

Diplomová práce

Řešení ergonomie provozu pletárny

Studijní program:

N0723A270003 Průmyslové inženýrství

Autor práce:

Bc. et Bc. Miroslava Domabylová

Vedoucí práce:

Ing. Marie Havlová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Liberec 2024



Zadání diplomové práce

Řešení ergonomie provozu pletárny

Jméno a příjmení:

Bc. et Bc. Miroslava Domabylová

Osobní číslo:

T20000059

Studijní program:

N0723A270003 Průmyslové inženýrství

Zadávací katedra:

Katedra hodnocení textilií

Akademický rok:

2023/2024

Zásady pro vypracování:

1. Provedte rešerši na téma ergonomie provozu dílny. Zaměřte se na splétané výrobky.
2. Popište současný stav úseku výroby splétaných šňůr v konkrétním podniku z hlediska ergonomie.
3. Stanovte kritéria pro ergonomii výroby splétaných šňůr.
4. Na základě rešerše, potřeb kontinuity výroby a stanovených kritérií navrhnete optimální variantu ergonomie provozu dílny.

Rozsah grafických prací: 20 stránek
Rozsah pracovní zprávy: 40 stránek
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

1. KYOSEV, Yordan. *Braiding technology for textiles: Principles, design and processes*. Elsevier, 2014
2. KEŘKOVSKÝ, Miroslava a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Praha: C. H. Beck, 2012
3. MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě – Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996.

Vedoucí práce: Ing. Marie Havlová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce: 17. ledna 2024
Předpokládaný termín odevzdání: 20. května 2024

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 29. dubna 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Velké poděkování patří především paní Ing. Marii Havlové, Ph.D.

Anotace

Cílem této diplomové práce je návrh optimalizace prostorového uspořádání pletárny za účelem zlepšení ergonomie činnosti ve vybraném pracovním prostředí. V první části jsou vysvětleny základní pojmy a zásady vědního oboru ergonomie a definovány zvolené kritérií a možných metod optimalizace ergatiky systému výroby. Přiblížena je technologie splétaných výrobků, vysvětleny jsou také možnosti technologického uspořádání dle doporučení průmyslového inženýrství se zohledněním typu výroby. V druhé části je seznámení s konkrétním pracovištěm a provedení analýzy současného stavu úseku pozorovací metodou. Vytyčení pracovních úseků s dílčími toky materiálu a následné shrnutí závad a nedostatků. Na základě předem zvolených kritérií je dále navrženo nové uspořádání pracoviště. Práce je zakončena technickým zhodnocením zpracovaného návrhu optimalizace pracovního prostoru a posouzení celkového užitku předloženého řešení.

Klíčová slova

Ergonomie, optimalizace, splétací stroj, prostorové uspořádání, tok materiálu.

Annotation

The aim of this thesis is to propose new layout for the production process of braided products. The first part contains the basic concepts and principles of ergonomics. Then are explained and selected criteria and possible methods of optimizing the ergonomics of the production system. The technology of braided products is brought closer, the possibilities of technological arrangement according to the recommendations of industrial engineering are also explained taking into account the type of production. In the second part, there is an introduction to a specific workplace and the analysis of the current state of the section using the observation method. Delineation of work sections with sub-flows of material and subsequent summary of defects and deficiencies. On the basis of pre-selected criteria, a new layout of the workplace is also proposed. The thesis is finished with a technical evaluation of the proposal changes to the layout and an assessment of benefit of the presented solution.

Keywords

Ergonomics, optimalization, braiding machine, layout, material flow.

Obsah

Seznam použitých zkratk, značek, symbolů, pojmů	12
Úvod.....	13
1 Ergonomie	14
1.1 Zásady Ergonomie	15
1.1.1 Zaměření na pracovníka	15
1.1.2 Zaměření na činnost	16
1.1.3 Zaměření na prostředí	16
1.2 Úlohy systému ergonomie	16
1.3 Ergonomie provozu dílny	18
1.3.1 Člověk – Pletařka	18
1.3.2 Činnost – Technologie výroby splétání.....	18
1.3.3 Prostředí – pletárna.....	21
1.4 Kritéria ergonomie	25
1.4.1 Kritéria ergonomie výroby splétaných výrobků.....	27
2 Vybrané metody průmyslového inženýrství	32
2.1 Analýza a měření práce ve výrobě	33
2.1.1 Snímek pracovního dne	33
2.1.2 Metoda Spaghetti diagram	34
2.2 Layout	35
2.3 Ergatika	38
3 Analýza současného stavu	40
3.1 Provoz dílny.....	41
3.2 Layout a výrobní proces.....	42
3.3 Využitelná pracovní doba pracovníka	44

3.4	Současný stav procesů.....	46
3.4.1	Analýza práce	46
3.4.2	Materiálové toky	47
3.4.3	Analýza struktury výroby	51
4	Návrh optimalizace pracoviště	53
5	Experiment – obsluha proplétacího zařízení.....	57
5.1	Návrh experimentu	57
5.2	Způsob provedení experimentu.....	58
5.3	Zhodnocení výsledků experimentu	60
6	Technické zhodnocení.....	63
7	Závěr.....	66
	Seznam použité literatury.....	67
	Seznam příloh.....	71

Seznam Obrázků

Obrázek 1. Schéma ergonomického systému [3]	17
Obrázek 2. Diagonální prokládání [8]	19
Obrázek 3. Druhy soukacích zařízení zn. a)BTTO, b)neznámý, c)Talleres Ratera S.A.	22
Obrázek 4. Splétací stroj se 16 paličkami	22
Obrázek 5. Adjustační zařízení poloautomatické a)pro šňůry, b)lana, výplně	23
Obrázek 6. Výše nákladů v závislosti na typu výroby [12]	32
Obrázek 7. Tvary layout [23]	36
Obrázek 8. Uspořádání výroby a) technologické, b) předmětné buňkové [25]	37
Obrázek 9. Závislost a) výrobek, b) uspořádání pracoviště na typu výroby [12]	38
Obrázek 10. Diagram organizační struktury podniku	41
Obrázek 11. Dílna pletárny a) vlevo, b) vpravo	42
Obrázek 12. Provoz pletárny a) pracovní proces, b) tok materiálu	44
Obrázek 13. Diagram využití času pracovníka pletárny.....	45
Obrázek 14. Schema hlavních cílů optimalizace	46
Obrázek 15. Průnik pohybu zaměstnanců	47
Obrázek 16. Současný Layout s materiálovými toky	48
Obrázek 17. Layout současného stav – označení strojů a typu výroby	49
Obrázek 18. Layout nedostatky.....	50
Obrázek 19. Graf rozdělení typu výroby 2022	51
Obrázek 20. Graf znázornění typu výroby stroj a)PSJ12, b)PSJ16, c)PSJ40	52
Obrázek 21. Nový layout pletárna.....	53
Obrázek 22. Tok materiálu nový	54
Obrázek 23. Nové úseky toku materiálu po optimalizaci pracoviště.....	54
Obrázek 24. Soukací zařízení a)stávající, b)Ratera NX-100 [28]	55
Obrázek 25. Příslušenství a)stávající, b)Ratera collector 800x400 [29]	56
Obrázek 26. Manipulační plošina [30]	56
Obrázek 27. Návlek hlavy proplétacího stroje a)plný, b)postupná výměna cívek.....	58

Seznam Tabulek

Tabulka 1 - Hygienické limity pro manipulaci s břemeny [15]	29
Tabulka 2. SWOT analýza firmy.....	40
Tabulka 3. Přehled činností využitelné týdenní pracovní doby	45
Tabulka 4. Problematická místa na pracovišti	50
Tabulka 5. Vzdálenosti toků na dílčích úsecích	53
Tabulka 6. Množství výrobku a čas obsluhy postup A, B.....	60
Tabulka 7. Základní statistická analýza dat.....	61
Tabulka 8. Dvouvýběrový t-test se shodností rozptylů	61
Tabulka 9. Zhodnocení odstranění nedostatků současného pracoviště.....	63
Tabulka 10. Výsledky optimalizace toku materiálu.....	64

Seznam použitých zkratk, značek, symbolů, pojmů

<i>symbol</i>	<i>popis</i>
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CATIA	software pro návrh konstrukce (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application)
H_u [1/cm]	hustota úpletu
ČSN (EN)	česká technická norma (evropská norma)
T [den, tex, Čm]	jemnost (délková hmotnost příze)
g [g/m]	délková hmotnost textilie
G [g/m ²]	plošná hmotnost textilie
HPP	hlavní pracovní poměr
IEA	Mezinárodní ergonomická asociace (International Ergonomics Association)
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
OOPP	osobní ochranné pracovní pomůcky
SWOT	situační analýza

Úvod

Diplomová práce volně navazuje na práci bakalářskou, přičemž pojitkem je aktuální problematika malé rodinné firmy s textilní výrobou.

