



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

DETAILNÍ PROJEKTOVÁNÍ TECHNOLOGICKÉHO PRACOVISTĚ VE SPOLEČNOSTI MEDIA EFEKT, S.R.O.

DETAILED PROJECT PROPOSAL OF A TECHNOLOGICAL WORKPLACE IN
MEDIAEFEKT, S.R.O. ENGINEERING COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Dobeš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Bc. Jan Dobeš**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce: **Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Detailní projektování technologického pracoviště ve společnosti MEDIA EFEKT, s.r.o.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je vypracovat detailní návrh konkrétního technologického pracoviště.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza požadavků na pracoviště z hlediska potřebné výrobní technologie, příp. stanovení požadovaných parametrů strojního vybavení pracoviště
2. Návrh uspořádání pracoviště s ohledem na zásady ergonomie (vč. řešení faktorů osvětlení a hluku) a bezpečnosti práce
3. Kalkulace nákladů na realizaci návrhu

Seznam literatury:

HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETA B., MATUSZEK, J. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 397 s. ISBN 9788071005537.

SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.

ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

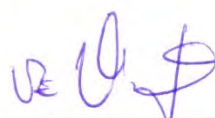
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 24. 11. 2015





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá projektováním v podniku MEDIA EFEKT. První část práce popisuje aktuální stav výrobní haly. Dále je práce zaměřena na tři varianty výroby rozvodného tělesa. Druhá část práce objasňuje uspořádání pracoviště s ohledem na bezpečnost včetně faktorů hluku a osvětlení. Je zde také uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

Návodka, strojní čas, technologický postup, technologické projektování, optimalizace.

ABSTRACT

This thesis deals with design in the company MEDIA EFEKT. The first part describes current status of the production hall. Further work is focused on three variants of methods of manufacturing distribution body. The second part is focused on optimizing of workplaces with regard to safety factors, including noise and lighting. It also shows the techno-economic evaluation.

Key words

Production instruction card, machine time, technological proces, technological project, optimization.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOBEŠ, Jan. *Detailní projektování technologického pracoviště ve společnosti MEDIA EFEKT, s.r.o.*. Brno 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 74 s. Vedoucí práce Ing. Jan Strejček, PhD., MBA.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Detailní projektování technologického pracoviště ve společnosti MEDIA EFEKT, s.r.o.** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24. 5. 2016

Datum

Bc. Jan Dobeš

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Janu Strejčkovi, PhD., MBA za cenné připomínky a rady při vypracování této diplomové práce. Panu Pavlu Poláčkovi z firmy MEDIA EFEKT za konzultace, které byly pro mé vědomosti přínosem. Dále děkuji kalibrační laboratoři TM-Technik za vypůjčení hlukoměru a v neposlední řadě rodičům. Právě oni byli v průběhu studia moji největší motivací.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ANALÝZA AKTUÁLNÍHO STAVU PODNIKU	10
1.1 Představení firmy	10
1.2 Externí analýza – Porter, Slepce.....	11
1.3 Interní analýza – SWOT	13
1.4 Výrobní program.....	13
1.5 Stav výrobního objektu.....	15
1.6 Stav výrobní haly 2	19
2 POŽADAVEK Z HLEDISKA VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	22
2.1 Představení rozvodného tělesa.....	22
2.1.1 Materiálový rozbor rozvodného tělesa	23
2.2 Rozbor řezných podmínek.....	24
2.3 Výrobní postup stávající technologie rozvodného tělesa	26
2.3.1 CNC frézovací centrum rozvodného tělesa	27
2.4 Stávající obrábění rozvodného tělesa ve společnosti MEDIA EFEKT.....	29
3 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ.....	32
3.1 Výběr vhodného CNC soustružnického centra.....	33
3.2 Návrh obrábění rozvodného tělesa na CNC soustruhu (varianta 1).....	34
3.3 Návrh obrábění rozvodného tělesa na CNC frézce (varianta 2).....	36
3.4 Návrh obrábění pomocí CNC soustruhu a CNC frézky (varianta 3)	38
3.5 Časové zhodnocení navrhovaných technologií.....	40
3.6 Ekonomické zhodnocení navrhovaných technologií	42
3.7 Postupový graf rozvodného tělesa (varianta 3).....	45
3.8 Šachovnicová tabulka hmotných vztahů pro rozvodné těleso	46
4 KAPACITNÍ PROPOČTY	48
4.1 Vstupní parametry	48
4.2 Výpočet strojních pracovišť pro rozvodné těleso	49
4.3 Výpočet využití strojních pracovišť pro rozvodné těleso.....	50
4.4 Výpočet výrobních dělníků.....	51

4.5	Výpočet ploch haly 2.....	52
4.6	Bezpečnost a ochrana zdraví na pracovišti.....	54
5	NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO PRACOVISTĚ.....	56
6	FAKTORY HLUKU A OSVĚTLENÍ.....	60
6.1	Faktory hluku.....	60
6.2	Faktory osvětlení.....	62
7	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	64
7.1	Výpočet spotřeby materiálu.....	64
7.2	Kalkulace nákladů na realizaci návrhu.....	65
7.2.1	Jednorázově vynaložené investiční náklady na návrh	66
7.2.2	Úspora na výrobě rozvodného tělesa nahrazením stávající varianty	67
7.3	Doba návratnosti investičních nákladů.....	67
	ZÁVĚR.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH	74

ÚVOD

Firma MEDIA EFEKT, s. r. o. je malý strojírenský podnik působící v Brně s velmi různorodou výbavou obráběcích strojů čítající pár zaměstnanců. Hlavním zdrojem příjmů je přesná strojírenská výroba. Problém společnosti je, že většina sortimentu je vyráběna pouze na frézovacích centrech, což omezuje poptávku po službách firmy.

Z hlediska chybějící potřebné výrobní technologie na pracovišti byla vedením společnosti stanovena jediná součást vyráběna částečně v kooperaci. Pro tu je požadováno, zda je časově výhodnější tuto součást obrábět pomocí frézovacího centra, soustružnického centra, či jeho kombinací. Problémem jsou právě soustružnická centra, která v podniku zastupují pouze CNC automatické soustruhy, jenž jsou specifické pro výrobu některých drobných výrobků. Obsahem této práce bude stanovit nejvýhodnější variantu ze tří kombinací obrábění zadané součásti a vybrat nový soustruh, který by byl schopný obrobít jak tuto součást, tak ostatní výrobní sortiment firmy. Podle těchto výsledků zhodnotit stav jedné z hal, tak aby do něj mohl být případný soustruh zakomponován s ohledem na zásady ergonomie a bezpečnost práce. Pro firmu tak malých rozměrů, jako je firma MEDIA EFEKT, s. r. o. nepřipadá v úvahu riskovat, že špatné bezpečnostní podmínky pracoviště povedou k penalizaci, či budou končit zánikem této malé firmy.

1 ANALÝZA AKTUÁLNÍHO STAVU PODNIKU

1.1 Představení firmy

Společnost MEDIA EFEKT, s. r. o. (dále jen MEDIA EFEKT) se sídlem v Brně v městské části Medlánky, je menší strojírenská společnost, strojírenský výrobce a dodavatel přesných strojírenských výrobků se zaměřením na sériovou výrobu pro automobilový průmysl v oblasti brzdových, palivových a hydraulických prvků. Firma byla založena dvěma společníky v roce 1998 již s dnešním přesvědčením přesné strojírenské výroby a stabilního dodavatelství do oblasti automobilové prvovýroby s rostoucím podílem exportu a s maximálním důrazem na využívání moderních technologií. V této době má podnik spíše rodinný charakter, druhý společník totiž přenechal svůj podíl jednomu ze zakladatelů. Společnost má dnes tedy pouze jednoho společníka, který zastává zároveň funkci jednatele. [1]

Firma je zapsána v obchodním rejstříku vedeným Krajským soudem v Brně, oddíl C, vložka 29522 pod číslem 255 186 40, DIČ CZ25518640 a v právní formě se jedná o společnost s ručením omezením. [1]

Předmětem podnikání společnosti je [1]:

- koupě zboží za účelem jeho dalšího prodeje a prodej,
- zprostředkovatelská činnost v oblasti obchodu a služeb,
- zámečnictví,
- kovoobráběčství,
- výroba plastových a pryžových výrobků.



Obr. 1.1 Logo společnosti MEDIA EFEKT [1]

Základním stavebním kamenem dlouhodobé strategie firmy v oblasti jakosti bylo a je důsledné naplňování požadavků zákazníků, které se ve svém důsledku projevuje v kvalitě vyráběných produktů firmy. Aby firma upevnila svou konkurenceschopnost, postavení na

trhu a především prohloubila důvěru svých zákazníků, byly provedeny certifikace firmou SÜD TUV. [1]

Certifikáty kvality dosažené firmou [1]:

- Certifikát ČSN EN ISO 14001:2005
- Certifikát ČSN EN ISO 9001:2009

Zákazníci, na které se firma zaměřuje, jsou jak tuzemští, tak i zahraniční. Ze zahraničních zemí jsou to především zákazníci ze západní a střední Evropy. Za zmínku stojí Německo, Holandsko či Anglie. [1]



Obr. 1.2 Zázemí společnosti

1.2 Externí analýza – Porter, Slepte

V oblasti marketingu jakékoliv firmy bývá důležitým faktorem rozbor aktuálních podmínek v těchto oblastech analýzy Slepte [2]:

- sociální,
- právní prostředí a legislativa,
- ekonomické prostředí,
- politické prostředí,
- technologické faktory,
- environmentální faktory.

Tab 1.1 Analýza Slepce (vnější) [1, 2].

Faktor	Definice rizik a příležitostí	Hodnocení 1 - nejlepší 10 - nejhorší	Váha 1 - nejnižší 5 - nejvyšší	Celkové hodnocení (riziko)
Sociální oblast	<i>Nedostatek kvalifikované pracovní síly, různé požadavky zákazníků.</i>	7	3	21
Legislativa	<i>Vysoké daňové zatížení</i>	4	3	12
Ekonomika	<i>Růst cen energií a paliv, kurzové rozdíly, pokles poptávky vzhledem k snadné nahraditelnosti firmy z pohledu zákazníka.</i>	3	4	12
Technologie	<i>Docela vysoká technologická úroveň</i>	3	4	12
Politika	<i>Nynější stabilní politická situace nepřináší rizika.</i>	2	2	4
Ekologie	<i>Prísnejší ekologické podmínky</i>	4	4	16

K analyzování oborového okolí se dá využít například Porterova analýza. Profesor M. Porter z Harvardu v souvislosti s analýzou určil pět důsledků, které mohou ovlivnit firmu a těmito faktory je potřeba se detailně zabývat [1, 2]:

- konkurence mezi firmami,
- hrozba vstupu nových firem,
- ohrožení ze strany substitutů,
- síla dodavatelů,
- síla odběratelů.

Tab. 1.2 Analýza Porter (vnitřní) [1, 2].

Faktor	Definice rizik a příležitostí	Hodnocení 1 - nejlepší 10 - nejhorší	Váha 1 - nejnižší 5 - nejvyšší	Celkové hodnocení (riziko)
Stávající konkurence	<i>Firmy zabývající se přesnou strojírenskou výrobou.</i>	7	4	28
Nová konkurence	<i>Vznik nových firem na trhu</i>	4	4	16
Substituty	<i>Firma se zaměřuje na široký segment trhu, takže substituty určitě existují.</i>	3	5	15
Dodavatelé	<i>Pozdní dodávky materiálů</i>	5	3	15
Odběratelé	<i>Odběrateli jsou zákazníci po celé Evropě a v některých zemích je platební morálka na horší úrovni.</i>	3	4	12

Výsledky analýz jsou uvedené v tabulkách. Největší rizika vnějšího okolí pro firmu můžeme najít v sociální oblasti, kde může být problémem zajistit kvalifikované pracovní síly. V oborovém okolí může mít největší vliv stávající konkurence, která má důsledek na získávání zakázek.

1.3 Interní analýza – SWOT

Při posuzování vnitřních firemních vlivů nás hlavně zajímají firemní silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby. Tato analýza je označována jako SWOT podle počátečních písmen anglického označení Strengths – Weaknesses – Opportunities – Threats. V tomto pojetí jsou příležitosti a hrozby pojímány ve vztahu firmou oslovenému trhu, ne interně ve firmě. Jde tedy o obchodní firemní příležitosti a vnější hrozby, které mohou firemní úspěch ovlivnit.

Tab. 1.3 Analýza SWOT [1, 2].

	Pomocné (k dosažení cíle)	Škodlivé (k dosažení cíle)
Vnitřní (atributy prostředí)	Silné stránky (Strengths) - Dlouhodobé zkušenosti v oboru, - dobré vztahy s předními zákazníky, - možnost rozvíjet výrobu, - schopnost rozvíjet strojní vybavení.	Slabé stránky (Weaknesses) - Nízký počet zákazníků, - ekologická likvidace odpadů, - zastaralost strojního vybavení, - omezené výrobní prostory.
Vnější (atributy prostředí)	Příležitosti (Opportunities) - Získání nových zákazníků, - spolupráce se strojírenskými firmami v Brně, - spolupráce s novými dodavateli, - podpoření státu pro soukromé podnikatele.	Hrozby (Threats) - Možné zvyšování cen a energií, - nová a stávající konkurence, - nedostatek kvalifikovaných pracovních sil.

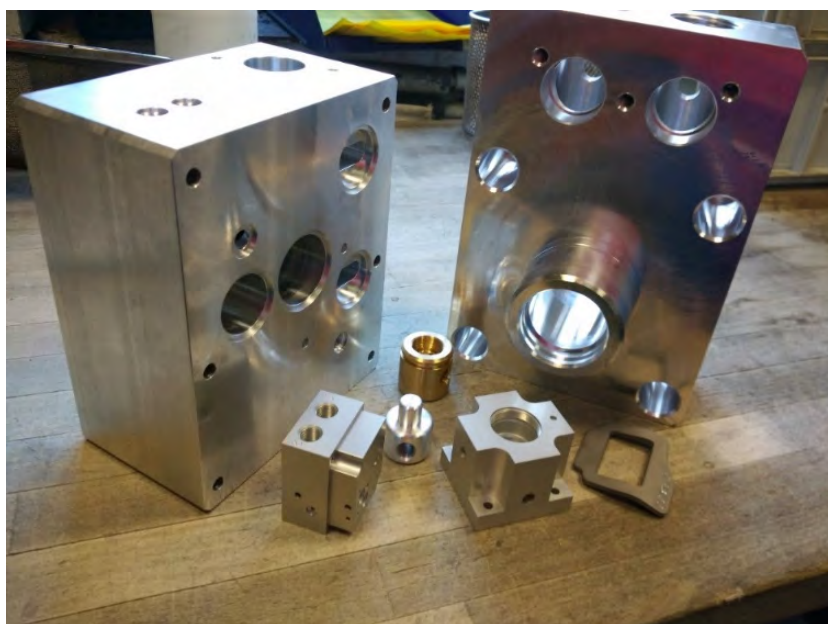
Z tabulky 1.3 Analýza SWOT vychází, že nejlepší je pro společnost MEDIA EFEKT využít strategii S+T, tedy minimalizovat rizika využíváním předností.

1.4 Výrobní program

Velice širokou nabídku poskytuje MEDIA EFEKT zákazníkovi. Přes možnosti širokého výběru technického provedení a také díky různým způsobům designu dokáže firma vyhovět a vyjít vstříc téměř jakékoliv zakázce. [1]

Omezení ovšem nastává především ve velikosti. Firma se specializuje především na drobné součástky. Mezi takové základní skupiny prvků, které tato firma už mnoho let nabízí, jsou vzduchové rozvaděče, montážní krabíčky, dále pak rotační středy, ventily, šrouby a matice. Podnik například nabízí hliníkové rozváděcí krabíčky pro klimatizační kabeláž a do nich zapadající kovová víčka pro zapuštěnou i povrchovou montáž. [1]

Logickým vývojem sortimentu rozváděcích komponent jsou také nástěnné či na rovné ploše ležící vzduchové rozvaděče s volitelnou vnitřní náplní. Tato řada vzduchových kovových rozvaděčů podniku MEDIA EFEKT byla koncipována a zkonstruována díky dlouholetým zkušenostem získaných ve spolupráci s výrobcí rozvaděčů a konstruktéry strojů v ČR. Tyto řady výrobků jsou posíleny konstrukcemi, které ve všech oblastech použití zaručují vysoký standard hygieny a protikorozi odolnosti. Výkonnostní parametry vyhovují nárokům trhu a zajišťují vysokou úroveň ochrany krytím a stupněm odolnosti. To umožňuje instalovat rozváděcí krabíčky do většiny průmyslových prostředí, pro které jsou vyrobeny. Využití najdou v chemickém a farmaceutickém průmyslu, v nemocnicích či potravinářství. [1]



Obr 1.3 Ukázka nabízených prvků společnosti

Tyto rozváděcí prvky pro automatizaci nepatří k nejmodernějším výrobkům na trhu, ale výrobce má analyzovány a zkontrolovány všechny důležité parametry a také mechanické hodnoty. Kromě nabídky vysoké úrovně připravenosti pro montáž, mají rozváděcí komponenty optimalizovány otvory a úchytky v rámci dodávaných rozměrů. To vše šetří čas

a peníze zákazníků. Například nerezová ocel, jako konstrukční materiál, vyhoví mnoha aplikačním situacím, takže teplotní změny nemusí představovat žádný problém, stejně tak odolnost vůči vnějším vlivům. Ať už je to ultrafialové záření, přímé plameny, různé typy mechanického zatížení či elektromagnetické pole. Kvůli těmto mechanickým vlastnostem nerezové oceli, je možno tyto prvky instalovat i ve venkovním prostředí a kvůli snadnému čištění tohoto materiálu se výrobky hodí do prostředí, u kterého jsou kladeny vysoké požadavky na hygienu. Bezpečnost je zajištěna podle certifikovaných zákonných nařízení, tudíž vyhovují evropským směrnici a referenčním výrobním normám. Zajímavým prvkem, který se zde vyrábí, je plastový rozvaděč, který má krychlový tvar a obsahuje až 6 různých druhů závitů od metrického až po kuželový. Používá se v leteckém průmyslu. [1]

Co se týče výroby ventilů a jiných rotačních prvků, ta je zde omezena především z důvodů vybavenosti firmy. Tuto výrobu zabezpečuje pouze CNC soustružnický automat s označením DECO, který umožňuje vyrobit rotační díly o průměru pouze do několika centimetrů. Například i jeden z brněnských týmů sportovních vozů Kart Arena Racing team se může chlubit tím, že pro něj firma vyrábí menší strojní komponenty do motorů. [1]

Vyrábí se zde i vlnovody, což jsou přípravky pro přenos elektromagnetických vln, které mají libovolný tvar jejich průřezu. Rozměry vlnovodu závisí na frekvenci vlny, která je přenášena. Tudíž platí, že čím nižší frekvence, tím je vlnovod větší a těžší. Nevýhodou vlnovodu je jejich cena. [1]

1.5 Stav výrobního objektu

Nepřetržitá snaha o zlepšování zakázkových produktů a hledání nových výrobních technologií přivedla společnost MEDIA EFEKT k dnešní podobě. Výrobní prostory jsou složeny z bývalého zemědělského domu (hala 1) a haly 2, která vznikla zastřešením větší části dvora (viz obr. 1.6). Aktuální stav není zrovna ideální, ale jiné prostory firma

k dispozici nemá a ani v možnostech firmy zřejmě nebudou. Celek je tvořen uzavřeným dvorem, který slouží k průchodu pracovníků mezi dvěma halami, například při odevzdávání kusů na průběžnou kontrolu. Dvůr nenabývá zrovna velkých parametrů a občas slouží jako dočasné parkoviště pro návštěvníky firmy, či vedení společnosti. V patře starší výrobní haly jsou umístěny kanceláře vedení firmy a kanceláře administrativních pracovníků se sociálními plochami. Výrobní haly jsou kolem dvora spojeny malými prostory, kde jsou sociální plochy pro zaměstnance (šatna, WC, umývárna).



