

# NÁVRH A KONSTRUKCE DEMONTÁŽNÍHO PRACOVISTĚ PRO ZÍSKÁVÁNÍ MATERIÁLU Z REPASOVANÝCH DÍLŮ

Bc. Marek Filip

Sekce – STROJÍRENSTVÍ,

Fakulta strojní, 2. ročník

Navazující magisterský studijní program – INOVAČNÍ A PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

**Abstrakt:** Práce se zabývá návrhem a konstrukcí demontážního pracoviště určeného pro získávání materiálů z vyřazených repasovaných dílů ve společnosti Knorr-Bremse. Práce je zaměřena především na demontáž ocelových spínacích relé a mosazných takových senzorů, které jsou součástí repasovaných komponent pro užitková vozidla. Cílem práce je navrhnout vhodný pracovní postup a technické řešení pracoviště umožňující efektivní separaci a získávání hodnotných materiálů, zejména mědi a mosazi. Je provedena rešerše v oblasti získávání a recyklace materiálů. V praktické části jsou navrženy tři koncepty, které jsou porovnány hodnotícími kritérii a metodou AHP je vybrán nejvhodnější koncept. Následně je vytvořen výsledný koncept a provedeno konstrukční zpracování. V závěru je zpracována ekonomická analýza návrhu.

**Klíčová slova:** Pracoviště, demontáž, relé, senzor, mosaz, měď, pracovní postup, koncept, návrh, přípravek, konstrukce, AHP, zařízení

## 1 Úvod

S rostoucím množstvím elektroodpadu a poptávkou po strategických surovinách nabývá na významu recyklace drahých a technických kovů [1]. Problematika této práce se soustředí na dva typy součástek používané ve firmě Knorr-Bremse: spínací relé s ocelovým obalem a tlakové senzory s mosazným tělem. Z těchto součástek je možné zpětně získat značné množství používaných kovů, konkrétně mosazi, mědi a oceli. Hlavním problémem je malá velikost součástek a odlišná konstrukce, což vyžaduje specifický přístup k demontáži. Cílem je navrhnout pracoviště, které umožní bezpečnou, ergonomickou a efektivní separaci materiálů. Předpokládá se, že správným zavedením takového pracoviště by mohla firma značně přispět k opětovnému využívání drahých a technických kovů a snižování ekologické stopy průmyslové výroby.

## 2 Současný stav

Objektem zájmu jsou v této práci dva druhy součástek, které se do firmy vrací spolu s díly určenými k repasování. Během tohoto procesu jsou díly demontovány a kontrolovány, zda mohou být znovu využity. Kusy, které projdou kontrolou v pořádku, jsou pak poslány opět do výroby. NOK kusy jsou vyřazeny a zlikvidovány jako odpadní materiál. Ve výsledku je s nimi nakládáno jako se směsným kovovým odpadem, z čehož pro firmu neplyne téměř žádná návratnost.

Takto vyřazených součástek jsou zde rozlišovány dva druhy – spínací relé s ocelovým obalem a tlakové senzory s mosazným obalem.

### 2.1 Spínací relé

Relé (solenoidy) s ocelovým obalem jsou k demontáži zajímavé především kvůli obsahu měděného vinutí (cca. 30 g), které tvoří většinu hmotnosti součástky. Kromě toho je zde možné separovat také ocelový obal (22 g oceli).

## 2.2 Tlakový senzor

V případě demontáže tlakových senzorů je zajímavý především mosazný obal a vnitřní kroužek ze stejného materiálu – celkem 35 g mosazi. Vnitřek této součástky již není z pohledu jednoduché recyklace tak zajímavý.



(a)



(b)

Obrázek 1 - (a) Spínací relé, (b) Tlakový senzor

Vzhledem k velkému množství vyřazených relé a senzorů, zhruba 800 kusů každého typu měsíčně, se firma začala zajímat o možnosti, jak s těmito součástkami co nejefektivněji naložit a zda by další demontáž nebo zpracování pro firmu znamenalo pouze další výdaje, nebo jestli by se mohlo jednat o alespoň drobnou finanční návratnost. Společnost by si tím mohla také vylepšit renomé s ohledem na ekologii a ochranu životního prostředí.

K dosažení těchto výsledků je potřeba splnit několik kroků.

- Nalezení vhodné metody a postupu pro demontáž součástek (současného elektroodpadu) a získání obsažených materiálů
- Navržení stanoviště a zařízení pro demontáž (konstrukce jednoúčelového stroje, přípravky, nástroje)
- Analýza ekonomické náročnosti (zda se navržený postup společnosti vyplatí/přinese zisk/bude znamenat další výdaje)

Naplnění těchto částí vede k vytvoření základu, podle něhož je možné sestavit pracoviště odpovídající požadavkům firmy.