V dnešní době je situace rodinných firem taková, že majitelé bývají zároveň také zaměstnanci, mívají tedy mnoho závazků nejen v podniku, ale především vůči rodině. Hlavním motorem je zejména zodpovědnost za vynakládání soukromých prostředků. Z těchto důvodů jsou tyto firmy daleko pružnější a více zaměřené na své cíle než firmy vedené externě jmenovanými manažery. V rodinné firmě se protínají dva systémy – svět rodiny a svět podniku. Rodinný svět je charakteristický svou silnou emoční stránkou, pracovní firemní svět si zase žádá racionalitu a výsledky. Sám podnik prezentuje životní dílo podnikatele, a pokud přestává fungovat, boj o zlepšení situace je daleko tvrdší než v podnicích nerodinných [1].

Cílem této diplomové práce je navrhnout nové optimální rozvržení pracovního systému za účelem zlepšení ergonomie činnosti pracovního prostředí zvolené dílny pletárny ve zmíněné rodinné firmě.

Diplomová práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první teoretické části je seznámení se zásadami vědního oboru ergonomie a vymezení kritérií. Přiblížena je činnost pracovníků a technologie výroby splétaných výrobků. Dále jsou specifikovány metody, které budou použity pro optimalizaci zvoleného výrobního systému pletárny.

Druhá část je praktická a skládá se z několika dílčích částí. V úvodu je sestavena a zhodnocena situační analýza dílny pletárny, na kterou navazuje rozbor typu výroby předešlého roku. Metodou pozorování je provedena analýza prostorového uspořádání pletárny s posouzením současného stavu výrobního procesu pracovních úseků a toku materiálů. Navazuje shrnutí nedostatků a závad k řešení. Na základě již stanovených kritérií je dále zpracován nový layout, vymezení nových pracovních úseků, dílčích toků materiálu a souhrnné porovnání. Zakončena je provedením experimentu srovnání dvou pracovních postupů obsluhy proplétacího stroje a technickým zhodnocením navržené změny pracovního prostoru s posouzením celkového užitku předloženého řešení.

1 Ergonomie

Propojením činností složek výrobního systému se zabývá vědní obor zvaný ergonomie. Jeho počátky sahají hluboko do starověku až k prvnímu použití nástroje vytvořeného člověkem, kde první ergonomické smýšlení dokládají úpravy nástrojů dle sevření ruky.

S historickým rozvojem se vytváří také jeho přístup, který je kombinací vědeckých, inženýrských, estetických metod a systémových postupů s člověkem, jako centrálním prvkem tohoto systému. Jedná se tedy o vztah člověka s pracovním systémem, přičemž pracovní systém se dále rozšiřuje na prostředí a technologie [2].

Primárně je tento obor aplikován na pracovní činnost, ale v obecném pojetí lze ergonomii použít i mimo výrobní oblast, tj. ve službách a volném čase, všude kde člověk vykonává nějakou činnost a obklopuje ho a ovlivňuje okolní prostředí. Cílem ergonomie je optimální přizpůsobení pracovního prostředí nebo místa člověku s ohledem na zvážení řady faktorů. Faktory určují míru bezpečnosti, zdravotní nezávadnosti, pracovního komfortu, účinnosti a efektivity výkonu práce.

Velké množství poznatků a doporučení ergonomie je zpracováváno do oficiálních standardů jako prevence zdraví ISO normami a dalšími specifickými podnikovými normami [2].

Vědní obor ergonomie je řízen Mezinárodní Ergonomickou asociací (IEA), která přijala v roce 2001 tuto oficiální definici: „Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.“ [3]. Definici také vyjádřil svými slovy Manzoor v roce 2019 takto: „Ergonomie se snaží minimalizovat nepříznivé vlivy prostředí na člověka a umožňuje tak každému člověku maximalizovat svůj přínos vykonávané práci.“ [4].

Základní rozdělení na oblasti dle IEA:

Fyzická ergonomie se zabývá vlivem a působením vnějších podmínek na člověka a jeho zdraví. Jedná se například o problematiku pracovních poloh, manipulaci s břemeny, pracovní místo a jeho uspořádání, opakované pracovní činnosti či bezpečnost práce.

Psychická (kognitivní) ergonomie se zaměřuje na vnímání a psychologická hlediska pracovní činnosti. Patří sem psychická zátěž a pracovní stres, výkonnost a rozhodování, aj.

Organizační ergonomie se zaměřuje na optimalizaci interakce člověka a techniky, který zahrnuje filosofii a techniku strategie a rozhodování. Snaží se o zajištění pocitu komfortu pracovníka, spolupráci, pracovní a odpočinkový režim [5].

V souhrnu Ergonomie udržuje podmínky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, jejím cílem je předcházet rizikům a nebezpečím při vzájemném působení lidí s ostatními subkomponenty systému technika-prostředí a pokud se zdá být vhodné i mimo výrobní sféru.

V diplomové práci bude tento obor využit k optimalizaci činnosti ve výrobním prostředí dílny pletárny. V úvahu bude brán druh pracovního zařazení s úkoly a cíli vykonávané práce, s prostředím, pro které bude zpracován návrh.

Komponenty systému určeného pro realizovanou ergonomickou analýzu jsou:

1. člověk - pletařka
2. technika - splétací stroj
3. prostředí – pletárna dílna

1.1 Zásady Ergonomie

Dle ČSN EN ISO 26800 [6] jsou základem pro ergonomicky zaměřený proces návrhu níže uvedené zásady, které slouží k odlišení ergonomického přístupu od jiných přístupů, jež nejsou rozpoznány těmito zásadami. Jsou též základem ergonomického pojetí, podle kterých je člověk tím rozhodujícím článkem výkonnosti systému a nikoli naopak.

1.1.1 Zaměření na pracovníka

Jednou ze zásad je zaměření cílené populace. Touto zásadou rozumíme nezbytnou identifikaci skupiny lidí, pro které je návrh určen. Vzhledem k tomu, že lidé se různí ve svých rozměrech i schopnostech, je nutné ergonomický návrh zaměřit na specifický soubor. Soubor je stanoven dle společných charakteristik osob ve skupině, jako je úroveň dovedností, inteligence, fyziologické charakteristiky, s vyloučením diskriminace, která by vedla k nesprávnému přístupu (věk, pohlaví, invalidita) [6].

Pro zpracování této diplomové práce jsou skupinou výrobního systému dílny 4 zaměstnanci vyučení s praktickými pletařskými znalostmi a jsou v trvalém pracovním poměru zaměstnání v jednosměnném provozu pletárny. Jejich skutečná produktivní pracovní doba bude dále

zhodnocena pozorovací metodou (kap 2.1.1.) Fyzická zátěž zaměstnance při obsluze strojů a při manipulaci s břemeny je střídavě ve stoji nebo vsedě (kap 1.4.1.3.)

