém místě umístil nejlevnější ze tří drapáků, drapák Hardy RDG04, který svými naměřenými provozními parametry oproti výrazně dražším konkurentům zásadně neztrácí. Třetí místo obsadil drapák G600 S4 od společnosti MB Crusher, u kterého bylo nutné brát v úvahu jeho robustnější konstrukci.

Tabulka 5 Výsledek porovnávání drapáků

Parametr	Hardy RDG04	Kinshofer D09 HPX	MB-G600 S4	Váha
Cena [Kč]	10	4	7	0,238
Rozevření [s]	8	10	6	0,167
Zavření [s]	8	10	6	0,167
Otočení 360° [s]	8	6	10	0,143
Design [-]	6	10	6	0,167
Vlastní inovace [-]	5	10	7	0,119
Celkové body [-]	7,786	8,000	6,929	1
Celkové pořadí [-]	2	1	3	[-]

6.3 Vrtací jednotky

6.3.1 Vybrané parametry

Nejvyšší bodová preference je přiřazena ceně pořízení jednotlivých vrtacích zařízení. Měřením u jednotlivých vrtacích zařízení byly zjištěny hodnoty periody otáčení vývodového upnutí na zařízení a jeho zrychlení při konstantní hodnotě otáček motoru nosiče 1 800 ot/min. Dále bylo hleděno na výrobcem udávané hodnoty otáček vývodového upnutí za minutu, maximální průtok hydraulického oleje a maximální kroutící moment. Konstrukčně i designově jsou všechny tyto vrtací jednotky řešeny velmi podobně. Téměř totožný je tvar a stejný je také průměr vývodového uchycení pro připojení libovolného nástroje, uchycení k nosiči i systém připojení hydraulických hadic vedoucí hydraulický olej z nosiče do jednotky a opačně. Posledním parametrem s bodovou preferencí 5 je vlastní inovace, což zohledňuje vynaložené úsilí výrobců na zlepšení dosavadních zařízení. V tabulce 6 jsou vypsány jednotlivé porovnávané parametry s výslednými daty příslušícími danému zařízení.

Tabulka 6 Parametry vrtacích jednotek

Parametr	Digga PD4-2	Hardy REA 4500	Kinshofer 4500MAX
Cena [Kč]	35 000	31 000	67 800
Perioda otočení při 1800 ot/min [s]	0,89	1,12	0,94
Udávané ot/min [ot/min]	43-73	32-64	43-81
Zrychlení nástroje [m/s]	0,8	0,67	0,83
Udávaný max kroutící moment [Nm]	4 473	4 218	4 499
Požadovaný průtok [l/min]	50-85	38-76	50-90
Vlastní inovace [-]	7	3	3

Zdroj: [4]

Stejným způsobem, jako probíhalo porovnání drapáků v kapitole 5.1.1, probíhá i porovnání hydraulických vrtacích zařízení. Jednotlivým parametrům v tabulce 7 jsou přiřazeny jejich bodové preference s maximální či minimální povahou, z kterých je následně odvozena váha jednotlivého parametru. V případě porovnávání vrtacích jednotek byla nejvyšší bodová preference přiřazena pořizovací ceně. Následující ohodnocení 8 body preference je naměřená provozní hodnota periody otáčení vývodového uchycení k nástroji. Dalšími parametry s vyšší bodovou preferencí jsou výrobci udávané hodnoty otáček vývodového uchycení za minutu a maximálního kroutícího momentu. Již menší preferencí 5 bodů jsou oceněny parametry udávaného průtoku, naměřeného zrychlení při otáčení vývodového uchycení a vlastní inovace. Nejnižší bodovou preferencí obdržel parametr design, který u těchto vrtacích jednotek není příliš odlišný.

Tabulka 7 Váhy parametrů

Parametr	Povaha	Body preference	Váha
Cena [Kč]	Min.	10	0,213
Perioda otočení při 1800 ot/min [s]	Min.	8	0,170
Udávané ot. motoru [ot/min]	Max.	7	0,149
Zrychlení nástroje [m/s]	Max.	5	0,106
Udávaný max kroutící moment [Nm]	Max.	7	0,149
Požadovaný průtok [l/min]	Min.	5	0,106
Vlastní inovace [-]	Max.	5	0,106
celkem [-]	[-]	47	1

6.3.2 Vyhodnocení výsledků

Po součtu získaných bodů z tabulky 8 vzešlo konečné pořadí porovnávaných vrtacích jednotek. Nejvíce bodů získala vrtací jednotka Digga PD4-2, která tak zdárně kloubí relativně nízkou cenu v porovnání s kvalitou zpracování a provozních parametrů. Silnými stránkami této jednotky jsou naměřené provozní hodnoty periody otáčení a zrychlení. Provozní hodnoty poskytnuté výrobcem se oproti konkurenční jednotce Kinshofer 4500 MAX s téměř dvojnásobnou pořizovací cenou liší jen nepatrně. Navíc je společnost Digga z těchto tří výrobců jediná, která se v této oblasti snaží přicházet s novými inovativními systémy. Posledním jejich výrazným počinem je Halo systém, ulehčující a zpřesňující práci s vrtací jednotkou. Diody umístěné na vrtací jednotce spolupracující s čidlem naklonění a změnou barvy informují obsluhu nosiče o přesném vycentrování vrtací jednotky s připojeným zařízením. Druhé místo obsadila vrtací

jednotka Kinshofer 4500 MAX, vynikající zejména udávanými hodnotami otáček za minutu výstupního uchycení, maximálního kroučícího momentu a hodnotou průtoku hydraulického oleje. Vrtací jednotka Hardy REA 4500 sice obsadila poslední místo, ale se svou konkurenčně nejnižší cenou přiliš za ostatními jednotkami nezaostávala. [32]