## 3 Návrh pracovního postupu

Výchozím bodem pro návrh pracoviště pro demontáž součástek je volba vhodného pracovního postupu, kterým se bude řídit operátor pracující na vzniklém pracovišti.

Pracovní postup se bude lišit vzhledem k druhu zpracovávané součástky. Celkem by na pracovišti měly být zpracovávány dvě různé součástky – spínací relé s ocelovým obalem a tlakový senzor s mosazným obalem. Tyto součástky se liší konstrukčním zpracováním, tudíž vyžadují rozdílný postup a také vybavení při demontáži.

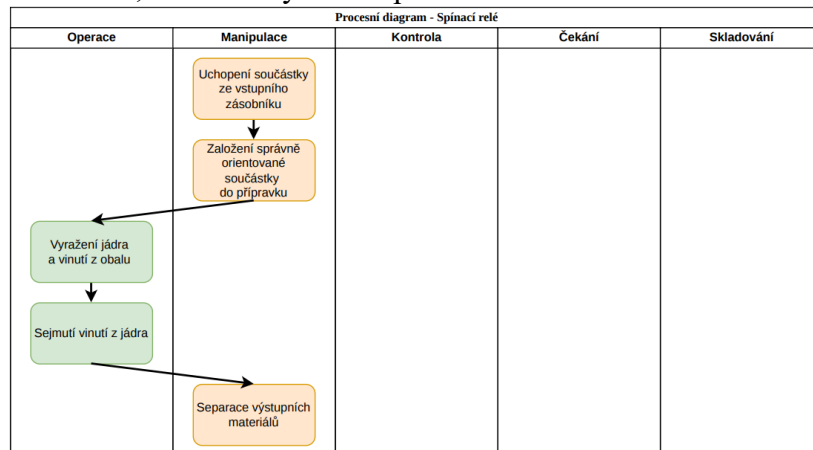
### 3.1 Pracovní postup pro demontáž relé s ocelovým obalem

Tento postup se soustředí na rozložení (demontáž) spínacího relé s ocelovým obalem.

Tato součástka je tvořena ocelovým obalem, měděným vinutím, plastovo-mosazným jádrem a plastovo-ocelovým víčkem s gumovým těsněním. Relé má tvar válce, kdy je z jedné strany vidět víčko s těsněním a z druhé strany vývod konektorů a malý válcovitý výběžek.

Právě tento výběžek bude hrát v pracovním postupu důležitou roli, neboť pomocí dostatečně silného úderu trnem/vyrážecem na tento výběžek lze jednoduše vyrazit celé jádro včetně

měděného vinutí z obalu součástky. Po vyražení jádra je již snadné sejmout měděné vinutí. To bude pravděpodobně potřeba odštíhnout od konektorů. Po oddělení vinutí již následuje separace měděného drátu, obalu a zbylého odpadu.



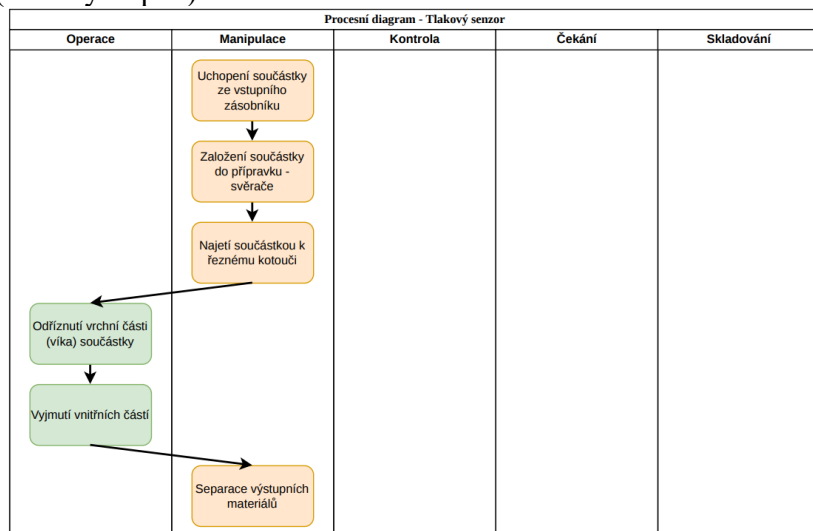
Obrázek 2 - Procesní diagram obecného procesu rozebrání spínacího relé

### 3.2 Pracovní postup pro demontáž tlakového senzoru

Tento postup se soustředí na rozložení (demontáž) senzoru s mosazným obalem.