1.1.2 Zaměření na činnost

Druhou zásadou je zaměření na úkol. Návrh zaměření úkolu by měl odpovídat povaze systému z hlediska vhodnosti pro člověka a použité technologie. Tyto úkoly jsou prováděny bezpečně a efektivně zaměstnancem jak v krátkém, tak v dlouhém časovém období. Mohou být použity ke zlepšení dovedností a praxe zaměstnance, ale určitě nesmí být příčinou snížení jeho výkonnosti. Tyto nedostatky by pak mohly vést ke špatným výsledkům systému a nepříznivým vlivům na člověka [6]. Úkolem skupiny zaměstnanců dílny je činnost splétání (kap. 1.3.2.), kdy vstupem úkolu je materiál (příze) a výstupem potom výrobek (šňůra).

1.1.3 Zaměření na prostředí

Poslední zásadou se rozumí prostředí, ve kterém bude návrh systému využit. Musí být popsány a identifikovány především jeho fyzikální vlastnosti. Ty většinou zahrnují vlivy jako jsou prostorové uspořádání, hluk, vybavení, mikroklimatické podmínky aj.

Ergonomie pracoviště je též úzce spjatá s pojmem racionalizace a optimalizace, které lze vnímat jako prvky řízení zdokonalování stávající situace výrobního procesu. Využívání jednotlivých faktorů výroby či schopnost výrobního systému rychlé adaptace výkonu každého článku technickým, výrobním a obyčejným změnám [7].

1.2 Úlohy systému ergonomie

Ergonomickým přístupem se snažíme optimalizovat systém. V našem případě se konkrétně jedná především o odstranění časově, fyzicky i psychicky náročných, příliš rizikových nebo zdraví škodlivých jednotvárných pracovních činností, za účelem zvýšení produktivity práce, ke zlepšení pohody a k rozvoji jeho osobnosti. Vycházíme z poznatku, že komplex složený ze tří elementů člověk, technika a prostředí vytváří vazby mezi sebou a vzniká systém specifických vlastností s určitými hodnotami využívající synergického efektu. Přičemž člověk je brán za rozhodující složku, která limituje daný komplex a ovlivňuje konečné chování celého systému [3, 7].

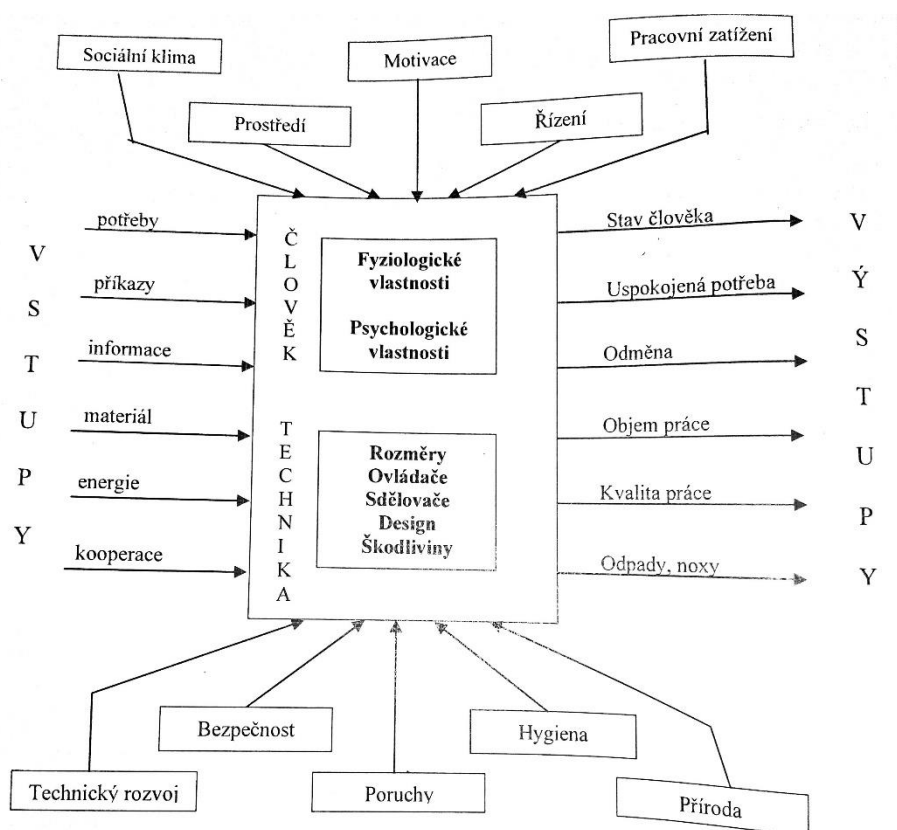
V ergonomickém systému lze primárně řešit čtyři typy úloh:

1. Ergonomickou racionalizaci v systému, který již existuje a je známa jeho struktura i chování. Úpravou parametrů se zvýhodní určitá kritéria tohoto systému. Tento typ úlohy je cílem diplomové práce.

Dalšími možnými variantami úloh jsou:

2. Ergonomické modelování systému, který existuje, ale není známa jeho struktura. Zjišťuje se tedy předpokládané chování systému.
3. Ergonomickou analýzu, která experimentálně zjišťuje dosud neznámé chování a strukturu systému, který existuje.
4. Projekční ergonomii u neexistujícího systému. Systém má být navržen s takovou strukturou, aby se choval dle předpokladu.

Naznačení možných prvků a vazeb třech subsystémů v systému je názorně na Obrázku 1.



Obrázek 1. Schéma ergonomického systému [3]

1.3 Ergonomie provozu dílny

1.3.1 Člověk – Pletařka

Na dílně pracují 3 ženy jako pletařky a 1 muž jako mechanik pletař v jednosměnném provozu. Směna je 8,5 hodiny včetně jedné 30minutové přestávky a 2x 15 minut bezpečnostní přestávky.

Náplní práce žen je primárně příprava materiálu soukáním a navádění nití do splétacího stroje, zajišťování chodu strojů, kontrola kvality vyráběného zboží, příprava polotovaru navinováním, zpracovávání finálního výrobku, balení, udržování čistoty na pracovišti.

Náplní práce muže je provádět přípravu pracoviště a materiálu ke zpracování, občasné přejímání zboží a materiálu do skladu. Obsluhovat splétací stroje, seřizovat a příležitostně provádět opravy strojů, navádět nitě do strojů, zajišťovat chod strojů, kontrolovat kvalitu vyráběného zboží. Dále zpracovává, váží, měří, navíjí finální výrobek a udržuje čistotu na pracovišti.

Všichni pracují průběžně vstojem a částečně vsedě (kap. 1.4.1.3.)

Při práci používají OOPP – ochrana sluchu, rukavice, pracovní oděv je tričko, vesta, mikina, kalhoty, obuv.

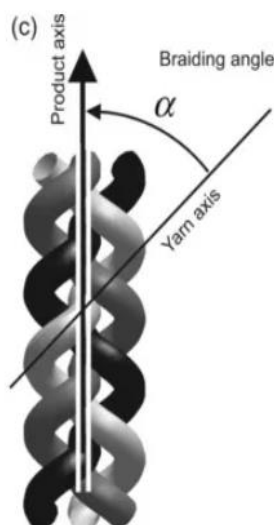
Každý pracovník má na pletárně přidělený svůj stálý pracovní úsek.

1.3.2 Činnost – Technologie výroby splétání

Hlavní pracovní činností zaměstnanců dílny pletárny je produkce splétaných výrobků.

Splétání je proces proplétání tří nebo více nití diagonálně k ose výrobku za účelem získání silnějšího, širšího nebo pevnějšího výrobku nebo za účelem zakrytí (opletení) nějakého profilu.