Tabulka 8 Výsledek porovnávání vrtacích zařízení

Parametr	Digga PD4-2	Hardy REA 4500	Kinshofer 4500MAX	Váha
Cena [Kč]	7	10	3	0,213
Perioda otočení při 1800 ot/min [s]	10	6	8	0,170
Udávané ot. motoru [ot./min]	8	6	10	0,149
Zrychlení nástroje [m/s]	9	7	10	0,106
Udávaný max kroučící moment [Nm]	9	6	10	0,149
Požadovaný průtok [l/min]	7	10	7	0,106
Vlastní inovace [-]	7	3	3	0,106
celkové body [-]	8,170	7,064	7,106	1
celkové pořadí [-]	1	3	2	[-]

6.4 Hydraulická kladiva

6.4.1 Vybrané parametry

Stejně jako u dvou předešlých porovnání, i u hydraulických kladiv je kladena nejvyšší preference pořizovací ceně. Předmětem měření u těchto tří hydraulických kladiv byla frekvence úderů nástroje. Měření počtu úderů nástroje za minutu bylo prováděno akcelerometrem umístěným na pouzdře hydraulického kladiva zachycujícím jednotlivé rázy. Získaná data byla následně exportována do programu Microsoft Excel, kde byl pomocí sestrojeného grafu spočten čas mezi 10 periodami, dle kterého byl následně dopočten počet úderů za minutu. Měření probíhalo na rypadle Kubota KX 016-4 s nastavenou hodnotou průtoku hydraulického oleje 21 litrů za minutu a tlakem 12 MPa. Výsledná hodnota je průměrná hodnota z třech postupných měření. Dalšími parametry jsou informace udávané výrobcí. Průměr nástroje se u kladiv liší, vyšší bodová preference je přiřazena kladivu s větším průměrem nástroje. Jelikož se jedná o nejnižší řadu dodávaných hydraulických kladiv od všech tří výrobců, byly do porovnání z důvodu využití u nejmenších možných nosičů zařazeny parametry hmotnosti hydraulického kladiva a požadovaného tlaku a průtoku hydraulického oleje s minimální povahou. Dále je ještě

porovnávána konstrukce těla jednotlivých hydraulických kladiv z hlediska jejich kompaktnosti a následně vlastní inovace každého výrobce.

Tabulka 9 Parametry hydraulických kladiv

Parametr	Atlas Copco SB 102	Soosan SQ10	Hardy EDT100
Cena [Kč]	119 000	94 600	59 000
Hmotnost kladiva [kg]	95	104	102
Průměr nástroje [mm]	45	40	40
Požadovaný průtok [l/min]	16-35	15-35	15-25
Požadovaný tlak [MPa]	10-15	9-12	9-12
Udávaný počet úderů [úder/min]	750-2 300	800-1 530	800-1 400
Naměřený počet úderů [úder/min]	778	864	877
Hlučnost [dB]	115	105,5	107
Konstrukce [-]	9	7	7

Zdroj: [4]

Tabulka 10 obsahuje seznam jednotlivých parametrů s dopočtenými vahami podle subjektivně zvolených bodů preference a povahy každého parametru. Stejně jako v předešlých srovnáních, i v tomto případě je parametrem s nejvyšší bodovou preferencí pořizovací cena. Druhým nejpreferovanějším parametrem je naměřená hodnota počtu úderů za minutu. O bod méně mají parametry průměr opotřebitelného nástroje, hlučnost a požadovaná hodnota průtoku hydraulického oleje s minimální povahou. Minimální povaha je v tomto případě zvolena z důvodu, že se jedná o těmito třemi výrobci nabízená nejmenší kladiva, vhodná na nosiče o hmotnosti již od 800 kg. Takové nosiče ovšem velmi zřídka splňují požadavky na výkon hydraulické soustavy. S tím souvisí i parametr na požadovaný tlak, ohodnocený pěti body preference. Stejnou váhu má i parametr konstrukce, u kterého je nahlíženo na použité materiály a tvar krycího ochranného pouzdra s řešením uložení vývodových hydraulických hadic. Nejmenší bodová preference náleží parametru hmotnost kladiva.