Tato součástka je tvořena mosazným tělem (obalem), mosazným vnitřním kroužkem, keramickým jádrem a drobnou elektronikou. Hlavním zájmem je v tomto případě mosaz, tedy obal a vnitřní kroužek. Součástka má opět tvar válce a z jedné strany je opatřena víkem.

Toto víko je potřeba odříznout, aby bylo možné se pohodlně dostat dovnitř a vyjmout vnitřní obsah součástky. Po odříznutí vrchní části/víka je již možné vyjmout vnitřní elektroniku. Poté je možné separovat všechny výstupní materiály – mosazný obal a vnitřní kroužek a ostatní části (směsný odpad).



Obrázek 3 - Procesní diagram obecného procesu rozebrání mosazného senzoru

## 4 Koncepty pracoviště

V této kapitole jsou zformovány a představeny návrhy a koncepty pracoviště, které by mělo vzniknout jakožto jeden z výstupů této práce. Jsou zde popsány odlišnosti jednotlivých konceptů, jejich výhody a omezení. Celkem byly vytvořeny tři různé koncepty. Každý z těchto konceptů představuje jinou úroveň automatizace a tím i „strojové“ složitosti, kdy první návrh pracuje především s lidskou činností operátora, druhý již zavádí částečně automatizovanou výrobu, kdy jsou některé kroky prováděny automaticky dle předchozího nastavení. Třetí koncept pak pracuje s myšlenkou vesměs kompletně automatického pracoviště, kde operátor „pouze dohlíží“ na průběh prováděných operací, případně zakládá materiál do zařízení a vyjímá výstupní materiál.

### 4.1 Koncept 1 – Ruční pracoviště

Tento koncept představuje technologicky nejjednodušší a finančně nejméně nákladnou variantu, která je založena primárně na manuální zručnosti a fyzické činnosti operátora.

Pracoviště je koncipováno jako samostatně stojící nebo přilehlý pracovní stůl, jehož dominantou je zadní stěna vybavená systémem pro přehledné zavěšení a snadnou dostupnost ručního nářadí. Operátor má k dispozici vymezené oblasti pro vstupní materiál a nádoby pro separované výstupní kovy (měď, mosaz, ocel). K základnímu vybavení patří běžné nástroje jako kladivo, vyrážecí trn, kleště (štípací i kombinované) a svěrák, který lze v případě potřeby nahradit specializovanými mechanickými přípravky pro fixaci dílů.

Demontáž spínacího relé probíhá založením do přípravku a vyražením vnitřního jádra s vinutím pomocí úderu kladiva na trn, zatímco u tlakového senzoru musí pracovník nejprve ruční elektrickou pilkou či brusku odříznout víčko obalu, aby získal přístup k vnitřním komponentám.

Hlavní výhodou tohoto řešení je extrémně nízká investiční náročnost a vysoká flexibilita při případné změně sortimentu, jelikož pracoviště není limitováno jednoúčelovými stroji.

Zásadním nedostatkem je však nízká produktivita práce, vysoké nároky na zručnost pracovníka, a především nejnižší úroveň bezpečnosti, neboť operátor je přímo vystaven rizikům při práci s otevřeným rezným kotoučem a hlukem při ručním vyrážení.

### 4.2 Koncept 2 – Poloautomatické pracoviště

Druhý koncept přechází k částečné automatizaci, čímž výrazně snižuje fyzickou námahu operátora a zvyšuje celkovou bezpečnost i stabilitu procesu.

Pracoviště je opět tvořeno stolem, na kterém jsou však pevně instalována dvě specializovaná poloautomatická zařízení, která přebírají nejtěžší a nejrizikovější operace. První zařízení, určené pro spínací relé, funguje na elektrickém či pneumatickém principu a po stisknutí ovládacího tlačítka automaticky vyrazí jádro z ocelového obalu. Druhé zařízení je vybaveno krytovaným rezným kotoučem, který po spuštění provede přesně definovaný řez víčka mosazného senzoru, přičemž díl je do pozice řezu naváděn mechanickým posuvem. Role operátora se v tomto konceptu mění na obsluhu, která zakládá díly do přípravků, spouští pracovní cykly a provádí finální roztřídění separovaných materiálů.

Mezi hlavní přínosy patří eliminace rizik spojených s ruční manipulací s reznými nástroji a vyšší komfort obsluhy, která může díky zjednodušení postupu sedět a vykonávat některé úkony v mezičase, kdy zařízení pracuje.

Nevýhodou je vyšší technologická složitost vyžadující pravidelnou údržbu a bezpečnostní prvky (např. PLC řízení, bezpečnostní kryty), což zvyšuje pořizovací cenu oproti ruční variantě.

