

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

**Návrh struktury a obnovy strojového parku vybrané stavební
firmy**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Petr Heřmánek.
Diplomant: Bc. Michal Krátký

PRAHA 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Michal Krátký

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Návrh struktury a obnovy strojového parku vybrané stavební firmy

Název anglicky

Structure and Innovation Proposal of Chosen Construction Company Machinery Equipment

Cíle práce

Navrhnout změnu struktury strojového parku vybrané stavební firmy se zaměřením na techniku pro řezání a vrtání – bourací kladiva a diamantové nástroje.

Metodika

Prostudovat literaturu týkající se problematiky bouracích kladiv a diamantových nástrojů. Zjistit parametry uvedené speciální techniky od výrobců a prodejců v ČR i v zahraničí. Dále postupovat podle osnovy práce.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

strojový park, bourací kladiva, diamantové hroty, nástroje

Doporučené zdroje Informací

Fotr, J.: Podnikatelský plán a investiční rozhodování. GRADA 1995

Internetové stránky

Jeřábek, K. – Jurman, J. – Helebrant, F. – Voštová, V.: Stroje pro zemní práce. Silniční stroje. VŠB TU Ostrava, Ostrava 1996

Kavan, M.: Výrobní management I a II. ČVUT v Praze, Praha 1999

Valach, J.: Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. VŠE v Praze, Praha 1995

Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Heřmánek, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2014

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: “ Návrh struktury a obnovy strojového parku vybrané stavební firmy“ vypracoval samostatně, za využití uvedené literatury, osobních zkušeností podložených zaměstnáním v oboru, za pomoci vedení společnosti a zaměstnanců společnosti Instalace Praha s.r.o. a po odborných konzultacích s doc. Petrem Heřmánkem.

V Praze dne

.....
Podpis diplomanta

Abstrakt:

Úvod práce je věnován vývoji a definici stavebního trhu. Dále charakteristikou operací, které lze vykonávat elektrickým ručním nářadím a rozdělením a parametry tohoto nářadí. Další kapitoly jsou věnovány charakteristice vybrané firmy a analýzou vybavení vybraným elektrickým ručním nářadím. Bylo provedeno měření vybraných operací, jejich vyhodnocení a doporučení na výběr strojů společně s doporučením na eventuální změny technologických postupů.

Klíčová slova: elektrické ruční nářadí, stroj, nástroj, základní materiál

Abstract:

The introduction of my diploma thesis is devoted to a development and the characteristic of the building market, additionally it is devoted to the characteristic operation, which can be practise by electrical hand tools and of course it deals with dividing of these tools. The following chapters are focused on characteristic of the selected company, on the description of the proper electric hand tolls which is used in this company. It is also concerned with the comparison of actual state to the results of research, in which the companies were asked about their needs of the machinery equipment. Furthermore I took measurements of chosen operations, did the evaluation and on the basis of results I suggested the other equipment of company, alternatively changes in technical procedure.

Key words: electrical tools, machine, inserts, basic material

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Stavebnictví	1
1.2 Protikrizové aktivity stavebních skupin	2
1.3 Zhodnocení situace a výhled	3
1.4 Rozdělení stavebního trhu v ČR.....	3
2. Charakteristika ručního nářadí pro vrtání a řezání	5
2.1 Typy strojů pro jednotlivé operace.....	5
2.2 Vrtací operace	6
2.2.1 Vrtání bez přiklepu – prosté vrtání	7
2.2.2 Vrtání bez přiklepu – jádrové vrtání	8
2.2.3 Vrtání s mechanickým přiklepovým mechanismem	11
2.2.4 Vrtání s elektropneumatickým přiklepovým mechanismem	13
2.3 Bourací operace	16
2.3.1 Operace s vratným pohybem nástroje	17
2.3.2 Operace s kontinuálním pohybem nástroje.....	19
2.4 Bezpečnost vrtacích a bouracích operací.....	22
2.5 Vibrace nářadí	22
3. Cíl práce	24
4. Charakteristika vybrané firmy	25
4.1 Historie a současnost	25
4.2 Obor působnosti v rámci stavebního trhu	26
4.3 Statistická data	27
4.4 Vybavení elektrickým ručním nářadím.....	28
4.4.1 Struktura vybavení elektrickým ručním nářadím pro vrtání a řezání	
29	
4.4.2 Analýza strojového parku.....	30
4.4.3 Náklady na pořízení a servis strojů	33
4.4.4 Náklady na opravy společnosti Instalace Praha.....	33
5. Měření.....	36
5.1 Měření vrtání otvorů pro kotvení přichytek elektro kabelů	36
5.2 Měření přiklepového vrtání otvorů pro prostupy potrubí	38
5.3 Měření jádrového vrtání otvorů pro prostupy potrubí.....	39
5.4 Měření řezání drážek pro instalace elektro kabelů	41

6. Diskuse	43
6.1 Vyhodnocení	43
6.1.1 Porovnání výkonnosti strojů dle naměřených hodnot.....	43
6.1.2 Porovnání strojů z hlediska roční nákladovosti	44
6.1.3 Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace	45
6.1.4 Návratnost investic.....	46
6.2 Doporučení.....	47
6.2.1 Vrtání otvorů pro kotvení přichytek elektro kabelů	47
6.2.2 Vrtání otvorů pro prostupy potrubí	48
6.2.3 Jádrové vrtání otvorů pro prostupy potrubí	48
6.2.4 Řezání drážek.....	48
7. Závěr	49

1. Úvod

1.1 Stavebnictví

Stavebnictví patří k oborům, které nejvíce zasáhla nedávná krize. Stavaři od roku 2008 do roku 2013 přišli o 443 miliard korun, což odpovídá ročnímu obratu. Kumulativní pokles sektoru proti roku 2008 činil 24 %. Jedním ze sledovaných ukazatelů je index cen stavební produkce, jehož vývoj poukazuje na trvalý pokles cen stavebních prací. Po konjunktře a stavebním rozmachu z období okolo roku 2000 přišel v roce 2008 významný pokles. Přes mírné zlepšení v roce 2010 následoval v dalších letech další pokles. Až v roce 2014 se stavební sektor dostal do mírného růstu (2,3 %). [1,14]

Tabulka 1 – Vývoj indexu cen stavebních prací

Rok	Index stavební produkce					
	Celkem		pozemní stavitelství		inženýrské stavitelství	
	Meziroční index	průměr roku 2010=100	Meziroční index	průměr roku 2010=100	Meziroční index	průměr roku 2010=100
2001	110,4	74,5	110,5	85,0	110,0	53,2
2002	103,0	76,8	102,7	87,2	104,3	55,5
2003	109,3	84,0	105,5	92,0	121,6	67,5
2004	108,8	91,4	107,4	98,8	112,9	76,2
2005	105,2	96,1	104,9	103,7	105,8	80,6
2006	106,0	101,9	105,0	108,8	108,8	87,8
2007	107,1	109,1	110,7	120,5	97,9	85,9
2008	100,0	109,1	96,5	116,2	109,9	94,4
2009	99,1	108,0	93,1	108,2	114,1	107,7
2010	92,6	100,0	92,4	100,0	92,8	100,0
2011	96,4	96,4	99,6	99,6	90,3	90,3
2012	92,4	89,1	93,5	93,1	90,0	81,3
2013	93,3	83,1	94,4	87,9	90,7	73,8

Zdroj: www.czso.cz

Stavební produkce v roce 2014, podle Českého statistického úřadu, meziročně vzrostla reálně o 2,3 %. Problémem zůstává nízký počet stavebních povolení, úřady jich vloni vydaly meziročně o 6,5% méně. Orientační hodnota těchto staveb se snížila o 3,1% na 249,8 miliardy korun. [1]

Situace z let 2008 - 2014 přinutila mnoho stavebních firem ke konkrétním opatřením, jako restrukturalizace, diverzifikace oboru podnikání, utlumení nebo zánik společnosti.

1.2 Protikrizové aktivity stavebních skupin

Diverzifikace aktivit

Diverzifikací se rozumí zapojení do jiných sektorů, které jsou určitým způsobem napojeny na stavebnictví. Mohou to být práce spojené s životním prostředím, vodním hospodářstvím, spolupráce s průmyslovými podniky nebo aktivity na realitním trhu. Jako příklad lze uvést velké nadnárodní skupiny, které se daly cestou diverzifikace svých aktivit, kdy Bouygues Group začala investovat do mediální sféry (TV stanice a rozhlas) a telekomunikace (mobilní telekomunikace). Vinci Group se zaměřila více na dlouhodobé projekty pro veřejný sektor či tzv. PPP projekty (Public Private Partnership), které zajišťují dlouhodobé aktivity společnosti a jsou úzce spojeny se stavebními činnostmi pro veřejný sektor. Skanska rostla celosvětově zejména díky investicím do průmyslu a energetiky. [2,14]

Akvizice

Nákup obdobných firem v jiném regionu vede k zajištění dalších aktivit mimo zaběhnutý trh, nákup firem ve stejném regionu vede k posílení pozice na trhu a eliminací konkurence. Mezi největší akvizice z posledních let patří zejména pohlcení německého koncernu Hochtief španělskou skupinou ACS.

Restrukturalizace, ústup

U největších hráčů na trhu pravděpodobně žádný krizový scénář opuštění trhu nehrozí. Tyto společnosti jsou kapitálově velmi silné a vedení těchto firem dokáže do jisté míry predikovat vývoj a tomu uzpůsobit svoje kroky. Často se jedná o lokální, středně velké stavební společnosti (do 1000 zaměstnanců), případně omezení činnosti určitých divizí větších firem v jednotlivých regionech (například Hochtief CZ bude v roce 2015 rušit svoji TZB divizi).

1.3 Zhodnocení situace a výhled

Obraty a zisky v evropském stavebnictví v letech 2007 až 2012 klesly o 20 % a v roce 2013 pak o dalších 4,5 %. Lídři sektoru i přesto rostli – v letech 2007 až 2012 o 23 %, v následujícím roce o dalších 9 %. S výjimkou rakouského Strabagu všechny v roce 2013 rostly: španělská ACS o 35 %, švédská Skanska o 13 %, méně výrazný nárůst zaznamenaly i skupiny Balfour Beatty, Vinci, Bouygues a Eiffage.

Jedním z úhlů pohledu je, že dochází ke stabilizaci, neboť v období výrazného růstu docházelo k tzv. přehřátí tohoto segmentu výroby. Rok 2015 se jeví v tomto smyslu jako nový počátek, kdy se stavební trh opět nadechne. Naplánované jsou značné investice do silniční a železniční sítě, očekává se růst rezidenční i komerční zástavby. Meziročně rostou investice do energetických projektů v jednotlivých zemích, největšími investory jsou z tohoto pohledu Rusko a asijské země, především Čína.[1,2]

1.4 Rozdělení stavebního trhu v ČR

Inženýrské stavitelství

Inženýrské stavitelství zahrnuje dopravní stavby (silnice, železnice, mosty metro, letiště) a technologické stavby (kolektory pro vedení technologií, vodovodní a plynové řády atd.). Investorem je v tomto případě převážně veřejný sektor – stát, kraje, obce.

Na vzestupu jsou takzvané PPP projekty. PPP je obecný pojem pro spolupráci veřejného a soukromého sektoru vzniklé za účelem využití zdrojů a schopností soukromého sektoru při zajištění veřejné infrastruktury nebo veřejných služeb. Jednotlivé varianty PPP, jsou-li odborně a úspěšně aplikovány, zvyšují kvalitu i efektivnost veřejných služeb včetně výkonu státní správy a urychlují realizaci významných infrastrukturních projektů s pozitivním dopadem na rozvoj ekonomiky. [3]

Investice u zakázek tohoto typu: jednotky až desítky miliard Kč

Společnosti často figurující coby generální dodavatel: Eurovia, Skanska, Metrostav, OHL ŽS

Rezidenční výstavba

Rezidenční výstavba zahrnuje výstavbu objektů určených pro bydlení (rodinné domy, bytové domy) a výstavbu celých obytných sídlišť. Investorem v případě bytových komplexů je nejčastěji developerská skupina.

Investice u zakázek tohoto typu: jednotky až stovky milionů Kč

Společnosti často figurující jako generální dodavatel: Hinton, Skanska, Geosan, Ekospol

Komerční výstavba

Komerční výstavba zahrnuje výstavbu objektů sloužících pro podnikání (kancelářské prostory, nákupní zařízení, logistická centra a podobně). Investorem je nejčastěji developerská nebo podnikatelská skupina.

Investice u zakázek tohoto typu: stovky milionů až jednotky miliard Kč

Společnosti často figurující jako generální dodavatel: GEMO, Metrostav, Strabag, Hochtief

Průmyslová výstavba a energetika

Průmyslová výstavba zahrnuje stavby určené pro montáž, výrobu nebo údržbu. Vzhledem k výrazně proexportně orientované ekonomice ČR se zaměřením na průmysl, je to z hlediska potenciálu velmi zajímavý sektor pro firmy působící ve stavebnictví. Investory jsou často nadnárodní společnosti, které se rozhodnou v ČR investovat a zřídit zde montážní závod, výzkumné pracoviště nebo logistický uzel. Mezi tyto stavby lze zařadit i stavby napojené na energetiku (rozvodny, bloky elektráren, rozvodné sítě). Investorem je veřejný sektor nebo národní a nadnárodní podnikatelské skupiny. Generálními dodavateli jsou často společnosti velmi specializované na průmyslové stavebnictví a energetiku.[8]

Investice u zakázek tohoto typu: stovky milionů až desítky miliard Kč

Společnosti často figurující jako generální dodavatel: Kajima, Takkenaka, Kraftanlagen, Královopolská Ria

2. Charakteristika ručního nářadí pro vrtání a řezání

Dle způsobu dodané energie:

- Manuální
- Mechanizované
 - Elektricky poháněné stroje
 - Vzduchem poháněné stroje
 - Spalovacím motorem poháněné stroje

Dle trajektorie pohybu nástroje:

- S rotačním pohybem nástroje
- S vratným pohybem nástroje

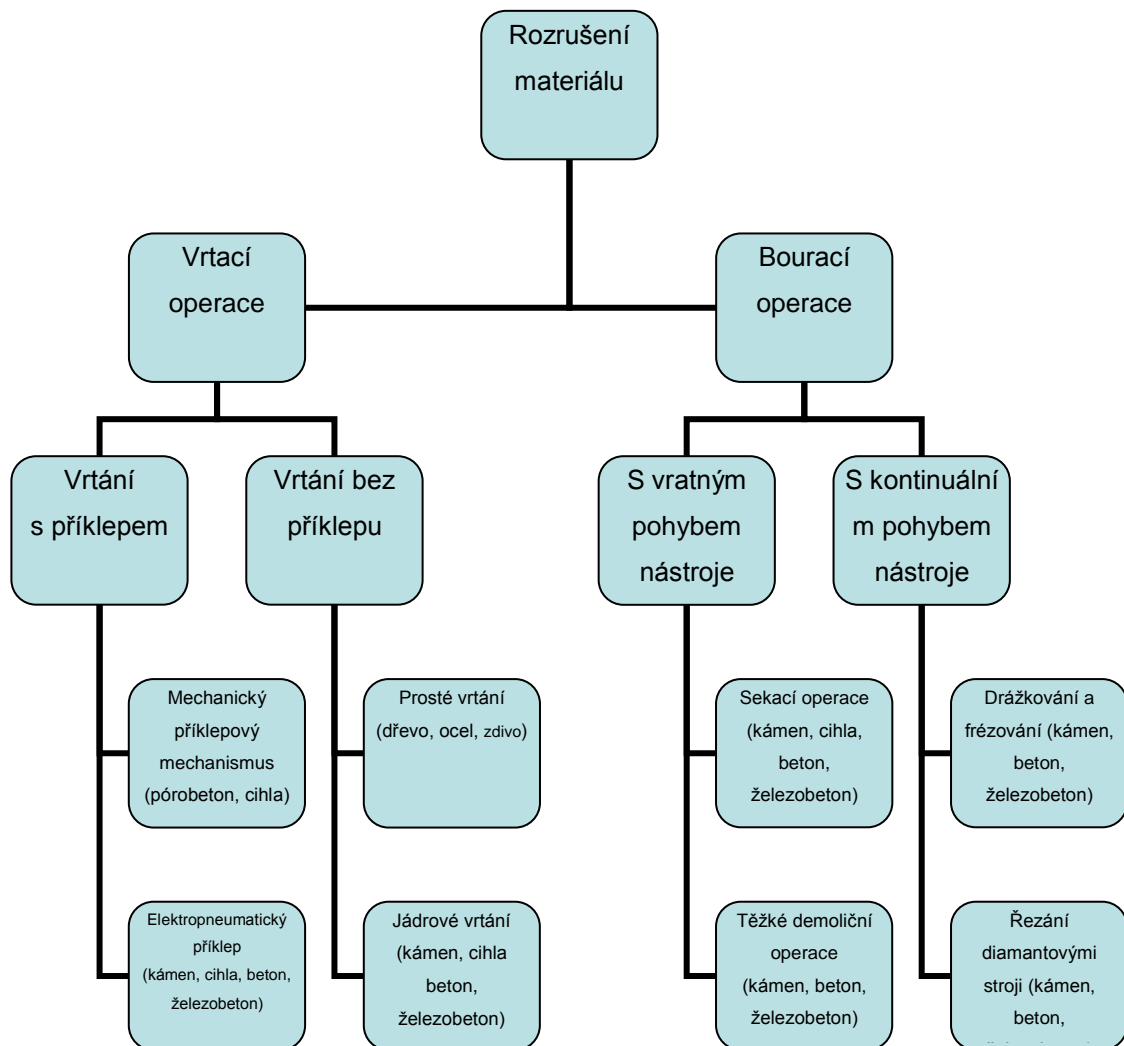
Z hlediska potřebného prostředí:

- Stroje pracující za sucha
- Stroje pracující za mokra

2.1 Typy strojů pro jednotlivé operace

- Vrtací operace
 - Akumulátorové vrtací šroubováky
 - Síťové vrtací šroubováky
 - Síťové bezpříklepové vrtačky
 - Diamantové vrtací stroje
 - Akumulátorová vrtací a kombinovaná kladiva
 - Síťová vrtací a kombinovaná kladiva
- Bourací operace
 - Akumulátorová kombinovaná kladiva
 - Síťová sekací a kombinovaná kladiva
 - Úhlové brusky a drážkovací frézy
 - Benzínové pily
 - Diamantové pily a řezače

Nejčastějšími základními materiály jsou plná a dutá cihla, prostý beton a železobeton. Rozrušení materiálu dle pracovních operací, použitelných do konkrétního základního materiálu je znázorněno na obr. 1.



Obr. 1 – Schéma rozdělení operací pro rozrušení materiálu

Zdroj: autor

2.2 Vrtací operace

Vrtací operace slouží k vytvoření otvoru v základním materiálu nebo dělicí konstrukci. Vyvrtaný otvor slouží k vedení technologie nebo osazení kotvy v případě potřeby uchycení požadovaného prvku. Existují dva způsoby vrtání otvorů. Prosté vrtání, kde stroj nástrojem pouze otáčí, a příklepové vrtání, kde

stroj nástrojem otáčí a zároveň koná periodický vratný pohyb v ose rotace nástroje. Tento mechanismus usnadňuje a urychluje vrtání do podkladního materiálu. [4,10]

2.2.1 Vrtání bez přiklepu – prosté vrtání

Běžné vrtačky jsou osazeny sklíčidly „na kličku“ s vřeteny \varnothing 43 mm podle Evropské normy, umožňující upínání vrtáků a stopkových nástrojů podle velikosti do 10, 13 a 16 mm. [4]

Základní materiál je odřezáván břitem nástroje a odváděn z otvoru drážkami šroubovice nástroje jeho otáčením po směru hodinových ručiček. Vrtací výkon je udáván výkonem motoru stroje, který dodá dostatečný krouticí moment na sklíčidlo a jmenovitými otáčkami. Břit nástroje je zhotoven ze stejného materiálu jako nástroj. Prosté vrtání je vhodné do oceli, dřeva a plastu. Strojem je nejčastěji bezpříklepová vrtačka (obr. 2) nebo akumulátorový vrtací šroubovák (obr. 3).



Obr. 2 - Bezpříklepová vrtačka DeWalt
Zdroj: www.dewalt.cz



Obr. 3 - Akumulátorový vrtací šroubovák Bosch
Zdroj: www.bosch.cz

Výkon stroje je určen schopností motoru vyvinout krouticí moment a jmenovité otáčky. Investicemi výrobců do výboje akumulátorových systémů bylo docíleno srovnáním výkonnosti strojů napájených ze sítě a strojů bateriových. Ty mají velkou výhodu v pracovní mobilitě a nepotřebě stálého napájecího kabelu. Moderní lithiové články bez paměťového efektu poskytují vynikající kapacitu i životnost baterií, nabíjení akumulátoru často nepřesáhne jednotku (y) desítek

minut. U akumulátorových strojů je sledován parametr kapacity baterie udávané ve Watt-hodinách (Wh), což je součin napětí článku ve Voltech a kapacity akumulátoru v Ampér-hodinách (Ah). [4]

Nejčastější využití operací:

- Vrtání do dlaždic při kompletaci příslušenství (zdravotechniky)
- Vrtání při výrobě a montáži technologických prvků (vzduchotechniky)
- Vrtání do ocelových, plynosilikátových, dřevěných a sádkartonových konstrukcí pro kotvení rozvodů a technologií

Parametry strojů:

- Jmenovitý příkon 300-1000 W
- Váha 1 – 3 kg
- Rozsah upínacího sklíčidla 0 – 13 mm
- Otáčky 0 – 4000 min⁻¹
- Max krouticí moment 0 – 100 Nm
- Napětí na akumulátoru 3 – 22 V

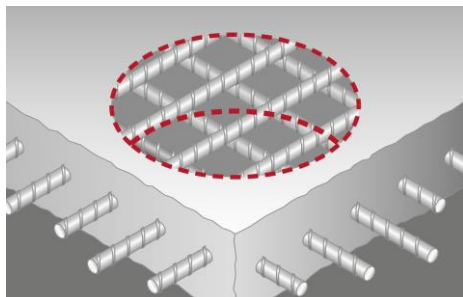
Největší výrobci strojů:

- Bosch
- DeWalt
- Hilti
- Makita
- Milwaukee
- Narex

2.2.2 Vrtání bez přiklepu – jádrové vrtání

Jádrové vrtání, pro které se v praxi vžil termín vrtání diamantové, je operací velmi sofistikovanou a náročnou. Nejčastějším vrtaným základním materiálem je železobeton (obr. 4). Vrtání do železobetonu je díky jistotě střetu s výztužemi technologicky a následně i finančně velmi náročné. Vrtací souprava (obr. 5) se skládá z pohonné jednotky, takzvaného motoru, dále stojanu a nástroje. Stroj je definován svými vrtacími parametry (výkon motoru,

jmenovité otáčky) a hnacím mechanismem (elektrický, hydraulický). Vrtací stojan bývá ukotven do podkladního materiálu nebo dočasně fixován pomocí podtlaku vyvinutého vývěvou.



Obr. 4 - Armování železobetonového bloku

Zdroj: www.hilti.cz



Obr. 6 - Jádrová vrtací korunka s diamanty

Zdroj: www.hilti.cz



Obr. 5 - Vrtací souprava pro jádrové diamantové vrtání

Zdroj: www.hilti.cz

Nástrojem je jádrová korunka (obr. 6), což je tubus, v aktivní vrtací zóně osazený několika segmenty (matricí) obsahujícími syntetické diamanty. Matrice se při rotaci nástroje obrušuje a ze segmentu tak vystupují diamanty, které odebírají základní materiál. Odvrtaný materiál je z otvoru unášen vodou, která je do nástroje přiváděna a nástroj ochlazuje. Železobeton se vrtá bez výjimky s vodním chlazením a při pevném ukotvení vrtací soupravy k podkladnímu materiálu pomocí základní desky a stojanu. Pohyb do vrtaného materiálu v ose vrtu koná obsluha pomocí převodovaného mechanismu. Intenzita tlaku (rychlost zavrtávání) je u moderních strojů indikována na stroji a obsluha dle pokynů elektroniky zvyšuje, nebo snižuje tlak na ovládací prvek.

V případě nedodržení pravidel pro vrtání dochází ke zvýšenému opotřebení nástroje a tím ke zhoršení ekonomiky vrtání. Množství chladicí vody

je třeba regulovat dle podmínek, za kterých operace probíhá. Záleží na hustotě a parametrech výztuže v betonu, typu betonu (jeho křemičité frakce) a na zkušenosti obsluhy. Je třeba velmi citlivě reagovat na aktuální situaci v průběhu operace – například střídání nearmované a armované oblasti v materiálu. Matrice je v případě nedostatku vody rychle obnažována a dochází k vytrhávání zrn diamantu. V případě velkého množství vody je matrice zahlazována a nová diamantová zrna z ní nevystoupí. V takovémto případě je třeba nástroj obživit zavrtáním do extrémně abrazivního materiálu, jako je například šamot. Různé druhy podkladního materiálu (a to i druhy betonu) mají odlišnou abrazivitu a tím ovlivňují proces úbytku diamantového segmentu.

Z dalších druhů materiálu se jádrově vrtá plná cihla, dutá cihla a kamenivo. Na tyto materiály bývá použit segment nástroje na bázi tvrdokovu. Operace probíhá bez chlazení vodou a vrtá se často bez upnutí stroje do stojanu. Vrtací soupravu tvoří pohonná jednotka a nástroj (obr. 7). Pohonná jednotka je napojena na vysavač pro odsávání odvrtného materiálu a částečné chlazení.



Obr. 7 - Souprava pro jádrové vrtní z ruky

Zdroj: www.hilti.cz

Na rozsáhlých stavbách je obvyklé, že prostupy v konstrukcích zajišťuje generální dodavatel stavby. Specializovaná montážní firma pak využije hotové prostupy, kterými vede svoje technologie. Pokud tomu tak není nebo se montážní firma orientuje na menší zakázky, kde generální dodavatel prostupy nezhotoví, stojí montážní firma před rozhodnutím, zda prostupy konstrukcemi zhotoví sama nebo tyto operace nakoupí. Pořízení vrtací soupravy na jádrové

vrtnání je nákladnější než pořízení stroje pro vrtnání příklepové, proto řada subjektů řeší tuto práci subdodavatelsky pomocí specializovaných firem. Ty jsou vybaveny všemi komponenty pro vrtnání potřebnými a disponují rovněž vysoce specializovanou a zkušenou obsluhou. Díky tomu je specializovaná firma schopna vrtat výrazně efektivněji. Její náklady na metr odvrtaného materiálu se mohou pohybovat i pod 50 % nákladů nesespecializovaného a nezkušeného uživatele. [4,9,11]

Nejčastější využití operací:

- Vrtání do zděných a kamenných konstrukcí pro prostupy technologií
- Vrtání do betonových a železobetonových konstrukcí pro prostupy technologií
- Vrtání do betonových a železobetonových konstrukcí pro kotvení technologií

Parametry strojů pro diamantové jádrové vrtnání:

- Jmenovitý příkon 1200 – 5500 W
- Váha 6 – 20 kg
- Rozsah vrtnání 8 – 700 mm
- Otáčky 0 – 9100 min⁻¹

Největší výrobci strojů:

- Hilti
- Husquarna
- Rems
- Rothenberger

2.2.3 Vrtání s mechanickým příklepovým mechanismem

Mechanické příklepové vrtnání je vhodné do měkkých podkladních materiálů (pórobeton, dutá cihla). Tento mechanismus je používán zejména v hobby sektoru, pro profesionální využití není vhodný. Mechanický příklep je řešen dvojicí talířových kol s čelním rohatkovým ozubením. Při stlačení vrtačky o sebe začnou přeskakovat zuby těchto rohatek a vyvolávají rázy, které se

přenesou na vřeteno se sklíčidlem a následně na příklepový vrták. Počet příklepů určují otáčky vrtačky a počet zubů na soukolí. Podle typu vrtačky se počet příklepů pohybuje v rozsahu 10 až 60 tisíc příklepů za minutu. Periodický pohyb v ose vrtání koná celé sklíčidlo (obr. 8), do kterého je napevno pomocí čelistového mechanismu nástroj upnut. Tento nástroj má tzv. válcový dřík (obr. 9). Vrtací výkon je udáván výkonem motoru stroje, který dodá dostatečný krouticí moment na sklíčidlo, jmenovitými otáčkami (s nimi je spojen počet příklepů) a robustností talířového soukolí. Hrot nástroje je zhotoven z tvrdokovu, který je do nástroje přivařen nebo častěji napájen. [4]



Obr. 8 - Tříčelistové sklíčidlo

Zdroj: www.nako.cz



Obr. 9 - Dvoubřítý vrták s válcovou stopkou

Zdroj: www.naradionline.cz

Parametry strojů:

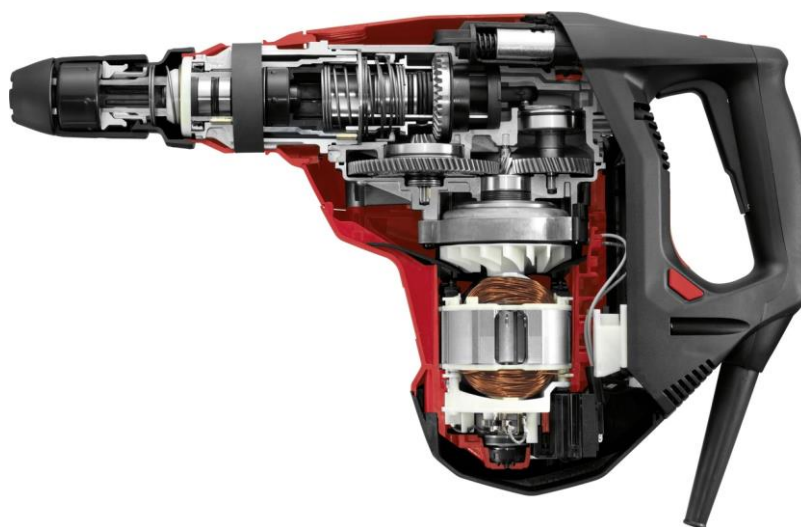
- Vše viz vrtání bez příklepu
- Frekvence příklepů 0 – 40 000 min⁻¹