Diagonální prokládání znamená, že příze svírají s osou výrobku úhel α , který může být mezi 1° a 89° , ale obvykle se pohybuje v rozmezí 30° – 80° (Obrázek 2). Tento úhel se nazývá úhel opletení a je nejdůležitějším geometrickým parametrem splétaných struktur [8].



Obrázek 2. Diagonální prokládání [8]

Z technického hlediska lze každé splétané lano nebo tkaničku do bot klasifikovat jako jednorozměrný výrobek, protože délka každého z nich je výrazně větší než průřez. Pokud však vezmeme v úvahu provázání přízí, každé lano je díky své zakřivené vnější struktuře trojrozměrným produktem. Splétání se ve své základní podobě používá již řadu let v široké škále oblastí použití, včetně splétání přízí, květin, vlasů do copánku aj.

Proces splétání umožňuje přidání nebo výměnu přízí. Oblasti použití splétaných výrobků jsou široké, od splétání chirurgických stehů a jiných lékařských předmětů až po takové výrobky, jako jsou elektrické kabely, lana, tkaničky a v největším měřítku obrovská lana a trubky používané v sektoru námořních ropných polí. Rostoucí oblast použití copánků je také při výrobě kompozitů vyztužených vlákny [8].

Základní surovinou pro výrobu splétaného výrobku (šňůry, lana, prýmku) je příze, kterou je nutné předem přesoukat z velkoobjemových návinnů na cívky, které jsou určené pro splétací strojní zařízení.

Ze syntetických vláken se v tomto provozu používají druhy multifil polypropylen 1000/1100 dtex, polyester 550/1100/1670 dtex a 167x2 dtex, polyamid 6 (6.6) 470/940/1400 dtex. Z přírodních vláken je to bavlněná příze od 40 tex, len od 105 tex a latexové nitě pro pružné výrobky.

Příprava materiálu pro splétání je uskutečňována na soukacím zařízení. Tato strojní jednotka může být poloautomatická nebo plně automatizována. Je určena k převíjení a případnému

družení příze na válcové cívky s čelem o různé velikosti. Umožňují navíjení 2-10 cívek stejného druhu současně při družení materiálu až desetinásobném. Navinované cívky jsou upnuty mezi vřeteny a hroty unášeny pohonem zařízení, počet otáček a tím určená výsledná délka návínu příze na cívce je řízena automaticky počítadlem s předvolbou [9]. Cívky s navinutou přízí jsou dále obsluhou přeneseny a navlékány na příslušný typ splétacího stroje dle zvoleného pracovního postupu (viz kap.1.3.2.1).

Dle typu splétacího stroje (počet paliček, druh vodící dráhy aj.) lze vyrábět různé druhy splétaných výrobků – technický nebo ozdobný úplet. Úplet vzniká křížením dvou soustav na základě pohybu soukolí, které pohání soustavu paliček s cívkami na kruhových drahách. U plochých výrobků tzv. prýmků se jedná pouze o jednu soustavu běžců, u dutinných výrobků se jedná o soustavy dvě. Plynulý odtah je zajištěn odtahovým zařízením. Stroj pohání elektromotor, který se automaticky vypne při přetrhu nebo nedostatku materiálu na cívce [10].

- Ploché splétací stroje jsou určeny k výrobě pruženek, gum, prýmků a dalších splétaných produktů.
- Dutinové splétací stroje jsou určeny pro úplety, šňůry, lana, gumolana, je možno s nimi oplétat nejrůznější výplně, jako jsou kabely, hadice a jiné šňůry z přírodní, syntetické, kovové či latexové příze.
- Styčné splétací stroje jsou určeny k výrobě prýmků a plochých úpletů složitých vzorů.

Výsledné parametry výrobku jako je délková hmotnost [g/m], průměr nebo šíře [mm], pevnost do přetrhu [N], protažení do přetrhu [mm] ovlivňuje především materiálové složení, jemnost a počet vláken v prameni, počet pramenů, hustota splétání [1/cm] a typ jeho výplně (jádra).

Při výrobě splétaných šňůr není produkce kontinuální, je nutná průběžná výměna návleku stroje, tj. výměna prázdných cívek za plné s předem nasoukanou přízí.

Mezi další činnost výrobního procesu pletárny patří adjustace. Jedná se o vizuální kontrolu jakosti a převíjení polotovaru volně loženého v konvi (nádoba) na kotouče pro další proces výroby nebo k finálnímu balení dle požadavku zákazníka. K této činnosti se využívají mechanické nebo poloautomatické jednotky.

1.3.2.1 Pracovní postupy

K výměně návleku splétacího stroje je možno použít minimálně dva základní pracovní postupy:

Pracovní postup A

Vždy s výměnou prázdné cívky je nutné vyměnit i všechny ostatní, aby před znovuspuštěním stroje byla hlava stroje plná cívek s nasoukanou přízí. Stroj pracuje vzhledem k parametrům výrobku nepřetržitě 1-6 hodin bez nutné obsluhy, pokud neuvažujeme náhodné chyby.

VÝHODY: stroj pracuje kontinuálně dle druhu šňůry až 6 hodiny bez nutné obsluhy (pokud nedojde k neočekávanému zastavení – např. při přetrhu nitě)

NEVÝHODY: nutné vymotání zbytků materiálu pro nový návlek – ačkoli cívky by měly být ze soukacího stroje plné stejným množstvím příze, nikdy neskončí všechny prázdné vzhledem k postupnému nasazování po jedné cívce na stroj nebo pokud se na cívečnici mění cívky s materiálem, nemusí dosahovat stanovené množství příze (uzly nejsou přípustné).

Pracovní postup B

Vždy při automatickém vypnutí stroje, které je způsobeno nedostatkem materiálu na cívce, se dle potřeby vymění na hlavě stroje pouze prázdné cívky (1 a více) za plné cívky s přízí.

VÝHODY: 0 zbytek příze

NEVÝHODY: výměna cívek je nahodilá, nepřehledná a chaotická

Měření času pracovních operací pomocí metody přímým pozorováním bude následně využito pro porovnání dvou různých pracovních postupů obsluhy stroje, který produkuje splétaný výrobek. Úkol činnosti splétání bude zhodnocen experimentem, jehož cílem je vyhodnotit výhodnější činnost pro zaměření úkolu v daném systému dílny výroby šňůr.

1.3.3 Prostředí – pletárna

Rizikovým faktorem pracovního prostředí pletárny je expozice hluku. Dle akreditovaného měření laboratoře nesplňuje pracoviště hygienický limit (dle § 21 Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.) a spadá do 3. stupně zátěže v kategorizaci pracoviště a do 2. stupně zátěže pro prach a fyzickou zátěž (kap. 1.4.1.3.)

Na provozu pletárny je celkem 7 soukací zařízení, 1 automatické a zbylé poloautomatické, názorně na Obrázku 3. Obsluhují je zaměstnanci pletárny dle úseku a výrobního plánu.



a) automatický b) poloautomatický c) poloautomatický
 Obrázek 3. Druhy soukacích zařízení zn. a) BTTO, b) neznámý, c) Talleres Ratera S.A.

Zařízení, které je přistaveno jako pomocný mechanismus za soukací zařízení se nazývá cívečnice. Jedná se o stojan, na kterém jsou uloženy velkoobjemové návinny se surovinou, jejich nitě vedou dráhou ze stojanu do soukacího zařízení.

Dále je ve výrobním prostoru pletárny umístěno celkem 50 splétacích strojů, které zaměstnanci pletárny obsluhují dle přiděleného výrobního plánu dvěma základními pracovními postupy (kap.1.3.2.1) dle úseků. Na Obrázku 4 jsou například stroje zn. Talleres Ratera S.A, na kterých bude také uskutečněn experiment (kap. 5.) Aktuální rozmístění strojů v prostoru dílny bude zpracováno v praktické části (kap.4.2).