### 4.3 Koncept 3 – Automatické pracoviště

Tento koncept uvažuje o realizaci pracoviště jako moderní, plně automatizované „mini-linky“, která vyžaduje minimální zásahy lidského faktoru a dosahuje maximální efektivity zpracování.

Základem linky je robotický manipulátor, který odebírá součástky ze vstupních paletových zásobníků a přesně je zakládá do příslušných technologických modulů (vyrážecí modul pro relé a řezací modul pro senzory). Celý proces rozpoznání typu součástky, její fixace, demontáž i následné odvedení oddělených materiálů do separátních nádob probíhá automaticky pod dohledem počítačového řízení. Lidský pracovník zde plní pouze roli logistické podpory – doplňuje plné palety na vstup a odváží naplněné nádoby s recyklovanými kovy, přičemž na potřebu obsluhy jej systém sám upozorní.

Z hlediska bezpečnosti se jedná o nejvhodnější variantu, protože veškeré rizikové operace jsou izolovány uvnitř linky, čímž je riziko úrazu prakticky eliminováno.

Nicméně extrémně vysoké investiční náklady, zahrnující pořízení průmyslového robota, dopravníků a komplexního PLC systému, činí tento koncept v současných podmínkách ekonomicky obtížně návratným, pokud není uvažováno o dlouhodobém strategickém přínosu pro image firmy nebo legislativní splnění norem EPR [2].

## 5 Výběr vhodného konceptu

Tato kapitola se zaměřuje na výběr vhodného konceptu. Před výběrem probíhá hodnocení a porovnání každého konceptu na základě výhod, nevýhod, dle specifických vlastností a požadavků firmy. Z porovnání je pak metodou AHP vybrán nejvhodnější koncept.

### 5.1 Analytický hierarchický proces (AHP)

Analytický hierarchický proces (*Analytic Hierarchy Process*, dále jen AHP) je vícekritériální rozhodovací metoda určená k řešení složitých rozhodovacích problémů, které zahrnují více hodnotících kritérií různého charakteru. Metoda byla vyvinuta Thomasem L. Saatyem v 70. letech 20. století a patří mezi nejrozšířenější metody vícekritériálního rozhodování v oblasti techniky, ekonomiky a managementu [3][4].

Základním principem metody AHP je rozklad rozhodovacího problému do hierarchické struktury a následné párové porovnávání jejích jednotlivých prvků. Tento přístup umožňuje převést subjektivní úsudky rozhodovatele, včetně kvalitativních kritérií, do kvantitativní podoby a stanovit výsledné priority hodnocených alternativ [3].

Klíčovým prvkem metody AHP je párové porovnávání jednotlivých prvků hierarchie, a to vždy vzhledem k prvku nacházejícímu se na vyšší úrovni hierarchie. Rozhodovatel porovnává významnost dvou prvků pomocí preferenční stupnice navržené Saatyem [3].

Pro vyjádření preferencí se používá devítibodová Saatyho škála, kde hodnota 1 značí stejný význam prvků a hodnota 9 vyjadřuje extrémní preferenci jednoho prvku vůči druhému. Mezhodnoty (2, 4, 6, 8) slouží k jemnějšímu vyjádření úsudku. Opačné preference jsou vyjádřeny převrácenými hodnotami (např. 1/3, 1/4, 1/5) [3][4].

Hodnota	Význam
1	Varianty jsou stejně významné
3	První varianta je slabě výraznější než druhá
5	První varianta je silně výraznější než druhá
7	První varianta je velmi silně významnější než druhá
9	První varianta je extrémně výraznější než druhá

Tabulka 1 - Saatyho škála [3]

## 5.2 Hodnotící kritéria

Pro určení nejlepšího konceptu byla stanovena hodnotící kritéria zástavbový prostor, náročnost obsluhy, bezpečnost práce, komfort obsluhy, investiční náklady a flexibilita pracoviště. Tato kritéria byla metodou AHP ohodnocena dle jejich vzájemného i celkového významu a hodnoty byly přepočteny na váhové vektory, které objektivněji ukazují důležitost hodnotícího kritéria.

Kritérium	Váhový vektor	Poměr konzistence
Zástavbový prostor	0,19	<b>0,093</b>
Náročnost obsluhy	0,10	
Bezpečnost práce	0,45	
Komfort obsluhy	0,08	
Investiční náklady	0,14	
Flexibilita pracoviště	0,04	

Tabulka 2 - Váhové vektory hodnotících kritérií

## 6 Výsledný koncept

Použitím metody AHP vyšel jako nejlepší/nejzajímavější koncept 3, tedy koncept automatické linky, kde lidský pracovník funguje jako manipulátor s materiálem a doplňovač a všechny výrobní operace provádí robot. Jako druhý nejlepší vyšel koncept 2, nejhůře naopak dopadl koncept 1. Výsledné pořadí konceptů tak vyšlo v rámci autorových očekávání. Výsledky metody AHP zobrazuje tabulka.