Největší výrobci strojů:

- Bosch
- DeWalt
- Makita
- Black & Decker

2.2.4 Vrtání s elektropneumatickým příklepovým mechanismem

Vrtání s elektropneumatickým příklepovým mechanismem je nejrozšířenější operací ve stavebním sektoru, používá se zejména pro vrtání do betonu a železobetonu. Elektropneumatický příklep využívají stroje, které se nazývají vrtací kladiva. Motor kladiva je využíván k rotaci nástroje a k pohonu pneumatického příklepového mechanismu. Tento mechanismus pracuje na principu přetlaku a podtlaku vzduchu. Toto působení v uzavřené komoře uvádí do pohybu úderník, který předává energii úderu na nástroj kladiva. Stlačování vzduchu zajišťuje píst spojený přes ojnici a klikový hřídel s elektromotorem (Obr. 10). Výkon stroje je definován jmenovitými otáčkami, kterým nástroj odvádí odvrtný materiál a energií, kterou působí nástroj na podkladní materiál (příklep). Energie udávaná v Joulech závisí na výkonu motoru schopného dodat dostatečný točivý moment na klikovou hřídel pohánějící píst a na rozměrech příklepového mechanismu. [4]



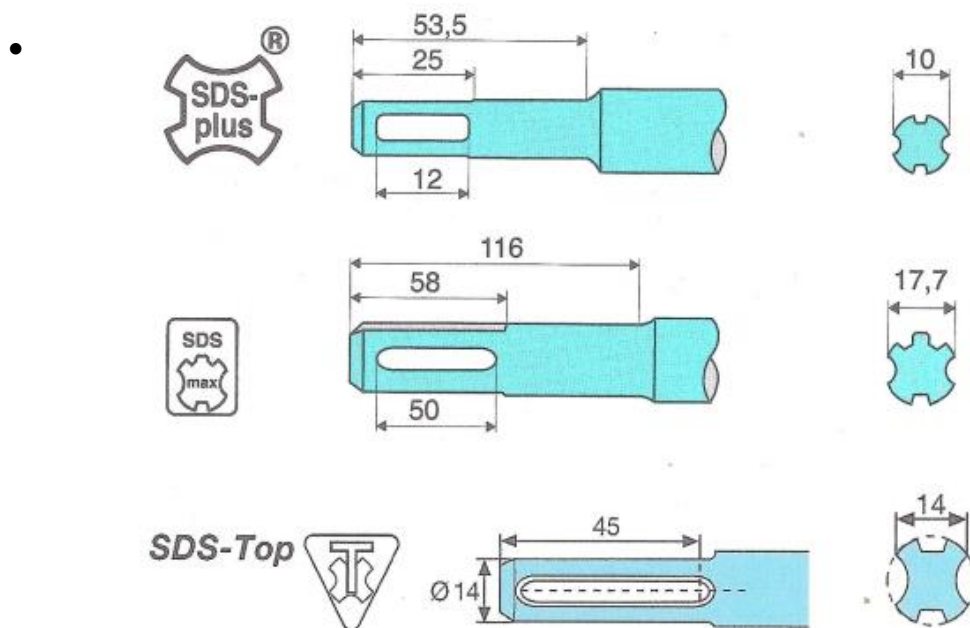
Obr. 10 - Řez kombinovaným kladivem s elektropneumatickým příklepovým mechanismem

Zdroj: www.hilti.cz

Elektromechanický způsob přenosu energie je na rozdíl od mechanického příklepu velmi efektivní a hodí se proto k využití u profesionálního nářadí. Vzhledem k systému, kdy tlouk naráží na dřív nástroje a tím vzniká příklep, je třeba, aby měl nástroj ve sklíčidle pouze osové vedení a nebyl uchycen na pevno. Toho se docílilo upínání s názvem Special Direct System (dále jen SDS), který vyvinula společnost BOSCH v roce 1977. [4,11]

Systém SDS je unifikován v provedeních SDS-Plus, SDS-Top a SDS-Max (obr. 11), lišících se od sebe počtem a provedením vodících a jisticích drážek na stopkách a upínacím průměrem:

- Systém SDS-Plus má dřík \varnothing 10mm s párem vodících drážek a jednou jisticí drážkou. Používá se pro vrtání otvorů \varnothing 5 – 20 mm u lehkých vrtacích kladiv s energií úderu 1 až 5 J
- Systém SDS-Top má dřík \varnothing 14 mm s párem vodících a párem jisticích drážek. Používá se pro vrtání otvorů \varnothing kolem 20 mm vyžadující kladiva s energií úderu přibližně 6 J
- Systém SDS-Max má dřík \varnothing 17,7 mm s třemi vodícími a dvěma jisticími drážkami. Je používán u těžkých kombinovaných nebo sekacích kladiv s energií úderu až 25 J.



Obr. 11 – Porovnání systémů SDS upínání nástroje

Zdroj: www.toolscomp.cz

Nástrojem pro vrtání s elektropneumatickým přiklepem je vrták, na jedné straně s dříkem vloženým do sklíčidla stroje, na druhé straně se šroubovicí požadovaného průměru a délky zakončené v aktivní vrtací zóně břitem. Rotující břit naráží do dna otvoru s frekvencí odpovídající počtem přiklepů (min^{-1}) stroje. [4,13]

Břit tvoří tvrdokovový plátek (obr. 12 - dva břity), nebo tvrdokovová korunka (obr. 13 - čtyři břity), napájená nebo navařená do šroubovice, která rotací dopravuje vynášecími drážkami odvrtný materiál z otvoru na povrch.



Obr. 12 – Dvoubřitý vrták

Zdroj: www.toolscomp.cz



Obr. 13 – Čtyřbřitý vrták

Zdroj: www.hilti.cz

Čtyřbřitý nástroj je složen ze speciální uhlíkové a kalené ocele. Je vhodný pro operace v železobetonu – symetrické uložení $4 \times 90^\circ$ zabezpečuje rovnoměrné odvrátávání materiálu a zamezuje uvíznutí vrtáku při střetu s výztuží. Speciální spirála vrtáku snižuje vibrace a tím i riziko ulomení. [5]

Tvarem se vrtací kladiva dělí na kladiva s pistolovou rukojetí (obr. 14) a kladiva s rukojetí tvaru písmene D (obr. 15). Rozdíl je v uložení motoru k příklepovému mechanismu. Pro náročnější operace je vhodnější uložení motoru kolmo na příklepový mechanismus – tvar D.



Obr. 14 – Kladivo s pistolovou rukojetí

Zdroj: www.bosch.cz



Obr. 15 – Kladivo s D rukojetí

Zdroj: www.bosch.cz

Pro svoji univerzálnost jsou široce rozšířena kombinovaná kladiva, která uživateli umožňují vrtání, vrtání s přiklepem a sekání bez otáčivého pohybu nástroje. Jejich nevýhodou je vyšší pořizovací cena, zvýšené nároky na vnitřní konstrukci příklepového mechanismu a při nevyváženém provozu snížená životnost stroje. Vzhledem k požadavku na robustnější příklepový mechanismus a efektivnější přenos energie (funkce sekání) je stejně jako u vrtacích kladiv výhodnější konstrukce s motorem uloženým kolmo na příklepový mechanismus (konstrukce s D rukojetí). Nejrozšířenější upínání nástroje u kombinovaných kladiv je SDS Plus a SDS Max. [4,13]

Nejčastější využití operací:

- Vrtání do zděných, kamenných, betonových a železobetonových konstrukcí pro prostupy technologií
- Vrtání do zděných, kamenných, betonových a železobetonových konstrukcí pro kotvení technologií

Parametry strojů pro jádrové vrtání:

- Jmenovitý příkon 350 – 1700 W
- Váha 2 – 12 kg
- Rozsah vrtání 4 – 150 mm
- Otáčky 0 – 2000 min⁻¹

Největší výrobci:

- Bosch
- DeWalt
- Hilti
- Makita
- Milwaukee

2.3 Bourací operace

Bourací a demoliční operace slouží k odstranění nevhodných nebo nepotřebných materiálových entit. Mezi odstraňované materiály patří nejčastěji prostý beton, železobeton, přírodní kámen, případně zdiva různého složení. Mezi bourací a demoliční operace lze zařadit i operace spojené s uložením

technologických vedení do stávajících konstrukcí jako je obvodové zdivo nebo monolitické konstrukce. [10]

Z hlediska dodané energie je základním hlediskem dělení na ruční a mechanizované operace. U ručních operací se jedná o drobné bourací a dokončovací operace (drážkování, vysekávání otvorů pro technologie). Ty se provádějí palicí nebo kladívkem s použitím vhodného nástroje (sekáče různých tvarů). Materiál je rozrušován pomocí energie přenášené ze dřívku nástroje. Ta je vyvinuta pracovníkem, který na dřív nástroje působí cyklickou silou (úder). Ruční bourání a sekání je ve větších objemech vysoce neefektivní a přináší zvýšenou potřebu fyzické práce, jakož i zhoršení parametrů pracovního prostředí (hlučnost, prašnost). Proto dělení z hlediska dodané energie nebude bráno v potaz a budou uvažovány pouze bourací operace mechanizované.

Rozdělení dle rozsahu operací:

- Drobné bourací operace – vysekávání ve zdivu, drážkování, začíšťování větších otvorů
- Střední až těžké bourací operace – rozrušování větších ploch (příčky, podlahy, tarasy apod.). V těchto případech se používá středně těžké až těžké sekací kladivo, obsluha ho drží povětšinou v poloze svislé, kolmo na bouraný materiál
- Velmi těžké bourací operace – velké plochy, kde ruční mechanizace již nestačí, případně je velmi neefektivní. Jedná se o renovace staveb, zejména v dopravních stavbách, průmyslu a energetice

Stroj provádějící bourací operace je poháněn elektromotorem, spalovacím motorem nebo pneumaticky. Podle trajektorie poháněného nástroje rozlišujeme operace sekací (vratný pohyb) a operace řezací (rotační pohyb).

2.3.1 Operace s vratným pohybem nástroje

Pro rozsáhlé bourací operace jsou používány těžké bourací stroje poháněné vzduchem. Pro lehčí a středně těžké operace se používají sekací a kombinovaná kladiva s elektropneumatickým příklepem. Princip přenosu

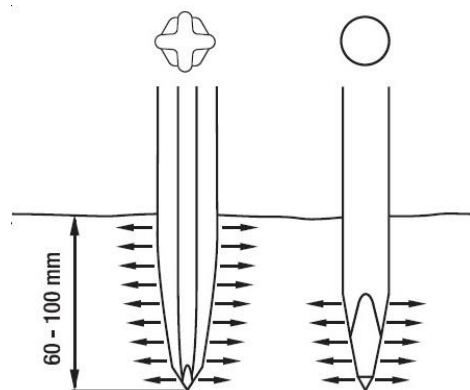
energie je stejný jako u vrtacích a kombinovaných kladiv (viz strana č. 15), ale nejsou vybavena mechanismem pro rotační pohyb. Nástroj vykonává pouze periodicky vratný pohyb.

Nárazy nástroje, takzvaného “sekáče“, vhodných tvarů (obr. 16) do podkladního materiálu dochází k odlamování částic nebo entit materiálu. Působením nástroje v základním materiálu dochází ke vzniku mikrotrhlin a trhlin, které se postupně propojují a dochází tak k narušení materiálu. Šíření energie v základním materiálu je ovlivněno geometrií nástroje. Konvenční sekáče válcového typu se sekanou špicí jsou nahrazovány tzv. polygonovými sekáči s v průřezu křížovým tvarem, které lépe využívají reakce na povrchu nástroje (obr. 17).



Obr. 16 – Tvary břitů nástrojů

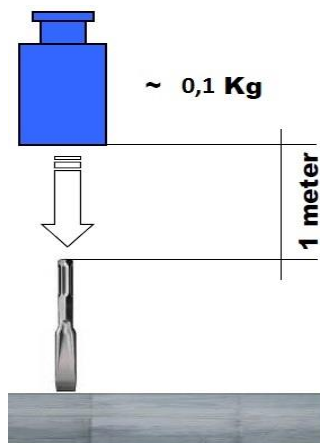
Zdroj: www.hilti.cz



Obr. 17 – Reakce v základním materiálu u polygonového a konvenčního břítu

Zdroj: www.bosch.cz

Energie příklepu je udávána v Joulech (1 Joule odpovídá energii, které předá břemeno o hmotnosti 0,1 kg po pádu z výšky jednoho metru - obr. 18). [4]



Obr. 18 – Energie 1 Joule

Zdroj: www.dewalti.cz

Nejčastější využití operací:

- Vysekávání drážek
- Vysekávání otvorů ve stavebních konstrukcích pro průchody technologií

Parametry strojů pro práce s vratným pohybem nástroje:

- Jmenovitý příkon 700 – 2200 W
- Váha 3 – 30 kg
- Energie příklepu 2 – 70 J
- Frekvence příklepu 800 – 4000 min⁻¹

Největší výrobci strojů:

- Bosch
- Hilti
- Makita
- DeWalt

2.3.2 Operace s kontinuálním pohybem nástroje

Kontinuálně pracujícím nástrojem je diamantový řezný kotouč v případě řezání a drážkování nebo diamantové lano v případě rozsáhlých demoličních operací a vyřezávání rozsáhlých materiálových entit. Za použití přitlačné síly je nástroj vtlačován do základního materiálu a rotačním pohybem nástroje jsou částice základního materiálu vytrhávány mimo svoji předchozí pozici. Dochází tím k rozrušení celistvosti povrchu základního materiálu do hloubky pracovního záběru nástroje. Pokud je šířka (myšleno hloubka) základního materiálu vyšší než je pracovní rozsah nástroje (maximální možná hloubka řezu), vznikne drážka. Pokud je tomu naopak a nástroj projde celým průřezem materiálu, dojde k oddělení materiálu. [4]

Drážkovací operace

Drážkování je operace, která v základním materiálu vytvoří průběžný otvor čtvercového nebo obdélníkového průřezu požadovaných rozměru. Tento otvor slouží pro vedení technologií (elektrické, topenářské, vodovodní, plynové), která je skryta ve stavební konstrukci. [8]

S rostoucími požadavky na izolační a akustické parametry konstrukcí tak roste potřeba co nejšetnějších zásahů do materiálu. Vytvoření otvoru vydrážkováním je přesné a není spojeno s velkými impulsy energie cyklicky dodávaného do materiálu, jak je tomu u sekacích operací. Drážkovací operace se využívají díky rychlosti, zvýšenému komfortu práce (například drážkování ve stropních konstrukcích, kde sekací operace nepřichází v úvahu), bezprašnosti, a možnosti drážkovat i železobeton (vysekávání v železobetonu přináší zvýšené komplikace v podobě nutnosti použití úhlové brusky na ocel při nárazu na výztuž, případně nutnost těžšího sekacího kladiva, které výztuž přesekne). [4,8]

Drážky v materiálu lze docílit dvěma paralelně vykonanými řezy do základního materiálu pomocí úhlové brusky nebo řezače. Nástrojem je diamantový kotouč (obr. 19) pracující na stejném principu jako nástroj u jádrového vrtání - postupném obrušování matrice s vystupujícími zrny diamantu (viz kapitola 2.2.2., strana 9).