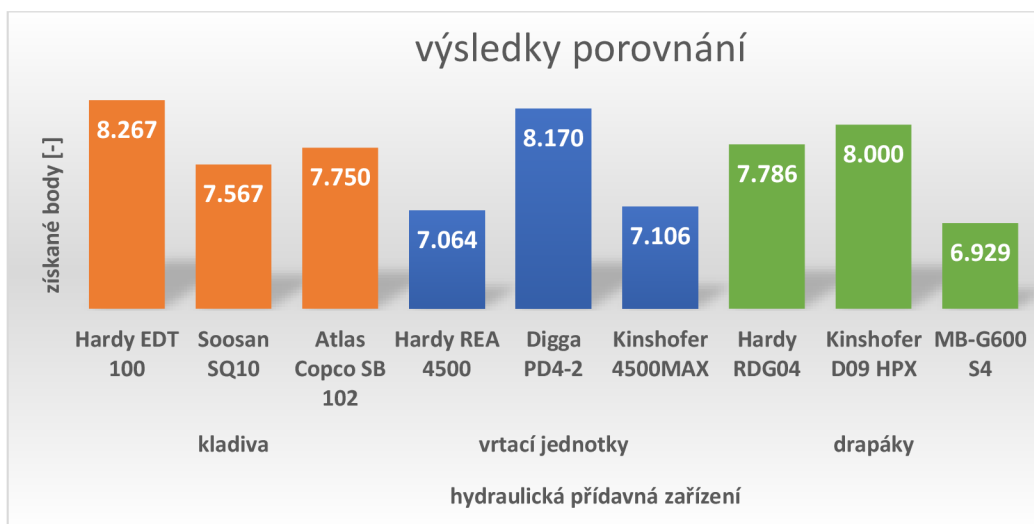
Tabulka 10 Váhy zvolených parametrů

Parametr	Povaha	Body preference	Váha
Cena [Kč]	Min.	10	0,167
Hmotnost kladiva [kg]	Max.	4	0,067
Průměr nástroje [mm]	Min.	7	0,117
Požadovaný průtok [l/min]	Min.	7	0,117
Požadovaný tlak [MPa]	Min.	5	0,083
Udávaný počet úderů [úder/min]	Max.	7	0,117
Naměřený počet úderů [úder/min]	Max.	8	0,133
Hlučnost [dB]	Min.	7	0,117
Konstrukce [-]	Max.	5	0,083
celkem	[-]	60	1

6.4.2 Vyhodnocení výsledků

Součinem získaných bodů jednotlivých hydraulických kladiv s jednotlivými vahami parametrů vzešlo následné konečné pořadí. Umístění jednotlivých zařízení se získanými body je zobrazeno na grafu 2.

Graf 2 Výsledky porovnávání



Nejvíce bodů získalo hydraulické kladivo Hardy EDT 100 a to zejména díky nejnižší pořizovací ceně, nejnižšímu požadovanému tlaku a nejvyššímu naměřenému počtu úderů za minutu. Faktem ovšem je, že v případě kladiva Hardy EDT 100 se jednalo o nový kus, kdežto zbylá dvě kladiva již byla využívána v půjčovně společnosti Lipatech s.r.o. Tím by mohlo dojít k menšímu ovlivnění měření počtu úderů za minutu. Nicméně naměřená a výrobcem udávaná

provozní data vypovídají, že nově nabízená hydraulická kladiva společností Lipatech s.r.o. dokáží konkurovat známým světovým výrobcům. O jejich kvalitě zpracování s ohledem na životnost nelze zatím za tak krátkou dobu používání říct mnoho podrobností. Druhé místo obsadilo v tomto srovnání hydraulické kladivo Atlas Copco Epiroc SB 102. To získalo nejvíce bodů za nejnižší hmotnost, jediné je osazeno nástrojem o průměru 45 mm a má zároveň nejnižší požadovaný průtok. Jako nejlepší je u tohoto kladiva hodnocena také jeho konstrukce, která disponuje kompaktním tvarem, poskytujícím dostatečnou ochranu funkčních prvků a zároveň nejvíce vyhovuje užití při demolici ve stísněných prostorech. Třetí místo patří kladivu Soosan SQ 10, které má stejný požadavek na tlak hydraulického oleje z nosiče a je nejméně hlučné.

Tabulka 9: Výsledek porovnávání hydraulických kladiv

Parametr	Atlas Copco SB 102	Soosan SQ10	Hardy EDT 100	váha
Cena [Kč]	4	6	10	0,167
Hmotnost kladiva [kg]	10	7	7	0,067
Průměr nástroje [mm]	10	7	7	0,117
Požadovaný průtok [l/min]	10	7	7	0,117
Požadovaný tlak [MPa]	8	10	10	0,083
Udávaný počet úderů [úder/min]	10	7	6	0,117
Naměřený počet úderů [úder/min]	6	8	10	0,133
Hlučnost [dB]	6	10	9	0,117
Konstrukce [-]	9	7	7	0,083
Celkové body [-]	7,750	7,567	8,267	1
Celkové pořadí [-]	2	3	1	[-]

7 Ekonomické zhodnocení pořízení přídavných zařízení

7.1 Návratnost investice

Ekonomické odůvodnění nákupu přídavného zařízení má při rozhodování majitele rypadla vždy silný vliv. U složitějších přídavných zařízení se může cena jeho pořízení vyrovnat ceně nosiče, na který je přídavné zařízení pořizováno. S tímto počátečním nákladem je ovšem nutné dále počítat. Je potřeba zjistit životnost zařízení a náklady na údržbu, v porovnání s údajem o návratnosti takové investice. V dnešní době je v oblasti zemních prací s jakýmkoliv zemním strojem značná konkurence, tudíž je zapotřebí přemýšlet, jak se v této konkurenci dokázat co nejlépe prosadit. Výrazně k tomu může pomoci právě pořízení určitých přídavných zařízení. V případě, že se majitel rypadla rozhodne pro koupi libovolného přídavného zařízení, měl by pečlivě zvážit ekonomický dopad, případnou návratnost investice a prozkoumat poptávku právě po práci s rypadlem vybaveným tímto daným přídavným zařízením. Pět způsobů, jak získat pomocí mini a malého rypadla co největší zisk použitím daných přídavných zařízení popsal v článku na webu Construction business owner v roce 2019 Jason Boerger. Zmiňuje zde využití hydraulických kladiv, drapáků, hutnících zařízení, vrtacích zařízení či rozrývacího trnu. [33]

Chceme-li ekonomicky zhodnotit návratnost investice, měli bychom si na začátku stanovit základní pravidla. V první řadě je zapotřebí upřesnit, jakým stylem budou zakázky oceňovány. Pokud by byla zakázka oceněna předem za vykonané dílo, dá se jako přínos přídavných zařízení označit urychlení vykonané zakázky, či menší závislost na pomocných pracovnících. V této práci je blíže počítáno s druhou oceňovací metodou, kterou je hodinová mzda. Při oceňování vykonávané práce hodinovou mzdou má většinou majitel stroje přesný ceník, kde má rozpočítané ceny za práci s daným přídavným zařízením.