	Zástavbový prostor	Náročnost obsluhy	Bezpečnost práce	Komfort obsluhy	Investiční náklady	Flexibilita pracoviště	Celkové skóre konceptu
Koncept 1	0,26	0,11	0,07	0,07	0,69	0,67	<b>0,219</b>
Koncept 2	0,63	0,26	0,30	0,28	0,25	0,24	<b>0,348</b>
Koncept 3	0,11	0,63	0,63	0,64	0,06	0,09	<b>0,433</b>
Váhový vektor kritéria	0,19	0,10	0,45	0,08	0,14	0,04	

Tabulka 3 - Výsledky metody AHP

Na základě výsledků metody AHP, a především dohody s firmou a jejími požadavky, byl z připravených konceptů vytvořen jeden finální kompilovaný návrh pracoviště.

Tento koncept vychází především z druhého konceptu, který stále jako hlavní zdroj využívá lidského pracovníka, poskytuje mu ale již některé specializované prostředky – jednoúčelová zařízení – pro vykonání operací.

Oproti konceptu 2, ze kterého tento kompilát vychází, zde nejsou použity prvky automatizace. Mechanický lis je ovládán pákou operátorem. Podobně je na tom řezačka, kterou operátor obsluhuje i během řezání. Oproti konceptu 1 je zde větší množství bezpečnostních prvků a řezný kotouč je během řezání zakrytý – nehrozí kontakt operátora a řezného kotouče.

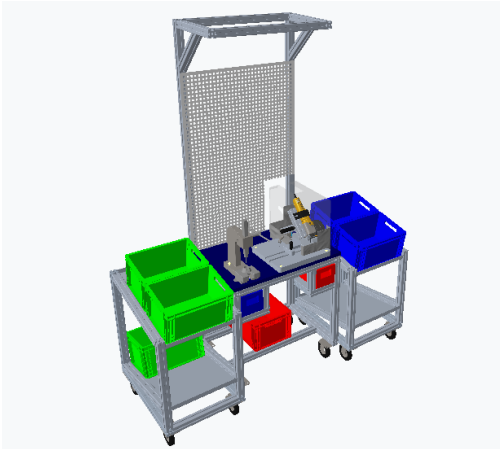
Výsledný kompilát je technologickou vybaveností na úrovni mezi koncepty 1 a 2, splňuje ale všechny nároky firmy, umožňuje bezpečnou demontáž součástek a z pohledu pořizovacích a provozních nákladů se pohybuje blíže konceptu 1.

## 7 Konstrukce pracoviště

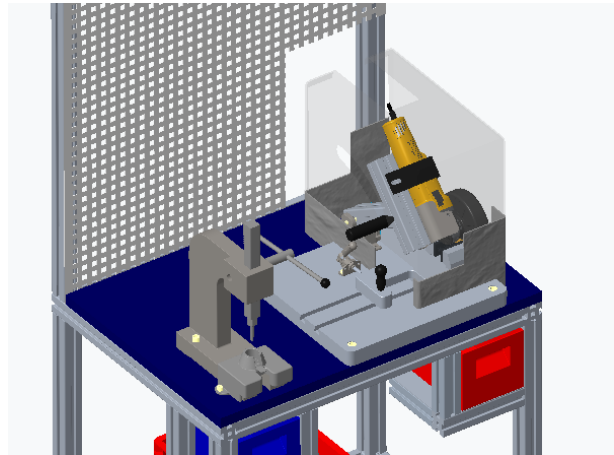
V této části je popsána konstrukce pracoviště a vybraných důležitých částí, včetně zařízení a přípravků pro zpracování součástek. Veškerá konstrukce modelů je provedena v prostředí Creo Parametric.

Pracoviště je koncipováno jako volně stojící pracovní stůl vybavený specializovanými zařízeními pro demontáž součástek. Takto navržené pracoviště je možné umístit k již fungujícím pracovištím, neboť návrh vychází z jednotné podoby pracovních stolů a stanovišť ve výrobní hale firmy.