Obr. 1.4 Letecký pohled na areál firmy

Rozdělení výrobního objektu:

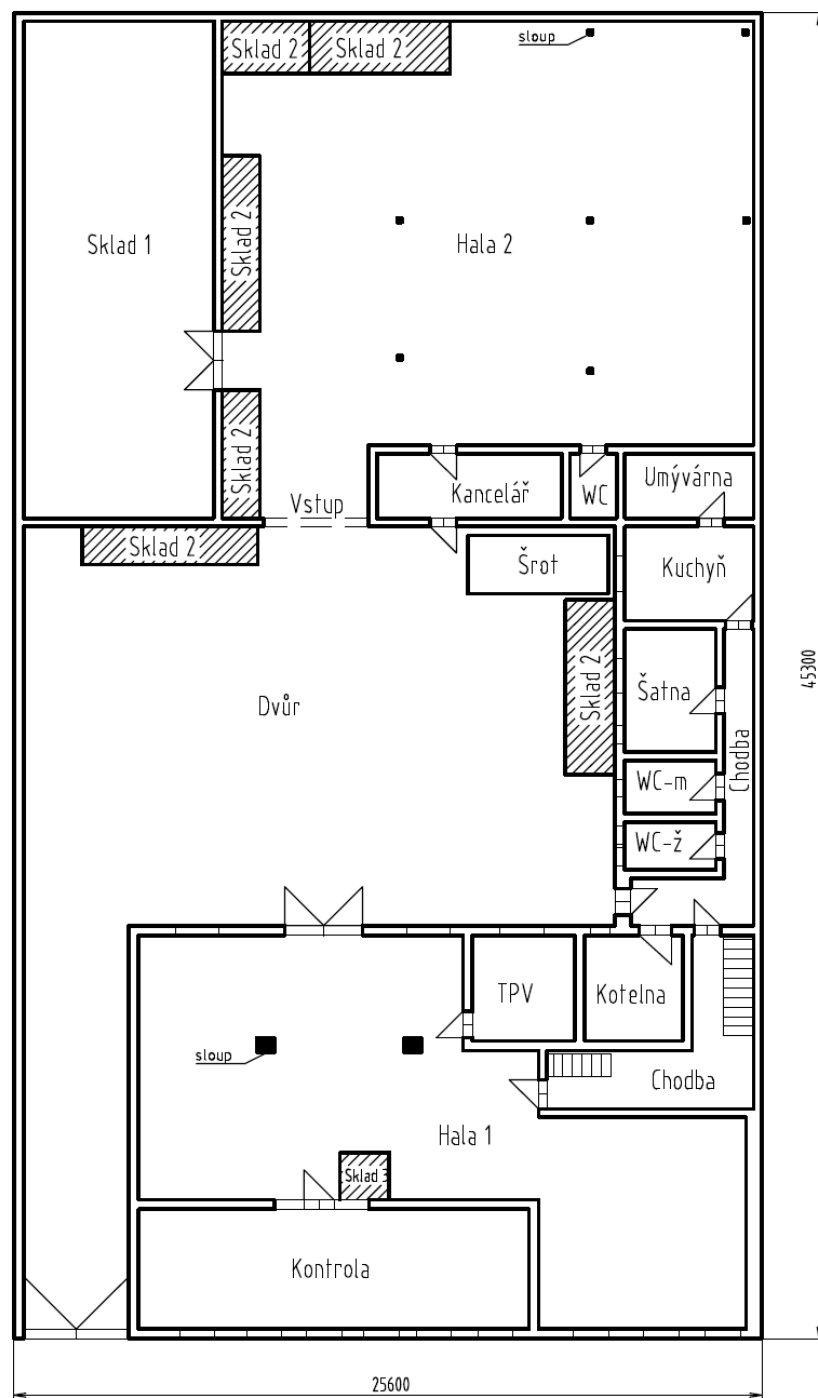
Hala 1 – obsahuje 5 automatizovaných CNC strojů, 1 kancelář technologické přípravy výroby a pracoviště kontroly.

Hala 2 – složena z 8 automatizovaných strojů, 1 kancelář recepce, umývárnu a WC.

Sklad 1 – sklad hotových výrobků, kde jsou vyrobené komponenty nachystány pro vyzvednutí zákazníky (uzavřený prostor).



Obr. 1.5 Pohled na dvůr se vstupem do haly 2



Obr. 1.6 Půdorys výrobního objektu se skladovým hospodářstvím

Vysvětlivky:

Hala 1 – výrobní hala

Hala 2 – výrobní hala

Sklad 1 – expediční sklad

Sklad 2 – sklad polotovarů

Sklad 3 – sklad kooperací

Skladové hospodářství:

Skladovací prostory v podniku jsou složeny ze tří částí, všechny sklady jsou zastřešené, jeden je celkově obezděný a uzavíratelný. Pouze sklad polotovarů tvoří otevřené zastřešené regály podél dvora a uvnitř haly 2. Uvnitř haly 1 se nenachází ani tak sklad, jako spíše skladová oblast kooperací. To vše je patrné z obr. 1.6, kde jsou skladové oblasti, které nemají vlastní samostatnou místnost vyšrafovány.

Sklad hotových výrobků (Sklad 1) je uzavřený sklad umístěný vedle výrobní haly 2. Jsou v něm uskladněny hotové vyrobené kusy, které čekají na odeslání k zákazníkovi (popřípadě na vyzvednutí zákazníkem). Za provoz skladu, údržbu, opravy a prohlídky skladovacích zařízení odpovídá vedoucí kontroly a skladového hospodářství. Ve skladu jsou umístěny nejen hotové výrobky, ale i obalový materiál, který slouží k balení jednotlivých výrobků. Balení je zprostředkováváno buď zde, nebo na kontrole v hale 1. V zadní oddělené části je pak izolátor neshodných dílů. Výrobky jsou uloženy v plastových přepravech KLT skládaných na sebe v regálech nebo na paletách na podlaze, případně volně ve skříní.

Sklad polotovarů (Sklad 2) je rozdělen na pět částí, dva patrové zastřešené regály polotovarů jsou umístěny podél dvora a další tři jsou uvnitř výrobní haly 2. Umístěny jsou zde materiály jako tyče, trubky, pásy, profily atd. Na základě rozsahu realizované zakázky je dodán konkrétní materiál, polotovary nebo výrobky přímo do skladovacích prostor firmy MEDIA EFEKT. V tomto případě do skladu 2. Materiál, polotovary nebo výrobky přijme pracovník skladového hospodářství. Provede příjmovou kontrolu z hlediska druhu a množství. Předá informaci operátoru kontroly, který ověří množství přítomných prvků v polotovaru pomocí nástroje zvaného spektrometr, který umožňuje určit chemické složení látky či objektu na bázi měření odraženého světla respektive vlnové délky světla. Po provedení spektroskopické analýzy pracovník skladového hospodářství provede celkové evidence a materiál je později předán až do výroby.

Sklad kooperací (Sklad 3) je skladová oblast odlišena barevnou páskou uvnitř výrobní haly 2, kde jsou v menších plastových přepravech (KLT) uloženy díly pro odeslání do kooperací (nanášení práškové barvy, žárové zinkování). Díly odesílané na povrchovou úpravu jsou převezeny referentem výroby po provedení všech operací dle kontrolního plánu předcházejících povrchové úpravě do určené skladové oblasti – skladu 3. Operátor kvality

určí u těchto převezených dílů příslušnou povrchovou úpravu podle výkresové dokumentace a kontrolních plánů. Následně zjistí, ke kterým zprostředkovatelům povrchových úprav budou výrobky odvezeny.

Manipulování s materiálem:

Při manipulování s těžšími břemeny společnost využívá jeden motorový manipulační vysokozdvizný vozík CAT s nosností 3 tuny a zdvihem 3,3 m. Dále je manipulace uskutečňována paletovými vozíky nebo ručně.



Obr. 1.7 Motorový manipulační vysokozdvizný vozík CAT v hale 2

1.6 Stav výrobní haly 2

Tato práce bude po dohodě s vedením společnosti zaměřena především na halu 2, která jako jediná může vůbec nést název „hala.“ U haly 1 se jedná spíše o dílnu, která obsahuje pouze 5 CNC strojů a během směny je obsluhována jedním výrobním dělníkem.

Pro úpravu prostoru haly 2 je třeba zmapovat její současnou podobu. Provozní plocha činí 269,92 m². Do haly je jeden hlavní vstup ze dvora přes garážová vrata o šířce 3,6 m a přes kancelář recepcy dveřmi o šířce 0,9 m. Do expedičního skladu se lze dostat z výrobní haly přes prosklená vrata (šířka 2 m). Dále je z výrobní haly umožněn vstup na WC přes dveře o

šířce 0,9 m (viz obr. 1.6). Tloušťky stěn se pohybují kolem 0,28 m. Nosnost podlahy byla stanovena na 1000 kg/m².

Tab. 1.4 Prostory haly 2.

Prostor	Rozměry	Měrná plocha
Výrobní plocha haly 2		167,132 m ²
sklad 2 (regál č. 1)	4,4 x 1,3 m	5,72 m ²
sklad 2 (regál č. 2)	6 x 1,3 m	7,8 m ²
sklad 2 (regál č. 3)	1,8 x 4,8 m	8,64 m ²
sklad 2 (regál č. 4)	1,8 x 3 m	5,4 m ²

Hala obsahuje 7 čtvercových sloupků o rozměru 0,25 m, které jsou nepravidelně uspořádány po celé hale 2. To snižuje bezpečnost práce a omezuje vhodné rozmístění strojů. Horizontální rozteč sloupků je 6 m, vertikální 7 a 5 metrů.

Strojní pracoviště v hale 2

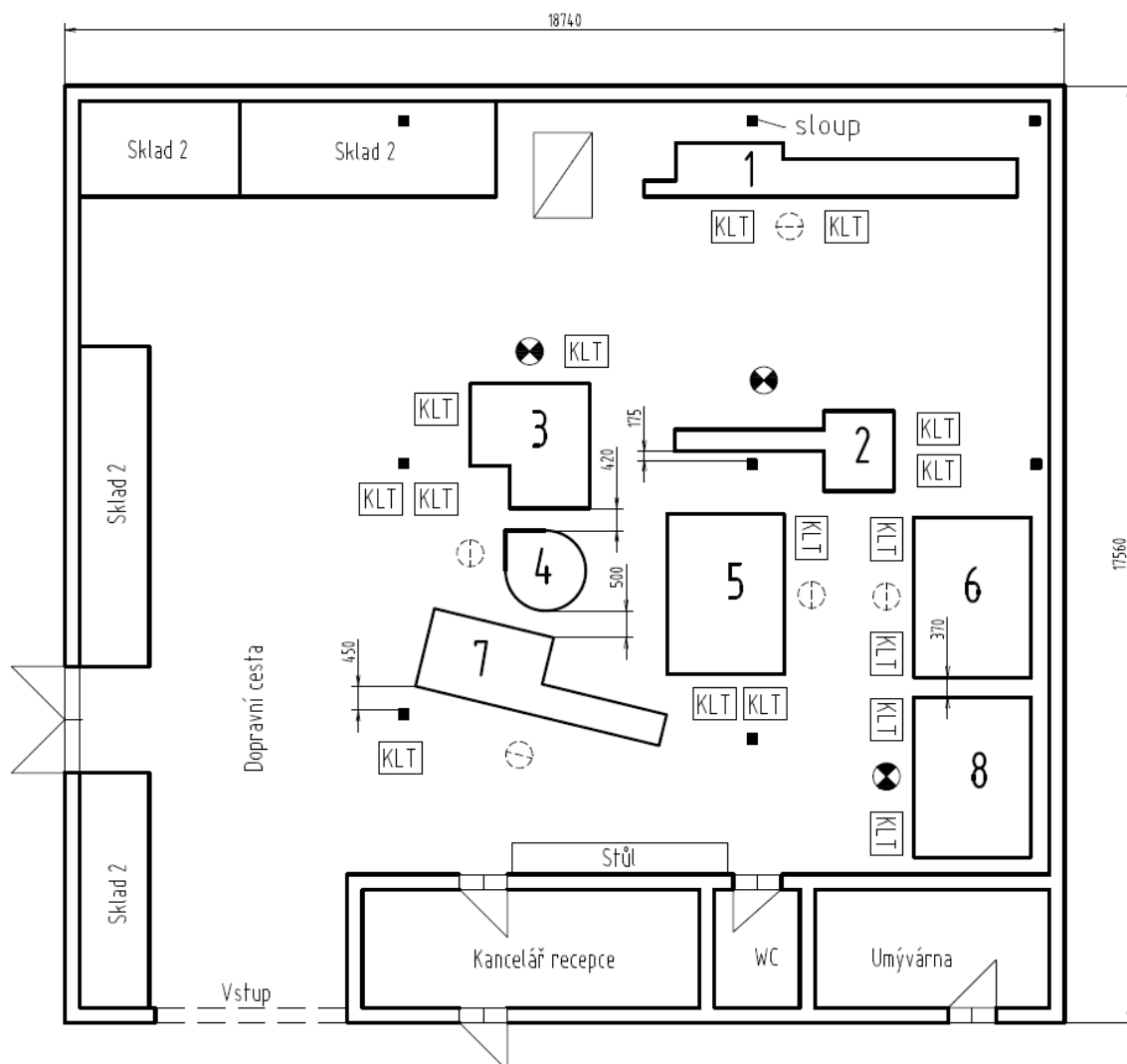
Hala 2 obsahuje samá obráběcí centra, jak je vidno z tabulky 1.5. Jejich stáří je výrazné, ale i přesto jsou pro přesnou strojírenskou výrobu dostačující. Stroje jsou rozmístěny po celé hale tak, jak byly v průběhu let do ní naváženy a to bez žádného většího ohledu zachovat bezpečnost personálu, jenž potvrzují nedodržené bezpečnostní vzdálenosti (viz obr. 1.8) mezi stroji dle **ČSN 73 5105 - Výrobní průmyslové budovy**.

Nutno podotknout, že neuspořádané rozmístění strojů v hale 2 je víceméně logické. Výrobní sortiment firmy je příliš různorodý na to, aby mohl být uspořádán podle standardních projektových metod. Měrné plochy strojních pracovišť se různě překrývají a není zcela jednoznačné je od sebe odlišit (viz obr. 1.8).

Většina výrobních prvků je zde vyráběna na jednu nebo dvě výrobní operace, čemuž odpovídá právě i vybavení haly 2, kdy obráběcí stroje na sebe nijak nenavazují, a jedna z CNC frézek není firmou využívána z důvodu vadné převodové skříně.

Výrobní dělníci v hale 2

V hale 2 jsou strojní pracoviště obsluhováni třemi výrobními dělníky, z nichž dva jsou CNC operátoři a jeden seřizovač CNC strojů.



Obr. 1.8 Stávající rozmístění strojů v hale 2 s nedodrženými rozměry bezpečnosti

Tab. 1.5 Seznam strojních pracovišť v hale 2.

Číslo prac. :	Stroj:	Rozměry stroje:
1	CNC automatický soustruh Deco 26a	7000 x 1000 mm
2	Pilka Bomar Ergonomic	4100 x 1500 mm
3	CNC frézka Haas VF-2	2235 x 2336 mm
4	Omílací stroj PDJ Vibro LTD	1500 x 1500 mm
5	CNC frézka Haas VF-4	3000 x 2200 mm
6	CNC frézka Haas VF-4	3000 x 2200 mm
7	Soustruh ENC 164 Tornos Bechler	1500 x 4700 mm
8	CNC frézka Haas VF-4	3000 x 2200 mm

2 POŽADAVEK Z HLEDISKA VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

Z hlediska potřebné výrobní technologie ve strojírenské firmě MEDIA EFEKT byla vedením společnosti pro tuto diplomovou práci stanovena jediná součást, na kterou byly stanoveny požadavky, které jsou popsány v následujících kapitolách. Tato součást rozhodně není jediná, kterou se firma v současném stavu zabývá, ale byla vedením vybrána z různorodého výrobního sortimentu firmy.

2.1 Představení rozvodného tělesa

Podle výkresu součásti (viz příloha 5) je jasné, že je uvažována malá, tvarově zajímavá strojní válcová součást s celkovými rozměry 28,5 mm výšky o průměru ϕ 40 mm. Strojní díl můžeme popsat jako rozvaděč popřípadě rozvodné těleso, které může mít více funkcí. Součást je typická tím, že obsahuje tři různé typy závitů. Na horní části dílu je umístěn unifikovaný palcový závit UNS, který je používán převážně ve Spojených státech a Kanadě. Závit má stejný profil jako metrický (tzn. 60°), ale jeho průměr a stoupání je na výkresu udáván v palcové míře. Pod tímto závitem se nachází těsnicí plocha s malou drážkou, která ze čtvrtiny objímá sedlo. Vzhledem k těsnicí funkci musí být na výrobu sedla kladen velký důraz. Požadavkem zákazníka je, aby bylo se sedlem (viz obr. 2.7) zacházeno velmi opatrně a nedocházelo k jeho zbytečnému poškození.

Na bocích válcové plochy jsou umístěny dva shodné již zmíněné kuželové závity ANPT s excentrickým zahloubením. Jeden z těchto závitů protíná malou drážku a druhý závit ANPT protíná otvor, který prochází skrze sedlo až do tohoto závitu. Požadavkem zákazníka na boční závity je, aby osa bočních závitů byla od horizontální a vertikální středové přímky tělesa umístěna do 1° . Nad začátkem závitů ANPT jsou gravírováním vytvořena čísla 1 a 2. Gravírování je metoda, která nahrazuje rytí, a tedy můžeme říci, že je schopna vytvářet nápis, ornament, či znak odebráním materiálu. Na spodní části rozváděcího tělesa nalezneme dva závity M4. Součást je vyobrazena na obr. 2.1.



Obr. 2.1 Rozvodné těleso

2.1.1 Materiálový rozbor rozvodného tělesa

Strojní díl je vyroben z materiálu dle ČSN 41 7243 (podle DIN 1.4305). Jedná se o nerezovou chromniklovou austenitickou ocel, která je z řady nerezových ocelí nejpoužívanější. Hovorově se také nazývá „automatová“. Odolnost proti plošné korozi a důlkové korozi je nízká a v oblasti, která je ovlivněná teplem, je náchylná k mezi krystalické korozi. Ocel je velmi těžce svařitelná a svaření se nedoporučuje, stejně tak jako tažení za studena. Je dobře leštitelná, takže leštěním zvyšuje korozní odolnost. Používá se pro třískové obrábění, pro složité obrobky, spojovací součásti hromadně vyráběné a může být použita i v potravinářském průmyslu, mlékárenském průmyslu nebo při konstrukci přístrojů. Při třískovém obrábění tvoří drobnou třísku, takže je nutné, aby byl zajištěn dobrý odvod tepla. Častým jevem této oceli je zbytkový magnetismus. [3]

Tab. 2.1 Chemické složení oceli ČSN 41 7243 [3].