Pro výpočet ekonomické návratnosti pořizovací ceny nových hydraulických přídavných zařízení porovnávaných v této diplomové práci byly vybrány tři typy zařízení od různých výrobců technicky příslušících k novému rypadlu Bobcat E35Z s dvěma vnějšími hydraulickými okruhy. Pracovní hmotnost tohoto rypadla bez přídavného zařízení činí 3 500 kg. Podle internetového průzkumu byla aktuální průměrná hodinová cena za pásové rypadlo této hmotnostní kategorie se strojníkem ve středočeském kraji stanovena na 800

Kč/hod. V této ceně je zahrnuto pouze rypadlo vybavené lopatami, nejčastěji o šířkách 30, 40, 60, 80 a svahovací lopata, obvykle o šířce 130 cm. Každé další přídavné zařízení bývá oceňováno zvlášť.

V tabulce 12 jsou vypsány jednotlivé sazby za práci rypadla s příslušným přídavným zařízením. Také je v této tabulce zapsána hodnota investice na pořízení jednotlivých tří přídavných zařízení včetně investic na případnou údržbu v prvním roce. Průměrná cena hydraulické vrtací jednotky Digga PD4-2 od tří prodejců byla stanovena na 37 406 Kč. K této ceně musíme navíc přičíst průměrnou cenu nejběžněji používaného vrtáku o průměru 300 mm, která průměrně činí 9 200 Kč. Dalším nákladem je 1 500 Kč za 5 litrů oleje, který se mění po prvních 3 měsících používání jednotky nebo po odpracování prvních 50 hodin. Následně se olej mění až po 500 odpracovaných hodinách, nebo po 12 měsících. Tento model vrtací jednotky obsahuje 4,8 litru oleje. Počítáme-li s osmi hodinovými pracovními dny, dojdeme pomocí vztahu pro výpočet bodu zvratu k výsledku návratnosti investice za 20 pracovních dnů. Princip výpočtu bodu zvratu je vysvětlen v rovnici 6.

Průměrná cena hydraulického kladiva Soosan SQ 30 byla po poptání ceny u tří různých prodejců stanovena na 113 870 Kč. Další náklady na provozování hydraulického kladiva spočívají v pravidelném doplňování maziva určeného k mazání pohyblivých částí hydraulických kladiv. Množství maziva by mělo být doplňováno po každých 2 odpracovaných hodinách. Hydraulické kladivo Soosan SQ 30 má automatické mazání všech potřebných částí. Mazivo je odebíráno z komory, kam je pomocí mazacího lisu doplňováno. Dále je zapotřebí po určitém čase vyměnit již nevyhovující opotřebený nástroj kladiva. Dle zkušeností mechaniků společnosti Lipatech s.r.o. je životnost nového nástroje přibližně 300 pracovních hodin. Záleží na podmínkách prostředí, ve kterém se pohybuje a velký vliv na jeho výdrž má také obsluha nosiče. Poté musí být nástroj vyměněn za nový. Průměrná cena nového vyměnitelného nástroje činí 3 200 Kč. Množství výměnných kartuší s 400 gramy maziva potřebných k údržbě po dobu práce 500 hodin s hydraulickým kladivem Soosan SQ 30 je přibližně 10 kusů. Cena 400 gramů maziva průměrně činí 250 Kč. Součtem pořizovací ceny a nákladů na provoz hydraulického kladiva Soosan SQ 30 byla vypočtena cena na 119 570 Kč. Internetovým průzkumem byla stanovena průměrná cena za práci s rypadlem o hmotnosti 3 500 kg vybaveným hydraulickým kladivem na 1 200 Kč/hod. a cenový rozdíl oproti práci s rypadlem vybaveným pouze lopatami činí 400 Kč. Dosazením této hodnoty do vztahu pro výpočet bodu zvratu (rov. 6) vychází

návratnost počáteční investice za bezmála 299 hodin, což odpovídá 35,6 osmihodinovým pracovním dnům.

Posledním zařízením, u kterého je počítaná návratnost investice je hydraulický drapák Hardy RDH01. V České republice je tento drapák nabízen dvěma prodejci. Průměrná cena od těchto dvou prodejců činí 87 395 Kč. Potencionálním nákladem při práci s hydraulickým drapákem může být nákup nového otěruvzdorného břitu, který bývá abrazivně opotřebován. Břit na drapácích Hardy je oboustranný, tudíž ho při deformaci první strany stačí pouze otočit. Cena dvou náhradních břitů u společnosti Lipatech s.r.o. činí 3 100 Kč, druhý prodejce Parts Zone s.r.o. náhradní břity neposkytuje. Stejně jako u většiny přídatných zařízení, je zapotřebí dodávat patřičné množství maziva na místa pracovních funkčních ploch. Servisní technici ve společnosti Lipatech s.r.o. odhadují roční spotřebu maziva potřebného k mazání hydraulického drapáku Hardy RDH01 na 5 kusů 400 gramových kartuší s mazivem. Při ceně 260 Kč za jeden kus kartuše s mazivem činí tento náklad dohromady 1 300 Kč. Součtem ceny pořízení nového hydraulického drapáku Hardy RDH01 a ceny nákladů na roční údržbu vychází cena 91 795 Kč. Stejným propočtem jako u dvou předešlých případů je možné dosáhnout návratnosti investice za 307 dnů, což činí bezmála 38 pracovních osmihodinových dnů. Veškeré ceny přídatných zařízení s cenami odpovídajícím nákladům na první rok používání jsou shrnuty v tabulce 11.