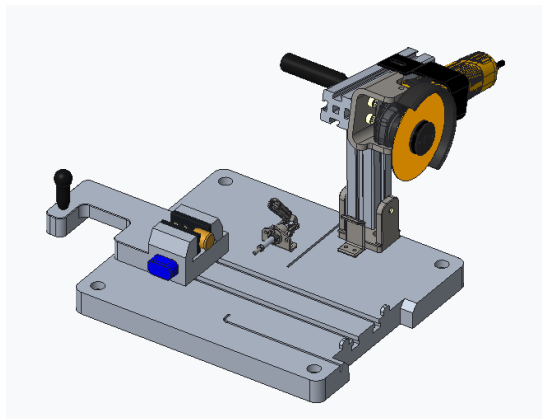
Samotnou konstrukci je možné rozdělit na několik hlavních částí – rám konstrukce, pracovní deska, zařízení (lis) pro vyrážení vnitřních částí součástek, zařízení pro řezání součástek. Dále zde jsou zde modulární části, které slouží především jako zásobníky vstupního a výstupního materiálu. Kromě samotného pracoviště zde jsou zkonstruovány také přípravky pro práci na zařízeních.



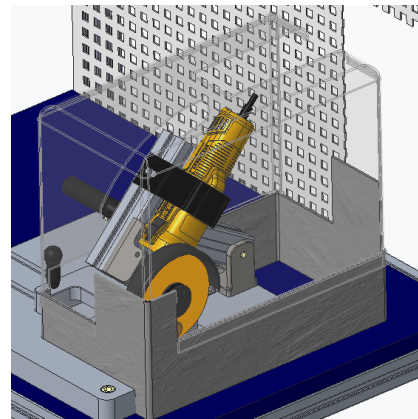
Obrázek 4 - Konstrukční návrh pracoviště



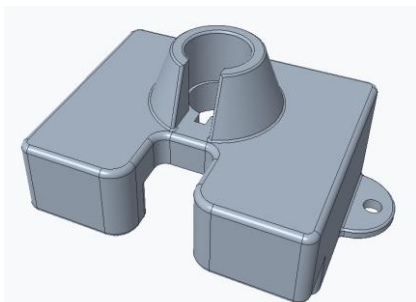
Obrázek 5 - Izometrický pohled na pracovní stůl



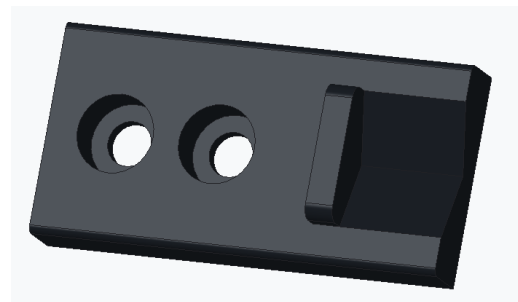
Obrázek 6 – Řezačka



Obrázek 7 - Krytování řezačky



Obrázek 8 - Přípravek pro vyrážení



Obrázek 9 - Čelisti svěráku

## 8 Ekonomická analýza

Ekonomická analýza výsledného kompilovaného návrhu pracoviště prokazuje, že zvolené technické řešení je s celkovými investičními náklady **20 820 Kč** druhou finančně nedostupnější variantou, která zahrnuje veškeré komponenty od modulárního rámu z hliníkových profilů a HPL pracovní desky až po mechanický lis, úhlovou brusku a výrobu speciálních přípravků. Roční provozní náklady jsou odhadovány na **126 680 Kč**, přičemž podrobný rozbor nákladové struktury pomocí Paretova diagramu [5] odhalil, že rozhodující položku (cca 85 %) tvoří mzdové náklady na operátora ve výši 112 500 Kč ročně při uvažovaném provozu jedné osmihodinové směny týdně. Výdaje na elektrickou energii (při sazbě 4,1 Kč/kWh a spotřebě 59,28 kWh/rok) jsou s částkou 245 Kč téměř zanedbatelné, podobně jako náklady na údržbu a nástroje dosahující dohromady 14 000 Kč.

	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Výsledný koncept
Energie	245 Kč	700 Kč	2 500 Kč	245 Kč
Operátor	112 500 Kč	112 500 Kč	112 500 Kč	112 500 Kč
Údržba	5 000 Kč	7 500 Kč	10 000 Kč	6 000 Kč
Nástroje	8 000 Kč	8 000 Kč	8 000 Kč	8 000 Kč
<b>Celkem</b>	<b>125 680 Kč</b>	<b>128 700 Kč</b>	<b>133 000 Kč</b>	<b>126 680 Kč</b>

Tabulka 4 - Provozní náklady

Oproti těmto výdajům stojí předpokládaný roční výnos z prodeje separovaných kovů ve výši **91 269 Kč**, kalkulovaný při měsíčním zpracování 800 kusů relé a 800 kusů senzorů, přičemž nejhodnotnější složku tvoří měděné vinutí (výnos 58 543 Kč) následované mosazí.