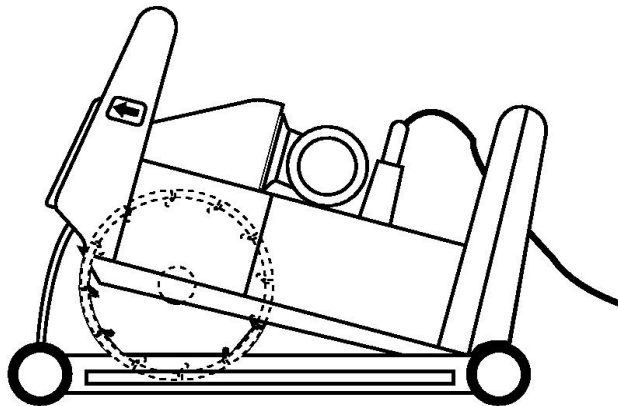
Obr. 19 – Drážka v základním materiálu vytvořená diamantovými kotouči

Zdroj: www.hilti.cz

Pro rozsáhlé drážkovací práce se využívají speciální drážkovací stroje osazené párem diamantových kotoučů, jejichž rozestup pomocí dilatačních kroužků určuje šířku prořezávané drážky. Tento pár kotoučů poháněný výkonným motorem je usazen v rámu se saněmi osazenými vodícími kolečky a s krytem umožňující odsávání agresivního prachu.

Průměr výměnných párů diamantových kotoučů se pohybuje od 115 mm do 230 mm, otáčky musejí odpovídat optimální řezné rychlosti pro beton $80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Podle zvoleného průměru kotoučů a dilatačních kroužků mezi nimi umožňují po zaříznutí do stěny tahem rukou prořezávat drážky hluboké 20 až

65 mm, se šířkou od 3 do 40 mm. Drážkovačka se do základního materiálu zařizne přitlakem síly za pomoci nastavitelného mechanismu (obr. 20).



Obr. 20 – Rám drážkovacího stroje s nastavitelnou hloubkou řezu

Zdroj: www.bosch.cz

Hloubka drážky se reguluje pomocí dorazu na tomto mechanismu. Rychlost postupu řezání se podle materiálu a profilu drážky pohybuje od $50 \text{ m} \cdot \text{hod}^{-1}$ v železobetonu, do $150 \text{ m} \cdot \text{hod}^{-1}$ ve zdivu. Pokud se výplň drážky nerozpadne, odstraňuje se vylamovacím dlátem nebo lehkým sekacím kladivem. [4]

Nedílnou součástí drážkovacího systému je průmyslový vysavač napojený na drážkovací komoru. Odsávání je velmi jemný prach, kterého vzniká kvůli vysokým otáčkám nástroje výrazně více než u sekání. Odsávání zároveň slouží k chlazení diamantových kotoučů, což prodlužuje jejich životnost.

Řezací operace

Řez materiálem vznikne, je-li průřez materiálu na rozdíl od drážky rozrušen v celé své ploše. Spojením na sebe kolmo navazujících řezů v dělicí konstrukci lze docílit otvoru požadovaných parametrů. Řezání základního materiálu probíhá stejně jako drážkování převážně za sucha. Výjimkou je řezání benzinovou pilou s možností přívodu vody.

Nejčastější využití operací:

- Drážkování pro vedení potrubí a kabelů stavebními konstrukcemi
- Vyřezávání otvorů pro průchod potrubí a kabelů
- Vyřezávání dilatačních spár v konstrukci

Parametry strojů pro práce s kontinuálním pohybem nástroje:

- Jmenovitý příkon 900 – 2600 W
- Váha 3 – 10 kg
- Jmenovité otáčky 7000 – 11000 min⁻¹
- Hloubka řezu (závislá na průměru kotouče) 0 – 300 mm

Největší výrobci strojů:

- Bosch
- Hilti
- Rems
- Husquarna

2.4 Bezpečnost vrtacích a bouracích operací

Vrtací, bourací a demoliční operace patří ve stavebnictví mezi činnosti, které představují zvýšené nebezpečí ohrožení života a zdraví pracovníků. Může při nich dojít k ohrožení okolí stavby (např. zřícením objektu) se značnými následky. Rizikovost spočívá v obtížné odhadnutelnosti chování konstrukce v jednotlivých fázích operací. Proto je třeba dodržovat všechna nařízení a normy, věnovat maximální pozornost pokynům statiků a dodržovat pravidla vrtacích zón. [6]

2.5 Vibrace nářadí

Při operacích s elektrickým ručním nářadím je třeba počítat s vibracemi, které na operátora působí dlouhodobě. Mají za následek únavu, snížení pozornosti a výkonnosti, mohou vyvolat poškození svalů, kloubů, bolest, znečítlivění a ztrátu síly v prstech, poruchy krevního oběhu začínající tzv. chorobou bílých prstů nebo tzv. Raynaudovým syndromem s trvalými zdravotními následky.

Aby se těmto následkům předešlo, jsou výrobci nářadí nuceni při jeho vývoji a výrobě respektovat ochranu před působením hluku a vibrací vyhlášenou zákonem č.258/2000 Sb., a provozovatelé pak dodržovat příslušné kapitoly zákoníku práce zejména o omezení pracovní doby v souvislosti s působící hladinou vibrací. Nejvyšší přípustné hodnoty hluku a vibrací přímo na

jejich zdroji (tj. nářadí nebo stroji) nesmí překročit přísně stanovené hodnoty stanovené u nás v navazujícím nařízení vlády č.148/2006 Sb. U běžných druhů elektrického, pneumatického a hydraulického nářadí nebo ručně ovládaných strojů a zařízení s motorovým pohonem se vývojáři i výrobci snaží jejich vibrace snižovat zejména dokonalejším vyvážením kmitajících nebo rotačních mechanismů, pružným upínáním nástrojů, anti-vibračním skeletem nářadí, odpruženými a měkce obloženými rukojeťmi a držadly.

Vibrace působící u ručního nářadí se udávají v $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. Při zkouškách se zjišťují akcelerometricky tzv. vibrometrem na styčné ploše v místě jejich přenosu do lidského organismu. [7]

Dle evropských norem se u nářadí rozlišují tři hladiny působení (expozic):

- Nízká (pod $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), přípustná po celých 8 h denně
- střední (od 5 do $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), s limitem 2 hodiny denně
- vysoká (nad $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) kde je doba práce výrazně zkracována

Tabulka 2 – Hodnoty vibrací vybraného ručního elektrického nářadí

Nářadí	Nízká hladina [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]	Střední hladina [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]	Vysoká hladina [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]
Příklepová vrtačka	4 - 6	9	25
Drážkovací fréza	4	6	8
Sekací kladivo	8	15	35

Zdroj: www.toolscomp.cz

3. Cíl práce

Cílem práce je navrhnout změnu struktury vybavení strojového parku vybrané stavební firmy se zaměřením na řezání a vrtání – vrtací a sekací kladiva a diamantovou techniku. V případě vybrané firmy se bude, z hlediska oboru činnosti firmy, jednat o elektrické ruční nářadí. Bude charakterizován typ operací, které firma provádí, a v návaznosti na to bude vybrán okruh nejčastěji používaných strojů. Měřením bude zjištěno porovnání mezi jednotlivými typy používaných strojů na jednotlivé operace a bude navrženo nejvhodnější řešení obnovy, případně změna technologie operací.

4. Charakteristika vybrané firmy

Název	Instalace Praha s.r.o.
Vlastník	Ing. Jaroslav Štoček
IČ	45804371
Počet zaměstnanců	270
Adresa dle OR	Truhlářská 1108/3, 110 00 Praha- Nové město
Sídlo společnosti	Kutnohorská 288, 109 00 Praha 10

4.1 Historie a současnost

Společnost Instalace Praha s.r.o. (dále IP) byla založena v roce 1992, historicky však navázala na činnost soukromých firem pohybujících se na stavebním trhu již před rokem 1948, a zejména pak na činnost podniků Průmstav, n. p. a Instalace Praha, s. p..

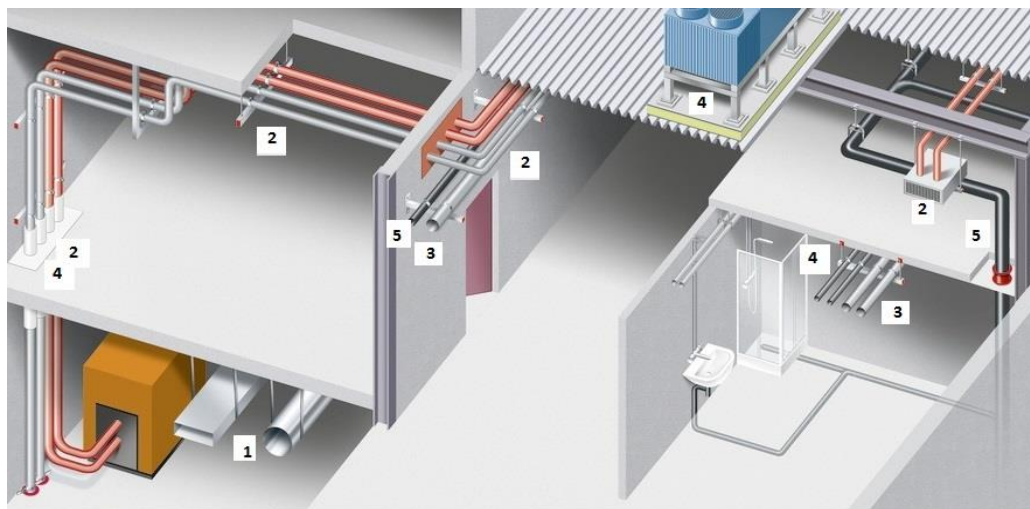
Zpočátku své existence byla výrazně zaměřena na dodávky technických zařízení budov se specializací v oborech zdravotní techniky, ústředního vytápění, tepelných izolací a silnoproudých rozvodů. V průběhu uplynulých let se však stala vyhledávaným partnerem schopným poskytovat komplexní dodávky stavebních a technologických celků včetně inženýrské a projekční činnosti ve výstavbě, správě a údržbě budov ve všech segmentech stavebního trhu.

Podílí se na významných projektech v oblasti zdravotní techniky, tepelné a chladicí techniky, vzduchotechniky a klimatizace, elektrotechniky i stavebních celků, a to i při náročných rekonstrukcích. V průběhu své existence společnost úspěšně zakončila stovky zakázek v objemu několika miliard korun.

4.2 Obor působnosti v rámci stavebního trhu

Technické zařízení budov

Technické zařízení budov zahrnuje vytápění², zdravotnicku, rozvod plynu³, větrání a klimatizaci¹ a chlazení budovy⁴ (obr. 21). Dále pak potrubní rozvody všech druhů kapalin, plynů nebo materiálu používaného při výrobě. [8,10]

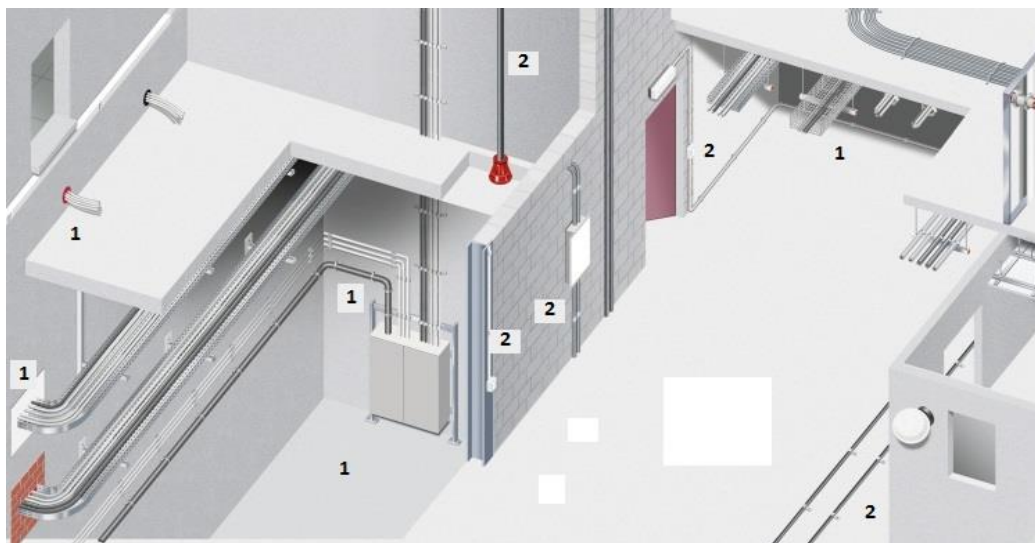


Obr. 21 – Rozvody potrubí topení, chlazení, zdravotnicku, plynu, vzduchotechniky

Zdroj: www.hilti.cz

Elektrické zařízení budov

Elektrické zařízení budov zahrnuje kabelové rozvody silnoproudu¹, slaboproudu² a automatizačních a hlásicích rozvodů³ (Obr. 22), jako je měření a regulace (MAR) a elektrické požární signalizace (EPS). [9]

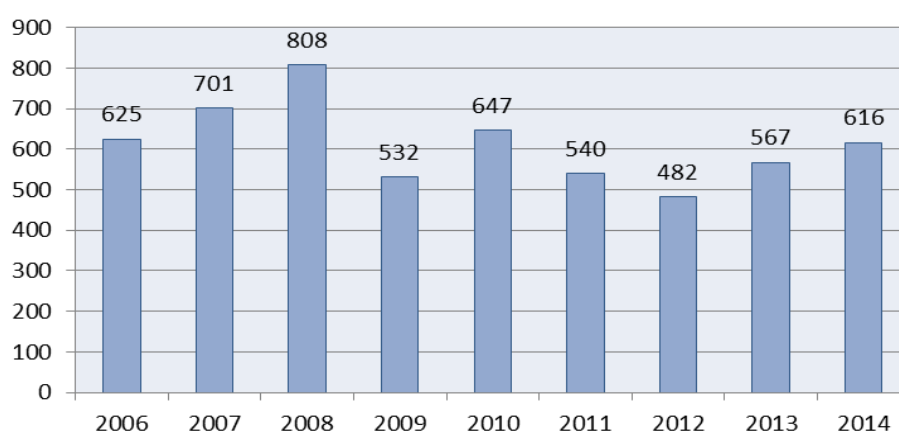


Obr. 22 – Rozvody slaboproudých, silnoproudých, automatizačních a hlásicích kabelů

Zdroj: www.hilti.cz

4.3 Statistická data

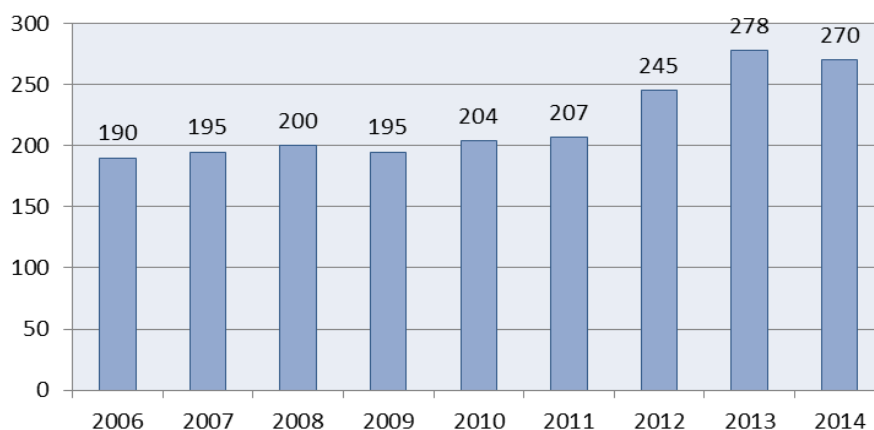
Společnost IP je schopna realizovat samostatně, v konsorciu nebo inženýrsky zakázky do cca 400 mil. Kč. Od roku 2000 společnosti IP dosahuje ročního obrátu okolo 600 mil. (obr. 23) s výjimečnými léty 2007-2008, kdy se realizovaly zakázky ČS Technické centrum a Národní technická knihovna v souhrnu za cca 500 mil. Kč, a krizovými roky 2009 – 2012 s výjimkou v roce 2010, kdy se realizovala zakázka Česká spořitelna Budějovická a Rezidence Korunní.