Složení [%]	C	Mn	S	Cr	Ni	N
min			0,15	17	8	
max	0,1	2	0,35	19	10	0,11

Tab. 2.2 Mechanické vlastnosti oceli ČSN 41 7243 [3].

Parametr	Hodnota
Mez pevnosti R_m	500 - 700 MPa
Mez kluzu $R_{p0,2}$	min. 190 MPa
Tažnost A_{50}	min. 35 %

2.2 Rozbor řezných podmínek

Především pro CNC obrábění je důležité nastavení vhodných řezných podmínek. Zvolení optimálních řezných podmínek bývá však velmi obtížné. Je to především tím, že volbu ovlivňuje mnoho faktorů [5]:

- druh obráběného materiálu (obrobitelnost),
- povrch obráběného materiálu (výkovek, válcovaný materiál atd.),
- druh obrábění (soustružení, frézování, vrtání),
- typ obrábění (do plného materiálu, přerušovaný řez),
- způsob obrábění (hrubování, dokončování),
- drsnost povrchu a jeho jakost (posuv, rádius špičky nástroje),
- typ a odvádění třísky (lámání),
- materiál řezné části nástroje a jeho povlak (řezné hrany a tvar destičky nástroje),
- nástroj (geometrie nástroje, druh),
- výkon stroje (dosahovaná přesnost při obrábění),
- tuhost soustavy (stroj, upnutí, obrobek, nástroj),
- trvanlivost nástroje.

Výrobci nástrojů dnes poskytují uživatelům CNC center pro zvolení řezných podmínek katalogy, ve kterých se snaží výše uvedené faktory a vlivy již zohlednit. Bohužel nemohou zohlednit konkrétní podmínky našeho obráběcího centra. Faktory, které nejsou stálé, jsou především výkon a opotřebení stroje. V katalogích pro výměnné plátky se už neuvádí obrobitelnost materiálu. Řídí se především tvrdostí materiálu. Informace, které zveřejňuje výrobce použitého nářadí v katalogích nelze jednoznačně použít jako řezné podmínky, protože k automatickému provozu a bezpečnosti je třeba se také informovat o lámání třísky. [5]

Soustružení

Faktory důležité pro soustružení:

- posuv f ,
- šířka záběru hlavního ostří a_p ,
- řezná rychlost v_c

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad 2.1$$

kde: D [mm] - průměr obrobku,
 n [min^{-1}] - otáčky obrobku.

- posuvová rychlost

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}], \quad 2.2$$

kde: f [mm] - posuv na otáčku obrobku,
 n [min^{-1}] - otáčky obrobku.

Vrtání

Faktory rozhodující pro vrtání:

- řezná rychlost v_{ci}

$$v_{ci} = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad 2.3$$

kde: D_i [mm] - průměr vrtáku,
 n [min^{-1}] - otáčky nástroje.

- velikost posuvu f .

Frézování

Je definováno:

- řeznou rychlostí frézy v_c

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_z \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad 2.4$$

- posuvová rychlost v_f (vedlejší pohyb obrobku)

$$v_f = \frac{f_z \cdot z \cdot n}{1000} \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}], \quad 2.5$$

kde: f_z [mm] - posuv na zub,
 z [-] - počet zubů.

- šířka záběru hlavního ostří a_p ,
- šířka záběru b_p .

Řezné parametry pro výrobu rozvodného tělesa ve výrobních návodkách (viz přílohy a kapitola 3) jsou v této práci stanoveny podle doporučení výrobce obráběcího příslušenství.

Strojní časy pro výrobu jsou vypočítány autorem této diplomové práce dle vlastních zkušeností na základě vztahů uvedených v kapitole 2.2 pro soustružení, vrtání a frézování.

Řezné parametry jsou uváděny také s ohledem na maximální otáčky obráběcích center a nástrojů. Firma MEDIA EFEKT provádí nákup řezných nástrojů a příslušenství převážně od firem Guehring a Sandvik. Nejsou to ale jediná dodavatelé nástrojů do této firmy. Mezi další patří Emuge, Walter, Wnt a jiné. [7, 8]

Některé nástroje používané ve výrobních návodkách nejsou pro výrobu dané součásti odzkoušeny, ale splňují potřebné požadavky, tudíž nebylo nutné uvažovat nad jinými dodavateli. Cílem pro budoucí výrobu rozvodného tělesa je volit nástroje především tak, aby došlo ke snížení jejich počtu. K tomu aby bylo dosaženo co nejlepšího povrchu obrobku při zvyšující řezné rychlosti a zároveň byla zachována životnost nástrojů, bylo uvažováno i s výkonnými monolitními nástroji z tvrdých slinutých karbidů wolframu (WC) a titanu (TiC). Jejich řezné ostří je pokryto povlaky TaNbC, TiAlN, s nimiž mohou nástroje dosahovat skvělých výsledků i při suchém obrábění vysokými řeznými rychlostmi. Uvedené hodnoty představují možné řezné parametry, které se v závislosti na pracovních podmínkách musí upravovat. [4, 5, 6]

2.3 Výrobní postup stávající technologie rozvodného tělesa

Vstupem do výroby strojního dílu je tepelně zpracovaný polotovár ve formě dodávaných kruhových tyčí o délce $L = 3$ m. Z této délky jsou nařezány tyče o délce $L = 1$ m pomocí automatické pásové pily. Na soustružení tyče, z níž vzniká výsledný výrobek, se využívá kooperace. Důvod je ten, že firma není vybavena soustružnickými centry, které by byly schopny vyrobit součást s průměrem větším než je 30 mm.

Přivezením kusů z kooperace dochází ke vstupní kontrole kooperačního soustružení podle kontrolního plánu. Dále následuje hlavní výrobní proces firmy frézování dílu pomocí CNC frézovacího centra Haas VF-2 (pracoviště 3, viz obr. 2.2), které má firma k dispozici. Nakonec je provedena výstupní kontrola, která je zprostředkována buď přímo na pracovišti kontroly v hale 1, nebo v expedičním skladu 1. Výstupní kontrola zahrnuje zřetelnou kontrolu odjehlení kusu, měření na 3D souřadnicovém stroji a balení.

Tab. 2.3 Výrobní postup stávající technologie výroby.

MEDIA EFEKT	Výrobní postup stávající technologie	
Materiál: ČSN 41 7243 Polotovary: kruhová tyč $\phi 42$, L = 3 m		Součástka: Rozvodné těleso Číslo výkresu: 72-010 8816/5
Číslo operace	Název operace - popis práce	Pracoviště (stroj)
1	Dělení materiálu: L = 1 m; $\phi 42$	Pásová pila
2	1. obráběcí operace (soustružení dílu)	Kooperace
3	Vstupní kontrola	Kontrola
4	2. obráběcí operace (frézování dílu)	CNC frézka
5	Výstupní kontrola (expedice)	Kontrola, sklad 1

Strojní díl se vyrábí ve firmě od roku 2014. Výrobní dávka se často opakuje několikrát během roku, tomu odpovídá současný výrobní postup firmy, jenž prošel v průběhu let několika změnami vývoje. Celkový čas obrábění součásti byl zkrácen na 4,35 minut.

Kooperační CNC soustružnické centrum je vybaveno pouze jedním soustružícím vřetenem, proto je u kooperace zajištěna výroba pouze některých rozměrů, které si firma sice může zprostředkovat frézováním na CNC frézce (pracoviště 3 viz obr. 1.8), ale domnívá se, že je nejefektivnější díl soustružit v kooperaci a poté frézovat ve vlastní firmě. [1]

2.3.1 CNC frézovací centrum rozvodného tělesa

K obrábění součásti ve firmě MEDIA EFEKT se využívá vertikální CNC frézovací centrum Haas VF-2 (pracoviště 3 viz obr. 1.8). V podniku patří mezi stroje, které jsou na vyšší úrovni oproti ostatním frézovacím centrům a to především kvůli technickým parametrům a vybavenosti stroje. [1, 4]



Obr. 2.2 CNC frézovací centrum Haas VF-2 [4]

Vertikální obráběcí centrum Haas VF-2 z roku 2008 je vybaveno pojezdy 30" x 16" x 20" (762 x 406 x 508 mm) a je vyrobeno s využitím součástí z litiny, jenž tlumí vibrace. Stejně jako ostatní stroje značky Haas také VF-2 je výsledkem mnoha let nepřetržitého zdokonalování. Haas VF-2 je velké masivní vertikální obráběcí centrum o střední velikosti, které může nabídnout spolehlivost a razantní přesnost středně velkého stroje. Je opatřen vložkovým vřetenem s kuželem ISO 40 poháněným vektorovým motorem o výkonu 30 hp (22,4 kW). Dosahuje krouticího momentu až 90 ft-lb (122 Nm) při nízkých otáčkách 2000 min⁻¹ nebo 250 ft-lb (339 Nm) při 450 min⁻¹ s volitelnou dvourychlostní převodovkou. Řídicí systém Haas obsahuje pokročilé řízení nástrojů, ovládání jedním tlačítkem, 15" barevný monitor LCD a USB port. Dlouhý seznam standardních funkcí a volitelné výbavy k zajištění vysoké produktivity činí ze stroje Haas VF-2 jeden z nejvýraznějších obráběcích strojů současnosti. [1, 4]

Tab. 2.4 Parametry CNC obráběcího Haas VF-2 [4].

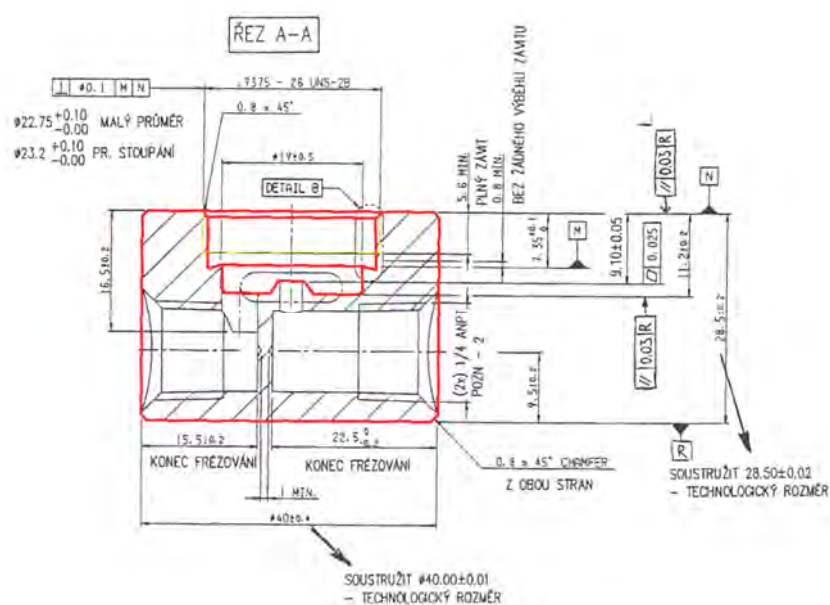
Technické parametry stroje	HAAS VF-2
Délka pracovního stolu	914,4 mm
Šířka pracovního stolu	355,6 mm
Maximální zatížení stolu (rovnoměrně)	680,4 kg
Výkon pohonu vřetena	22,4 kW
Počet nástrojů v zásobníku	24 ks
Maximální rychlost otáčení se svislou osou vřetena	12000 min ⁻¹
Minimální vzdálenost vřetena od stolu	101,6 mm
Maximální vzdálenost vřetena od stolu	609,6 mm
Délka pojezdu osy X (mechanický posuv)	762 mm
Délka pojezdu osy Y (mechanický posuv)	406,4 mm
Délka pojezdu osy Z (mechanický posuv)	508 mm
Maximální rychlost posuvu v ose X	592,7 mm/s
Maximální posuv v ose Y	592,7 mm/s
Maximální rychlost posuvu v ose Z	592,7 mm/s
Výška stroje	2997 mm
Délka stroje	2235 mm
Šířka stroje	2336 mm
Hmotnost stroje	3,6 t

2.4 Stávající obrábění rozvodného tělesa ve společnosti MEDIA EFEKT

1. obráběcí operace na kooperačním soustruhu:

Rozměry rozvodného tělesa, které jsou soustružením hotové z kooperace:

- celková délka $28,5 \pm 0,2$ mm; celkový průměr $40 \pm 0,4$ mm;
- vnější sražení $0,8 \times 45^\circ$ z obou stran dílu,
- závit .9375 – 26 UNS-2B se sražením $0,8 \times 45^\circ$;
- průměr $\phi 19 \pm 0,5$ s mírným přídatkem na rozměru $11,2 \pm 0,2$.



Obr. 2.3 Rozměry vyrobené z kooperace [1]

Kooperačním soustružením je na vrcholu sedla vlivem přídatku na obrábění vytvořen menší výstupek o velikosti zhruba 1 mm, který je začátkem frézování ve firmě MEDIA EFEKT odstraněn.



Obr. 2.4 Znázornění výstupku po kooperačním soustružení

2. obráběcí operace na CNC frézce:

Rozvodné těleso je na CNC frézce (pracoviště 3, viz obr. 1.8) upnuto pomocí přípravku, který si firma MEDIA EFEKT zprostředkovala speciálně pro tento výrobek (viz obr. 2.5). Z hlediska využití celé plochy přípravku je používán i pro upnutí jiných součástí, které se zde vyrábí. Přípravek je upnut na dělicím přístroji, který má možnost natáčet přípravek až o 180° , což je také při výrobě rozvodného tělesa nezbytné.



Obr. 2.5 Přípravek vkládaný do CNC frézky

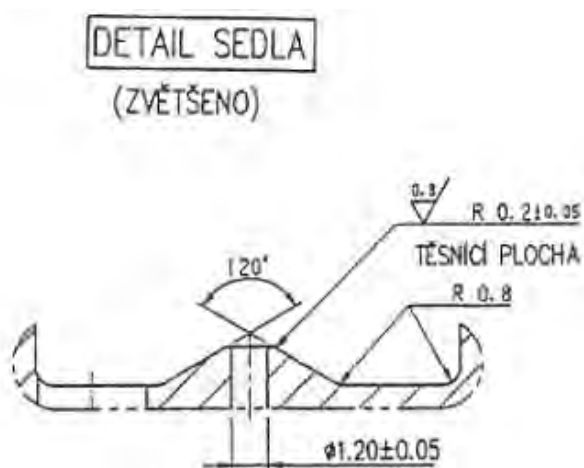
Celá frézovací operace je podnikem vyřešena jediným upnutím dvou kusů do přípravku. Nejdříve dochází k frézování sedlové strany se závitem .9375 – 26 UNS-2B. Poté natočením dělicího přístroje o 90° k frézování bočních závitů 1/4 ANPT včetně gravírování ornamentů nad těmito závity a nakonec natočením dělicího přístroje o 180° k obrobení závitů M4 na spodní straně kusu (viz výkres v příloze 5).



Obr. 2.6 Dva kusy rozvodného tělesa na přípravku

Detailní výrobní návodka s operačními úseky a nástroji pro 2. obráběcí operaci je uvedena v příloze 1.

Za zmínku z nástrojového sortimentu stojí speciální rádiusová fréza, která slouží ke zhotovení zaoblení $R\ 0,2 \pm 0,05$ s přísnou drsností $Ra\ 0,8$ u sedla. Dispoziční výkres tohoto tvarového nástroje je znázorněn v příloze 2.



Obr. 2.7 Znázornění sedla se zaoblením $R0,2 \pm 0,05$

3 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

Jak už bylo zmíněno, firma je vybavena v první řadě CNC frézovacími centry (pracoviště 3, 6, 8), což z daleka neuspokojuje poptávku po službách firmy. Vedení firmy proto uvažuje o zakoupení jednoho či více soustružnických center. Po konzultaci s vedením společnosti byl zadán problém rozvodného tělesa tak, aby bylo kompletně obráběno v zázemí firmy MEDIA EFEKT. To znamená vybrat vhodný CNC soustruh, který bude schopen obrobit rozvodné těleso a také bude využíván především při výrobě ostatního sortimentu. Toto redukování kooperačních vazeb má eliminovat závislost na okolních firmách, a také při správně zvolené inovaci zajistit úspory firmě. I proto byla identifikována myšlenka, zda na této konkrétní součásti je výhodnější z časového hlediska:

- obrábění součásti pomocí soustružnického centra,
- obrábění součásti pomocí frézovacího centra,
- kombinace obrábění součásti pomocí CNC frézky a CNC soustruhu.

Nový výrobní postup součásti se při návrhu nové technologie výroby příliš nezmění. Změní se především dvě hlavní obráběcí operace označeny čísly 2 a 4.

Tab. 3.1 Výrobní postup nové technologie.

MEDIA EFEKT		Výrobní postup nové technologie	
Materiál: ČSN 41 7243		Součást: Rozvodné těleso	
Polotovar: kruhová tyč $\phi 42$, L = 3 m		Číslo výkresu: 72 - 010 8816/5	
Č. operace	Název operace - popis práce	Pracoviště (stroj)	
1	Dělení materiálu (L = 1 m)	Pásová pila	
2	1. obráběcí operace (nahrazení kooperace)	CNC centrum	
3	Mezioperační kontrola	Kontrola	
4	2. obráběcí operace	CNC centrum	
5	Výstupní kontrola	Kontrola	

Pro návrh nových technologií musí být provedeny inovace, jenž zajistí nové způsoby upínání tak, aby výrobek mohl být zhotoven pouze na dvě upnutí. Tím je zajištěno větší přesnosti při obrábění s ohledem na jakost povrchu obrobku.

3.1 Výběr vhodného CNC soustružnického centra

Rozvodné těleso je poměrně komplikovaná součást a klasickým soustružením by šla vyrobit jen velmi těžko. Existují ale CNC soustružnická centra s možnostmi frézování, jejichž nástroje jsou umístěny ve výměníku nástrojů s jednotlivými frézovacími vřeteny. Právě takové soustružnické centrum by firma uvítala. Je to především proto, aby mohla redukovat kooperační vazby soustružení a neinvestovala velké náklady do vrcholově vybavených nákladných strojů, které by byly pro tak malou firmu s omezeným výrobním sortimentem zbytečné.

Kvůli velikosti výrobních prostor haly 2 a s ohledem na ostatní výrobní sortiment firmy bylo pro soustružení rozvodného tělesa vybráno CNC soustružnické centrum Takisawa LA-200ML. Společnost Takisawa Japan se sídlem na Tchaj-wanu se soustředí na výrobu jednodušších CNC soustruhů a díky levnější pracovní síle se jí daří udržovat poměr nejlepší prodejní ceny a technických parametrů. [6]

Jedná se o CNC soustruh s vysokým výkonem modelové řady LA s možností natáčení c-osy hlavního vřetene a s nástrojovou hlavou zkonstruovanou tak, aby bylo zajištěno obrábění ve všech osách stroje. [6]

Tab. 3.2 Technické parametry stroje Takisawa LA-200ML [6].