Tabulka 11 Pořizovací ceny přídatných zařízení včetně nákladů na první rok

Zařízení	Průměr cenových nabídek
Digga PD4-2 [Kč]	37 406
Zemní vrták Digga A4 300 [Kč]	9 200
Olej 5 l [Kč]	1 500
Σ cena sady [Kč]	48 106
Soosan SQ 30 [Kč]	113 870
Cena nástroje [Kč]	3 200
Mazivo na kladiva 10 ks [Kč]	2 500
Σ cena sady [Kč]	119 570
Hardy RDH01 [Kč]	87 395
Cena břitu [Kč]	3 100
Mazivo [5 ks]	1 300
Σ cena sady [Kč]	91 795

Zdroj: [4]

Spotřeba mazacích tuků u jednotlivých zařízení je závislá na podmínkách, ve kterých pracují. V případě práce v silně prašném, bahnitém či vlhkém prostředí je dle Jeřábka základní spotřeba maziv o 25% vyšší. [5]

Bod zvratu (Break even point)

Bod zvratu patří mezi nejběžněji používané ukazatele ekonomické efektivity dané situace. V případě vypočítání návratnosti investice na pořízení přídavných zařízení v této diplomové práci pomocí bodu zvratu označuje výsledná hodnota za kolik odpracovaných hodin rypadla s daným přídavným zařízením dojde k plné návratnosti investice. Vztah výpočtu bodu zvratu je popsán v rovnicích 6 a 7. [34]

Bod zvratu nebo také bod zlomu je v oblasti plánování či finanční analýzy podniku bod, kdy je totožná hodnota celkových nákladů s hodnotou celkových příjmů. Tato metoda bývá používána k určení minimálního objemu prodeje, nutného společností dosáhnout, aby pokryla své vynaložené náklady a dosáhla zisku. [34]

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad (6)$$

Kde:	T _s	doba návratnosti investice	[roky]
	CF	roční úspora nákladů	[Kč]
	IN	pořizovací cena	[Kč]

Roční úspora byla dopočítána rozdílem hodinové sazby rypadla s daným přídavným zařízením s hodinovou sazbou rypadla bez přídavného zařízení.

$$CF = S_1 - S_2 \quad (7)$$

Kde:	S ₁	hodinová sazba s přídavným zařízením	[Kč]
	S ₂	hodinová sazba bez přídavného zařízení	[Kč]

Důležité je dodat, že prodejci obvykle u těchto přídavných zařízení poskytují v případě poškození dvouletou záruku opravy, nebo výměnou za nový kus. Tím odpadá největší část rizika pořízení daného zařízení. Největším rizikem tedy zůstává, dostane-li se majiteli rypadla vybaveného těmito přídavnými zařízeními dostatečnou poptávku.

V tabulce 12 jsou shrnuty jednotlivé výsledné hodnoty návratnosti investice u vybraných přídavných zařízení. V případě návratnosti investice u pořízení rypadla je počítáno s hodinovou sazbou příslušející rypadlu bez přídavného zařízení. V tom případě by byla návratnost investice bez započtených nákladů na údržbu 1 187,5 osmihodinových pracovních dnů.

Tabulka 12 Návratnost investice dle bodu zvratu

Typ zařízení	Výrobce a model [-]	Pořizovací cena [Kč]	Sazba [Kč/hod]	Rozdíl sazeb [Kč]	Návratnost investice [hod.]
Rypadlo + strojník	Bobcat E35Z	1 345 000	800	0	13 450
Vrtací jednotka	Digga PD4-2	48 106	1100	300	160,4
Hydraulické kladivo	Soosan SQ30	119 570	1200	400	298,9
Drapák	Hardy RDG01	91 795	1100	300	306

Metoda rentability (Return on investment)

Metoda rentability (dále uváděno jako ROI) je finanční ukazatel ziskovosti, který je používán pro posouzení, zda je investice v daném projektu nebo podnikání výhodná z hlediska ziskovosti. Čím vyšší je výsledné procento, tím výhodnější je investice z hlediska rentability. ROI je oblíbenou metodou díky své univerzálnosti a jednoduchosti. V podstatě lze ROI použít jako základní měřítko ziskovosti investice. [35]

Touto metodou lze podle vztahu (8) zjistit rentabilitu investovaného kapitálu.

Výsledek je udáván v procentech. [36]

$$ROI = \frac{Z}{I} \cdot 100 \quad (8)$$

Kde: Z očekávaný průměrný roční zisk z investice [Kč]
I investovaný kapitál [Kč]

Očekávaný průměrný roční zisk z investice vynaložené na pořízení rypadla Bobcat E35Z byl dopočten jako součin hodnoty hodinové sazby s ročním časovým fondem rypadla (rov. 9). U přídavných zařízení byla použita hodnota CF dopočtena dle vztahu 7. Hodnoty jednotlivých hodinových sazeb jsou zapsány v tabulce 12. [35]

Roční časový fond byl dopočten podle vztahu 9 a vyjadřuje počet odpracovaných hodin rypadla s vybraným hydraulickým přídavným zařízením. [37]

$$F_{vef} = D_p \cdot T_{sm} \cdot k_{ef} \quad (9)$$

Kde:	Dp	počet pracovních dní v roce	[den/rok]
	Tsm	čas směny	[h/směna]
	kef	součinitel využití efektního časového fondu	[%]

Při uvažování jednosměnného provozu přísluší kalendářnímu roku 250 pracovních dní. Čas směny je v tomto měření 8 hodin. Součinitel využití pro případ vykonávání údržby, přepravy a dalších činností je 0,92. Hodnota ročního časového fondu stroje dle vztahu 9 činí 1 840 hodin za rok.