Obr. 23 – Vývoj obrátu Instalace Praha s.r.o. od roku 2006 do roku 2014

Zdroj: www.instalace.cz

Dle počtu zaměstnanců se s aktuálním stavem mezi 250 a 280 zaměstnanci řadí I. P. s.r.o. mezi největší firmy z pohledu relevantní konkurence (TZB společnosti) v ČR (obr. 24).

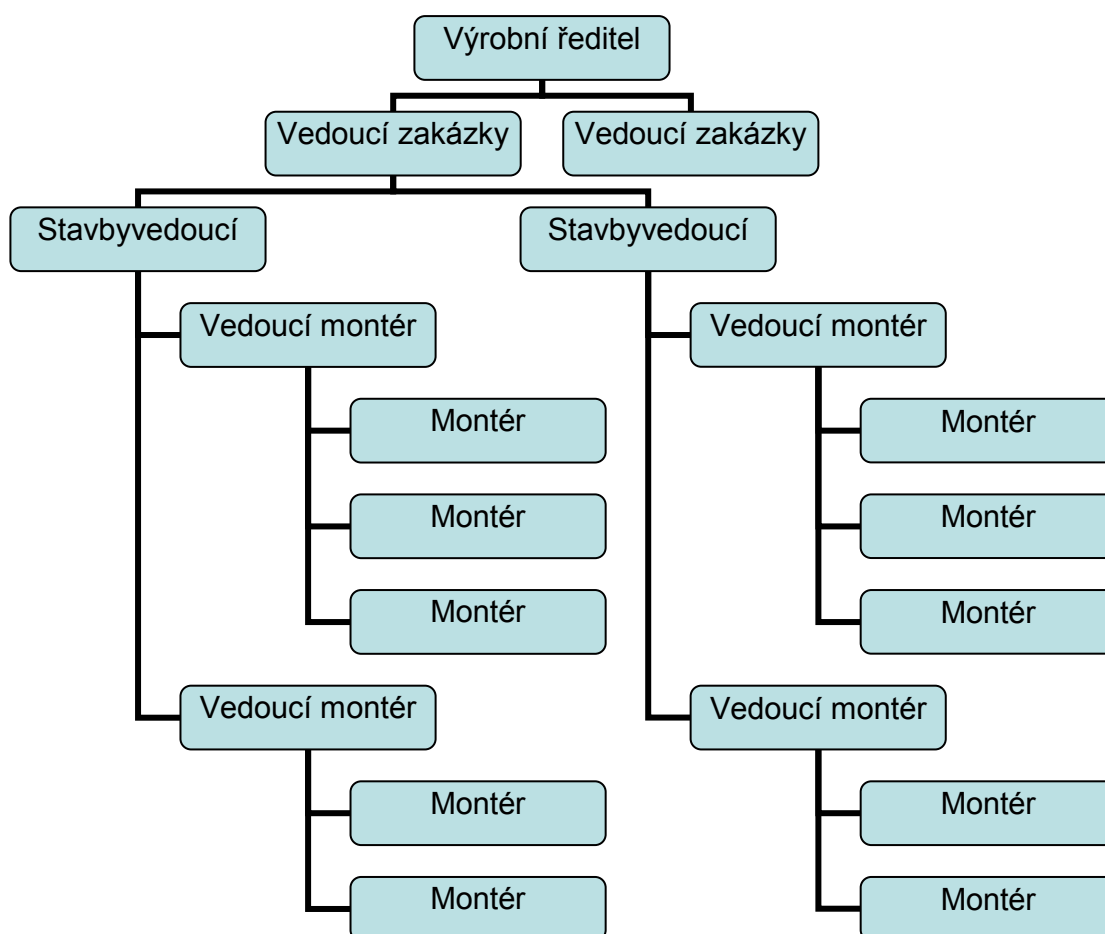


Obr. 24 – Vývoj počtu zaměstnanců Instalace Praha s.r.o. od roku 2006 do roku 2014

Zdroj: www.instalace.cz

4.4 Vybavení elektrickým ručním nářadím

Společnost IP má stanovenou hierarchii pracovníků (obr. 25), která koresponduje se standardem v montážním úseku podobných společností v oboru. Vybavení elektrickým ručním nářadím závisí zejména na počtu manuálně pracujících zaměstnanců ve firmě a skladby a typu zakázek. Manuálně pracující zaměstnanci (montéři) jsou zpravidla rozděleni na tři až čtyřčlenné montážní skupiny. Každá skupina má vedoucího (vedoucí montér), který zajišťuje potřeby ručního nářadí a zodpovídá za něj. Nákladnější a méně často používané nářadí je pak součástí centrálního strojového parku, případně má toto nářadí na starosti stavbyvedoucí, který zaštiťuje více montážních skupin. Tyto skupiny pak nářadí sdílejí společně.



Obr. 25 – Struktura zaměstnanců společnosti Instalace Praha s.r.o. ve výrobním úseku

Zdroj: autor

Rozdělení společnosti IP dle středisek:

- Středisko Elektro
- Středisko TZB
- Středisko projekce a příprava
- Vedení společnosti

Z hlediska potřeby elektrického ručního náradí je relevantní středisko Elektro a středisko TZB. Obě střediska se na zakázkách prolínají a z hlediska vedoucích zakázek toto dělení neplatí. Struktura zaměstnanců je následující:

- 5 vedoucích zakázky
 - 5 stavbyvedoucích elektro
 - 13 vedoucích montérů elektro
 - 68 montérů elektro
 - 9 stavbyvedoucích TZB
 - 38 vedoucích montérů TZB
 - 102 montérů TZB

4.4.1 Struktura vybavení elektrickým ručním náradím pro vrtání a řezání

V roce 2003 provedla externí agentura pro společnost Hilti dotazníkový výzkum mezi téměř 150 podnikatelskými subjekty působícími ve stavebnictví, zabývajícími se obory TZB a Elektro. Společnosti byly rozděleny do pěti velikostí dle počtu zaměstnanců a bylo dotazováno jejich vybavení elektrickým ručním náradím a jeho průměrná roční obnova. Výsledky jsou zpracovány v tabulce číslo 3 a tabulce číslo 4.

Tabulka 3 – Průměrná potřeba elektrického ručního náradí dle velikosti firmy

Kategorie velikosti	Počet zaměstnanců	Sekací kladiva	Kombi kladiva	Vrtací kladiva	Drážkovací stroje	Jádrové vrtačky
1	5-19	1	3	5	1	1
2	20-49	2	9	18	3	2
3	50-99	4	13	30	7	2
4	100-199	6	16	48	10	4
5	200-300	8	20	97	13	5

Zdroj: www.gfk.cz

Tabulka 4 – Průměrná roční potřeba obnovy elektrického ručního nářadí dle velikosti firmy

Kategorie velikosti	Počet zaměstnanců	Sekací kladiva	Kombi kladiva	Vrtací kladiva	Drážkovací stroje	Jádrové vrtačky
1	5-19	0,18	0,5	0,7	0,2	0,1
2	20-49	0,36	1	1	0,7	0,3
3	50-99	0,73	1,6	1,5	1,2	0,6
4	100-199	0,9	2	2,8	2,1	1
5	200-300	1,1	2,5	6	3,9	1

Zdroj: www.gfk.cz

4.4.2 Analýza strojového parku

Ve společnosti I. P. má rozhodovací pravomoc ve výběru dodavatelů výrobní ředitel. Ten rozdělil kompetence:

- Controlling - zodpovídá za databázi a sledování nákladů na stroje
- MTZ (materiálně technické zabezpečení) manažer - je ve spojení s vedoucími montéry, vyhodnocuje požadavky vedoucích montérů na dodávku strojů a spotřebního materiálu a procesně zajišťuje nákup. Zároveň zadává data o stojích do systému sledování strojového parku, kde jsou sledovány údaje o datu nákupu, pořizovací ceně a počtu a nákladech na opravy

Porovnání aktuálního stavu vybavení elektrickým ručním nářadím s vyhodnocenou průměrnou potřebou vybavení velikostně adekvátních firem v tabulce 5 naznačuje významné odlišnosti.

Tabulka 5 – Porovnání průměrné potřeby vybraného nářadí s aktuálním stavem IP

	Počet zaměstnanců	Sekací kladiva	Kombi kladiva	Vrtací kladiva	Drážkovací stroje	Jádrové vrtačky
Průměr dle výzkumu	200-300	8	20	97	13	5
Instalace Praha	270	0	148	19	19	2

Zdroj: www.gfk.cz + autor

Odlišnosti mohou být způsobeny rozdílnými nákupními a technologickými zvyklostmi nebo odlišným zaměřením prací jednotlivých subjektů. Z výzkumu například vyplývá, že firma IP nepoužívá sekací kladiva. Tyto operace provádí

pomocí kombinovaných kladiv, které jsou univerzálnější. Operace, kdy je třeba vytvořit prostor v konstrukci pro průběžné vedení technologie (drážku), provádí pomocí drážkovacích frézek, nikoliv pracnějším a pomalejším vysekáváním pomocí sekacích kladiv. Významná odlišnost je u kombinovaných kladiv. Ve výzkumu jsou mezi kombinovaná kladiva zahrnuta pouze kladiva s upínáním SDS Max. Malá kombinovaná kladiva s upínáním SDS Plus s funkcí sekání jsou obsaženy v sekci "Vrtací kladiva".

Aktuální stav vybavení vybraným elektrickým ručním nářadím

Nastudováním databáze elektrického ručního nářadí byly identifikovány typy a počty jednotlivých typů strojů včetně jejich parametrů. Stroje byly rozděleny na vrtací a kombinovaná kladiva v tabulce 6, stroje pro jádrové diamantové vrtání v tabulce 7 a stroje pro drážkovací operace v tabulce 8.

Tabulka 6 – Parametry elektrického ručního nářadí IP – vrtací, sekací a kombinovaná kladiva

Typ stroje	Počet	Upínání nástroje	Jmenovitý příkon	Rázová energie	Jmenovitá otáčky	Hmotnost	Funkce	Průměrné stáří
Hilti	[ks]	[-]	[W]	[J]	[min ⁻¹]	[Kg]	[-]	[rok]
TE 2	2	SDS Plus	650	1,8	0- 930	2,7	vrtací	3,6
TE 6-A	4	SDS Plus	450	2	0-890	4	vrtací	0,7
TE 7	2	SDS Plus	710	1,8	0-750	2,9	vrtací	1,3
TE 7-C	5	SDS Plus	720	2,6	0-750	3,2	kombi	1,1
TE 7-A	1	SDS Plus	550	2,6	0-750	4,9	kombi	2,1
TE 60	4	SDS Max	1300	7,3	0-350	7,5	kombi	1,2
TE 6-C	2	SDS Plus	650	1,8	0-880	2,8	kombi	4,3
TE 6-S	5	SDS Plus	650	1,8	0-880	2,8	vrtací	5,1
TE 30-A	3	SDS Plus	800	3,6	0-650	5,5	vrtací	0,4
TE 30-C	1	SDS Plus	850	3,3	0-750	4,2	kombi	1,2
Bosch GBH								
2-23RE	3	SDS Plus	710	2,3	0-1000	3,6	vrtací	2,3
2-24DF	35	SDS Plus	790	2,7	0-920	2,8	kombi	3,6
2-26 DRE	58	SDS Plus	800	2,7	0-900	2,9	kombi	2
2-28DV	8	SDS Plus	850	3,2	0-900	3,1	kombi	2,9
500	3	SDS Plus	750	2,2	0-870	3,5	kombi	5,6
3-28DRE	1	SDS Plus	800	3,1	0-900	3,6	kombi	2,3
4-32DFR	15	SDS Plus	900	4,2	0-800	4,7	kombi	3,4
36-LI	6	SDS Plus	450	2,8	0-960	4,4	kombi	2,7
5-40DE	4	SDS Max	1150	8,8	170-340	6,8	kombi	3,1
7-46DE	3	SDS Max	1350	13	145-380	8,2	kombi	4,1
Makita								
HR2610	3	SDS Plus	800	2,9	0-1200	2,8	kombi	2,3

Zdroj: IP + autor + technické listy výrobců

Tabulka 7 – Parametry elektrického ručního nářadí IP – drážkovací stroje

Typ stroje	Počet	Průměr kotouče	Jmenovitý příkon	Šířka drážky	Hloubka drážky	Hmotnost	Průměrné stáří
	[ks]	[mm]	[W]	[mm]	[mm]	[kg]	[rok]
Hilti DC SE 20	4	125	1950	9-46	2-40	5,5	2,3
Bosch GNF35CA	7	150	1400	3-39	5-35	4,4	4,5

Zdroj: IP + autor + technické listy výrobců

Tabulka 8 – Parametry elektrického ručního nářadí IP – jádrové diamantové vrtačky

Typ stroje	Počet	Jmenovitý příkon	Vrtací rozsah	Jmenovité otáčky	Hmotnost	Průměrné stáří
	[ks]	[W]	[mm]	[min ⁻¹]	[kg]	[rok]
Rems PICUS S1	1	1800	25-132	580	9	4,1
Hilti DD250	1	2600	25-400	320/550/1120	12,7	12,6

Zdroj: IP + autor + technické listy výrobců

Z analýzy strojového parku vyplývá, že společnost IP využívá elektrické nářadí společnosti Bosch, částečně společnosti Hilti. Má také dvě diamantové vrtačky, Rems a Hilti. Důvody vysvětlil výrobní ředitel Ing. Pavel Neuer následovně:

„Stejně jako v každém odvětví podnikání, tak i u nás fungovaly a do jisté míry fungují stereotypní nákupní zvyklosti. Vzhledem k tomu, že jsme měli cca 500 metrů od našeho sídla společnosti dealera ručního nářadí, zvykli jsme si nakupovat u něj. Ze sortimentu nářadí Bosch, Dewalt, Makita a Metabo jsme zvolili stroje společnosti Bosch. Mezi lidmi bylo největší povědomí o těchto strojích, a když jsme si analyzovali jaké stroje vedoucí montéři pro vybavení svých skupin nejčastěji poptávají, vyšly z toho stroje právě tohoto výrobce. Navíc tento dealer zároveň zabezpečoval pro nás podstatnou službu, a to servis strojů do deseti pracovních dnů.“

4.4.3 Náklady na pořízení a servis strojů

Pořizovací náklady

Pořizovací náklady jsou první, mnohdy nejdůležitější kritérium pro nákup stroje. Každý stroj prochází životním cyklem a opotřebovává se. S přibývajícím opotřebením mohou náklady na provoz stroje růst a náklady na jeho provoz tak může přesáhnout hodnotu pořizovací ceny. Z toho důvodu nelze brát pořizovací cenu jako jediný a hlavní rozhodující argument. U elektrického ručního náradí nebývá až na výjimky překročena pořizovací hodnota 40 000 Kč, kterou ukládá zákon jako hranici pro dlouhodobý majetek. Pořizovací cenu stroje si proto podnikatelský subjekt může odepsat celou naráz. [12]

Servisní náklady

U elektrického ručního náradí není jejich provoz spojen s významnou spotřebou elektrické energie, potřebou speciálně vyškolené obsluhy nebo jakýchkoliv dodatečných nákladů. Uvažují se tedy pouze náklady záručního a pozáručního servisu, případně náklady spojené s prostoji v důsledku nefunkčnosti stroje (nutnost využití půjčovny).