Technické parametry stroje	Takisawa
Průměr nad ložem	470 mm
Max. soustružená délka	584 mm
Max. soustružený průměr	250 mm
Maximální otáčky vřetena	3200 min ⁻¹
Velikost sklíčidla	203 mm
Pojezd v ose X	175 mm
Rychloposuv v ose X	24 m/min
Pojezd v ose Z	675 mm
Rychloposuv v ose Z	24 m/min
Výkon hlavního motoru	7500/11000 W
Max. otáčky frézování	6000 min ⁻¹
Výkon motoru pro frézování	2200 W
Počet poloh nástrojové hlavy	12
Délka stroje	2325 mm
Šířka stroje	1935 mm

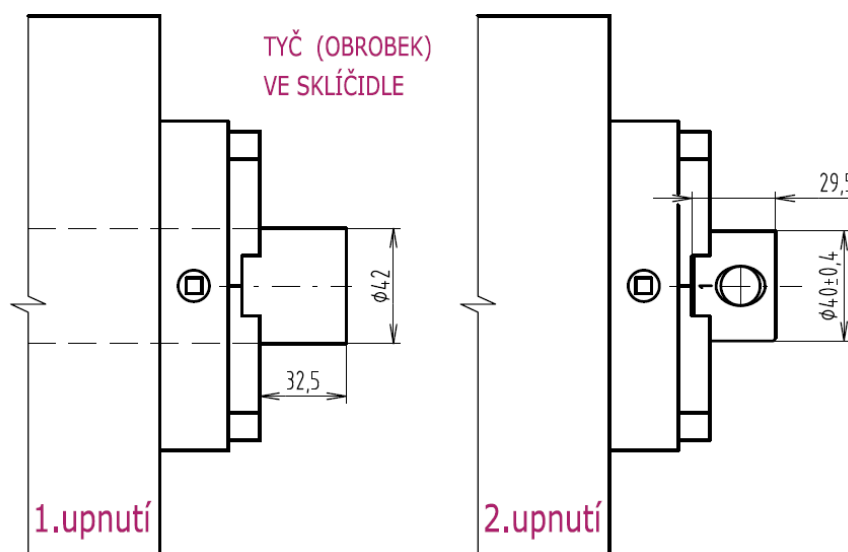


Obr. 3.1 CNC soustruh Takisawa [6]

3.2 Návrh obrábění rozvodného tělesa na CNC soustruhu (varianta 1)

Po výběru vhodného soustruhu je třeba navrhnout technologické postupy (výrobní návodky) pro obráběcí operace 1 a 2 (viz tab. 3.1) tak, aby obrábění bylo zprostředkováváno pouze na tomto uvažovaném stroji. Vybrat vhodné nástroje a spočítat strojní časy s ohledem na maximální otáčky CNC soustruhu Takisawa, které jsou pro hlavní soustružící vřeteno 3200 min^{-1} a frézovací vřeteno 6000 min^{-1} .

Tato metoda obrábění, jako jediná v této práci, vůbec neuvažuje s použitím CNC frézky Haas VF-2 (pracoviště 3, viz obr. 1.8), kterou má firma k dispozici. Pro soustružení budeme předpokládat, že ze vstupních kruhových třímetrových tyčí $L = 3 \text{ m}$ budou pomocí automatické pily stejně jako u kooperační metody nařezány tyče o délce $L = 1 \text{ m}$. Tentokrát nebudou odesílány do kooperace, ale přímo k uvažovanému soustruhu Takisawa LA-200ML.

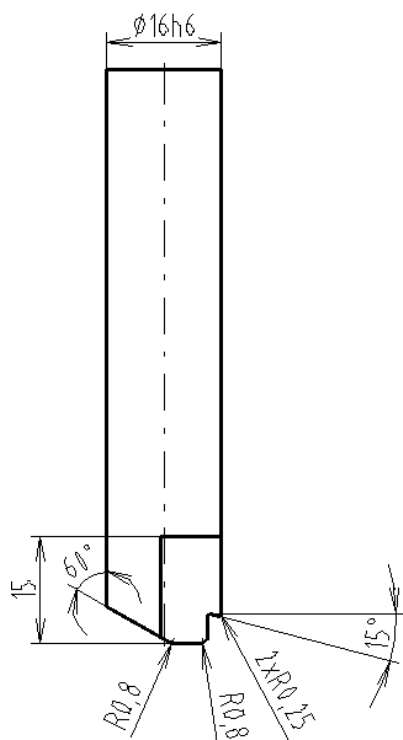


Obr. 3.2 Upnutí polotovarů při první a druhé obráběcí operaci na CNC soustruhu

1. obráběcí operace na CNC soustruhu (varianta 1):

První obráběcí operace součásti by se zhotovovala upnutím metrové tyče do tvrdého sklíčidla skrz vřeteno soustruhu tak, aby vyčnívala délka polotovaru součásti o délce $\pm 32,5 \text{ mm}$. Po každém obrobení první části by docházelo vlivem upíchnutí kusu k odpadnutí obrobku do nachystané nádoby uvnitř stroje tak, aby nebyl poškozen povrch součásti.

Poté by došlo k povytažení tyče CNC operátorem o zmiňovanou délku polotovaru a mohlo dojít k obrábění dalšího kusu. Výrobní návodka s nástroji pro tuto operaci je uvedena v příloze 3.



Obr. 3.3 Nástroj „SPECIAL 2“

Pro první obráběcí operaci součásti z metrové tyče budou kromě klasických nástrojů potřeba tři speciální nástroje. Jeden z těchto nástrojů už má firma zprostředkovaný ze stávajícího výrobního postupu, jenž slouží k výrobě zaoblení $R\,0,2 \pm 0,05$ u sedla $\phi 1,2$ (viz příloha 2). Je to rozměr, na který je z hlediska výroby kladen jeden z největších nároků stejně tak jako na podobná zaoblení poblíž sedla. K tomuto „speciálu“ přibudou další dva. Obrázek 3.3 znázorňuje, jak by mohl vypadat profil speciálního monolitního tvarového nástroje s označením „SPECIAL 2“, který by sloužil k soustružení otvoru pro závit .9375 – 26 UNS-2B s čelním zápichem $15^\circ \pm 1^\circ$. Třetím neobvyklým nástrojem by byla speciální modifikovaná vrtací závitová fréza se zahlubovací fazetou 45° , jenž by

zároveň zhotovila závit 1/4 ANPT se zahloubením a dokončovala vrtání pro tento závit. Kvůli složitosti obrábění těchto rozměrů a s nimi spjaté nízké řezné rychlosti také jednoznačně zabírá nejvíce strojního času (viz příloha 3). [7, 8]

Volba speciálních modifikovaných nástrojů je nutná. Je to především proto, že některé rozměry klasickými nástroji vyrobít nelze a maximální počet nástrojů v nástrojové hlavě, které lze u soustruhu Takisawa použít, je 12. I tak se někde bude muset uvažovat s držícími zařízeními, které by byly schopny upnout zároveň dva nástroje do jedné z 12 komor výměnné hlavy soustruhu Takisawa. [6, 7, 8]

2. obráběcí operace na CNC soustruhu (varianta 1):

Druhá strana součásti by už byla vyráběna upnutím každého kusu s obrobenou první stranou do měkkých tříčelist'ových sklíčidel (viz obr. 3.2). Velikost polotovaru pro druhou operaci

soustružení uvažujeme $L = 29,5 \text{ mm}$; $\phi 40 \pm 0,4 \text{ mm}$ (viz obr. 3.2). Dochází pouze k zarovnání čela se sražením $0,8 \times 45^\circ$ a vrtání dvou závitů M4 s jejich zahloubeními, což popisuje následující výrobní návodka.

Tab. 3.3 Výrobní návodka 2. obráběcí operace na CNC soustruhu [7, 8].

MEDIA EFEKT	Výrobní návodka (varianta1)					Číslo operace podle výrobního postupu:	
Materiál: ČSN 41 7243 Vypracoval: Dobeš Jan			Součástka: Rozvodné těleso Číslo výkresu: 72-010 8816/5			4	
Stroj: CNC soustruh TAKISAWA			Polotovar: Přířez $\phi 40 \pm 0,4$ mm; L = 29,5 mm				
Upnutí: Upnuto pomocí sklíčidla, do měkkých čelistí (čas upnutí $t_{A11} = 20$ s)							
Pořadí	Operační úsek	Nástroj	v_c [m/min]	f_n [mm ⁻¹]	t_{AS} [s]	t_{AV} [s]	
1	Zarovnání čela; sražení 0,8 x 45°	Stopkový nástroj DDHNR 2020K15 VBD DCMT 11T308-MR	120	0,05	31,7	8	
2	Sražení $\phi 4,2+0,1$ x 45° u závitů M4	Srážeč hran $\phi 6$ x 90° SK Guehring DIN 335 s vrstvou FIRE	90	0,04	5,2	8	
3	Navrtání otvoru pro závit M4 do hloubky 11 mm max.	Šroubovitý vrták $\phi 3,3$ SK Guehring DIN 6537 s vrstvou FIRE	60	0,04	11,4	8	
4	Zhotovení závitů M4 do hloubky 8 mm max.	Tvářecí závitník M4-6H $\phi 3,7$ Emuge HSSE s vrstvou TiN	5	0,7	8,6	8	

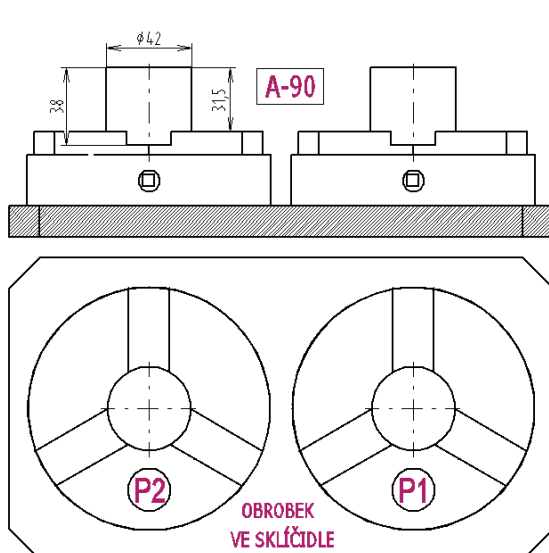
3.3 Návrh obrábění rozvodného tělesa na CNC frézce (varianta 2)

1. obráběcí operace na CNC frézce (varianta 2):

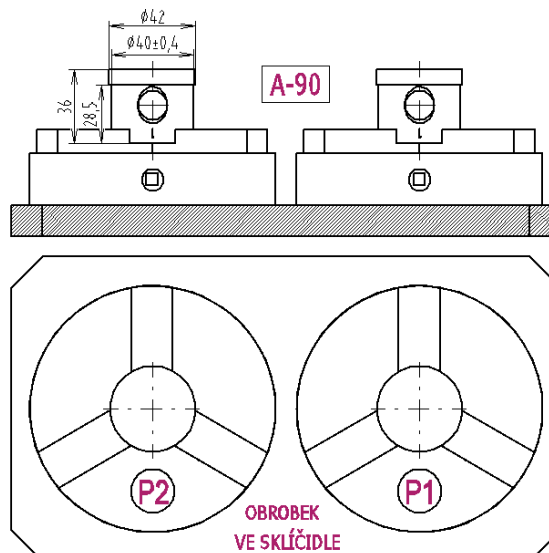
První obráběcí operace frézováním, kdy by byla součást pouze frézována pomocí CNC frézky Haas VF-2 (viz kapitola 2.3.1) by uvažovala s polotovarem z přířezu o délce $L = 38 \text{ mm}$; $\phi 42 \text{ mm}$ z kruhové třímetrové tyče, které jsou do firmy dodávány. Polotovar je vysoký 38 mm především proto, že uvažujeme s upnutím kusu do tvrdých čelistí sklíčidla, jenž jsou vysoké $6,5 \text{ mm}$ (viz obr. 3.4). Tato vzdálenost čelistí je firmou odzkoušena jako vyhovující na ostatním sortimentu. Stopková fréza totiž interpolačně obrábí obvod součástí $\phi 40 \pm 0,4 \text{ mm}$ a kvůli výšce čelistí sklíčidla by nemohla obrobít obvod polotovaru po celé jeho délce.

Upínací stůl, na němž je sklíčidlo umístěno, umožňuje upnout opět dva polotovary zároveň (viz obr. 3.4, obr. 3.5), což zkracuje čas na výměnu nástroje, a tím celkový strojní čas obrábění na jeden kus rozvodného tělesa.

Vybrané nástroje jsou standardní kromě speciálních tvarových nástrojů, jež jsou použity i u soustružnického centra. Tato obráběcí operace je jednoznačně časově nejméně výhodná, kvůli nejvíce operačním úsekům. Výrobní návodka první obráběcí operace varianty 2 je znázorněna v příloze 4.



Obr. 3.4 Upnutí při 1. operaci na CNC frézce



Obr. 3.5 Upnutí při 2. operaci na CNC frézce

2. obráběcí operace na CNC frézce (varianta 2):

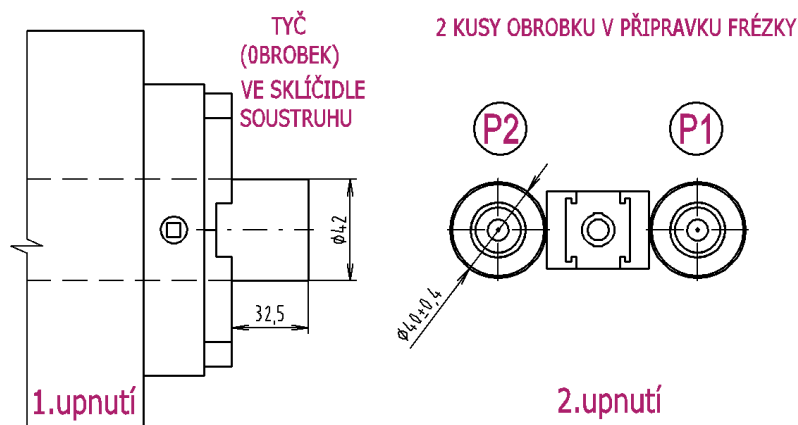
U druhé obráběcí operace frézování, kdy je součást upnuta za dokončený průměr $\phi 40 \pm 0,4$ by docházelo k zarovnání zbývajícího čela součásti, sražení $0,8 \times 45^\circ$ a dokončení dvou závitů M4 na spodní straně kusu (viz výkres příloha 5).

Tab. 3.4 Výrobní návodka 2. obráběcí operace na CNC frézce [7, 8]

MEDIA EFEKT	Výrobní návodka (varianta 2)					Číslo operace podle výrobního postupu:	
Materiál: ČSN 41 7243 Vypracoval: Dobeš Jan			Součástka: Rozvodné těleso Číslo výkresu: 72 - 010 8816/5			4	
Stroj: CNC Frézka Haas VF-2			Polotovary: Přířez L = 36 mm; $\phi 42$ mm ($\phi 40 \pm 0,4$)				
Upnutí: Upnuto pomocí sklíčidla, do měkkých čelistí (čas upnutí $t_{A11} = 15$ s)							
Pořadí	Operační úsek	Nástroj	v_c [m/min]	f_n [mm ⁻¹]	t_{AS} [s]	t_{AV} [s]	
1	Frézování čela načisto $\phi 40 \pm 0,4$	Frézovací hlava $\phi 40$ Walter VBD Walter ADMT 080 304R- D56	120	0,2	164,9	4	
2	Sražení $0,8 \times 45^\circ$ u $\phi 40$ $\pm 0,4$; sražení $\phi 4,2 + 0,1$ $\times 45^\circ$ u závitu M4	Srážeč hran $\phi 6 \times 90^\circ$ SK Guehring DIN 335 s vrstvou FIRE	120	0,1	23,6	4	
3	Zhotovení otvoru pro závit M4 do hloubky 11 mm max.	Šroubovitý vrták $\phi 3,3$ SK Guehring DIN 6537 s vrstvou FIRE	120	0,04	5,7	4	
4	Zhotovení závitu M4 do hloubky 8 mm max.	Tvářecí závitník M4-6H $\phi 3,7$ Emuge HSSE s vrstvou TiN	5	0,7	8,6	4	

3.4 Návrh obrábění pomocí CNC soustruhu a CNC frézky (varianta 3)

Kombinace soustružení a frézování součásti by byla zprostředkována pomocí zakupovaného centra Takisawa LA-200ML a Haas VF-2. Jediný rozdíl v tomto výrobním postupu od stávající kooperační metody dílu je převedení kooperační soustružnické operace na vlastní uvažovaný CNC soustruh Takisawa. Z původních tyčí L = 3 m by byly opět nařezány tyče o délce L = 1 m a ty by byly postupně upínány do tvrdých čelistí soustruhu skrz vřeteno (viz obr. 3.6).



Obr. 3.6 Upnutí obrobků při kombinaci obrábění CNC soustruh a CNC frézka

1. obráběcí operace na CNC soustruhu (varianta 3):

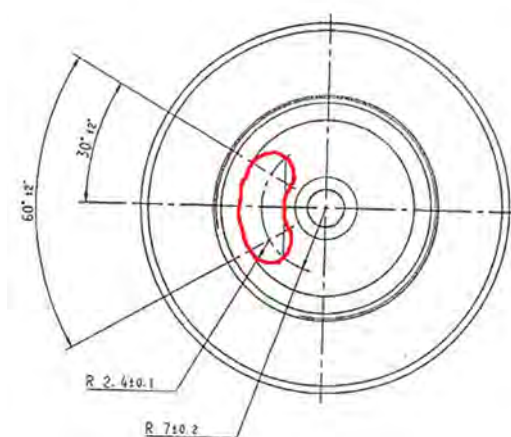
První obráběcí operace by byla zprostředkována upnutím metrové tyče pomocí sklíčidla do tvrdých čelistí (viz obr. 3.5). Po soustružení $\phi 40 \pm 0,4$ a zarovnání čela by došlo k navrtání otvoru závitu .9375 - 26 UNS-2B středícím vrtákem $\phi 12 \times 90^\circ$ především kvůli tomu, aby nedocházelo vlivem velké řezné rychlosti $v_c = 120$ m/min k pevnostním problémům. První obráběcí operace by byla zakončena upíchnutím kusu vyměnitelnou břitovou destičkou o tloušťce 3 mm, stejně tak jako u první obráběcí operace varianty 1. Poté by došlo k povytažení operátorem o délku 32,5 mm a k obrobení dalšího kusu. [8]

Tab. 3.5 Výrobní návodka 1. obráběcí operace na CNC soustruhu při kombinaci obrábění [7, 8].