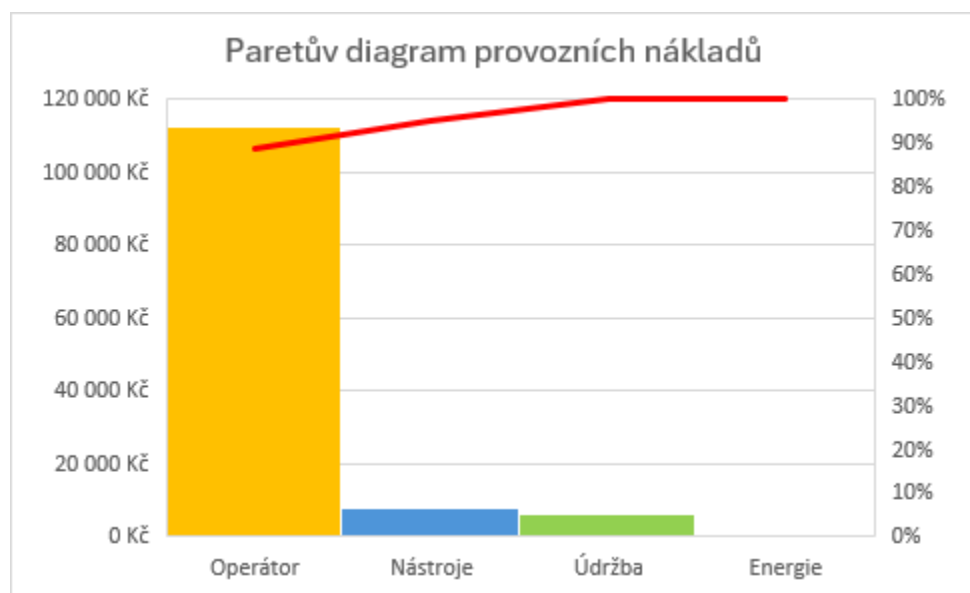
Položka	Cena [Kč/kg]	Množství [kg]	Výnos [Kč]
Měď – vinutí	235	249,12	58 543
Mosaz – žlutá	137	232,51	31 854
Ocel	7	124,56	872
<b>Celkem</b>			<b>91 269 Kč</b>

Tabulka 5 - Odhad ročních výnosů

Přestože čistá finanční bilance vykazuje průběžnou roční ztrátu přibližně **35 411 Kč**, realizace pracoviště je pro podnik zásadní z hlediska přípravy na zpřísnující se legislativu EU v oblasti rozšířené odpovědnosti výrobců (EPR) [2] a povinných kvót pro recyklovaný obsah v produktech [6]. Významným faktorem pro celkové zhodnocení je pak možnost využití pracoviště pro náhradní plnění skrze zaměstnávání osob se zdravotním postižením (OZP) v chráněných dílnách, což společnosti umožňuje splnit zákonné povinnosti a vyhnout se přímým finančním odvodům za neplnění povinného podílu zaměstnanců se zdravotním postižením [7].

Položka	0. rok	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok
Investice	20 820 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Provozní náklady	126 680 Kč	126 680 Kč	126 680 Kč	126 680 Kč	126 680 Kč	126 680 Kč
Výnosy	91 269 Kč	91 269 Kč	91 269 Kč	91 269 Kč	91 269 Kč	91 269 Kč
<b>Výnosy za rok</b>	<b>-56 231 Kč</b>	<b>-35 411 Kč</b>	<b>-35 411 Kč</b>	<b>-35 411 Kč</b>	<b>-35 411 Kč</b>	<b>-35 411 Kč</b>
<b>Celkové výnosy</b>	<b>-56 231 Kč</b>	<b>-91 641 Kč</b>	<b>-127 052 Kč</b>	<b>-162 463 Kč</b>	<b>-197 874 Kč</b>	<b>-233 284 Kč</b>

Tabulka 6 - Porovnání nákladů a výnosů



Graf 1 - Paretův diagram provozních nákladů

## 9 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh a konstrukce demontážního pracoviště, na kterém je možné demontovat dva druhy součástek – relé s ocelovým obalem a mosazné senzory – a získávat z nich kovy určené k recyklaci. Dále měla být provedena ekonomická analýza s cílem zjistit, zda se spolupracující firmě vyplatí investovat a provozovat takové pracoviště.