Společnosti mezi sebou obchodují dle obchodního zákoníku, délku záruky nestanovuje zákon ale smluvní ujednání obou partnerů. Zvyklostí je, že na elektrické ruční náradí je záruka na výrobní a materiálové vady 24 měsíců, na stroje diamantové (pily, vysavače, jádrové vrtačky) pak 12 měsíců. Zpravidla se v záruce nehovoří o stoprocentní garanci nulových nákladů, tedy o nákladech na opravy vzniklé v důsledku opotřebení. Tyto opravy jsou i v garanční době (24/12 měsíců) placené, pokud smluvní podmínky mezi oběma subjekty nestanoví jinak. Proto nelze jednoznačně říci, že u všech výrobců jsou náklady na servis v prvních dvou letech rovny nule.[12]

4.4.4 Náklady na opravy společnosti Instalace Praha

Díky pečlivé evidenci historie strojů bylo možné vyhodnotit pořizovací ceny strojů C a náklady na servis jednotlivých strojů z vybavení společnosti. Tyto informace se ve firmě sledují a archivují od roku 2010, průměrné stáří strojového parku vybraného elektrického ručního náradí činí 3,2 roků.

Na jednotlivé ukazatele obsahuje tabulka 9, která obsahuje jak data z databáze IP, tak data dopočítaná dle přiložených vzorců.

Tabulka 9 – Náklady na servis dle jednotlivých typů vybraného elektrického ručního nářadí

Výrobce	Typ stroje	Počet	Průměrné pořizovací náklady	Průměrné stáří	Průměrné roční náklady na opravy	Koeficient oprav	Koeficient využití stroje	Koeficient prostojů na opravy
		n [ks]	N [Kč]	T _s [rok]	N _o [Kč]	K _o	K _{r_{vs}}	K _{pr}
HILTI	TE 2	2	3650	3,6	618	1,61	0,18	0,99
HILTI	TE 6-A	4	18500	3,2	478	1,04	0,18	0,99
HILTI	TE 7	2	5500	1,3	0	1,00	0,18	0,99
HILTI	TE 7-C	5	6450	2,3	565	1,20	0,18	0,99
HILTI	TE 7-A	1	19500	2,1	0	1,00	0,18	0,99
HILTI	TE 60	4	23512	2,4	1693	1,17	0,26	0,99
HILTI	TE 6-C	2	7500	4,3	500	1,29	0,18	0,99
HILTI	TE 6-S	5	7150	5,1	365	1,26	0,18	0,99
HILTI	TE 30-A	3	25400	0,4	0	1,00	0,18	0,99
HILTI	TE 30-C	1	16780	1,2	0	1,00	0,18	0,99
Bosch	2-23 RE	3	2850	2,3	942	1,76	0,18	0,95
Bosch	2-24 DF	35	3164	3,6	448	1,51	0,18	0,95
Bosch	2-26 DRE	58	3310	2	562	1,34	0,18	0,95
Bosch	2-28 DV	8	5130	2,9	841	1,48	0,18	0,95
Bosch	500	3	8530	5,6	1638	2,08	0,18	0,95
Bosch	4-32 DFR	15	16150	3,4	344	1,07	0,18	0,95
Bosch	36-LI	6	15700	2,7	200	1,03	0,18	0,95
Bosch	5-40 DE	4	18320	3,1	1485	1,25	0,19	0,95
Bosch	7-46 DE	3	21725	4,1	3216	1,61	0,26	0,95
Makita	HR2610	3	4500	2,3	1232	1,63	0,26	0,86
Rems	PICUS S1	1	62100	4,1	8878	1,59	0,13	0,86
Hilti	DD 250	1	153000	12,6	2476	1,20	0,13	0,99
Hilti	DC SE 20	4	29900	1,7	750	1,04	0,10	0,99
Bosch	GNF 35	15	14200	3,1	1052	1,23	0,10	0,95

Zdroj: IP + autor

n: Počet strojů konkrétního typu [ks]

N: Průměrné pořizovací náklady na jeden konkrétní stroj [Kč] (zdroj: IP)

T_s: Průměrné stáří konkrétního typu stroje [rok] (zdroj: IP)

N_o: Průměrné roční náklady na servis jednoho stroje [Kč] (zdroj: IP)

$$K: \text{Koeficient oprav } K_o = \frac{P}{N_o \times T_s} \quad [-] \quad (1)$$

$$K_{r_{vs}}: \text{Koeficient využití stroje } K_{r_{vs}} = \frac{\text{motohodiny stroje}}{\text{využitelný časový fond}} \quad [-] \quad (2)$$

Vrtací kladivo SDS Plus: K_{r_{vs}} = 0,18

Kombinované kladivo SDS Max: K_{r_{vs}} = 0,26

Jádrová vrtačka: K_{r_{vs}} = 0,19

Drážkovací stroj: K_{r_{vs}} = 0,05

(zdroj: IP)

$$K_{pr}: \text{Koefficient prostojů na opravy } K_{pr} = \left\{ 1 - \frac{\text{čas stroje v servisu}}{\text{pracovní dny v roce}} \right\} [-] \quad (3)$$

Uvažován jeden servis ročně

Bosch 10 pracovních dnů: $K_{pr} = 0,95$

Hilti 3 pracovní dny: $K_{pr} = 0,99$

Makita 30 pracovních dnů: $K_{pr} = 0,86$

Rems 30 pracovních dnů: $K_{pr} = 0,86$

(zdroj: IP)

5. Měření

Měření probíhalo na několika stavebních pracích realizovaných společnostmi IP v roce 2014 a 2015 a také v uměle vytvořených podmínkách v areálu společnosti na vhodných podkladních materiálech. Měření probíhalo vždy za přítomnosti pověřených osob z personálu společnosti. Měřil se čas potřebný pro jednotlivé operace, spotřeba nástrojů a počet operací za stanovený čas. Mezi výstupní hodnoty bylo zároveň zařazeno subjektivní hodnocení pracovníků, kteří si vyzkoušeli jednotlivé stroje pro porovnání.

5.1 Měření vrtání otvorů pro kotvení příchytek elektro kabelů

Metodika měření

Měřen byl čas potřebný na vyvrtání otvorů pro kotvení kabelové trasy. Stroje obsluhovali čtyři pracovníci, kteří se po dvaceti otvorech střídali tak, aby se minimalizovala chyba na straně obsluhy. Měření proběhlo na počtu 120 otvorů (30 otvorů každým strojem) o průměru 8mm a hloubce 40mm. Po měření přepočteno na $m \cdot \text{hod}^{-1}$. Sledováno bylo také opotřebení nástroje – vrtáku.

Charakteristika podmínek

Měření proběhlo na stavbě Millenium Crystal Praha, během jedné směny čtyř elektromontážních skupin, které vrtají otvory pro kotvení příchytek kabelů pro rozvody EPS (elektrická požární signalizace) do vodorovných i svislých železobetonových konstrukcí tvořených betonem C20/25 s pevností v tlaku 25MPa obsahujícím betonářskou výztuž $\varnothing 14\text{mm}$. [11]

Charakteristika strojů

Pracovníci byli vybaveni třemi srovnatelnými sítí napájenými vrtacími kladivy s upínáním nástroje SDS Plus různých výrobců a jedním vrtacím kladivem akumulátorovým pro porovnání efektivity práce. Pro porovnání bylo použito vrtací kladivo Bosch GBH 2-26, Makita HR2610T, Hilti TE 2 a akumulátorová verze TE 2-A. Parametry strojů v tabulce 10.

Tabulka 10 – Parametry vybraných kladiv SDS Plus

Stroj	Název stroje	Nástroj	Příkon [W]	Energie příklepu [J]	Hmotnost [Kg]	Cena bez DPH [Kč]
1	Bosch GBH 2-26	Hawera 8,0 x 50	800	2,7	2,9	3310
2	Hilti TE 2	Hilti TE CX 8/120	650	1,5	2,3	3900
3	Makita HR2610T	Hawera 8,0 x 50	800	2,4	2,8	4500
4	Hilti TE2 -A	Hilti TE CX 8/120	360	1,5	2,6	12900*

*cena za sestavu stroj + nabíječka + 2x akumulátor 3,3Ah

Zdroj: technická dokumentace výrobců nářadí

Naměřené hodnoty

Tabulka 11 – Naměřené hodnoty kladiv SDS Plus

Stroj	Průměrný čas na otvor	Průměrný čas na přípravu	Hodinová výkonnost	Životnost nástroje	Subjektivní hodnocení
	T_{11} [s]	T_{12} [s]	Q_{h1} [$m \cdot hod^{-1}$]	Z_1 [m]	S_1 [%]
Bosch GBH 2-26	6,7	10	8,6	8,4	90
Hilti TE 2	6,9	10	9	9,1	90
Makita HR2610T	7,4	10	8,28	7,2	60
Hilti TE2 -A	7	7	10,28	8,4	100

Zdroj: autor

T_{11} : Naměřená průměrná hodnota času potřebného na vyvrtání jednoho otvoru

T_{12} : Průměrná hodnota naměřená pro přípravu stroje, nástroje a přesun k další operaci včetně přípravy přívodního kabelu. U síťových strojů se uvažuje jedna hodnota, u akumulátorového stroje je tato hodnota nižší díky absenci nutnosti instalace kabelů

$$Q_{h1}: \text{Vypočtená hodinová výkonnost } Q_{h1} = \left(\frac{3600}{T_{11} + T_{12}} \right) * h \text{ [m} \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (4)$$

h odpovídá hloubce vrtání v m

Z_1 : Vypočtená životnost nástroje dle počtu otvorů navrtaných jedním nástrojem. Výdrž ovlivňuje kvalita zpracování nástroje, geometrie břitu a četnost střetnutí s výztuží během vrtání

S_1 : Pracovníci byli požádáni o zhodnocení komfortu práce (vibrace, vyvážení stroje, hluchost), v procentech kdy 100% je stroj s nejkomfortnější obsluhou, ostatní hodnoty jsou od tohoto odvozeny

5.2 Měření příklepového vrtání otvorů pro prostupy potrubí

Metodika měření

Měření bylo časově náročné pro vyvrtání otvorů pro prostupy potrubí ústředního vytápění. Stroje obsluhovali tři pracovníci, kteří se po pěti otvorech střídali tak, aby se minimalizovala chyba na straně obsluhy. Měření proběhlo na počtu 45 otvorů (každý stroj 5 operací). Z časových důvodů nebylo možno změřit úbytek nástroje, proto se v tomto měření neuvažuje.

Charakteristika podmínek

Měření proběhlo na stavbě Millenium Crystal Praha, během směny tří montážních skupin vrtajících otvory pro prostupy potrubí pro ústřední vytápění. Vrtaly se otvory pro stoupač potrubí o průměru 37mm, hloubce 400mm do vodorovné železobetonové konstrukce z betonu B25 obsahující betonářskou výztuž $\varnothing 14$ mm.

Charakteristika strojů

Měření probíhalo se třemi srovnatelnými stroji s upínáním nástroje SDS Max různých výrobců. Bosch GBH 7-46, Makita HR4511C a Hilti TE 60 ATC. Bosch a Makita patří do kategorie osmikilových kladiv, Hilti spadá do kategorie níže z hlediska váhy stroje. Parametry strojů jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12 – Parametry vybraných kombinovaných kladiv SDS Max

Stroj	Název stroje	Nástroj	Jmenovitý příkon [W]	Energie příklepu [J]	Hmotnost [Kg]	Cena bez DPH [Kč]
1	Bosch GBH 7-46	Hawera 37 x 520	1350	13	8,2	13 000
2	Hilti TE 60 ATC	Hilti TE YX 37/540	1300	7,3	7,5	23 000
3	Makita HR4511C	Hawera 37 x 520	1350	9,5	9,1	18 000

Zdroj: technická dokumentace výrobců nářadí

Naměřené hodnoty

Tabulka 13 – Naměřené hodnoty kombinovaných kladiv SDS Max

Stroj	Průměrný čas na otvor	Hodinová výkonnost	Subjektivní hodnocení
	T_2 [s]	Q_{h2} [$m \cdot hod^{-1}$]	S_2 [%]
Bosch GBH 7-46	330	4,36	30
Hilti TE 60 ATC	305	4,72	100
Makita HR4511C	320	4,5	70

Zdroj: autor

T_2 : : Naměřená průměrná hodnota času potřebného na vyvrtání jednoho otvoru

$$Q_{h2}: \text{Vypočtená hod. výkonnost } Q_{h2} = \left(\frac{3600}{T_2} \right) * h \text{ [m} \cdot \text{hod}^{-1}] \quad (5)$$

h odpovídá hloubce vrtání v m

S_2 : Pracovníci byli požádáni o zhodnocení komfortu práce (vibrace, vyvážení stroje, hluchost), v procentech kdy 100% je stroj s nejkomfortnější obsluhou, ostatní hodnoty jsou od tohoto odvozeny

5.3 Měření jádrového vrtání otvorů pro prostupy potrubí

Metodika měření

Byl měřen čas potřebný pro vyvrtání otvoru včetně instalace jádrové vrtačky a nasazení nástroje. Potom bylo provedeno měření úbytku matric diamantových segmentů pro výpočet životnosti nástroje. Jedním pracovníkem bylo odvrtáno 10 otvorů (5 každým strojem).