MEDIA EFEKT	Výrobní návodka (varianta 3)					Číslo operace podle výrobního postupu:	
Materiál: ČSN 41 7243 Vypracoval: Dobeš Jan			Součástka: Rozvodné těleso Číslo výkresu: 72-010 8816/5			2	
Stroj: CNC soustruh TAKISAWA			Polotovár: Tyč $\phi 42$ mm; L=1000 mm				
Upnutí: Upnutí pomocí sklíčidla, do tvrdých čelistí (čas upnutí $t_{A11}= 20$ s)							
Pořadí	Operační úsek	Nástroj	v_c [m/min]	f_n [mm ⁻¹]	t_{AS} [s]	t_{AV} [s]	
1	Hrubování $\phi 40 \pm 0,4$; zarovnání čela	Stopkový nástroj DDHNR 2020K15 VBD DCMT 11T308-MR	120	0,1	33	8	
2	Soustružení načisto $\phi 40 \pm 0,4$; zarovnání čela; sražení 0,8 x 45°	Stopkový nástroj DDHNR 2020K15 VBD VCGT 110302-UM	120	0,05	66	8	
3	Navrtání otvoru $\phi 12$ u závitu .9375 - 26 UNS-2B	Středící vrták $\phi 12$ x 90° SK Guehring DIN 6539 s vrstvou FIRE	120	0,08	4,5	8	
4	Hrubování $\phi 19$ u závitu .9375 - 26 UNS-2B; hrubování otvoru pro závit .9375 - 26 UNS-2B	Vyvrtávací tyč A16R-SVQBR11-ER VBD VBMT 160408-MR	120	0,05	29,8	8	
5	Soustružení načisto otvoru pro závit .9375 - 26 UNS-2B se zápichem $15^\circ \pm 1^\circ$; soustružení načisto $\phi 19 \pm 0,5$ do hloubky $11,2 \pm 0,2$ se zaoblením $R 0,8 \pm 0,05$	SPECIAL 2 (viz obr 3.3)	28	0,05	40,4	8	
6	Soustružení závitu .9375 - 26 UNS-2B do hloubky min. 5,6	Vyvrtávací tyč CXS-A16-05 VBD CXS-05TH200UN- 5215R	10	1	83,8	8	
7	Zarovnání čela $\phi 40 \pm 0,4$ (upíchnutí)	Stopkový nástroj RF151.23- 2020-40M1 VBD L123H2-0300-0501-CF	120	0,06	26,4	8	

2. obráběcí operace na CNC frézce (varianta 3):

Druhá obráběcí operace by se nijak nelišila od té ze stávající technologie z kapitoly 2.5. Opět by byly upínány 2 kusy polotovarů (přířez $\phi 40 \pm 0,4$; 28,5 mm) na CNC frézku podle obrázku 3.5. Obrábění by začínalo sražením výstupku na sedle (viz obr. 2.4) čtyřbřitou stopkovou frézou $\phi 4$ přes obrobení čelní drážky $R7 \pm 0,2$ u závitu .9375 – 26 UNS-2B až po ostatní operační úseky na čele rozvodného tělesa. Poté by postupným natáčením dělicího přístroje o 90° došlo k obrobení dvou závitů 1/4 ANPT s jejich zahloubeními včetně gravírování ornamentů nad těmito závity. Operace by byla zakončena natočením dělicího přístroje o 180° a zhotovením závitů M4 na spodní straně rozvodného tělesa (viz výkres příloha 5). Detailní výrobní návodka s nástroji pro tuto operaci je uvedena v příloze 1 a shoduje se s výrobní návodkou 2. obráběcí operace ze stávající technologie.



Obr. 3.7 Pohled shora na čelní drážku $R7 \pm 0,2$ u sedla

3.5 Časové zhodnocení navrhovaných technologií

Byly navrženy tři různé technologie obrábění (viz kapitola 3), které by mohly nahradit stávající technologii. K nim vypracovány detailní výrobní návodky s vhodnými obráběcími nástroji a řeznými podmínkami. Ke každému operačnímu úseku byly spočítány jednotlivé strojní časy (viz kapitola 3) tak, aby bylo zjištěno, která ze tří variant je časově nejvýhodnější. Výpočty byly provedeny v aplikaci MS Excel 2010. Z uvedených výrobních návodků v kapitole 3 a výrobních návodků uvedených v přílohách je zřejmé, že pro porovnání obráběcích operací je nutné znát tyto výrobní časy. Tyto časy vychází z normativů, tzn. čas připadající na výrobu dílů potřebných ke zhotovení jednoho kusu

výrobku. Následující tabulka porovnává pouze obráběcí operace na CNC centrech bez ostatních operací ve výrobním postupu.

Tab. 3.6 Výroba jednoho kusu rozvodného tělesa.

Typ práce	Varianta 1 Obrábění na CNC soustruhu t_A	Varianta 2 Obrábění na CNC frézce t_A	Varianta 3 Kombinace CNC frézky a soustruhu t_A
1. obr. operace	904,4 s	829,3 s	359,9 s
2. obr. operace	108,9 s	225,8 s	260,9 s
Celkem	1013,3 s	1055,1 s	620,8 s
Celkem [min]	16,9	17,6	10,3

Z tabulky je zřejmé, že časově nejpříznivěji vychází varianta 3 s kombinací CNC frézky a CNC soustruhu. Tato varianta vyniká především díky rychlé 2. obráběcí operaci na CNC frézce, jenž je v dané firmě jediná prakticky odzkoušena (viz příloha 1). Velké rozdíly jsou stanoveny také především jednotkovými vedlejšími časy daných strojů. Jednotkový vedlejší strojní čas t_{AV} na výměnu nástroje je u CNC soustruhu Takisawa odhadován kolem 8 sekund, zatímco u CNC frézky činí 4 sekundy. [4, 6]

Jelikož ve výrobních postupech docházelo i ke změnám polotovarů, budeme muset z hlediska strojních časů uvažovat ještě s operací dělení materiálu. Ostatní operace (mezioperační, výstupní kontrola) zůstávají konstantní pro všechny typy navrhovaných technologií.

Tab. 3.7 Výroba jednoho kusu s operací dělení materiálu.

Typ práce	Varianta 1 Obrábění na CNC soustruhu t_A	Varianta 2 Obrábění na CNC frézce t_A	Varianta 3 Kombinace CNC frézky a soustruhu t_A
Dělení mat.	4 s	180 s	4 s
1. obr. operace	904,4 s	829,3 s	359,9 s
2. obr. operace	108,9 s	225,8 s	260,9 s
Celkem	1017,3 s	1235,1 s	624,8 s
Celkem [min]	17	20,6	10,4

Podle tabulky 3.7 je zřejmé, že nejdéle trvá obrábění rozvodného tělesa pomocí varianty 2 i s operací dělení materiálu. Je to zapříčiněno tím, že se nevychází při první obráběcí operaci

ve volbě polotovaru z tyče $L = 1 \text{ m}$, ale z dělení přířezů z původní tyče o délce $L = 3 \text{ m}$. Dělení této tyče o průměru $\phi 42$ trvá přibližně 3 minuty tedy 180 sekund (viz tab. 3.7).

3.6 Ekonomické zhodnocení navrhovaných technologií

Hodinové sazby strojů, které jsou používány při výrobě rozvodného tělesa, byly stanoveny s pomocí pracovníků technologické přípravy výroby firmy MEDIA EFEKT.

Hodinová sazba automatické pily	350 Kč/hod
Hodinová sazba CNC frézky VF-2	1 400 Kč/hod
<u>Hodinová sazba CNC soustruhu Takisawa LA - 200ML</u>	<u>1 200 Kč/hod</u>

Kalkulace stávající varianty:

Tab. 3.8 Obráběcí náklady stávající varianty [9, 10].

Stávající varianta	(Kooprace + CNC frézka)
Cena výroby/ks - automatická pila	1 Kč
Cena výroby/ks - kooperace (1. obráběcí op.)	150 Kč
Cena výroby/ks - CNC frézka (2. obráběcí op.)	93 Kč
Celková cena výroby/ks	244 Kč

Kalkulace varianty 1:

Tab. 3.9 Obráběcí náklady varianty 1 [9, 10].

Varianta 1	(CNC soustruh + CNC soustruh)
Cena výroby/ks - automatická pilka	1 Kč
Cena výroby/ks - CNC soustruh (1. obráběcí op.)	300 Kč
Cena výroby/ks - CNC soustruh (2. obráběcí op.)	40 Kč
Celková cena výroby/ks	341 Kč

Kalkulace varianty 2:

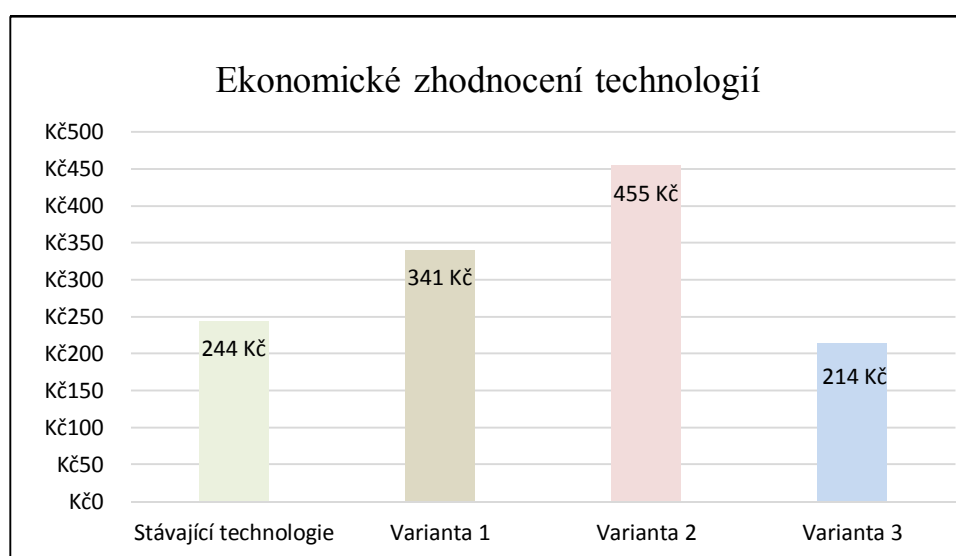
Tab. 3.10 Obráběcí náklady varianty 2 [9, 10].

Varianta 2	(CNC frézka + CNC frézka)
Cena výroby/ks - automatická pila	35 Kč
Cena výroby/ks - CNC frézka (1. obráběcí op.)	327 Kč
Cena výroby/ks - CNC frézka (2. obráběcí op.)	93 Kč
Celková cena výroby/ks	455 Kč

Kalkulace varianty 3

Tab. 3.11 Obráběcí náklady varianty 3 [9, 10].

Varianta 3	(CNC soustruh + CNC frézka)
Cena výroby/ks - automatická pila	1 Kč
Cena výroby/ks - CNC frézka (1. obráběcí op.)	120 Kč
Cena výroby/ks - CNC soustruh (2. obráběcí op.)	93 Kč
Celková cena výroby/ks	214 Kč



Obr. 3.8 Obráběcí náklady/ks navrhovaných technologií

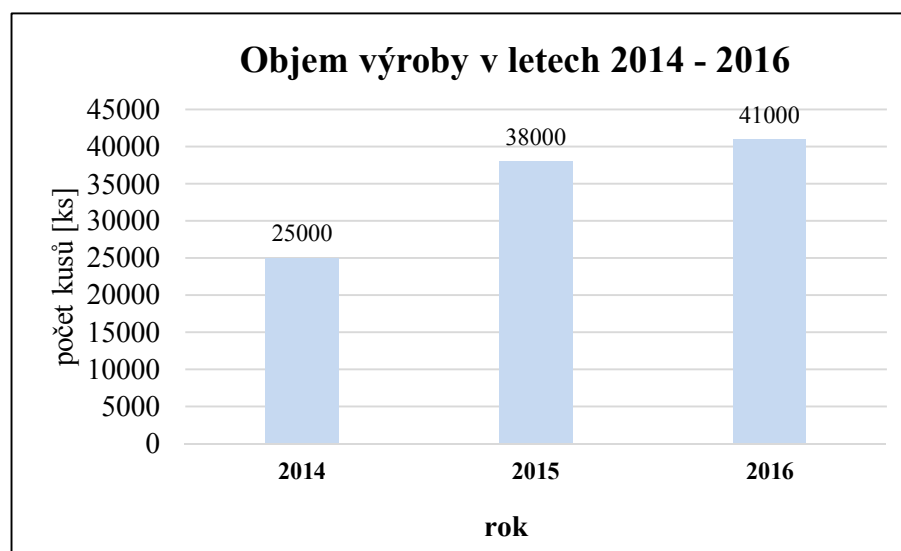
Ekonomicky nejvýhodnější variantou byla shledána varianta 3, kombinace CNC soustruhu Takisawa LA-200ML a CNC frézky VF-2 (pracoviště 3, viz obr. 1.8), což potvrdilo i vhodný výběr vybraného stroje Takisawa LA-200ML, který by měl v novém návrhu uspořádání pracoviště nahradit nevyužívanou CNC frézku VF-4 (pracoviště 8, viz obr. 1.8). Výrobní postup rozvodného tělesa by měl tedy tuto podobu:

Tab. 3.12 Výrobní postup rozvodného tělesa podle nejvýhodnější technologie.

MEDIA EFEKT	Výrobní postup nejvýhodnější technologie (varianta 3)		
Materiál: ČSN 41 7243 Polotovary: kruhová tyč $\phi 42$, L = 3 m		Součástka: Rozvodné těleso Číslo výkresu: 72 - 010 8816/5	
Č. op.	Název operace - popis práce	Pracoviště (stroj)	Čas jednotkový
1	Dělení materiálu: L = 1 m; $\phi 42$	Pásová pila	$t_{k1} = 0,07 \text{ min}$
2	Soustružení dílu (nahrazení kooperace)	CNC soustruh	$t_{k2} = 6 \text{ min}$
3	Mezioperační kontrola	Kontrola	$t_{k3} = 5 \text{ min}$
4	Frézování dílu	CNC frézka	$t_{k4} = 4 \text{ min}$
5	Výstupní kontrola (expedice)	Kontrola	$t_{k5} = 1 \text{ min}$

Jednotkové časy operací ve výrobním postupu nejvýhodnější technologie (varianta 3) byly zaokrouhleny na celé minuty, kromě operace dělení materiálu, kde je výrobní čas velmi malý.

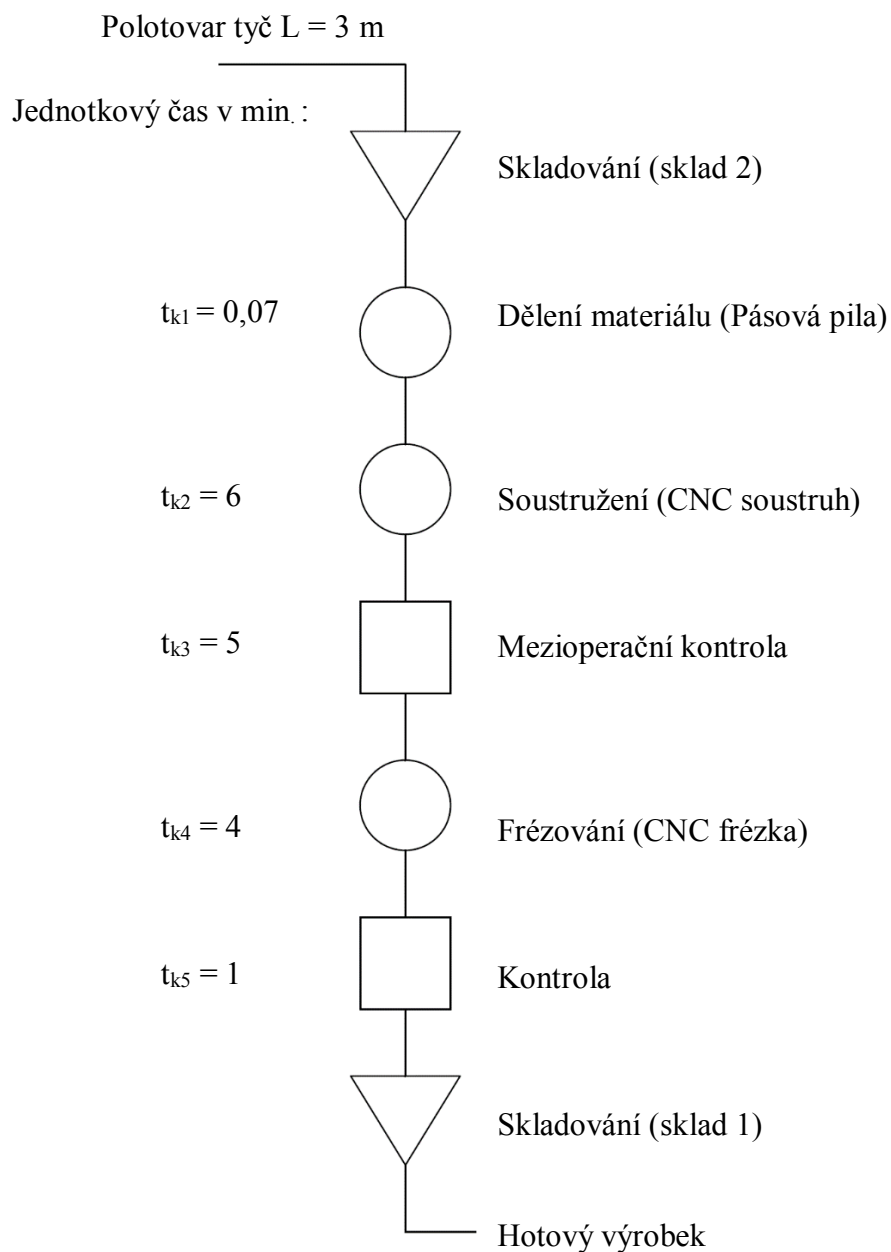
Odhad výroby pro rok 2016 byl vedením firmy stanoven na 41 000 ks, tento odhad byl určen podle objemů výroby v posledních dvou letech.



Obr. 3.9 Objem výroby v minulých letech s odhadem na rok 2016

3.7 Postupový graf rozvodného tělesa (varianta 3)

Pro výrobu rozvodného tělesa podle nejvýhodnější technologie bude stanoven postupový graf. Slouží k přehlednému grafickému znázornění výrobního postupu. Podle tohoto grafu je možné zřetelněji sestavit šachovnicovou tabulku (viz tab. 3. 13).



Obr. 3.10 Postupový graf nejvýhodnější technologie [9, 10]

3.8 Šachovnicová tabulka hmotných vztahů pro rozvodné těleso

Šachovnicová tabulka patří mezi rozmisťovací metody. V tomto případě poslouží jako analýza vztahů mezi jednotlivými pracovišti pro výrobu rozvodného tělesa. Šachovnicová tabulka nemá žádné předepsané styly vzhledu. Výhodné je, že se dá modifikovat na konkrétní situaci firmy, tzn. i na firmu MEDIA EFEKT a s ní spjatý materiálový tok rozvodného tělesa.

Při vytvoření šachovnicové tabulky dle nejvýhodnějšího technologie se nebude uvažovat s pracovištěm mezioperační kontroly, protože ne každý kus rozvodného tělesa by byl v podniku mezioperačně kontrolován.

Tab. 3.13 Šachovnicová tabulka rozvodného tělesa dle hmotností [kg/rok] [9, 10].

Odkud /kam	Ven	Sklad 2	Pila	CNC soustruh	CNC frézka	Kontrola	Sklad 1 expedice	Odpad	Σ
Ven		15 162	0	0	0	0	0	0	15 162
Sklad 2	0		15 162	0	0	0	0	0	15 162
Pila	0	0		15 146,86	0	0	0	15,14	15 162
CNC soustruh	0	0	0		10 168	0	0	4 978,86	15 146,86
CNC frézka	0	0	0	0		8 733	0	1 435	10 168
Kontrola	0	0	0	0	0		8 733	0	8 733
Sklad 1 expedice	8 733	0	0	0	0	0		0	8 733
Odpad	6 429	0	0	0	0	0	0		6 429
Σ	15 162	15 162	15 162	15 146,86	10 168	8733	8 733	6 429	94695,86

V novém návrhu uspořádání strojních pracovišť v hale 2 budeme muset brát v úvahu výsledky z šachovnicové tabulky pro rozvodné těleso z níž vyplývá, že největší vazbu

hmotnostního toku bude mít pracoviště pily (pracoviště 2) se skladem polotovarů (sklad 2), dále pilka s CNC soustruhem Takisawa (pracoviště 8) a CNC frézku VF-2 (pracoviště 3).