V tabulce 13 jsou zapsány dopočtené hodnoty ziskovosti při pořízení nového rypadla a přídatných zařízení.

Tabulka 13 Metoda rentability

Zařízení	Výrobce a model	Pořizovací cena [Kč]	Očekávaný roční zisk [Kč]	Rentabilita investice [%]
Rypadlo + strojník	Bobcat E35Z	1 345 000	1 472 000	109,4
Vrtací jednotka	Digga PD4-2	48 106	552 000	1147,5
Hydraulické kladivo	Soosan SQ30	119 570	736 000	615,5
Drapák	Hardy RDG01	91 795	552 000	601,3

8 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo naměření provozních parametrů u zvolených přídatných zařízení při srovnatelných pracovních režimech jim příslušných zemních strojů. Pro měření byly vybrány tři typy přídatných zařízení, jimiž jsou hydraulické drapáky, kladiva a vrtací jednotky. Práce vznikla ve spolupráci se společností Lipatech s.r.o., která se mimo jiné zabývá prodejem všech těchto typů přídatných zařízení pod svojí privátní značkou Hardy. Vedení této společnosti vzneslo požadavek o vytvoření práce porovnávající jejich produkty s konkurenčními zařízeními dostupnými na českém trhu. K jednotlivým zařízením Hardy byla vybrána vždy dvě konkurenční zařízení se srovnatelnými parametry. Tato jednotlivá zařízení byla podrobena měření provozních parametrů, podle kterých byla, spolu s výrobcí udávanými parametry, následně mezi sebou porovnána. Porovnání proběhlo bodovací metodou z modelů pro vícekritériální rozhodování. Bodová preference jednotlivých porovnávaných parametrů byla přiřazena dle autorova subjektivního názoru. Výstupem porovnání je výsledné pořadí jednotlivých přídatných zařízení. Přídatná zařízení Hardy si v porovnání s konkurenčními produkty vedla velmi dobře, hydraulické kladivo Hardy EDT 100 dokonce získalo v porovnání s dalšími dvěma kladivy nejvíce bodů. V porovnání hydraulických drapáků se umístilo zařízení Hardy RDG04 na druhém místě za drapákem Kinshofer D09 HPX. V případě porovnání vrtacích jednotek se umístila jednotka Hardy REA 4500 na třetím místě za vítěznou jednotkou Digga PD4-2 a druhou jednotkou Kinshofer 4500 MAX.

Pro snazší zavedení čtenáře do probírané problematiky hydraulických přídatných zařízení používaných u stavebních a zemních strojů je v této diplomové práci uvedena kapitola zabývající se rešeršní částí. V této kapitole jsou daná zařízení popsána z hlediska jejich konstrukce, využití na stavbách, provozních parametrů a mnoho dalších důležitých aspektů.

Závěrem se tato diplomová práce zabývá ekonomickým zhodnocením týkajícím se návratností investice při pořízení rypadla a k němu příslušných zařízení, která byla podrobena měření a jsou v této diplomové práci blíže představena. Úroveň, při které je dosaženo návratnosti výdajů je stanovena pomocí vztahu pro výpočet bodu zvratu. Tato úroveň označuje počet hodin práce rypadla s příslušným zařízením, potřebných pro návratnost investice. Návratnost investice u pořízení hydraulického kladiva činí 298,9 odpracovaných hodin, u hydraulického drapáku 306 odpracovaných hodin a v případě hydraulické vrtací jednotky je

plné navrácení investice za 160,4 odpracovaných hodin. Druhým vztahem použitým v ekonomickém zhodnocení je metoda rentability. Ta je založená na poměru mezi ziskem a vynaloženou investicí a je důležitým ukazatelem výkonnosti dané investice. Roční rentabilita investice při pořízení rypadla vychází na 109,4%. U přídavných zařízení, jejíž pořizovací cena není tak vysoká jako v případě rypadla, jsou hodnoty rentability značně vyšší. Pro vrtací jednotku platí roční rentabilita investice 1147,5%, pro kladivo 615,5% a hodnota roční rentability investice při pořízení drapáku je 601,3%. Všechny investice, včetně investice na pořízení nového rypadla Bobcat E35Z, se dle vypočtených hodnot návratnosti investice do roka navrátí.