Charakteristika podmínek

Měření proběhlo v areálu společnosti IP na přivezeném železobetonovém bloku materiálu z betonu B25 obsahujícím betonářskou výztuž $\varnothing 10\text{mm}$. Měřeno bylo vrtání průměru 122mm, respektive 125 mm do hloubky 400 mm, což je nejčastější operace pro prostupy kanalizačního potrubí stavebními konstrukcemi. Stroj je při operaci ukotven do základního materiálu pomocí zatlukacích kotev nebo použitím podtlakové vývěvy.

Charakteristika strojů

Měření bylo prováděno na dvou jádrových vrtacích strojích. Rems Picus S1 a Hilti DD150-U. Parametry strojů jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14 – Parametry vybraných jádrových vrtacích strojů

Stroj	Název stroje	Nástroj	Jmenovitý příkon [W]	Otáčky při zatížení [ot*min ⁻¹]	Cena bez DPH [Kč]*
1	Rems Picus S1	UDKB 125 × 420 × UNC 1¼	1800	580	50 000
2	Hilti DD150-U	Hilti DD BI 122	2200	890	75 000

*cena sestavy stroje se stojanem

Zdroj: technická dokumentace výrobců nářadí

Naměřené hodnoty

Tabulka 15 – Naměřené hodnoty jádrových vrtacích strojů

Stroj	Průměrný čas na otvor	Průměrný čas na přípravu	Hodinová výkonnost	Životnost nástroje	Subjektivní hodnocení
	T_{31} [s]	T_{32} [s]	Q_{h3} [m·hod ⁻¹]	Z_3 [m]	S_3 [%]
Rems Picus S1	1650	300	0,74	8,5	50
Hilti DD150-U	1275	210	0,97	13,3	100

Zdroj: autor

T_{31} : Naměřená průměrná hodnota času potřebného na vyvrtání jednoho otvoru

T_{32} : Průměrná hodnota času potřebného pro přípravu, ukotvení stroje k místu vrtaného otvoru a uchycení nástroje – diamantové vrtací korunky

$$Q_{h3}: \text{Vypočtená hodinová výkonnost } Q_{h3} = \left(\frac{3600}{T_{31} + T_{32}} \right) * h \text{ [m·hod}^{-1}\text{]} \quad (6)$$

h odpovídá hloubce vrtání v m

Z_3 : Vypočtená životnost nástroje dle měřeného úbytku nástroje (diamantového segmentu) se udává v počtu odvrtných metrů základního materiálu. Životnost ovlivňuje složení matrice, rozložení syntetických diamantů v matrici, výkon motoru stroje, četnost střetů a orientaci navrtané výztuže v základním materiálu a ve značné míře na zručnosti obsluhy

S_3 : Pracovníci byli požádáni o zhodnocení komfortu práce (vibrace, vyvážení stroje, hlučnost), v procentech kdy 100% je stroj s nejkomfortnější obsluhou, ostatní hodnoty jsou od tohoto odvozeny

5.4 Měření řezání drážek pro instalace elektro kabelů

Metodika měření

Dvě montážní skupiny byly vybaveny odlišnými stroji pro diamantové řezání, obsluha se prostřídala tak, aby se minimalizovala chyba na straně obsluhy. Měřena byla délka řezu v odlišných podkladních materiálech za jednotku času za účelem vyfrézování drážky pro vedení elektro kabelu v celkovém rozsahu 2x50 metrů řezu.

Charakteristika podmínek

Měření proběhlo na stavbě Rezidence Na Hřebenkách v Praze. Elektromontážní skupiny frézují do základního materiálu, kterými jsou vodorovné železobetonové konstrukce z betonu B25 obsahujícím betonářskou výztuž $\varnothing 14\text{mm}$ a stěnové příčky z dutých cihel HELUZ P15 25 za účelem vytvoření drážek hlubokých 20 mm a širokých 30 mm. Drážka vznikne jedním řezem dvoukotoučové frézky případně dvěma souběžnými řezy úhlové brusky s diamantovým kotoučem.

Charakteristika strojů

Pro měření byly zvoleny drážkovací stroje Bosch GNF 35 CA a Hilti DC SE 20. Navzdory většímu průměru požívaného kotouče má Bosch horší parametry týkající se variability průřezu. Vybrané parametry strojů v tabulce 16.

Tabulka 16 – Parametry vybraných drážkovacích strojů

Stroj	Název stroje	Nástroj	Jmenovitý příkon [W]	Hmotnost [kg]	Cena bez DPH [Kč]*
1	Hilti DC SE 20	Hilti DC-D 125 U	1800	5,5	29 500
2	Bosch GNF35 CA	Bosch BFU 150	1400	4,4	14 200

Zdroj: technická dokumentace výrobců nářadí

Naměřené hodnoty

Tabulka 17 – Naměřené hodnoty drážkovacích strojů v různých materiálech

Stroj	Průměrný čas	Hodinová výkonnost	Životnost nástroje	Subjektivní hodnocení
	T_4 [s]	Q_{h4} [$m \cdot hod^{-1}$]	Z_4 [m]	S_4 [%]
Bosch GNF35 CA - zdivo	25	144	125	70
Bosch GNF35 CA - beton	115	31	81	40
Hilti DC SE 20 - zdivo	21	171,4	131	100
Hilti DC SE 20 - beton	98	36,7	88	70

Zdroj: autor

T_4 : Naměřená průměrná hodnota času potřebného vyřezání jednoho metru drážky

$$Q_{h4}: \text{Vypočtená hodinová výkonnost } Q_{h4} = \left(\frac{3600}{t} \right) [m \cdot hod^{-1}] \quad (7)$$

Z_4 : Životnost nástroje vypočtená dle měřeného úbytku nástroje (diamantového segmentu) udávaná v metrech vytvořených drážek na jeden pár nástrojů. Životnost ovlivňuje složení matrice, rozložení syntetických diamantů v matrici, výkon motoru stroje, četnost střetů a orientaci navrtané výztuže v základním materiálu

S_4 : Pracovníci byli požádáni o zhodnocení komfortu práce (vibrace, vyvážení stroje, hlučnost), v procentech kdy 100% je stroj s nejkomfortnější obsluhou, ostatní hodnoty jsou od tohoto odvozeny

6. Diskuse

6.1 Vyhodnocení

Na základě naměřených dat byly vyhodnoceny výkonové parametry jednotlivých strojů a nástrojů s přihlédnutím k subjektivnímu hodnocení pracovníků, neboť právě oni ovlivňují značnou část výkonnosti stroje. Stroj bude jen tak výkonný, jak bude výkonný operátor na straně jedné a pracovní nástroj na straně druhé. Při všech měřeních byly jako nejkomfortnější vyhodnoceny stroje Hilti. V tabulce 18 jsou stroje vyhodnoceny dle roční teoretické směnové výkonnosti a směnové nákladovosti.

6.1.1 Porovnání výkonnosti strojů dle naměřených hodnot

Tabulka 18 – Porovnání výkonnosti vybraných strojů

Stroj	Hodinová výkonnost	Roční výkonnost teoretická	Roční výkonnost skutečná	Roční výkonnost reálná
	Q_h [$m \cdot hod^{-1}$]	Q_t [$m \cdot rok^{-1}$]	Q_s [$m \cdot rok^{-1}$]	Q_r [$m \cdot rok^{-1}$]
Bosch GBH 2-26	8,6	15136	2724,5	2588,3
Hilti TE 2	9	15840	2851,2	2822,7
Makita HR2610T	8,28	14572,8	2623,1	2255,9
Hilti TE2 -A	10,28	18092,8	3256,7	3224,1
Bosch GBH 7-46	4,36	7673,6	1995,1	1895,4
Hilti TE 60 ATC	4,72	8307,2	2159,9	2138,3
Makita HR4511C	4,5	7920	2059,2	1770,9
Rems Picus S1	0,74	1302,4	169,3	145,6
Hilti DD 150-U	0,97	1707,2	221,9	219,7
Bosch GNF35 - zdivo	144	253440	25344,0	24076,8
Bosch GNF35 - beton	31	54560	5456,0	5183,2
Hilti DCSE 20 - zdivo	171,4	301664	30166,4	29864,7
Hilti DCSE 20 - beton	36,7	64592	6459,2	6394,6

Zdroj: autor

Q_h : Hodinová výkonnost vypočtená na základě měření [$m \cdot hod^{-1}$]

Q_t : Roční výkonnost teoretická $Q_t \equiv Tr \times T_d \times Q_h$ [$m \cdot rok^{-1}$] (8)

Tr : 220 pracovních dnů

T_d : 8 hodinová pracovní doba

Q_h : hodinová výkonnost stroje

Q_s : Roční výkonnost skutečná $Q_s \equiv Q_t \times K_{rvs} [m \cdot rok^{-1}]$ kde (9)

K_{rvs} : součinitel ročního využití stroje – stanoveno dotazováním pro jednotlivé typy strojů

Q_r : Roční výkonnost reálná: $Q_r \equiv Q_s \times K_{pr} [m \cdot rok^{-1}]$ kde (10)

K_{pr} : součinitel prostojů na servis – z obchodních podmínek výrobce nářadí

6.1.2 Porovnání strojů z hlediska roční nákladovosti

Tabulka 19 – Porovnání z hlediska roční nákladovosti

Stroj	Požizovací náklady	Koeficient oprav	Roční výkonnost reálná	Výdrž nástroje	Roční náklady na stroj	Roční náklady na obsluhu	Roční náklady na nástroje
	P [Kč]	K_o [-]	$Q_r [m \cdot rok^{-1}]$	E_{vn} [m]	N_{rs}	N_{ro}	N_{rn}
Bosch GBH 2-26	5500	1,41	2588,3	8,4	1939	63360	34912
Hilti TE 2	3900	1,20	2822,7	9,1	1170	63360	39664
Makita HR2610T	4500	1,63	2255,9	7,2	1834	63360	40731
Hilti TE2 -A	12900	1,2	3224,1	8,4	3870	63360	42969
Bosch GBH 7-46	13000	1,41	1895,4	-	3055	91520	
Hilti TE 60 ATC	23000	1,20	2138,3	-	4600	91520	
Makita HR4511C	18000	1,63	1770,9	-	4890	91520	
Rems Picus S1	50000	1,59	145,6	8,5	13250	45760	59956
Hilti DD 150-U	75000	1,20	219,7	13,3	15000	45760	81563
Bosch GNF35 - zdivo	14200	1,41	24076,8	125	5006	35200	202245
Bosch GNF35 - beton	14200	1,41	5183,2	81	5006	35200	147177
Hilti DCSE 20 - zdivo	29500	1,20	29864,7	131	8850	35200	242440
Hilti DCSE 20 - beton	29500	1,20	6394,6	88	8850	35200	167865

Zdroj: autor

Mediánem koeficientu oprav pro jednotlivé výrobce z tabulky 9 byly stanoveny hodnoty:

Bosch $K_o = 1,41$

Hilti $K_o = 1,20$

Makita $K_o = 1,63$

Rems $K_o = 1,59$

* do výpočtu byly zahrnuty pouze stroje starší než 2 roky

E_{vn} : Počet metrů odvrtných (nařezaných) nástrojem vypočítaný z jednotlivých měření [m]

N_{rs} : Roční náklady na stroj $N_{rs} = \frac{P \times K_o}{T_p} [Kč]$ (11)

P: Pořizovací cena stroje

K_o : Koeficient oprav

T_p : Doba používání stroje stanovena. Vrtací kladiva: 4 roky

Jádrové vrtačky a drážkovací stroje: 6 let

$$N_{ro}: \text{Roční náklady na obsluhu } N_{ro} = K_{rvs} \times 220 \times 8 \times 200 \text{ [Kč]} \quad (12)$$

K_{rvs} : Koeficient využití stroje

220: Roční časový fond pracovních dnů

8: Pracovní doba v hodinách

200: Hodinová mzda

$$N_m: \text{Roční náklady na nástroje } N_m = P_n \times \frac{Q_r}{E_{vn}} \text{ [Kč]} \quad (13)$$

Q_r : Roční výkonnost reálná [Kč]

E_{vn} : Výdrž nástroje z měření [m]

P_n : Cena nástroje: Hilti TE CX 8/120 = 160 Kč

Hawera 8,0 x 50 = 130 Kč

UDKB 125 x 420 x UNC 1¼ = 3500 Kč

Hilti DD BI 122 = 7450 Kč

Bosch BFU 150 = 2 x 305 Kč

Hilti DC-D 125 U = 2x 325 Kč

(zdroj: IP)

6.1.3 Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace

Tabulka 20 – Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace

Stroj	Roční náklady na provoz	Roční výkonnost reálná	Náklady na jednotku práce	Roční náklady na provoz při Q_r nejslabšího konkurenta
	N_{celk} [Kč]	Q_r [m·rok ⁻¹]	N_o [Kč·m ⁻¹]	N_{Qrmin} [Kč]
Bosch GBH 2-26	99439	2588,3	38,4	86669
Hilti TE 2	104194	2822,7	36,9	83271
Makita HR2610T	105925	2255,9	47,0	105925
Hilti TE2 -A	110199	3224,1	34,2	77104
Bosch GBH 7-46	94575	1895,4	49,9	88364
Hilti TE 60 ATC	96120	2138,3	45,0	79606
Makita HR4511C	96410	1770,9	54,4	96410
Rems Picus S1	118966	145,6	817,0	118966
Hilti DD 150U	142323	219,7	647,8	94319
Bosch GNF35 - zdivo	176962	24076,8	7,3	176962
Bosch GNF35 - beton	85638	5183,2	16,5	85638
Hilti DCSE 20 - zdivo	181894	29864,7	6,1	146642
Hilti DCSE 20 - beton	88225	6394,6	13,8	71511

Zdroj: autor

$$N_{celk}: \text{Celkové roční náklady na provoz } N_{celk} = N_{rs} + N_{ro} + N_m \text{ [Kč]} \quad (14)$$

Q_r : Roční výkonnost reálná [m·rok⁻¹]

$$N_o: \text{Náklady na jednotku práce } N_o = \frac{N_{celk}}{Q_r} \text{ [Kč} \cdot \text{m}^3] \quad (15)$$

$$N_{Q_{min}}: \text{Roční náklady na provoz při } Q_r \text{ nejslabšího konkurenta } N_{Q_{min}} = N_o \times Q_{r \text{ min}} \text{ [Kč]}$$

6.1.4 Návratnost investic

Porovnáním ročních nákladů na provoz jednotlivých strojů o počtu pracovních operací nejslabšího konkurenta (vliv nákladů na spotřební materiál) s ročními náklady nejslabších konkurentů je získán rozdíl, který vyčísluje roční úsporu nákladů. Porovnáním této úspory s pořizovací cenou nového stroje je určena návratnost investice.