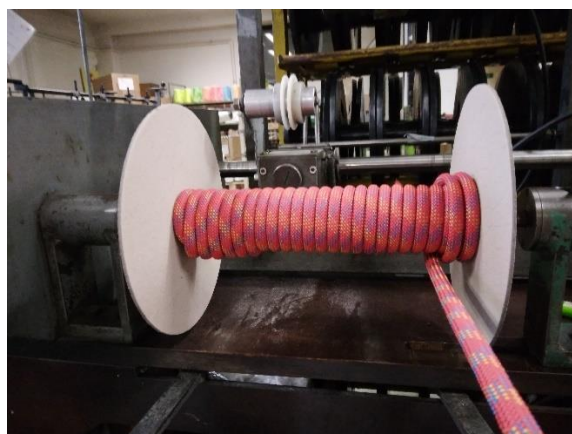
Obrázek 4. Splétací stroj se 16 paličkami

Na provozu jsou dále 3 adjustační jednotky, které jsou využívány zaměstnanci pletárny jak pro přípravu polotovarů tak návazně ve finální fázi pracovního procesu (kap. 3.2), názorně na viz Obrázek 5:

- a) vlevo pro šňůry 0,5-3 mm poloautomatická jednotka vč. měřícího zařízení;
vpravo pro lana od průměru 10 mm a kabely s opletem je manuální;
- b) pro šňůry a lana 0,5 – 8 mm poloautomatická jednotka vč. měřícího zařízení.



a)



b)

Obrázek 5. Adjustační zařízení poloautomatické a) pro šňůry, b) lana, výplně

Výroba a její systém je z obecného pohledu lidmi organizovaný plynulý tok, ve kterém se řadou operací za pomoci strojů suroviny a materiály zpracují a vznikne finální výrobek. Výrobní procesy se dělí na technologické a netechnologické a obvykle se sdružují do etap:

- předvýrobní – vývoj technologického postupu, zajištění dodávky materiálu a následná příprava materiálu soukáním, příprava strojů a obsluhy;
- výrobní – činnost splétání, při které se přeměňuje materiál na výrobek;
- dokončovací a odbytová – adjustace a expedice hotového výrobku zákazníkovi [11].

Řízení systému výroby se zaměřuje na optimální fungování výrobního procesu vzhledem k vytyčenému cíli. Jedná se o koordinaci zaměstnanců, prostor provozu, surovin, zařízení, informací, finančních prostředků, energií, odpadů, aj.

Přičemž cíle výrobního řízení by měly být vyvozeny ze stanovených cílů podnikové strategie, jako je maximální uspokojení potřeb zákazníků a efektivní využití disponibilních výrobních zdrojů. Dílčí cíle řízení se stanovují dle konkrétních podmínek výroby jako je jakost a

spolehlivost dodávek dle očekávání odběratele, vysoká adaptabilita výroby při změně požadavků zákazníka, zkracování výrobních termínů a expedice výrobků, snižování nákladů, zásob a polotovarů výroby, efektivní využití dostupných výrobních kapacit, zabezpečení informačních toků v systému [11].

Rozsah vyráběného sortimentu, sériovost a opakovatelnost výroby definuje základní výrobní program. Ve vybraném provozu se produkuje:

- 1) Výroba na sklad (50-60%), kde hotové výrobky jsou přemístěny do skladu a odtud expedovány k zákazníkovi na základě závazné objednávky. Využíváno u výrobků standardního provedení a druhy, u kterých jsou zajištěny dlouhodobé kontrakty.
- 2) Výroba na objednávku (40-50%), kdy jsou výrobky vyrobeny pouze na základě závazné objednávky [12].

Výroba bývá časovým hlediskem a posloupnostmi operací rozlišována na plynulou kontinuální a přerušovanou, kde je výrobní proces po určitých částech přerušován a pokračuje na dalším pracovišti, popř. zůstává, ale věnuje se jinému procesu výroby.

Proces výrobního systému je již konkrétní přeměna výrobních faktorů na zboží a je vymezen určením výrobku, objemem a variací výrobků, použitými technologiemi, uspořádáním a organizací výroby, stabilitou a adaptabilitou výroby na aktuální poptávku. Tyto skutečnosti a faktory musí být pro racionální výrobní systém zohledněny při uspořádání pracovního prostoru, jelikož správné rozmístění strojů má velký vliv na kapacitu celé výrobní soustavy a ovlivňuje výrobní náklady [12].

Manipulační cesta neboli materiálový tok představuje organizovaný pohyb materiálu ve výrobním oběhu nebo procesu. Charakterizují ho následující vlastnosti: směr, intenzita, délka, výkon, frekvence, vlastnosti přepravovaného materiálu a dopravní techniky. Pro jeho plánování je nezbytné mít kvalitní zdroje informací tvořící základní předpoklad kvalitních výsledků při určování materiálového toku. Cílem při určování materiálového toku je zajistit, aby se subjekty dostaly na požadované místo, a to co nejefektivněji a s minimálními náklady. Subjektem zde může být hmotný prvek jako například suroviny, polotovary nebo hotové výrobky. Ale také nehmotný prvek, a to především informace k zakázkám: technické požadavky, výkresová dokumentace nebo [12].

Pro stanovení základních ergonomických principů pro řešení pracovních systémů byla vydána norma ČSN ISO 6385 Ergonomické zásady navrhování pracovních systémů, mimo ně je dále také důležité dodržovat bezpečnost a ochranu zdraví při práci, tj. dodržovat „legislativou stanovená pravidla nebo opatření, jejichž úkolem je předcházet ohrožení nebo poškození lidského zdraví při pracovním procesu“ [13, 14].

Stále více je odborníky doporučována tzv. participativní ergonomie, jejíž podstatou je, že samotní zaměstnanci spolupracují na návrhu změn a uspořádání pracoviště [15].

Přístupy participativní ergonomie jako je mapování těla či rizik, pomáhají zaměstnancům hodnotit rizika a dojít ve spolupráci se zaměstnavatelem k vhodnému řešení pro jejich minimalizaci či k odstranění [16].

1.4 Kritéria ergonomie

Ergonomičnost systému je posuzováno ekonomickým efektem, kdy se:

- zkrátí se doba pracovní činnosti, když bude pohyb optimalizován,
- zvýší se produktivita práce, když se sníží psychofyzická zátěž pracovníka,
- odstraní práce, která není produktivní,
- zlepší výkon-produktivita, když se zlepší fyzikální vlivy pracovního prostředí,
- sníží úrazovost,
- sníží fluktuace zaměstnanců, vlivem celkové pohody.

Ale též sociálním efektem, který se projeví spokojeností pracovníka, uspokojení z práce a dobrém zdravotním stavu.

Ke zhodnocení aktuálního stavu ergonomičnosti výrobního systému jsou využívána různá kritéria, čímž rozumíme hlediska, která se zaměřují na úlohu člověka v pracovním systému. Jejich výběr je závislý na druhu a povaze pracovního systému. Zvolený pracovní systém je výrobní, tudíž na základě stanovených metod a postupů přetváří za pomoci technických prostředků hmotné vstupy na výstupy.

Norma ČSN EN ISO 26800 Ergonomie – Obecný přístup, zásady a pojmy [6]. doporučuje zvolení těchto ergonomických kritérií:

1. Výkonnost člověka

2. Zdraví, bezpečnost a pracovní pohoda
3. Uspokojení uživatele

V publikaci ERGONOMIE Optimalizace lidské činnosti [5] autoři uvádí přehled 18 nejdůležitějších kritérií. Jsou to podlahová plocha pro jednoho pracovníka; světlá výška pracoviště; vzdušný prostor; pracovní prostor; pracovní manipulační rovina; prostor pro dolní končetiny; pracovní plocha; pracovní pohyby; poměr statické a dynamické práce; fyzická namáhavost práce; ovládací síly; manipulace s břemeny; zrakové podmínky; barevné řešení prostředí a technických zařízení; zrakové zdroje informací; akustické podmínky; mikroklimatické podmínky; psychosociální podmínky. A zmiňují, že vybraná kritéria nejrůznějších povah, musí být vždy odvozena od cíle, účelu a způsobu jejich využití.