Pro případné zájemce o pořízení přídavných hydraulických zařízení bych doporučil sestavit si totožnou bodovací metodu. Porovnání zařízení provést s jejich vlastními parametry a bodovými preferencemi dle jejich subjektivního názoru na důležitost daného parametru. Jako vzor zájemcům o daná zařízení může sloužit zpracování porovnání přídavných zařízení v této diplomové práci.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] YANG, Cheng, Kui HUANG, Yinwu LI, Jingchun WANG a Meng ZHOU. *Review for Development of Hydraulic Excavator Attachment* [online]. 2012 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: doi:10.3968/j.est.1923847920120302.386
- [2] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Praha: Academia, 2003. Česká matice technická (Academia). ISBN 80-200-1045-9.
- [3] *Hydraulic Attachments Market Size [2023-2028] Updated Report | Industry Trends, Share, Growth, Future Demand, Recent Scope and Research Report* [online]. 2023 [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: https://www.marketwatch.com/press-release/hydraulic-attachments-market-size-2023-2028-updated-report-industry-trends-share-growth-future-demand-recent-scope-and-research-report-2023-02-05?mod=search_headline
- [4] Interní firemní zdroj společnosti Lipatech s.r.o.
- [5] JERÁBEK, Karel, František HELEBRANT a Věra VOŠTOVÁ. *Provoz a údržba strojů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02418-0.
- [6] *GRA-M series: Drapák na dřevo* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.icmequipments.com/prod/gra-m/>
- [7] Gentes, S. Rescue Operations and Demolition Works: Automating the Pneumatic Removal of Small Pieces of Rubble and Combination of Suction Plants with Demolition Machines. *Bull Earthquake Eng* 4, 193–205 (2006). <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9006-1>
- [8] Re-Handling Clamshell Buckets for Excavator [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.kinshofer.com/excavator-applications/material-handling/re-handling-clamshell-buckets>
- [9] *Promove's Hammer goes Digital* [online]. [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: <https://www.abcmagazine.eu/news/promoves-hammer-goes-digital>
- [10] CELJAK, I. *Strojní zařízení pro zemní a meliorační práce*. České Budějovice: Zemědělská fakulta JČU, 2013, 146 s. Bez ISBN
- [11] *Promove Demolition Attachments Catalogue* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.promovedemolition.com/wp-content/uploads/2022/10/catalogo_unico.pdf
- [12] UBERTINI, Filippo. *Estimation of Impact Loads in a Hydraulic Breaker by Transfer Path Analysis* [online]. 2017 [cit. 2022-11-27]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/sv/2017/8564381/#EEq9>
- [13] *Hydraulic breaker hammer working principle* [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://sjheavy.com/hydraulic-breaker-hammer-working-principle/>
- [14] *A COMPARISON STUDY BETWEEN BUCKET CRUSHER AND MOBILE CRUSHER PERFORMANCE FOR LIMESTONE QUARRIES* [online]. [cit. 2023-01-26]. Danail Terziyski, Ljupcho Dimitrov, Dimitar Kaykov. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Ljupcho-Dimitrov-2/publication/356264458_A_COMPARISON_STUDY_BETWEEN_BUCKET_CRUSHER_AND_M

- [OBILE CRUSHER PERFORMANCE FOR LIMESTONE QUARRIES/links/6193dbf261f0987720a343e0/A-COMPARISON-STUDY-BETWEEN-BUCKET-CRUSHER-AND-MOBILE-CRUSHER-PERFORMANCE-FOR-LIMESTONE-QUARRIES.pdf](https://www.kinshofer.com/links/6193dbf261f0987720a343e0/A-COMPARISON-STUDY-BETWEEN-BUCKET-CRUSHER-AND-MOBILE-CRUSHER-PERFORMANCE-FOR-LIMESTONE-QUARRIES.pdf)
- [15] *Co dělat, když ceny materiálů a práce letí vzhůru? Pomohou drtící a třídící lopaty* [online]. 2021 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/co-delat-kdyz-ceny-materialu-a-prace-leti-vzhuru-pomohou-drtici-a-tridici-lopaty>
- [16] *BUCKET CRUSHERS: BF80.3 S4* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.mbcruasher.com/us/us/products/crusher-buckets/bf-80.3-1>
- [17] *EARTH DRILLS FEATURES & BENEFITS* [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.augertorque.com/wp-content/uploads/2020/05/Earth-Drill-Features-Benefits-Product-Info-ATE-99-97801-Rev1-Web.pdf>
- [18] *Earth Drills 1-5t / 2200-11000lbs: Kinshofer* [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: https://www.kinshofer.com/images/pdf_exc_eng/Earthdrills_eng.pdf
- [19] *Systém planetové převodovky Rohloff SpeedHub 500/14* [online]. [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: <http://www.rohloff.cz/system-planetove-prevodovky.php>
- [20] *Digga Augers* [online]. [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: <https://www.shearforce.ca/equipment/digga-augers/>
- [21] *Equipped with all technical refinements* [online]. [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: <https://www.uhrig-bau.eu/en/division/attachment-compactator/product-uam-proline/attachment-compactator/>
- [22] *APA SERIES* [online]. [cit. 2023-01-18]. Dostupné z: https://www.ammann.com/wp-content/uploads/apa_add-on_compactors_brochure_mpb-1581-03-en_220330.pdf
- [23] *A09HPX: Multi Purpose Grab with HPXdrive 6-9t / 13200-19800lbs* [online]. 2022 [cit. 2023-01-23]. YANG Cheng; HUANG Kui; LI Yinwu; WANG Jingchun; ZHOU Meng. Dostupné z: https://www.kinshofer.com/images/pdf_exc_eng/A09HPX_eng.pdf
- [24] *E80 Bobcat Compact Excavator Specifications* [online]. [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: http://www.benco.ca/wp-content/uploads/2017/05/Brochure_BOBCAT-E80_EN.pdf
- [25] *MB-G600 S4: Small and efficient* [online]. [cit. 2023-01-23]. YANG Cheng; HUANG Kui; LI Yinwu; WANG Jingchun; ZHOU Meng. Dostupné z: <https://www.mbcruasher.com/en/nz/products/demolition-and-sorting-grapples/mb-g600>
- [26] *DIGGA POHONNÁ JEDNOTKA PD4-2* [online]. [cit. 2023-01-23]. YANG Cheng; HUANG Kui; LI Yinwu; WANG Jingchun; ZHOU Meng. Dostupné z: <https://www.probagr.com/608/produkt/>
- [27] *Kubota KX 016-4 G* [online]. [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.cz/cz/model/stavebni-stroje/minirypadla-kubota/kx-016-4-g-1143377>
- [28] *SQ10* [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://www.soosanheavy.com/en/products/breaker/info/528>