4 KAPACITNÍ PROPOČTY

Vztahy a propočty uvedené v kapitole 4 jsou čerpány z publikace „Projektování výrobních systémů“, jejíž autor je Prof. Ing. Bohumil Hlavenka, CSc. ve spolupráci s autorem této diplomové práce a interními dokumenty firmy. [9, 10]

4.1 Vstupní parametry

Pro následující výpočet je důležité určit časové fondy, z nich odvodit počet pracovišť pro zadanou součást. Při stanovení požadovaných pracovišť pro rozvodné těleso se upraví vzhledová plocha haly 2 do nového stavu tak, aby byla zajištěna bezpečnost vůči daným pracovníkům. Firma MEDIA EFEKT je velmi malou společností, výpočty proto budou ve srovnání s velkým podnikem značně zjednodušeny nebo vynechány. To je dáno i tím, že se tato práce zaměřuje pouze na část výrobního objektu – halu 2. Počet dnů v roce 2016 je 365 dní, z toho je 252 pracovních dnů, délka směny 8h. [9, 10]

Roční fond ručního pracoviště v jedné směně (E_R) [9, 10]:

$$E_R = \text{pracovní dny v roce 2016} \cdot \text{počet pracovních hodin směny} = 252 \cdot 8 = 2016 \text{ h}$$

Roční fond strojního pracoviště (volí se mezi 10 až 12 %) se snižuje o 11 % z důvodů možných oprav atd.

Roční fond strojního pracoviště v jedné směně (E_S) [9, 10]:

$$E_S = E_R \cdot 0,89 = 2016 \cdot 0,89 = 1794 \text{ h} \quad 4.1$$

Pro výpočet efektivního časového fondu dělníka se od fondu ručního pracoviště odečte čas dovolené a průměrná délka nemocnosti 14 dní (údaje firmy MEDIA EFEKT pro rok 2015). [1, 10, 11]

Efektivní časový fond dělníka (E_D) [9, 10]:

$$E_D = E_R \cdot 0,89 = (252 - 20 - 14) \cdot 8 = 1744 \text{ h} \quad 4.2$$

Ve stávající době pracuje podnik na tři směny, tato hodnota bude zachována (směnnost strojního pracoviště označíme (S_s)).

Směnnost strojního pracoviště (S_s) [9, 10]:

$$S_s = 3 \text{ směny}$$

Koeficient překračování norem pro strojní pracoviště se volí (1 až 1,2). Vzhledem k tomu, že uvažované stroje, se kterými je počítáno, jsou CNC obráběcí centra s nižší poruchovostí bude k_{pns} zvoleno standardně 1,1.

$$k_{pns} = 1,1$$

4.2 Výpočet strojních pracovišť pro rozvodné těleso

Pro výpočet je třeba uvažovat se stávajícím uspořádáním haly 2. Současný stav haly 2 je znázorněn na obrázku 1.8. Ke stanovení počtu strojů je třeba znát čas potřebný k vyhotovení jedné operace na stroji za rok. Pro následující výpočty budou sloužit operační časy z tabulky 3.8. Budeme uvažovat pouze s pracovišti v hale 2, protože pracoviště kontroly se nachází v hale 1.

Teoretický počet strojních pracovišť (P_{ths1}), skutečný počet strojních pracovišť (P_{sks1}) pro operaci dělení materiálu [9, 10]:

$$P_{ths1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,07 \cdot 41000}{60 \cdot 1794 \cdot 3 \cdot 1,1} = 0,008 \rightarrow P_{sks1} = 1 \quad 4.3$$

kde: P_{th} [-] - teoretický počet strojních pracovišť,
 P_{sk} [-] - skutečný počet strojních pracovišť,
 N [ks] - počet kusů vyráběných za rok,
 t_k [min] - čas potřebný pro provedení dané operace,
 E_s [h] - průměrný čas strojního zařízení v chodu za rok při směně,
 S_s [-] - počet směn strojních pracovišť v plánovaném provozu,
 k_{pns} [-] - koeficient překračování strojních norem.

Teoretický počet strojních pracovišť (P_{ths2}), skutečný počet strojních pracovišť (P_{sks2}) pro operaci soustružení [9, 10]:

$$P_{ths2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{6 \cdot 41000}{60 \cdot 1794 \cdot 3 \cdot 1,1} = 0,692 \rightarrow P_{sks2} = 1 \quad 4.4$$

Teoretický počet strojních pracovišť (P_{ths3}), skutečný počet strojních pracovišť (P_{sks3}) pro operaci frézování [9, 10]:

$$P_{ths4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{4 \cdot 41000}{60 \cdot 1794 \cdot 3 \cdot 1,1} = 0,462 \rightarrow P_{sks4} = 1 \quad 4.5$$

Výsledné hodnoty jsou zaokrouhleny směrem nahoru, tak se získá potřebný počet strojních pracovišť P_{sks} pro rozvodné těleso.

4.3 Výpočet využití strojních pracovišť pro rozvodné těleso

Využití jednotlivých strojních pracovišť získáme podílem hodnot P_{ths} a P_{sks} :

Využití strojů pro operaci **dělení materiálu** (η_{s1}) [9, 10]:

$$\eta_{s1} = \frac{P_{ths1}}{P_{sks1}} \cdot 100 = \frac{0,008}{1} = 0,8 \% \quad 4.6$$

Využití strojů pro operaci **soustružení** (η_{s2}) [9, 10]:

$$\eta_{s2} = \frac{P_{ths2}}{P_{sks2}} \cdot 100 = \frac{0,692}{1} = 69 \% \quad 4.7$$

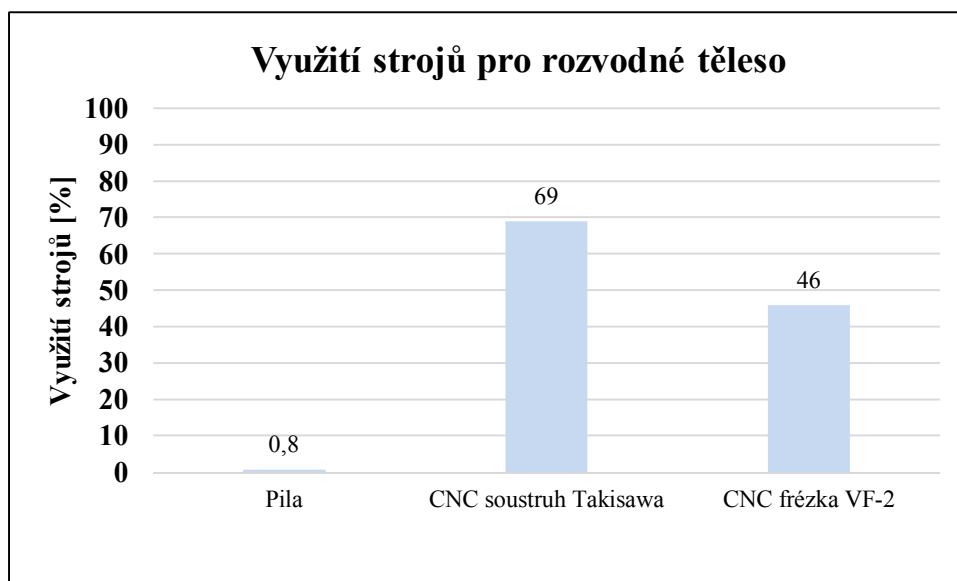
Využití strojů pro operaci **frézování** (η_{s4}) [9, 10]:

$$\eta_{s4} = \frac{P_{ths4}}{P_{sks4}} \cdot 100 = \frac{0,462}{1} = 46 \% \quad 4.8$$

Z výsledných hodnot je patrné, že nové řešení bude u daných operací značně naddimenzované, je to tím, že rozvodné těleso tvoří jen část ze širokého sortimentu firmy. U operace dělení materiálu je to také ovlivněno výchozím polotovarem výrobku, kdy je na dokupovaný CNC soustruh Takisawa upínána tyč a nikoliv přířez. Takže jedna pásová pila, kterou firma momentálně disponuje, bude pro rozvodné těleso a především pro ostatní sortiment v hale 2 dostačující.

Skupinové využití strojních pracovišť (η_{ss}) [9, 10]:

$$\eta_{ss} = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i \cdot P_{ski})}{\sum_{i=1}^n P_{ski}} = \frac{0,8 \cdot 1 + 69 \cdot 1 + 46 \cdot 1}{1 + 1 + 1} = 39 \% \quad 4.9$$



Obr. 4.1 Využití strojů pro obrábění rozvodného tělesa 2016

4.4 Výpočet výrobních dělníků

Počet výrobních dělníků pro operaci 1 **dělení materiálu** [9, 10]:

$$D_{vs1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{0,07 \cdot 41000}{60 \cdot 1794 \cdot 1,1 \cdot 3} = 0,008 \rightarrow 1 \text{ dělník} \quad 4.10$$

kde: D_{vs} [m²] - počet dělníků strojního pracoviště.

Počet výrobních dělníků pro operaci 2 **soustružení** [9, 10]:

$$D_{vs2} = \frac{t_{k2} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{6 \cdot 41000}{60 \cdot 1794 \cdot 1,1 \cdot 3} = 0,692 \rightarrow 1 \text{ dělník} \quad 4.11$$

Počet výrobních dělníků pro operaci 4 **frézování** [9, 10]:

$$D_{vs4} = \frac{t_{k4} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{4 \cdot 41000}{60 \cdot 1794 \cdot 1,1 \cdot 3} = 0,462 \rightarrow 1 \text{ dělník} \quad 4.12$$

Celkový počet dělníků (D_v) [9, 10]:

$$D_v = D_{vs1} + D_{vs2} + D_{vs3} = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ dělníci} \quad 4.13$$

kde: D_v [-] - celkový počet dělníků pro výrobu v hale 2.

Jelikož je hala 2 vybavena více CNC stroji (více strojová obsluha), které nejsou vždy všechny během směny využívány, bude do nového návrhu počítáno se stávajícím počtem dělníků výrobní haly 2. To znamená, že by výrobu zabezpečovali tři výrobní dělníci podle

kapacitních propočtů, což by mělo odpovídat celoroční výrobě, jak rozvodného tělesa, tak především ostatního sortimentu.

$$D_{vs} = 3 \text{ dělníci}$$

4.5 Výpočet ploch haly 2

Nyní se určí minimální výrobní plochy jednotlivých pracovišť s již uvažovaným CNC soustruhem Takisawa LA-200ML, které by zajišťovali bezpečnost v hale 2 podle normy **ČSN 73 5105 – Výrobní průmyslové budovy**. Plochy se získají na základě ploch získaných z rozměrů stroje podle tabulky 5.1 zvětšené o 0,6 m z každé strany stroje a minimálně o 1,2 m ze strany operátora. Pro strojní pracoviště se počítá pracovní plocha minimálně 6 m². Tyto plochy se porovnají se současným stavem [9, 10]:

Výrobní plochy strojních pracovišť zajišťující bezpečnost (F_v):

$$F_{s1} = f_{s1} \cdot P_{s1} = 22,96 \cdot 1 = 22,96 \text{ m}^2 \quad 4.14$$

$$F_{s2} = f_{s2} \cdot P_{s2} = 14,31 \cdot 1 = 14,31 \text{ m}^2 \quad 4.15$$

$$F_{s3} = f_{s3} \cdot P_{s3} = 14,21 \cdot 1 = 14,21 \text{ m}^2 \quad 4.16$$

$$F_{s4} = f_{s4} \cdot P_{s4} = 8,91 \cdot 1 = 8,91 \text{ m}^2 \quad 4.17$$

$$F_{s5,6} = f_{s5,6} \cdot P_{s5,6} = 16,8 \cdot 2 = 33,6 \text{ m}^2 \quad 4.18$$

$$F_{s7} = f_{s7} \cdot P_{s7} = 19,47 \cdot 1 = 19,47 \text{ m}^2 \quad 4.19$$

$$F_{s8} = f_{s8} \cdot P_{s8} = 13,16 \cdot 1 = 13,16 \text{ m}^2 \quad 4.20$$

$$F_{s4} = f_{s4} \cdot P_{s4} = 8,91 \cdot 1 = 8,91 \text{ m}^2 \quad 4.21$$

Tučně jsou zvýrazněny výrobní plochy strojních pracovišť rozvodného tělesa.

kde: F_s [m²] - výrobní plocha strojních pracovišť,
 f_s [m²/strojní pracoviště] - měrná plocha strojního pracoviště,
 P_s [ks] - počet strojů.

Celková výrobní plocha haly 2 (F_v):

$$F_v = F_s = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s5,6} + F_{s7} + F_{s8} = 126,62 \text{ m}^2 \quad 4.22$$

kde: F_v [m²] - výrobní plocha haly 2.

Pro výpočet pomocné plochy se počítá 40 až 60 % z celkové výrobní plochy, v případě haly 2 se jedná o manipulaci s drobnými díly proto 40 %. [9, 10]

Pomocná podlahová plocha haly 2 (F_p):

$$F_p = 0,4 \cdot F_v = 0,4 \cdot 126,62 = 50,65 \text{ m}^2 \quad 4.23$$

kde: F_p [m^2] - pomocná podlahová plocha haly 2.

Z pomocné plochy se pak počítají i jiné plochy jako je třeba plocha pro hospodaření s nářadím, údržby, skladů, dopravních cest a kontrolní. Tato práce je zaměřená pouze na halu 2, kontrola výrobků je uskutečňována na hale 1. Vypočte se tedy jen plocha dopravních cest (volí se 32 až 35 % z podlahové plochy) s plochou skladů (volí se 27 až 30 % z podlahové plochy) a plochami pro údržbu a hospodaření s nářadím (volí se 14 až 16 %). Poměry těchto dílčích ploch vychází ze statistik již řešených projektů. Vzhledem k absenci některých ploch volíme pro plochu skladů 38 % [9, 10]:

Plocha skladů haly 2 (F_{pskl}):

$$F_{skl} = 0,38 \cdot F_p = 0,38 \cdot 50,65 = 19,25 \text{ m}^2 \quad 4.24$$

kde: F_{pskl} [m^2] - pomocná plocha skladová.

Plocha dopravních cest haly 2 (F_{pdc}):

$$F_{pdc} = 0,32 \cdot F_p = 0,32 \cdot 50,65 = 16,21 \text{ m}^2 \quad 4.25$$

kde: F_{pdc} [m^2] - pomocná plocha vnitřních dopravních cest.

Plocha pro hospodaření s nářadím haly 2 (F_{phn}):

$$F_{phn} = 0,14 \cdot F_p = 0,14 \cdot 50,65 = 7,09 \text{ m}^2 \quad 4.26$$

kde: F_{phn} [m^2] - pomocná plocha pro hospodaření s nářadím.

Plocha pro údržbu haly 2 ($F_{pú}$):

$$F_{pú} = 0,16 \cdot F_p = 0,16 \cdot 50,65 = 8,1 \text{ m}^2 \quad 4.27$$

kde: $F_{pú}$ [m^2] - pomocná plocha pro údržbu.

Celkovou provozní plochu bude tvořit plocha výrobní a pomocná [9, 10]:

Provozní podlahová plocha haly 2 (F_{pr}):

$$F_{pr} = F_v + F_p = 126,62 + 50,65 = 177,27 \text{ m}^2 \quad 4.28$$

kde: $F_{pr} [\text{m}^2]$ - provozní podlahová plocha haly 2.

Při porovnání kapacitního výpočtu ploch haly 2 s využívanou plochou firmy MEDIA EFEKT, se zjistí, že současný stav je naddimenzovaný a vyhovuje vypočtenému řešení, o tom svědčí následující tabulka 4. 2.

Do nového uspořádání strojů se tedy může vhodně umístit CNC soustruh Takisawa LA-200 ML, který nahradí nevyužívanou CNC frézku VF - 4 (pracoviště 8). [9, 10]

Tab 4.2 Porovnání současného stavu haly 2 s kapacitními propočty.

Typ plochy haly 2	Současný stav	Kapacitní výpočet
Provozní plocha	269,92 m ²	177,27 m ²
Výrobní plocha	167,132 m ²	126,62 m ²
Skladová plocha	27,56 m ²	19,25 m ²

4.6 Bezpečnost a ochrana zdraví na pracovišti

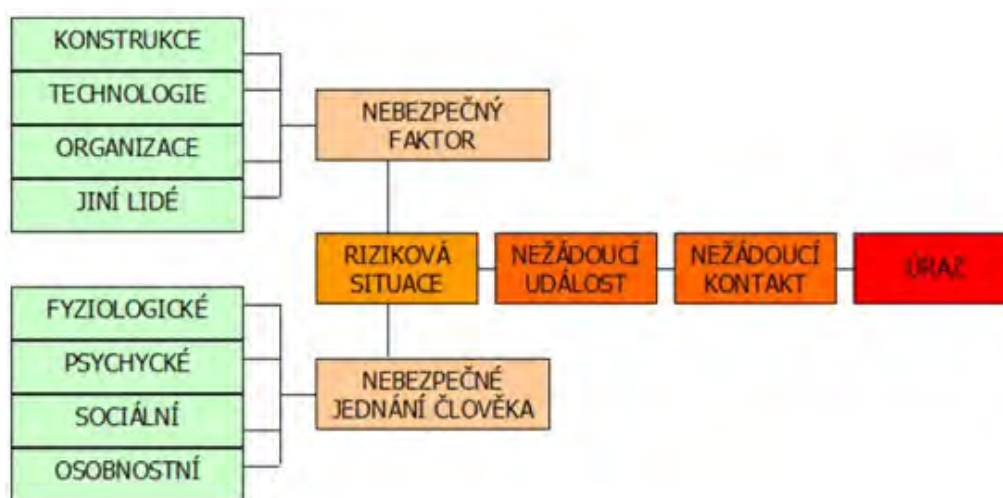
Při sestavování nového uspořádání haly 2 budeme vycházet z bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (dále BOZP). Můžeme ji chápat jako propojení příslušných opatření, která jsou stanoveny legislativou či zaměstnavatelem. Tato opatření mají za účel preventivně předcházet ohrožení a vyhodnocení rizik v průběhu pracovního procesu. Mezi cíle BOZP patří vyhledávání a vyhodnocování rizik při práci, kategorizace pracovních činností, bezpečnost technických zařízení, osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP), hygiena práce i pracovního prostředí. [9, 10]

Pro zachování bezpečnosti bude uvažováno s odpovídajícími normami ČSN ISO [10]:

- ČSN ISO 8421-2 požární ochrana staveb
- ČSN ISO 842-4 hasicí zařízení
- ČSN ISO 842-6 evakuace a únikové prostředky
- ČSN 73 0872 ochrana staveb proti šíření požáru

ČSN EN 13478 bezpečnost strojních zařízení – požární prevence a ochrana

Aby byl zajištěn systém člověk – stroj – materiál – energie – prostředí z hlediska bezpečnosti, je třeba definovat pojem ideální bezpečnost. Je to stav, při kterém je vytvoření úrazu v průběhu pracovního procesu nemožné. Tohoto stavu ovšem nelze v běžném provozu dosáhnout, protože každý stroj nebo pracoviště je vázáno danou mírou bezpečnosti. Rizikem může být pravděpodobná možnost úrazu či míra ohrožení. To, jak může dojít k náhlému poškození zdraví vnějšími vlivy, znázorňuje model vzniku úrazu. [9, 10]



Obr. 4.2 Model vzniku úrazu [9]

Stroje, zařízení a jejich bezpečnost – při rozmisťování strojů a zařízení necháváme minimálně 600 mm vzdálenost v montážních místech nebo obslužných přechodech. V místě obsluhy stroje by měl být 1000 mm volný prostor. V ojedinělých případech je nutné zvýšit stanoviště pro pracovníka. [9, 10]

Komunikace mezi pracovišti – z hlediska bezpečnosti se musí hromadné komunikace pro pracující, jenž slouží ke spojení jednotlivých pracovišť, dimenzovat podle frekvence pohybu osob na minutu. [9, 10]

Tab. 4.4 Šířka cesty pro komunikaci dle počtu osob [9, 10].