Autor Chundela [3] zase uvádí tyto možná kritéria:

1. **Produktivita systému** p se obecně měří jako objem Q vykonané práce ku časové jednotce t

$$p = \frac{Q}{t} \quad (1)$$

Zde může mít ergonomické opatření dva cíle:

- a) Cílem je zvýšení produktivity práce komplexu při nezvýšené psychofyziologické zátěži zaměstnance.
- b) Cílem je snížení nepříznivé psychické a fyzické zátěže při zachování aktuální produktivity.

2. **Spolehlivost systému** je obecně chápáno jako bezchybné a včasné splnění úkolu, z matematického hlediska jako pravděpodobnost bezchybného chodu systému.

Toto hledisko je závislé na dobré organizaci práce a řízení výroby.

3. **Ekonomičnost systému** se obvykle určuje formou finančních nákladů na jednotku produkce, popř. dobou návratnosti vynaložených pořizovacích nákladů.
4. **Fyzická namáhavost** funkce systému se měří spotřebou energie za časovou jednotku.

Pracovník vykonává při fyzické práci nutné pracovní pohyby, které vycházejí z jeho možností, schopností a dovedností. U tohoto hlediska je důležitá velikost této pracovní zátěže.

5. **Psychická namáhavost** funkce systému, kde je měřena psychická zátěž za časovou jednotku. Maximální informační výkon je závislý na kvalitě informace.
6. **Nebezpečnost systému**, tj. zákonem dané zásady bezpečnosti práce a ochrany zdraví v předpokládaných podmínkách, které jsou organizace povinny dodržovat.

Cílem oboru je účinná prevence, zdraví člověka je finančně nevyčísitelné.

7. **Hygieničnost systému** je vytvoření stavu, kdy není člověk ohrožen škodlivinami, které mu způsobí onemocnění.

Jedná se škodlivost působení vlivů fyzikálních faktorů a ochrany zdraví při práci.

8. **Estetičnost systému**, se nedá objektivně měřit, protože podléhá času a módním trendům, avšak člověk se v estetickém prostředí cítí lépe a podává lepší výkon [3].

1.4.1 Kritéria ergonomie výroby splétaných výrobků

Se zohledněním rešerše, dále na základě praktických znalostí fungování dílny pletárny a s přihlédnutím k názorům zaměstnanců provozu byla zvolena následující kritéria pro zpracování optimální varianty ergonomie provozu dílny.

1.4.1.1 NEBEZPEČNOST

Prvním zvoleným kritériem je nebezpečnost. Vznik potencionálních rizik nejprve eliminujeme správnými podmínkami, ty jsou stanoveny legislativou dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. [15], dále Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. [16].

Uvedené legislativní předpisy upravují též podrobnější požadavky pro pracoviště:

Umístění a uspořádání pracovních zařízení a pracovních pomůcek, skladů, pracovních a komunikačních ploch by mělo být zvoleno tak, aby byly společně soustředěny pracovní prvky s podobnými vlastnostmi, případně s obdobnými vlastnostmi škodlivin a vlivů na okolí.

Upevnění pracovních prostředků a zařízení musí být zajištěno před nechtěným uvolněním. Je nutno stanovení rozsahu a zodpovědnosti osoby, která vede provozní dokumentaci pracoviště. Dokumentace by měla zahrnovat rozsah a termíny kontrol, zkoušek, revizí, oprav

a rekonstrukce technického vybavení, doporučený způsob užívání vybavení a doporučení výrobce na obsluhu.

Ve skladových prostorech musí být viditelně umístěny informace o maximální nosnosti podlahy a regálů. Regály musí být též opatřeny informacemi o maximální nosnosti polic a maximálním celkovém zatížení. Šířka uliček mezi regály musí být alespoň o 0,4 m větší, než je šířka manipulačních prostředků používaných při uskladnění. Je třeba zajistit, aby skladovací plochy byly rovné, zpevněné, odvodněné, aby nemohlo dojít k jeho nechtěnému uklouznutí.

Objemový prostor pro práci jednoho zaměstnance typu pracoviště třídy I, II je 12 m². Minimální rozměry podlahové plochy pro jednoho zaměstnance určené pro trvalou práci jsou nejméně 2 m². Nesmí do nich ale zasahovat spojovací cesty ani žádné zařízení [15, 16].

Dále lze říci, že šířka uličky pro průjezd manipulačních vozíků musí být alespoň o 0,4 m větší než největší rozměr šířky manipulačních vozíků nebo nákladu a že základní šířkou komunikací pro osoby je šíře 0,6 m. Ta se pak v závislosti na počtu osob či manipulace zvětšuje o 0,15 m [15, 17].

Zahrnuje pracovní rozsahy a prvky bezprostředního kontaktu člověka a stroje.

1.4.1.2 PRODUKTIVITA

Dle vzorce (1) je u tohoto hlediska čas t důležitým kritériem pro produktivitu výrobního procesu. Snížením doby vykonané práce se úměrně zvýší produktivita systému. Jedna z možností, jak snížit čas, je uspořádáním materiálových i pracovních toků ve výrobním systému tak, aby jednotlivé operace produkovaly vysoké výstupy, ale s vysokou účinností. Aby bylo možno tímto způsobem zvýšit účinnost, musí se nejdříve vytvořit procesní mapa existujícího výrobního procesu (viz kap.4.2.).

Autorka M. Jurová uvádí [1]: „*Produktivita jakékoliv operace ve výrobním systému se rovná podílu výstupu a práce nutné k jeho dosažení. Z toho je zřejmé, že jednou z cest, jak zvýšit produktivitu, je dělat vše, co se dělá v současné době, ale dělat rychleji.*“

Dosáhnout toho lze buď optimalizací pracovního prostoru nebo zvýšením snahy operátora. Dle výše uvedeného tvrzení totiž vyplývá, že čím více činností proběhne ve výrobním procesu, tím větší výstup se produkuje a tím se nutně musí zvýšit výkon za hodinu. Toho lze ale také

dosáhnout pomocí strojové automatizace nebo změnou způsobu podstaty vykonávané práce, pracovat lépe.

1.4.1.3 FYZICKÁ ZÁTĚŽ

Třetím a posledním důležitým kritériem pro zlepšení ergonomie dílny je zátěž. Ta vzniká při činnosti člověka, kdy je lidský organismus zatížen souborem vnějších faktorů systému. Organismus je zatěžován v pohybovém, srdečně-cévním a dýchacím systému a reaguje odezvou v látkové přeměně a termoregulaci těla [17].

Pracovní zátěž je dána mírou vyváženosti mezi výkonovou kapacitou člověka oproti požadavkům úkolu a podmínkami, při kterých je vykonávána. Dle působení na člověka zátěž dělíme na fyzickou a psychickou. Působení obou druhů může nabývat různých hodnot. Přírozená pracovní zátěž znamená, pokud je bilance v rovnováze, v opačném případě se jedná zátěž nepřiměřenou, od mírné až po nadměrnou. Právě nadměrnou zátěží je narušena pracovní pohoda organismu a vzniká riziková zátěž. Příklad limitů pro manipulaci s břemeny viz Tabulka 1.

Tabulka 1 - Hygienické limity pro manipulaci s břemeny [15]

Hygienické limity pro manipulaci s břemeny			
	Muži	Ženy	Těhotné a matky* (*do konce 9. měsíce po porodu)
Občasně	50 kg	20 kg	10 kg
Často	30 kg	15 kg	5 kg
Vsedě	5 kg	3 kg	2 kg
Kumulativně	10 000 kg	6 500 kg	2 000 kg

Fyzická zátěž zahrnuje lokální svalovou zátěž, manipulaci s břemeny, pracovní polohy jako je poloha páteře (stoj, sed) nebo polohu paží při práci, shýbání, rotování. Nastavení pracoviště je vždy individuální.