Vrtací kladivo SDS Plus: Nejslabším konkurentem je Makita HR2610T s ročními náklady (N_{qmin1}) 105925 Kč

Vrtací kladivo SDS Max: Nejslabším konkurentem je Makita Makita HR4511C s ročními náklady (N_{qmin2}) 96410 Kč

Jádrový vrtací stroj: slabším konkurentem je Rems Picus S1 s ročními náklady (N_{qmin3}) 118966 Kč

Drážkovací stroj: slabším konkurentem je Bosch GNF35 – zdivo s ročními náklady (N_{qmin3}) 176962 Kč a Bosch GNF35 - beton s ročními náklady (N_{qmin5}) 85638 Kč

Tabulka 21 – Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace

Stroj	Roční náklady na provoz při Q_r nejslabšího konkurenta	Rozdíl ročních nákladů	Cena nového stroje	Návratnost investice
	$N_{Q_{min}} \text{ [Kč]}$	ΔN	$P \text{ [Kč]}$	$I \text{ [rok]}$
Bosch GBH 2-26	86669	19256	3310	0,2
Hilti TE 2	83271	22654	3900	0,2
Hilti TE2 -A	77104	28821	12900	0,4
Bosch GBH 7-46	88364	8046	13000	1,6
Hilti TE 60 ATC	79606	16804	23000	1,4
Hilti DD 150U	94319	24647	75000	3,0
Hilti DCSE 20 - zdivo	146642	30319	29500	1,0
Hilti DCSE 20 - beton	71511	14127	29500	2,1

Zdroj: autor

$$\Delta N: \text{Rozdíl ročních nákladů } \Delta N = N_{Q_{min1-5}} - N_{Q_{min}} \text{ [Kč]} \quad (16)$$

$$I: \text{Návratnost investice } I = \frac{\Delta N}{P} \text{ [rok]} \quad (17)$$

6.2 Doporučení

6.2.1 Vrtání otvorů pro kotvení příchytek elektro kabelů

Na základě měření byla vyhodnocena jako nejvýkonnější akumulátorová verze Hilti TE-2 A. Z důvodu vyšší pořizovací ceny je návratnost investice nižší, než u Bosch GBH 2-26 a Hilti TE 2. Tyto dva stroje jsou srovnatelné, což měření, subjektivní posouzení pracovníků a následné vyhodnocení potvrdilo. Vzhledem ke komfortu, mobilitě a dočasné nezávislosti na napájení elektrickým proudem je doporučeno směřovat obnovu malých kladiv od síťových verzí k akumulátorovým.

Na základě vyhodnocení výkonnosti při vrtání otvorů pro příchytky elektrických kabelů je doporučena změna technologie, místo vrtání otvorů pro kotvy je doporučen systém přímé montáže – tzv. nastřelování. Bylo provedeno měření rychlosti přímé montáže a porovnáno s nejvýkonnějším strojem prvního měření – akumulátorovým vrtacím kladivem Hilti TE 2-A. V tabulce 22 je porovnání obou technologií. Osmihodinová pracovní směna s požadavkem na ukotvení 200 m nehořlavého kabelu elektrické požární signalizace (kabel je třeba kotvit nejméně každých 300 mm – dle ZP-27/2008 PAVUS) odpovídá dennímu rozsahu 666 upevnění.

Tabulka 22 – Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace

Stroj		Hilti TE2 -A	Hilti GX 120 ME
Průměrný čas na přípravu staveniště	T_0 [s]	7	5
Průměrný čas na vrtání otvoru	T_1 [s]	7	0
Průměrný čas na kotvení	T_2 [s]	8	1
Celkový průměrný čas operace	T [s]	22	6
Roční výkonnost reálná	Q_r [ks·rok ⁻¹]	80600	190080
Cena ukotvení	P_{kv} [Kč]	2,5	5,1

Zdroj: autor

Q_r : roční výkonnost reálná – v počtech ukotvení [ks·rok⁻¹]

P_{kv} : cena za ukotvení jednoho kotevního bodu [Kč] (zdroj: IP)

Výkonnost technologie přímé montáže je 2,37 x vyšší oproti konvenční technologii, kdežto cena za materiál je pouze 2,04 x vyšší. Poměr ceny a výkonu hovoří pro změnu technologie na přímou montáž.

6.2.2 Vrtání otvorů pro prostupy potrubí

Na základě měření byla navzdory nejnižší hmotnostní třídě v kategorii kladiv SDS Max kladiv vyhodnocena jako nejvýkonnější Hilti TE 60 ATC. Bosch GBH 7-46 má nižší reálnou výkonnost než Hilti a výrazně negativní subjektivní hodnocení pracovníků (vibrace) vůči Hilti TE 60 ATC i Makita HR4511C. Díky velmi nízké ceně byla návratnost investice vyhodnocena jako druhá. Pro obnovu strojového parku jsou doporučena kladiva Hilti.

6.2.3 Jádrové vrtání otvorů pro prostupy potrubí

Byly porovnány dvě jádrové vrtačky ve srovnatelné třídě, Rems Picus S1 a Hilti DD 150U. Rems má nižší pořizovací cenu, je menší a skladnější. Díky vyšším otáčkám a výkonnějšímu motoru je Hilti DD 150U výrazně výkonnější, obsluha stroje je dle subjektivního hodnocení pohodlnější a intuitivnější. Návratnost investice je 3 roky kvůli vyšší pořizovací ceně a vyšší ceně vrtáků, které se relativně rychle opotřebovávají. Přesto je jádrové vrtání při vyšších průměrech ekonomičtější než vysekávání. Doporučuje se vybavení více jádrovými stroji, protože IP tuto práci povětšinou zadává subdodavatelům. Cena jednoho metru vrtu se pohybuje podle průměru od 2500Kč do 5000 Kč. Vypočtené náklady při vrtání s Hilti DD 150U se pohybovaly okolo 650 Kč za metr.

6.2.4 Řezání drážek

Byly porovnány dva drážkovací stroje, Hilti DC SE 20 a Bosch GNF35. Navzdory menšímu průměru kotoučů má Hilti díky lepšímu vyřešení šasi hlubší průřez. Bosch má podstatně nižší hmotnost a menší rozměry, pro práci ve stísněnějších prostorech má vhodnější předpoklady. Na obsluhu bohužel působí silné vibrace a kvůli slabšímu motoru se je práce pomalejší. Subjektivní hodnocení vyznělo pro stroj Bosch negativně. Hilti má větší výkon, delší životnost nástrojů a navzdory vyšší hmotnosti i komfort práce. I přes dvojnásobné pořizovací náklady je návratnost investice při řezání v cihle jeden rok a při řezání v betonu dva roky.

7. Závěr

Cíl práce byl splněn, byla provedena analýza strojového parku vybrané stavební firmy. Dle nejčastějších operací prováděných firmou byla provedena měření výkonnosti a ekonomické efektivity jednotlivých strojů a technologií. Na základě porovnání měření a následných výpočtů byly doporučeny stroje pro další obnovu strojového parku vybraným elektrickým ručním nářadím a byla navržena změna technologického postupu u jedné z operací. Na základě měření a výpočtů bylo zjištěno, že u elektrického ručního nářadí by pořizovací cena neměla být jediným a rozhodujícím kritériem. Náklady na lidskou práci a spotřební materiál za dobu používání stroje mnohonásobně převýší náklad na jeho pořízení. Proto je třeba na obnovu strojového parku nahlížet v širších souvislostech.

Společnosti IP se rozhodla pro svoji další obnovu strojového parku využívat stroje a nástroje společnosti Hilti. I přes vyšší pořizovací cenu je efektivita práce s těmito stroji a nástroji vyšší. Při všech měřeních byly stroje Hilti ohodnoceny jako lepší oproti konkurenci z hlediska subjektivního zhodnocení. Významným faktorem pro toto rozhodnutí jsou servisní podmínky, které společnost Hilti oproti konkurenci nabízí.

Použitá literatura a zdroje:

- [1] Svetprumyslu.cz [online]. Poslední změna 10. 02. 2015 [Cit. 1. 3. 2015]. Dostupné z <http://www.svetprumyslu.cz/stavebnictvi-melo-letos-rust-o-tri-az-pet-procent-odhaduji-stavari/#sthash.elxumDPh.dpuf>
- [2] DELOITTE, Kancelare.cz. [online]. Poslední změna 10. 02. 2015 [Cit. 1. 3. 2015]. Dostupné z: <http://www.kancelare.cz/novinky/deloitte-sily-evropskeho-stavebnictvi>
- [3] Bussiness.cz [online]. Poslední změna 28. 6. 2004 [Cit. 3. 1. 2015].
<http://www.businessinfo.cz/cs/dotace-a-financovani/public-private-partnership-ppp.html>
- [4] TŮMA, Jan. Elektronářadí: konstrukce a užití elektrického ručního nářadí. Vyd. 1. Praha: Columbus, 2003, 235 s. ISBN 80-7249-148-2.
- [5] Tzb-info.cz [online]. Poslední změna 13. 12. 2014 [Cit. 1. 2. 2015]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/115969-priklepovy-4-brit-vrtak-pro-presnejsi-vrtani>
- [6] Odbory-online.cz [online]. Poslední změna 5. 4. 2012 [Cit. 3. 2. 2015]. Dostupné z: http://www.odborny-online.cz/data/articles/down_648.pdf
- [7] TŮMA, Jan. Toolscomp.cz [online]. Poslední změna 9. 2. 2012 [Cit. 3. 2. 2015]. Dostupné z <http://www.toolscomp.cz/technologie/vibrace-naradi/>
- [8] DANIELS, Klaus. Technika budov: příručka pro architekty a projektanty. 1. české vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 519 s. ISBN 80-88905-63-x.
- [9] Rozpočtování a oceňování stavebních prací. Praha: ÚRS, 2009, 206 s. Cenová soustava ÚRS. ISBN 978-80-7369-239-1.
- [10] KUNC, Josef. Rekonstrukce elektroinstalace. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 102 s. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4789-7.
- [11] KRŮŽOVÁ, Katarína. Betonové konstrukce I: pro SPŠ a SOU stavební. Vyd. 1. Praha: Sobotáles, 2010, 143 s. ISBN 978-80-86817-39-2.
- [12] KAVAN, Michal. Výrobní management. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, 213, [10] s. ISBN 80-01-03445-3
- [13] Naradionline.cz [online]. Poslední změna 4. 6. 2008 [Cit. 21.1.2015] Dostupné z <http://www.naradionline.cz/upinani-sds-plus/>
- [14] SYNEK, Miloslav. Podniková ekonomika. 4., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2006, xxv, 475 s. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80-7179-892-4.

Seznam obrázků:

- Obr. 1 - Schéma rozdělení operací pro rozrušení materiálu
- Obr. 2 - Bezpříklepová vrtačka DeWalt
- Obr. 3 - Akumulátorový vrtací šroubovák Bosch
- Obr. 4 - Armování železobetonového bloku
- Obr. 5 - Vrtací souprava pro jádrové diamantové vrtání
- Obr. 6 - Jádrová vrtací korunka s diamanty
- Obr. 7 - Souprava pro jádrové vrtní z ruky
- Obr. 8 - Tříčelistové sklíčidlo
- Obr. 9 - Dvoubřítý vrták s válcovou stopkou
- Obr. 10 - Řez kombinovaným kladivem s elektropneumatickým příklepovým mechanismem
- Obr. 11 - Porovnání systémů SDS upínání nástroje
- Obr. 12 - Dvoubřítý vrták
- Obr. 13 - Čtyřbřítý vrták
- Obr. 14 - Kladivo s pistolovou rukojetí
- Obr. 15 - Kladivo s D rukojetí
- Obr. 16 - Tvary břitů nástrojů
- Obr. 17 - Reakce v základním materiálu u polygonového a konvenčního břitu
- Obr. 18 - Energie 1 Joule
- Obr. 19 - Drážka v základním materiálu vytvořená diamantovými kotouči
- Obr. 20 - Rám drážkovacího stroje s nastavitelnou hloubkou řezu
- Obr. 21 - Rozvody potrubí topení, chlazení, zdravotnické, plynu, vzduchotechniky
- Obr. 22- Rozvody slaboproudých, silnoproudých, automatizačních a hlásících kabelů
- Obr. 23 - Vývoj obratu Instalace Praha s.r.o. od roku 2006 do roku 2014
- Obr. 24 - Vývoj počtu zaměstnanců Instalace Praha s.r.o. od roku 2006 do roku 2014
- Obr. 25 - Struktura zaměstnanců společnosti Instalace Praha s.r.o. ve výrobním úseku

Seznam vzorců:

- (1) Koeficient oprav
- (2) Koeficient využití stroje
- (3) Koeficient prostojů na opravy
- (4) Vypočtená hodinová výkonnost kladiv SDS Plus
- (5) Vypočtená hodinová výkonnost kladiv SDS Max
- (6) Vypočtená hodinová výkonnost jádrových vrtacích strojů
- (7) Vypočtená hodinová výkonnost drážkovacích strojů
- (8) Roční výkonnost teoretická
- (9) Roční výkonnost skutečná
- (10) Roční výkonnost reálná
- (11) Roční náklady na stroj
- (12) Roční náklady na obsluhu
- (13) Roční náklady na nástroje
- (14) Celkové roční náklady na provoz
- (15) Náklady na jednotku práce
- (16) Rozdíl ročních nákladů
- (17) Návratnost investice

Seznam tabulek:

- Tabulka 1 – Vývoj indexu cen stavebních prací
- Tabulka 2 – Hodnoty vibrací vybraného ručního elektrického nářadí
- Tabulka 3 – Průměrná potřeba elektrického ručního nářadí dle velikosti firmy
- Tabulka 4 – Průměrná roční potřeba obnovy elektrického ručního nářadí dle velikosti firmy
- Tabulka 5 – Porovnání průměrné potřeby elektrického ručního nářadí s aktuálním stavem IP
- Tabulka 6 – Parametry elektrického ručního nářadí IP – vrtací, sekací a kombi kladiva
- Tabulka 7 – Parametry elektrického ručního nářadí IP – drážkovací stroje
- Tabulka 8 – Parametry elektrického ručního nářadí IP – jádrové diamantové vrtačky
- Tabulka 9 – Náklady na servis dle jednotlivých typů vybraného elektrického ručního nářadí
- Tabulka 10 – Parametry vybraných kladiv SDS Plus
- Tabulka 11 – Naměřené hodnoty kladiv SDS Plus
- Tabulka 12 – Parametry vybraných kombinovaných kladiv SDS Max
- Tabulka 13 – Naměřené hodnoty kladiv SDS Max
- Tabulka 14 – Parametry vybraných jádrových vrtacích strojů
- Tabulka 15 – Naměřené hodnoty jádrových vrtacích strojů
- Tabulka 16 – Parametry vybraných drážkovacích strojů
- Tabulka 17 – Naměřené hodnoty drážkovacích strojů v různých materiálech
- Tabulka 18 – Porovnání výkonnosti vybraných strojů
- Tabulka 19 – Porovnání z hlediska roční nákladovosti

Tabulka 20 – Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace

Tabulka 21 – Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace

Tabulka 22 – Porovnání strojů z hlediska nákladů na pracovní operace