Počet osob/min	Nejmenší šířka cesty [mm]
do 100	1200
do 300	1800
nad 300	2400

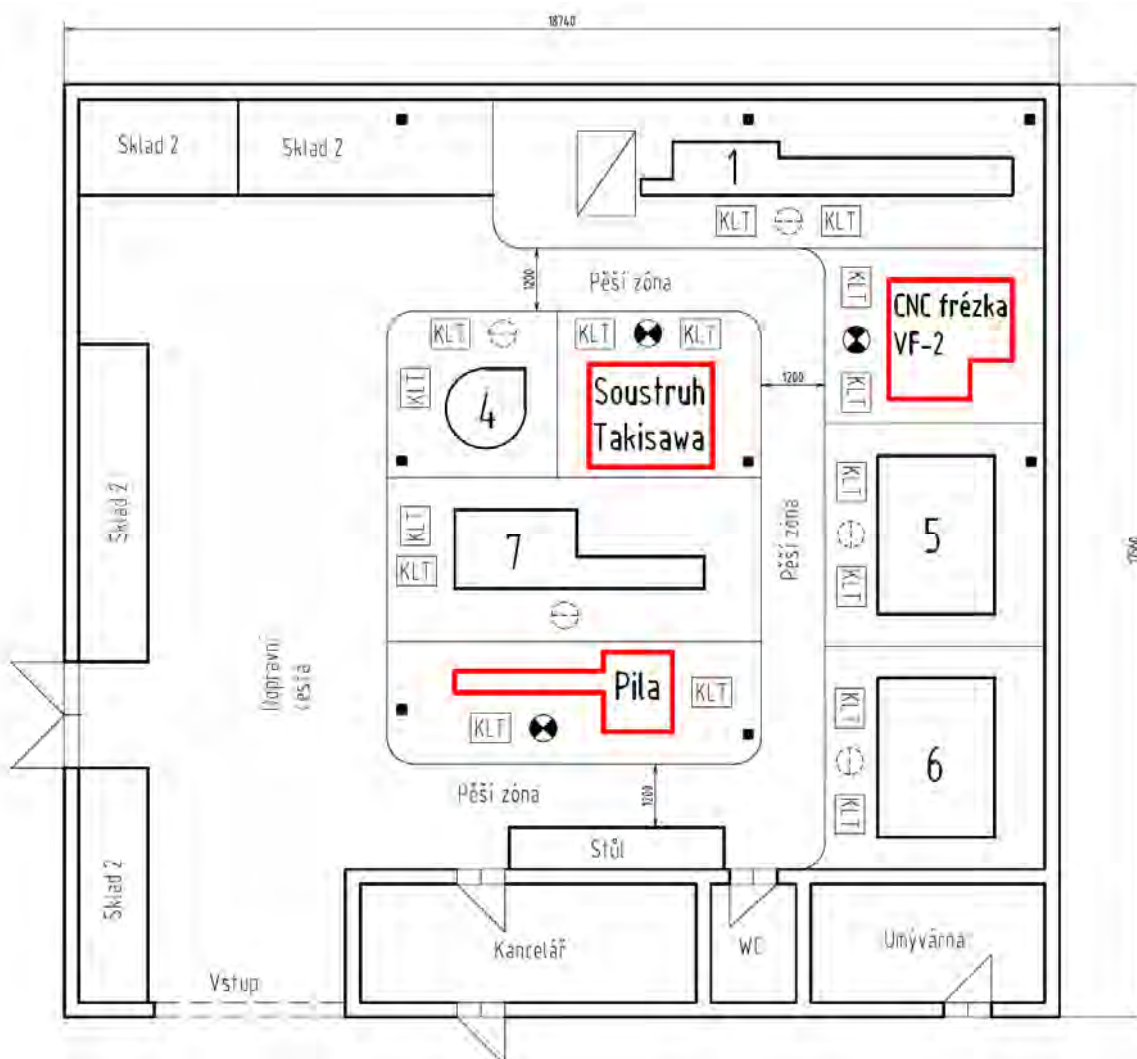
5 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO PRACOVISTĚ

Sortiment vyráběných součástí v podniku MEDIA EFEKT je značně různorodý a není možné určit jednotný směr materiálového toku. I tak ale bylo při finálním návrhu pracoviště z hlediska bezpečnosti uvažováno především s technologickým uspořádáním strojů, kdy jednotlivé skupiny strojů v obrobně haly 2 byly rozděleny do skupin **CNC frézky** (pracoviště 3, 5, 6), **CNC soustruhy** (pracoviště 1, 8), **ostatní stroje** (pracoviště 2, 4, 7) a rozděleny komunikací pro přesun pracovníků („pěší zóna“) o vzdálenosti 1, 2 m dle tabulky 4.4, samozřejmě s ohledem na výrobu rozvodného tělesa a vycházející šachovnicové tabulky, která toto rozmístění potvrzuje (viz tab. 4.3). Toto rozmístění by mělo zajistit vhodný způsob více strojové obsluhy, kdy by výrobní dělníci měli přes pěší zónu vhodnější přístup mezi jednotlivými CNC stroji (viz obr. 4.3). Jediný soustruh **ENC 164 Tornos Bechler (pracoviště 7)** byl umístěn do středu haly 2. Zpracovávají se na něm tyčové polotovary pro halu 1, tudíž byl umístěn blízko skladu 2 přes dopravní cestu vysoko zdvižného vozíku. **Automatická pásová pila (pracoviště 2)** je z pohledu ostatního sortimentu v podniku nejvytíženější. Byla tedy umístěna co nejbližší skladu 2 tak, aby bylo možné manipulovat s velkými tyčovými profily či polotovary a zároveň došlo ke snadnému přemísťování ostatního sortimentu vysoko zdvižným či paletovým vozíkem do haly 1, kde automatická pila chybí. Tím by se zmenšila manipulační vzdálenost oproti původnímu umístění pilky (viz obr. 1.8).

Jediným strojem, který by zůstal z hlediska přemístění netknutý je **CNC automatický soustruh Deco 26a (pracoviště 1)**. Jako jediný v hale splňuje bezpečnostní podmínky z hlediska normy **ČSN 73 5105 - Výrobní průmyslové budovy**, se kterou bylo ve finálním návrhu uspořádání strojů uvažováno především.



Obr. 5.1 Pracoviště 1 CNC automatický soustruh Deco 26a



Obr. 5.2 Návrh uspořádání technologického pracoviště v hale 2

Tab. 5.1 Seznam strojních pracovišť ve finálním uspořádání haly 2.

Číslo prac.:	Stroj:	Rozměry stroje:
1	CNC automatický soustruh Deco 26a	7000 x 1000 mm
2	Pila Bomar Ergonomic	4100 x 1500 mm
3	CNC frézka Haas VF-2	2235 x 2336 mm
4	Omílací stroj PDJ Vibro LTD	1500 x 1500 mm
5	CNC frézka Haas VF-4	3000 x 2200 mm
6	CNC frézka Haas VF-4	3000 x 2200 mm
7	Soustruh ENC 164 Tornos Bechler	1500 x 4700 mm
8	CNC Soustruh Takisawa LA 200ML	2325 x 1935 mm

Pozn.: Červeně jsou znázorněny stroje pro výrobu rozvodného tělesa.

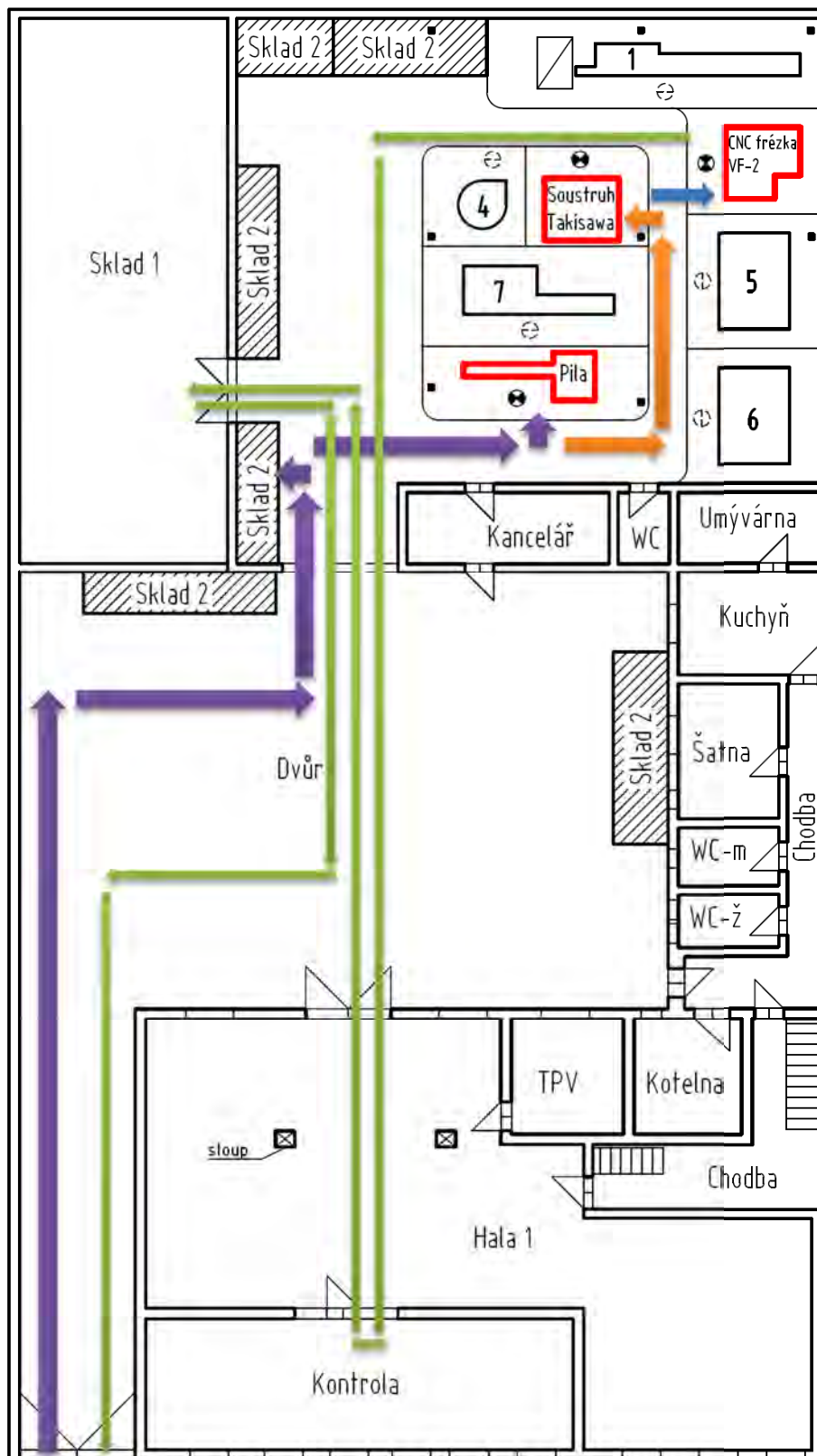
Kvůli různorodému toku materiálu většiny výrobního sortimentu ve firmě, není zcela vhodné sestavit Sankeyův diagram pro celkovou výrobu. Tato metoda určení materiálového toku se používá především u automatizovaných výrob, kde se nachází konstantní materiálový tok. V tomto případě bude Sankeyův diagram vytvořen pouze pro výrobu součásti rozvodného tělesa.

Při výrobě vzniká kovový šrot v podobě třísek, který není z důvodu přehlednosti v diagramu zakreslen. Sváží se z jednotlivých pracovišť do určeného kontejneru, který je umístěn na dvoře výrobního objektu (viz obr. 5.3).

Tab. 5.2 Materiálový tok rozvodného tělesa po výrobním objektu v roční dávce.

Množství [kg]:	Tok:	Vazba:	Fáze výrobku:
15 162	Ven → Sklad 2		tyč L = 3 m
15 162	Sklad 2 → Pila		tyč L = 3 m
15 146,8	Pila → CNC soustruh		tyč L = 1 m
10 168	CNC soustruh → CNC frézka		přířez L = 28,5 ± 0,2 mm
8 733	CNC frézka → Kontrola		hotová součást
8 733	Kontrola → Sklad 1		hotová součást
8 733	Sklad 1 → Ven		hotová součást

Sankeyův diagram rozvodného tělesa dle šachovnicové tabulky (tab. 3. 13) by měl ve finálním uspořádání strojních pracovišť tuto podobu:



Obr. 5.3 Sankeyův diagram pro rozvodné těleso

6 FAKTORY HLUKU A OSVĚTLENÍ

6.1 Faktory hluku

Hluk je velmi kritickým rizikovým faktorem, jenž má negativní důsledky na fyzický a duševní stav člověka. Při nadměrném hluku dochází ke ztrátě sluchu nebo dalších poškození zdraví. Hluk představuje také překážku v komunikaci, jehož působením může dojít k nehodě.

V případě projektování je nutné vyhodnocení neprůzvučnosti dle ČSN EN ISO 717-1 (ČSN 73 0531) a následně dle normy zvukové izolace místností, hal a konstrukcí. Při tomto vyhodnocení se předchází včas problémům s nedostatečnou izolací hlučných prostředí. [14]

G. Lehman rozčlenil zvuk podle intenzity do intervalů s ohledem na působení daného intervalu na člověka. [1, 9, 10]

Tab 6.1 Lehmanovo rozdělení hluku do pásem vlivu na člověka podle intenzity [dB] [9, 10, 14].

Číslo třídy hluku N:	Charakteristika pásma:
kolem 0	Bezzvukovost, která je v přírodě těžko dosažitelná. Na člověka působí nepříznivě.
do 30	Přírodní prostředí, normální hluk vyskytující se v přírodě, jako pohyby osob a zvířat, vítr, déšť, šustění listí apod.
30 – 65	Relativní hluk - jeho vliv na člověka závisí na subjektivním hodnocení (nepříjemné zvuky). Dlouhodobě působí rušivě při psychických činnostech.
65 – 80	Od této hranice je hluk absolutní, který je škodlivý bez ohledu na individuální postoj člověka. Způsobuje nervové podráždění, ruší duševní soustředění, snižuje kvalitu práce.
80 – 95	Působí nepříznivě na sluchové orgány, při dlouhodobé expozici způsobuje ohluchnutí.
95 – 100	Je potřeba používat osobní ochranné pracovní prostředky, hluk způsobuje bolesti hlavy, zvyšuje únavu.
110 – 130	Vnímání začíná vzbuzovat bolest, je nutné nosit protihlukové přilby, hluk poškozuje sluch.
130 – 150	Rychlé poškození sluchu, vznik závratí a prudkých bolestí.
nad 150	Způsobuje okamžité ohluchnutí, při vyšších intenzitách a u slabších jedinců smrt.

Dělníci firmy MEDIA EFEKT se chrání proti hluku používáním sluchátek, popřípadě zátkami do zvukovodů. Samotné stroje se mohou nechat odhlučnit použitím protihlukových krytů, či absorpčních panelů, jenž pohltnou hluk. Zaměstnanci jsou o možném riziku ztráty

sluchu dostatečně informováni. Informace získávají od lékaře na pravidelných prohlídkách. Nošení ochranných sluchátek a zátek do uší je v hale 2 povinné. [1, 9, 10]



Obr. 6.1 Hlukoměr Voltcraft SL-100 [11]

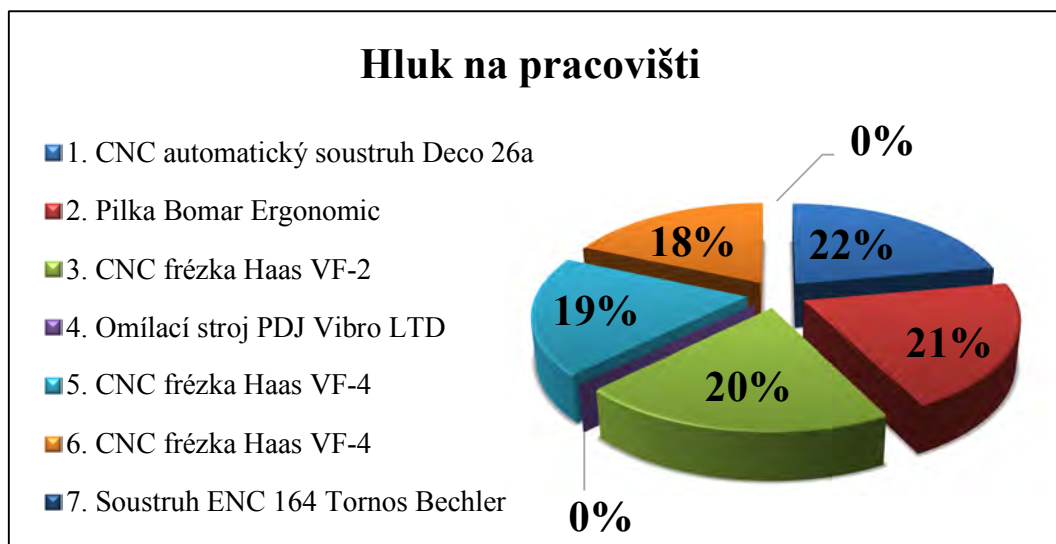
Pro měření hluku byl zapůjčen digitální hlukoměr **Voltcraft SL-100 (sériové číslo: 124500623)** s rozsahem 30 až 130 dB od kalibrační laboratoře firmy TM-Technik. U jednotlivých pracovišť byly v pracovním prostoru haly (1,5 m od čela stroje) dosažené hladiny akustického tlaku následující [11]:

Tab. 6.2 Naměřené hodnoty hluku u jednotlivých pracovišť [9, 10, 11].

Číslo prac.:	Měřené pracoviště:	Naměřený hluk L_m [dB]:	Dovolený hluk L_a [dB]:
1	CNC automatický soustruh Deco 26a	$75,3 \pm 2$	65 - 80
2	Pila Bomar Ergonomic	$69,2 \pm 2$	65 - 80
3	CNC frézka Haas VF-2	$68,4 \pm 2$	65 - 80
4	Omílací stroj PDJ Vibro LTD	neměřeno	65 - 80
5	CNC frézka Haas VF-4	$64,7 \pm 2$	65 - 80
6	CNC frézka Haas VF-4	$62,4 \pm 2$	65 - 80
7	Soustruh ENC 164 Tornos Bechler	neměřeno	65 - 80

Nutno podotknout, že podmínky zkreslovaly výsledky měření především tím, že ne všechny strojní pracoviště v hale byly během měření plně vytíženy.

Naměřené hodnoty však nepřekročily normu hluku 80 dB, kterou je nutno dodržet dle předpisu č. 272/2011 Sb.. [15]



Obr. 6.2 Procentuální vyjádření hluku u jednotlivých pracovišť

6.2 Faktory osvětlení

V nadcházejícím rozboru bude provedeno hodnocení faktorů osvětlení, intenzity a údržby. Správné osvětlení je důležité z hlediska kvality práce, bezpečnosti a psychické pohody. Špatné osvětlení může vést ke vznikající únavě u pracovníka a z toho plynoucí provozní chyby. [17, 18, 19]

Při návrhu osvětlení pracoviště je nutné, aby byly dodrženy **normy ČSN 36 0450 – Osvětlení pracovních prostorů, ČSN 73 0580 – Denní osvětlení budov a ČSN 36 0451 – Umělé osvětlení průmyslových prostor**. Snahou by mělo být co největší využití denního světla v případě osvětlení vnitřních prostor. Denní světlo je pro člověka nenahraditelné. [16, 17, 19, 20]

Pro výrobu a zpracování kovů je třeba pro hrubé a strojní opracování splnit limit osvětlení (intenzitu osvětlení – velikost světelného toku dopadající na určenou plochu) 300 lx. Pro jemnější opracování či broušení se doporučuje 500 lx. Při nakládání materiálu a pohybu vozíku kolem pracoviště nesmí osvětlenost kolem něj klesnout pod 150 lx. Intenzita osvětlení se měří luxmetry. [19]



Obr. 6.2 Osvětlení haly 2

Hala 2 je vybavena bočním venkovním světlem. Osvětlení jednotlivých pracovišť jsou zajištěny zářivkami, jenž jsou umístěny na stropě haly. Na některých místech haly jsou umístěny široké halogenidové širokozářiče, které s kombinací zářivek zajišťují rovnoměrnost osvětlení. Údržba osvětlení je v podniku zajišťována pravidelně externím elektrikářem. [1]

Jedno z posledních měření osvětlení bylo v podniku uskutečněno v roce 2010 a intenzita byla v souladu s normou **ČSN EN 1246-1** a s žádoucím §45 nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [1, 19]

7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení bude zaměřeno na finanční propočet spotřeby materiálu podle nejvýhodnější technologie (varianta 3). Poté bude následovat kalkulace nákladů na uspořádání strojních pracovišť v hale 2.