Nejčtenější pracovní polohou je stoj. Jedná se o polohu těla, při které se velká část tíhy přenáší na dolní končetiny. Pracovní činnost, která je prováděna ve stoje nemůže být vykonávána ve vzpřímeném ideálním stoji, protože těžiště těla je posunuto vlivem činnosti přenášení břemen

nebo manipulací s materiálem či ovladači stroje. Negativní účinky se zhoršují s převažujícím omezeným pohybem, při statickém stání. V případě zajištění vzpřímeného stoje je to pro tělo nejvýhodnější pracovní polohou. I přes známé negativní důsledky práce v sedě, což je tlak na meziobratlovou plotýnku a následně vyšší výskyt bolesti zad se stále práce v sedě považuje za výhodnější než práce vstoje z hlediska nižšího energetického výdaje, tedy únavnosti, menšího zatížení nohou aj. [5, 17].

Ačkoli dle interní firemní dokumentace bylo pracoviště zhodnoceno autorizovanou osobou z hlediska fyzické zátěže jako nerizikové pracoviště v mírné zátěži kategorie 2 a je tedy z pohledu zaměstnavatele splněno legislativní nařízení vlády č. 361/2007 Sb. a vyhlášky č. 180/2015 Sb. o hygienických limitech fyziologie práce zaměstnanců, zaměstnanec může při této každodenní fyzické zátěži pociťovat bolest krční páteře, zad, kloubů aj.

Dle odborníka na ergonomii Pektora [15] je vždy vhodné investovat do technických opatření a tím minimalizovat ruční manipulaci, ačkoli se nejedná o pracoviště s rizikem.

Pokud jde o manipulaci s břemeny, v prostoru pletárny se nabízí pořízení například manipulátorů jako jsou dopravníky, paletové vozíky, nastavitelné stoly.

ZHODNOCENÍ KRITÉRIÍ

Norma ČSN EN ISO 26800 [6] doporučuje, aby k dosažení optimální výkonnosti výrobního systému byly „brány v úvahu všechny tyto faktory:

- účel systému, výrobku nebo služby;
- charakteristiky předpokládané cílené populace;
- cíle, které mají být dosaženy a úkoly, které mají být provedeny;
- existující zábrany (např. odkaz na zařízení nebo procesy, ekonomické nebo právní problémy);
- faktory fyziologické, organizační a společenské prostředí;
- životní cyklus a jakékoliv dynamické změny uvnitř systému.“ [6]

Z těchto kritérií vyplývá, že pro snížení fyzické námahy a zvýšení výkonu vedoucímu ke zlepšení pohody a produktivity práce přispívá prakticky například:

- vyloučit nebezpečné podmínky a minimalizovat škodlivé vlivy

- umístit materiál, pomůcky a nářadí do optimálního dosahového prostoru
- umožnit střídání pracovních poloh a zatížit celé tělo rovnoměrně
- optimalizovat prostor, určit místo pro každou věc vzhledem k četnosti jejího použití a umístit zařízení s minimální obchůzkou
- vyloučit nebo mechanizovat těžké práce automatizací
- omezit neproduktivní práce jako je příliš zdlouhavý pracovní postup, hledání, zkoumání, rozhodování aj [6].

Právě tyto body budou zohledněny při optimalizovaném návrhu pracoviště v praktické části práce.

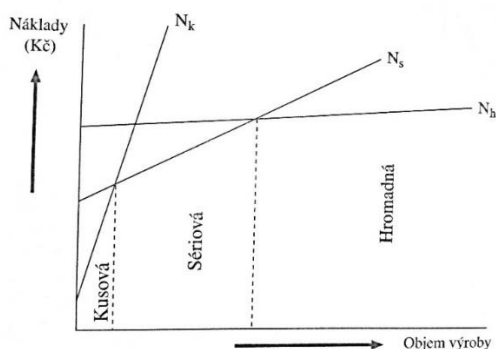
2 Vybrané metody průmyslového inženýrství

Dle Mašina a Vytlačila [18] je Průmyslové inženýrství mezioborová disciplína, která se zabývá projektováním, zaváděním a zlepšováním systémů lidí, strojů, materiálů a energií s cílem dosáhnout co nejvyšší produktivity. Pro specifikaci a hodnocení výsledků využívá společně s inženýrskými metodami specifických metod z matematiky, fyziky, sociálních věd a managementu. Poskytuje mnoho metod, které slouží jako nástroj pro dosažení rovnováhy vstupů a výstupů a aby výsledek procesu byl kvalitní při nejnižších možných nákladech.

Výrobní proces lze rozlišovat z hlediska množství a počtu druhů produktů na typ výroby:

- **kusová**, která je uskutečňována ve velmi malých objemech s velkým množstvím variant produktu, může se opakovat, a pokud se jedná pouze o výrobu dle konkrétní objednávky zákazníka, nazývá se zakázková,
- **sériová**, kde jsou produkty vyráběny ve větších dávkách, výrobky se obměňují,
- **hromadná**, kde se produkuje pouze jeden druh výrobku ve velkém objemu [12].

Názorný je odraz struktury daného typu výroby na výši nákladů na Obrázku 6.



Obrázek 6. Výše nákladů v závislosti na typu výroby [12]

Pro každý typ výroby doporučují odborníci průmyslového inženýrství zvolit jinou metodu rozmístění strojů (více kap. 2.2). Je tedy zásadní v praktické části práce analyzovat v první řadě typ výroby na zvoleném provozu pletárny. Poté může být uspořádání provozu navrženo optimálně a zajistit co nejefektivnější cestu pro manipulaci s materiálem (surovina, polotovar, výrobek) a dosáhnout tak efektivity výroby [12].

2.1 Analýza a měření práce ve výrobě

Analýza práce se zabývá studiem pracovních metod s cílem rozpoznat neproduktivní činnosti a plýtvání. Poté, co jsou tyto nedostatky zjištěny, se snažit vykonávanou práci zlepšit a zjednodušit, výstupem by měl být potom optimalizovaný proces.

Práci analyzujeme s cílem nalézt nejvhodnější metodu, jak dělat požadované činnosti a dosáhnout tím vyšší produktivity. Měření práce znamená určení spotřeby času u jednotlivých činností a detailní sledování pracovního výkonu zaměstnance. Mělo by sloužit jen jako informativní vyjádření pro stanovení nového výrobního postupu a stanovení objektivní normy spotřeby času.

Metody měření spotřeby času můžeme využít pouze za předpokladu, že pracovník je zaučený, vykonává práci dle pracovního postupu a při dostatečném objemu výroby. Využívá se převážně přímé měření s časovým záznamem [19].

2.1.1 Snímek pracovního dne

Je analýzou, která vychází z nepřetržitého sledování spotřeby času a snaží se odhalit nedostatky pracovního procesu. Vždy se zaměřuje v rámci pozorování na určitého zaměstnance a zaznamenává jeho vykonávanou pracovní činnost.

Důležité je si uvědomit co vlastně zaznamenávat a na co se samotný snímek bude zaměřovat. Je nutné připravit podklady k záznamu, tj. tabulku se sloupci: Začátek/Konec činnosti, Délka trvání, Druh prováděné činnosti, Poznámky aj.

U měření a pozorování práce jiné osoby se snažíme co nejméně zasahovat do jejich pracovního procesu a v případě nějakých nejasností si k jednotlivým bodům vytváříme poznámky, které budou upřesněny se zaměstnancem později. Měření probíhá po celou dobu pracovní směny.

Poté se vyhodnotí a shrnou jednotlivé činnosti. Činnosti se rozdělí do skupin dle minutových podílů dle námi zvoleného cíle na produktivní a neproduktivní pracovní dobu [20]. Produktivní pracovní dobou je pouze čas práce u obsluhy soukacích a splétacích zařízení (kap.3.3).