- [29] *Hydraulické demoliční , bourací kladivo Epiroc / Atlas Copco SB 102* [online]. [cit. 2023-01-26].
Dostupné z: <https://www.gatl.cz/Hydraulicke-demolicni-bouraci-kladivo-Epiroc-Atlas-Copco-SB-102-d5685.htm#detail-anchor-description>
- [30] BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: Credit, 2009. ISBN 978-80-213-1019-3. *E80 Bobcat Compact Excavator Specifications* [online]. [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: http://www.benco.ca/wp-content/uploads/2017/05/Brochure_BOBCAT-E80_EN.pdf
- [31] STÁROVÁ, Marta, Helena ČERMÁKOVÁ, Jana HINKE a Ladislav SEIDL. *Účetnictví pro podnikatele*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2017. ISBN 978-80-213-2740-5.
- [32] HALO - *The future of drilling* [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://www.digga.com/halo>
- [33] *How to Turn Your Compact Excavator Into a Profit Stream: 5 new jobs to take your project potential beyond just digging* [online]. 2019 [cit. 2023-01-17]. Jason Boerger. Dostupné z: <https://www.constructionbusinessowner.com/equipment/how-turn-your-compact-excavator-profit-stream>
- [34] ŠIMBEROVÁ, I. (2015). *Finanční analýza a plánování činnosti: Sběrka příkladů*. *Oeconomica Publishing House isbn*
- [35] FERNANDO, Jason. *Return on Investment (ROI): How to Calculate It and What It Means* [online]. 2022 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>
- [36] KLEINOVÁ, J. *Ekonomické hodnocení výrobních procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005, 90 s. ISBN: 80-7043-364-7.
- [37] Kavka, M., Mimra, M.: *Řízení a organizace výrobních procesů*. *Interní učební text*. ČZU v Praze, Technická fakulta, Praha, 2021.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 KONSTRUKCE DRAPÁKU HARDY RDG 04	5
OBRÁZEK 2 DRAPÁK NA DŘEVO	6
OBRÁZEK 3 DEMOLIČNÍ TRÍDÍCÍ DRAPÁK HARDY	7
OBRÁZEK 4 DRAPÁK NA SYPKÉ HMOTY	8
OBRÁZEK 5 KONSTRUKCE HYDRAULICKÉHO KLADIVA	9
OBRÁZEK 6 TECHNOLOGICKÝ PRINCIP HYDRAULICKÝCH KLADIV	11
OBRÁZEK 7 DRTÍCÍ LOPATA	12
OBRÁZEK 8 KONSTRUKCE VRTACÍ JEDNOTKY	14
OBRÁZEK 9 TYPY VRTÁKŮ	15
OBRÁZEK 10 RÝHOVAČ	16
OBRÁZEK 11 ČÁSTI HYDRAULICKÉHO RÝHOVAČE	17
OBRÁZEK 12 ZÁVĚSNÁ HUTNÍČÍ DESKA	18
OBRÁZEK 13 FUNKČNÍ ČÁST ZÁVĚSNÉ HUTNÍČÍ DESKY	19
OBRÁZEK 14 MĚŘENÍ PRŮTOKU HYDRAULICKÉ KAPALINY ZAŘÍZENÍM SPX POWER TEAM HT200 MODEL C	22
OBRÁZEK 15 MĚŘENÍ TLAKU HYDRAULICKÉ KAPALINY NA RYPADLU KUBOTA	22
OBRÁZEK 16 MĚŘENÍ TLAKU HYDRAULICKÉ KAPALINY NA RYPADLU BOBCAT	22
OBRÁZEK 17 KUBOTA KX 016-4 G S KLADIVEM SOOSAN SQ10	23
OBRÁZEK 18 BOBCAT E35Z A RYCHLOUPÍNAČÍ ADAPTÉR LEHNHOFF MS03	24
OBRÁZEK 19 HODNOTA OTÁČEK MOTORU BOBCAT E35Z	24
OBRÁZEK 20 MĚŘENÍ JEDNOTKA DIGGA PD4-2	25
OBRÁZEK 21 BOBCAT E80 S DRAPÁKEM KINSHOFER D09 HPX	25
OBRÁZEK 22 HARDY RDG04	29
OBRÁZEK 23 KINSHOFER D09 HPX	30
OBRÁZEK 24 MB-G600 S4	31
OBRÁZEK 25 HARDY REA 4500	32
OBRÁZEK 26 DIGGA PD4-2	32
OBRÁZEK 27 KINSHOFER 4500MAX	33
OBRÁZEK 28 HARDY EDT100	35
OBRÁZEK 29 SOOSAN SQ10	36
OBRÁZEK 30 EPIROC SB102	36

Seznam tabulek

TABULKA 1 PARAMETRY NOSIČŮ	27
TABULKA 2 PARAMETRY POROVNÁVANÝCH PŘÍDAVNÝCH ZAŘÍZENÍ	28
TABULKA 3 PARAMETRY DRAPÁKŮ	38
TABULKA 4 VÁHY PARAMETRŮ	39
TABULKA 5 VÝSLEDEK POROVNÁVÁNÍ DRAPÁKŮ	40
TABULKA 6 PARAMETRY VRTACÍCH JEDNOTEK	40
TABULKA 7 VÁHY PARAMETRŮ	41
TABULKA 8 VÝSLEDEK POROVNÁVÁNÍ VRTACÍCH ZAŘÍZENÍ	42
TABULKA 9 PARAMETRY HYDRAULICKÝCH KLADIV	43
TABULKA 10 VÁHY ZVOLENÝCH PARAMETRŮ	44
TABULKA 11 POŘIZOVACÍ CENY PŘÍDAVNÝCH ZAŘÍZENÍ VČETNĚ NÁKLADŮ NA PRVNÍ ROK	48
TABULKA 12 NÁVRATNOST INVESTICE DLE BODU ZVRATU	50
TABULKA 13 METODA RENTABILITY	51