7.1 Výpočet spotřeby materiálu

Výpočet spotřeby materiálu bude stanoven pro roční dávku. Vychází se z původního polotovaru tyče o délce $L = 3$ m.

Znamé parametry [12, 13]:

- Počet vyrobených kusů za rok $N = 41\,000$ ks,
- Cena za 1 kg odpadu $c_{\text{odpad}} = 15$ Kč,
- Cena za 1 kg nerezové oceli $c_{\text{nerez}} = 94,1$ Kč,
- Hmotnost rozvodného tělesa $m_{\text{č}} = 0,213$ kg,
- Hmotnost původního polotovaru $m_{3\text{mtyč}} = 33,25$ kg.

Počet tyčí $L = 3$ m v roční dávce:

$$n_t = \frac{N}{n_a} = \frac{41\,000}{90} = 456 \text{ ks} \quad 7.1$$

kde: n_t [ks] - počet tyčí $L = 3$ m pro roční dávku,
 N [ks] - počet vyrobených kusů za rok,
 n_a [ks] - počet kusů vyrobených z jedné tyče $L = 3$ m.

Hmotnost tyčí $L = 3$ m v roční dávce:

$$m_{\text{tr}} = n_t \cdot m_{3\text{mtyč}} = 456 \cdot 33,25 = 15\,162 \text{ kg} \quad 7.2$$

kde: m_{tr} [kg] - hmotnost tyčí $L = 3$ m pro roční dávku,
 $m_{3\text{mtyč}}$ [kg] - hmotnost tyče $L = 3$ m.

Využití nakoupeného materiálu v roční dávce:

$$\eta_m = \frac{m_{\text{č}} \cdot N}{m_{\text{tr}}} = \frac{0,213 \cdot 41\,000}{15\,162} = 57,59 \% \quad 7.3$$

kde: η_m [%] - využití nakoupeného materiálu v roční dávce,
 $m_{\text{č}}$ [kg] - čistá hmotnost rozvodného tělesa.

Hmotnost kusů v roční dávce:

$$m_{\text{čr}} = N \cdot m_{\text{č}} = 41000 \cdot 0,213 = 8\,733 \text{ kg} \quad 7.4$$

kde: $m_{\text{čr}}$ [kg] - hmotnost kusů v roční dávce.

Hmotnost odpadu v roční dávce:

$$m_o = m_{\text{tr}} - m_{\text{čr}} = 15\,162 - 8\,733 = 6\,429 \text{ kg} \quad 7.5$$

kde: m_o [kg] - hmotnost odpadu v roční dávce.

Náklady na materiál v roční dávce:

$$N_{\text{MR}} = m_{\text{tr}} \cdot c_{\text{nerez}} = 15\,162 \cdot 94,1 = 1\,426\,744,2 \text{ Kč} \quad 7.6$$

kde: N_{MR} [Kč] - náklady na materiál v roční dávce,
 c_{nerez} [Kč] - cena za 1 kg nerezové oceli.

Náklady na odpad v roční dávce:

$$N_o = m_o \cdot c_{\text{odpad}} = 6429 \cdot 15 = 96\,435 \text{ Kč} \quad 7.7$$

N_o [Kč] - náklady na odpad v roční dávce,
 c_{odpad} [Kč] - cena za 1 kg odpadu nerezové oceli.

Tab. 7.1 Náklady na spotřebu materiálu v roční dávce dle varianty 3

Využití materiálu	57,59 %
Náklady na materiál	1 426 744,2 Kč
Náklady na odpad	96 435 Kč

7.2 Kalkulace nákladů na realizaci návrhu

K tomu, aby byl návrh rozmístění strojů v hale 2 realizován, je třeba vykalkulovat tento návrh. S tímto rozmístěním souvisí náklady na přesun strojů, náklady na úpravu elektroinstalace a samozřejmě náklady na pořízení uvažovaného stroje Takisawa s likvidací nevyužívané CNC frézky VF-4. Kalkulace nákladů na realizaci návrhu bude čerpat ze zkušeností vedení firmy z minulých let.

Čas potřebný na přesun strojů k dosažení finálního uspořádání pracovišť byl vedením firmy odhadnut na 24 hodin. To jsou celkem 3 pracovní směny, tedy 1 pracovní den. Přesun by byl

zprostředkován 9 zaměstnanci s pomocí stěhovací technologie, celkem tedy 216 pracovních hodin.

Průměrné roční náklady na 1 pracovníka:

$$N_{\text{rok}} = 300\,000 \text{ Kč}$$

Hodinové náklady na jednoho pracovníka:

$$N_{\text{hod}} = \frac{N_{\text{rok}}}{E_D} = \frac{300\,000}{1744} = 172 \text{ Kč} \quad 7.8$$

kde: N_{hod} [Kč] - hodinové náklady na jednoho pracovníka,
 N_{rok} [Kč] - roční náklady na jednoho pracovníka,
 E_D [hod] - roční časový fond dělníka.

7.2.1 Jednorázově vynaložené investiční náklady na návrh

Náklady spojené s přesunem strojů:

$$N_{\text{PS}} = N_{\text{hod}} \cdot T_{\text{PS}} = 172 \cdot 216 = 37\,152 \text{ Kč} \quad 7.9$$

kde: N_{PS} [Kč] - náklady na přesun strojů,
 T_{PS} [Kč] - čas na přesun strojů,
 N_{hod} [Kč] - hodinové náklady na jednoho pracovníka.

Náklady pro úpravu elektroinstalačního systému:

Při přesouvání strojů musí být kladen důraz na elektroinstalační připojení k jednotlivým strojům, úpravu osvětlení a také provedení revizí. Tyto údaje byly opět odhadnuty vedením firmy dle cen za úpravy v minulých letech na 100 000 Kč.

$$N_{\text{ES}} = 100\,000 \text{ Kč}$$

Náklady na zakoupení nového stroje Takisawa LA-200ML:

Pro uskutečnění návrhu je potřebné přikoupit nový stroj Takisawa LA-200ML. Cena tohoto soustruhu byla zjištěna na základě elektronické komunikace s výrobcem.

$$N_{\text{ZN}} = 3\,090\,000 \text{ Kč}$$

Náklady na likvidaci stroje CNC frézka VF-4:

Potřebný čas na zlikvidování CNC frézky VF-4 byl odhadnut pracovníkem údržby na 24 hodin. Tato likvidace by byla provedena rozebráním stroje právě pracovníkem údržby během 3 pracovních směn, tedy jeden pracovní den.

$$N_{LS} = N_{\text{hod}} \cdot T_{LS} = 172 \cdot 24 = 4\,128 \text{ Kč} \quad 7.10$$

kde: N_{LS} [Kč] - náklady na likvidaci CNC frézky VF-4,
 T_{LS} [Kč] - čas na likvidaci CNC frézky VF-4.

Celkové investiční náklady na realizaci návrhu:

$$N_I = N_{PS} + N_{ES} + N_{ZN} + N_{LS} = 37\,152 + 100\,000 + 3\,090\,000 + 4\,128 \quad 7.11$$

$$= 3\,231\,280 \text{ Kč}$$

kde: N_I [Kč] - celkové investiční náklady na realizaci návrhu,
 N_{ES} [Kč] - náklady pro úpravu elektroinstalačního systému,
 N_{ZN} [Kč] - náklady na zakoupení nového stroje Takisawa LA-200ML,
 N_{PS} [Kč] - náklady na přesun strojů,
 N_{LS} [Kč] - náklady na likvidaci stroje.

7.2.2 Úspora na výrobě rozvodného tělesa nahrazením stávající varianty

Při stávající variantě obrábění, kdyby bylo rozvodné těleso obráběno nejdříve soustružením kooperálně a poté frézováno ve firmě MEDIA EFEKT, by náklady při odhadovaném objemu výroby 41 000 ks vyšly na 10 004 000 Kč. Zatímco při novém návrhu pomocí varianty 3 by obráběcí náklady dosahovaly jen 8 774 000 Kč. (viz kapitola 3.6)

Celková úspora:

$$U = 1\,230\,000 \text{ Kč}$$

7.3 Doba návratnosti investičních nákladů

$$TN = \frac{N_I}{U} = \frac{3\,231\,280}{1\,230\,000} = 2,6 \text{ roků} \quad 7.12$$

kde: TN [roky] - doba návratnosti,
 U [Kč] - celková úspora.

Na základě zjednodušeného výpočtu doby návratnosti je zřejmé, že investice do nového stroje Takisawa LA-200ML by se vrátila do 2,6 roků.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vypracovat návrh konkrétního technologického pracoviště s ohledem na bezpečnost a zásady ergonomie ve společnosti MEDIA EFEKT, s. r. o.. Tato firma se zaměřuje na přesnou strojírenskou výrobu a dodávání přesných strojírenských výrobků například pro automobilový průmysl v oblasti brzdových, palivových a hydraulických prvků.

V úvodní kapitole byla představena firma a provedena externí a interní analýza podniku. Z těchto analýz vyplynulo, že největší riziko pro firmu představuje zajištění dostatečně kvalifikovaných pracovních sil a stávající konkurence v oblasti výroby strojírenských výrobků.

S analýzou celkového výrobního objektu a skladového hospodářství byl popsán nepříznivý stav uspořádání strojních pracovišť jedné z výrobních hal, na kterou se tato práce zaměřuje. Dále se práce zaměřuje na jedinou součást, kdy bylo požadavkem firmy zjistit, která z možných variant výroby je pro tuto firmu ekonomicky nejvýhodnější. Autorem této práce byly navrženy tři různé varianty obrábění, které by mohly nahradit stávající výrobní variantu této součásti. Tyto varianty obrábění s sebou nesly i výběr vhodných řezných podmínek, druhů upínání a volbu speciálních tvarových nástrojů. Všechny tyto varianty byly zohledňovány na aktuální dostupné prostředky firmy MEDIA EFEKT. Dvě z těchto variant s sebou uvažují i výběr nového CNC soustruhu Takisawa LA-200ML. Varianta s kombinací tohoto CNC soustruhu a CNC frézky VF-2, kterou podnik disponuje, byla prohlášena za ekonomicky nejvýhodnější, což potvrdilo vhodný výběr tohoto stroje. Pro tuto výrobní variantu byla vypracována šachovnicová tabulka, se kterou bylo částečně uvažováno při návrhu finálního uspořádání haly 2. Dále byl proveden kapacitní propočet jedné z hal a porovnán se současným stavem. Jednou z posledních částí této práce je finální návrh uspořádání v hale 2, který bere v úvahu především široký výrobní sortiment firmy MEDIA EFEKT s ohledem na zadanou součást. Díky větším vzdálenostem mezi stroji byly zlepšeny ergonomické podmínky a bezpečnost práce v provozu. Nakonec bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, které se zaměřuje na spotřebu materiálu podle nejvýhodnější varianty ze tří metod obrábění rozvodného tělesa a kalkulaci nákladů na realizaci návrhu uspořádání strojních pracovišť v hale 2.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Interní dokumentace firmy MEDIAEFEKT*. Brno [cit. 2016-12-01].
2. CHLEBOVSKÝ, Vít. *Marketing pro B-2B trhy*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2010. 103 s. ISBN 978-80-214-4129-3.
3. *NEREZOVÝ HUTNÍ MATERIÁL* [online]. [cit. 2016-01-20]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14305.html>
4. *CNC vertikální centra Haas* [online]. [cit. 2016-02-21]. Dostupné z: http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=VF-2&webID=40_TAPER_STD_VMC
5. HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I - Technologie obrábění - 1. část: Studijní opory pro magisterskou formu studia* [online]. 2003. Brno [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
6. *Souhrnný katalog Taiwan Takisawa - LA 150,200: CNC lathe* [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: http://www.tgs.cz/content/fck/files/stroje/takisawa/Souhrnný_katalog_LA-150%2C_200.pdf
7. *Guehring: přesné obrábění* [online]. [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://navigator.guehring.de/navigator/index.php?mod=sta>
8. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: *Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook*. ISBN 91-97 22 99-4-6.
9. HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80 – 214 –2871 – 6.
10. STREJČEK, Jan a Roman KUBÍK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.
11. *Hlukoměry Voltcraft* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.voltcraft.cz/hlukomer-sl-100.k100804>

12. *KOVOKOM ŠROT s. r. o.: Ceník výkupu kovu* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.kovokomsrot.cz/cenik-vykupu-kovu/>
13. *Nerezmateriál: internetový obchod s nerezovým materiálem* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.nerezmaterial.cz/tyc-kruhova-pr-42-h9-wst-nr-1-4305-vyrobní-delka-3000>
14. ČSN EN ISO 717-1. *Akustika - hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách: Vzduchová neprůzvučnost*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
15. Předpis č. 272/2011 Sb.: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2011, ročník 2011, částka 97, číslo 272.
16. Předpis č. 438/2008 Sb.: Sdělení Ministerstva průmyslu a obchodu o zrušení pověření Českého normalizačního institutu, příspěvkové organizace, zabezpečováním tvorby a vydávání českých technických norem. In: *Sbírka zákonů ČR*. 2009, ročník 2008, částka 141, číslo 438.
17. ČSN 73 0580-4. *Denní osvětlení budov: Denní osvětlení průmyslových budov*. Praha: Český normalizační institut, 1994.
18. ČSN 73 0580-1. *Denní osvětlení budov: Základní požadavky*. Český normalizační institut: Praha, 2007.
19. ČSN 36 0450. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
20. ČSN 36 0451. *Umělé osvětlení průmyslových prostorů*. Praha: Český normalizační institut, 1986.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
BOZP	[-]	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CNC	[-]	computer numerical control (číslicové řízení pomocí počítače)
ČSN	[-]	česká technická norma
EN	[-]	evropská norma
DIN	[-]	deutsche industrie norm (německá průmyslová norma)
HSS	[-]	high-speed steel
OOPP	[-]	osobní ochranné pracovní prostředky
SK	[-]	slinutý karbid
TiC	[-]	karbid titanu
TiCN	[-]	karbonitrid titanu
TiN	[-]	nitrid titanu
TPV	[-]	technická příprava výroby
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
VUT	[-]	vysoké učení technické
WC	[-]	karbid wolframu
S _s	[-]	směnnost strojního pracoviště
s. r. o	[-]	společnost s ručením omezeným

Symbol	Jednotka	Popis
A ₅₀	[%]	tažnost
D	[mm]	průměr obrobku
D _i	[mm]	průměr vrtáku
D _{vs}	[-]	celkový počet dělníků
E _D	[h]	efektivní časový fond dělníka
E _R	[h]	roční fond ručního pracoviště
E _S	[h]	roční fond strojního pracoviště
F _p	[m ²]	pomocná podlahová plocha
F _{pdc}	[m ²]	plocha dopravních cest
F _{phn}	[m ²]	plocha pro hospodaření s nářadím
F _{pr}	[m ²]	provozní podlahová plocha
F _{pú}	[m ²]	plocha pro údržbu
F _{pskl}	[m ²]	plocha skladů
F _s	[m ²]	výrobní plocha strojních pracovišť
F _v	[m ²]	celková výrobní plocha
L	[mm]	délka

L_d	[dB]	dovolený hluk
L_m	[dB]	naměřený hluk
N	[ks]	počet vyrobených kusů za rok
N_{ES}	[Kč]	náklady na úpravu elektroinstalačního systému
N_{hod}	[Kč]	hodinové náklady na jednoho pracovníka
N_I	[Kč]	celkové investiční náklady na realizaci návrhu
N_{MR}	[Kč]	náklady na materiál v roční dávce
N_o	[Kč]	náklady na odpad v roční dávce
N_{PS}	[Kč]	náklady na přesun strojů
N_{rok}	[Kč]	průměrné roční náklady na jednoho pracovníka
N_{ZN}	[Kč]	náklady na zakoupení nového stroje Takisawa La-200ML
N_{LS}	[Kč]	náklady na likvidaci CNC frézky VF-4
P_s	[ks]	počet strojů
P_{SK}	[ks]	skutečný počet strojních pracovišť
P_{th}	[ks]	teoretický počet strojních pracovišť
R_a	[μm]	střední aritmetická úchylka profilu
T_{LS}	[h]	čas na likvidaci CNC frézky VF-4
T_{PS}	[h]	čas na přesun strojů
T_N	[rok]	doba návratnosti
U	[Kč]	celková úspora
R_m	[MPa]	mez pevnosti
$R_{p0,2}$	[MPa]	mez kluzu
a_p	[mm]	šířka záběru hlavního ostří
b_p	[mm]	šířka záběru
c_{nerez}	[Kč]	cena za 1 kilo nerezové oceli
c_{odpad}	[Kč]	cena za 1 kg odpadu nerezové oceli
f	[mm]	posuv na otáčku obrobku
f_n	[min^{-1}]	posuv
f_z	[$mm \cdot min^{-1}$]	posuv na zub
f_s	[m^2]	měrná plocha strojního pracoviště
k_{pns}	[-]	koeficient překračování norem strojních pracovišť
$m_{\check{c}}$	[kg]	hmotnost rozvodného tělesa
$m_{\check{c}r}$	[kg]	hmotnost kusů v roční dávce
m_o	[kg]	hmotnost odpadu v roční dávce
m_{tr}	[kg]	hmotnost tyčí $L = 3$ m pro roční dávku

$m_{3mtyč}$	[kg]	hmotnost původního polotovaru
n_a	[ks]	počet kusů vyrobených z jedné tyče
n	$[\text{min}^{-1}]$	otáčky
n_t	[ks]	počet tyčí $L = 3 \text{ m}$ pro roční dávku
t_A	[min]	jednotkový čas operace
t_{AS}	[min]	jednotkový strojní čas
t_{AV}	[min]	vedlejší strojní čas
t_{A11}	[min]	čas jednotkové práce za klidu stroje v operaci (upínání)
v_c	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$	řezná rychlost
v_f	$[\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$	posuvová rychlost
z	[-]	počet zubů v záběru
η	[%]	využití pracoviště
η_m	[%]	využití nakoupeného materiálu v roční dávce

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výrobní návodka pro 2. obráběcí operaci stávající technologie
Příloha 2	Dispoziční výkres speciálního nástroje s označením „SPECIAL 1“
Příloha 3	Výrobní návodka pro 1. obráběcí operaci varianty 1
Příloha 4	Výrobní návodka pro 1. obráběcí operaci varianty 2
Příloha 5	Výrobní výkres součásti rozvodné těleso
Příloha 6	Výkres původního stavu haly 2
Příloha 7	Výkres navrhovaného stavu haly 2