V praktické části byly stanoveny obecné pracovní postupy pro zpracování součástek a navrženy tři koncepty pracoviště. Každý z těchto konceptů poskytoval jinou úroveň technologické složitosti, kdy první spoléhá především na práci operátora, druhý nabízí řešení poloautomatickými jednoúčelovými zařízeními a třetí popisuje realizaci jako automatickou linku, kde již téměř není potřeba zásah lidského pracovníka.

Připravené koncepty byly vyhodnoceny pomocí šestice hodnotících kritérií – zástavbový prostor, náročnost obsluhy, bezpečnost práce, komfort obsluhy, investiční náklady a flexibilita pracoviště. K porovnání posloužila metoda AHP. Na základě výsledků metody AHP vyšel jako nejvhodnější koncept 3, tedy automatická linka. Po dohodě s firmou byl následně zpracován čtvrtý a zároveň výsledný koncept. Ten využívá některé prvky již vytvořených návrhů a zároveň zohledňuje požadavky a možnosti firmy.

Navržené a konstrukčně připravené pracoviště je koncipováno jako pracovní stůl se dvěma specializovanými zařízeními pro demontáž dvou typů součástek s přílehlými modulárními vozíky, které slouží jako zásobníky materiálu. Prvním zařízením na pracovišti je mechanický lis, který slouží k vyražení vnitřních částí cívek a ventilů. K tomu jsou navrženy přípravky pro správné a plynulé provedení těchto operací. Druhým zařízením je řezačka. Ta byla pojata jako stojan s pohyblivým ramenem, ve kterém je upnuta úhlová bruska s řezným kotoučem. Kromě stojanu a brusky je zde malý posuvný svěrák pro uchycení součástky a pohyb do pozice řezu. Obě zařízení byla navrhována s ohledem na ergonomii a bezpečnost práce, na kterou je v rámci spolupracující firmy kladen velký důraz.

V závěru práce byla provedena ekonomická analýza, která měla zjistit, jaké jsou předpokládané náklady na pořízení a provoz takového pracoviště a jaké jsou předpokládané výnosy z recyklace separovaných materiálů. Výsledkem analýzy je, že po finanční stránce je návrh i z dlouhodobého hlediska lehce prodělečný. Z ekologického a legislativního hlediska se však jedná o perspektivní řešení, kterým se firma může připravit na chystané legislativní změny a vyšší ekologické nároky. S ohledem na to by měla společnost takovéto návrhy zvažovat i za cenu současných nákladů, které ale mohou předejít větším nákladům či sankcím za neplnění recyklačních a předepsaných norem.

## Literatura

- [1] *Global e-Waste Monitor 2024: Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling* | UNITAR. Webové sídlo. Dostupné z: <https://unitar.org/about/news-stories/press/global-e-waste-monitor-2024-electronic-waste-rising-five-times-faster-documented-e-waste-recycling>. [citováno 2025-11-15].
- [2] Circular economy: Council adopts position on the recycling of vehicles at the end of their life. online. In: *Consilium*. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2025/06/17/circular-economy-council-adopts-position-on-the-recycling-of-vehicles-at-the-end-of-their-life/>. [citováno 2026-05-05].
- [3] JANDOVÁ, Věra. *AHP - její silné a slabé stránky*. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, 2012. Dostupné z: [https://theses.cz/id/5j4i3e/?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DAHP%20-%20jej%C3%AD%20siln%C3%A9%20a%20slab%C3%A9%20str%C3%A1nky%26start%3D1;isslret=AHP%3B-%3Bjej%C3%AD%3Bsiln%C3%A9%3Ba%3B#panel\\_text](https://theses.cz/id/5j4i3e/?zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DAHP%20-%20jej%C3%AD%20siln%C3%A9%20a%20slab%C3%A9%20str%C3%A1nky%26start%3D1;isslret=AHP%3B-%3Bjej%C3%AD%3Bsiln%C3%A9%3Ba%3B#panel_text).
- [4] ISHIZAKA, Alessio a Ashraf LABIB. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. online. *Expert Systems with Applications*, roč. 38 (2011), č. 11, s. 14336–14345. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>.
- [5] *Pareto Chart*. Dostupné z: Lean Enterprise Institute, <https://www.lean.org/lexicon-terms/pareto-chart/>. [citováno 2026-05-16].
- [6] Battery Passport South Africa | EU Battery Regulation 2023/1542 Compliance. online. In: *BatteryPassport.co.za*. Dostupné z: <https://batterypassport.co.za/>. [citováno 2026-05-05].
- [7] *Kalkulačka náhradního plnění 2025* | Výpočet zdarma. Webové sídlo. Dostupné z: <https://nahradni-plneni-kalkulacka-2025.cz/>. [citováno 2026-05-16].