Zaznamenávat budeme pracovní týden zaměstnankyně v modře značeném úseku (kap. 3.4.1), tj. pondělí až pátek s cílem zjistit dobu produktivní práce, pro následné využití k simulaci pracovního dne v experimentu (kap. 5).

Na analýzu navazuje souhrn metod, jak získat přehled o výrobním systému, a také nástroje, které se zaměřují na pohyb pracovníka a materiálu po pracovišti a odhalují zmíněnou neefektivnost při výkonu práce. Pro záznam pohybu pracovníka a materiálu se doporučují tyto základní metody:

1. Metoda *procesního diagramu*, který slouží k popisu účinnosti a výkonnosti procesu. Je velmi efektivní pro popis výroby procházející několika dílčími procesy a obsahuje velký podíl přesunů, čekání a překážek. Účinná pomůcka při tvorbě a inovaci layoutu, předpokladem je, že jsou známé doby trvání každé činnosti.
2. *Nitkový diagram* je grafické znázornění postupu výroby hlavních částí výrobku po pracovištích. Jednoduchými spojnicemi jsou na sebe navázány pracovní místa přesně dle výrobního postupu.
3. *Spaghetti diagram* je kreslený záznam pohybu zaměstnance po pracovišti v jasně daném časovém úseku. Záznam zahrnuje jak práci, tak pohyby v souladu s pracovním postupem, ale i mimovolné pohyby pracovníka po pracovišti.
4. *Sankeyho diagram* znázorňuje průběh a druh materiálového toku mezi objekty pomocí tloušťky/délky/šipky/barvy vyznačené čáry [19].

2.1.2 Metoda Spaghetti diagram

Základem je náskres rozmístění strojů na pracovišti, čarou se potom kopírují cesty pracovníka.

Grafickým záznamem se vytváří vizualizace průběhu reálného pracovního dne. Tento záznam se využívá k analýze procesu, tj. sledování toku materiálů, výrobků, dokumentů a pohybů člověka.

Vyhodnocuje se dle potřeb využití a nejčastěji k měření vzdáleností, délka trasy/rychlost pohybu, dále k vizualizaci logice pohybu v logistických procesech, odhalení křížení a složitosti toků, úzká místa pohybu aj. Také jej lze využít jako motivaci pro zaměstnance k provedení změn na pracovišti (před a po) [21, 22].

Dle odborníka Hodulaka [22]: „*Pohyb, který vyjadřuje špagetový diagram, je důsledkem plýtvání v procesu, nikoli jeho příčinou*“ a je tedy nutné odhalit kořenovou příčinu pohybu.

Tato metoda bude analyzovat pohyb zaměstnanců na pletárně v průběhu pracovního dne. Cílem bude vizualizace průniku a složitosti pohybů ve výrobním prostředí.

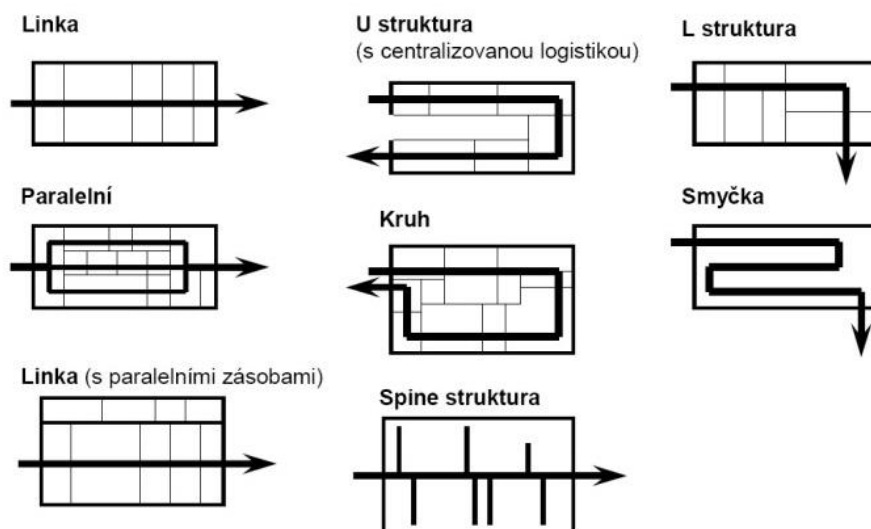
Pro záznam souslednosti procesů se uvádí metoda procesního diagramu (zaměstnanec, materiál, zařízení), diagram obouručních procesů (levá ruka uchopí, pravá ruka uchopí, ...), diagram vícenásobné obsluhy (dva pracovníci na jeden produkt).

Pro záznam časového průběhu práce je vhodný snímek pracovního dne (podrobný časový záznam průběhu směny), chronometráž (přímé pozorování a měření času určité pracovní operace) nebo videozáznam [19].

2.2 Layout

Prostředí pletárny, jeho prostorové (uspořádání strojů) a organizační uspořádání (materiálové toky) bude v praktické části práce zpracováno metodou layout.

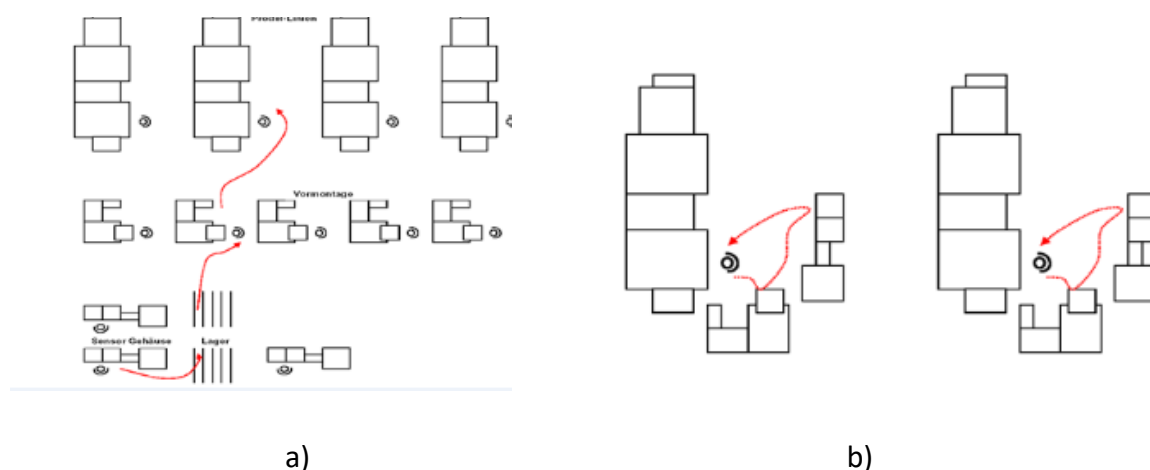
Metoda Layout řeší uspořádání pracovišť z prostorového a organizačního hlediska a materiálové toky skrze řešený výrobní systém. Tvar hlavního toku materiálu je důležitý pro zvažování rozvržení prostorového uspořádání strojů, což je názorné z Obrázku 7. Současný prostor pletárny je rozmístěn ve spine struktuře (v překl. páteř). Jedná se o obměnu rozvržení prostoru s linkou a paralelními zásobami, smyčky či prostoru volného tvaru. Spine struktura je založená na jediné hlavní uličce vedoucí z přední části dílny do zadní části a po obou stranách se dále uličky dle postavení strojů rozvětvují směrem k zadní části nebo bočním stěnám. Aktuální Layout pletárny s umístěním strojů je zpracován v praktické části práce.



Obrázek 7. Tvary layout [23]

Uspořádání procesů výroby se rozděluje do tří základních skupin:

1. technologické uspořádání (Obrázek 8a), které se vyznačuje společnými technologickými úkony prováděnými na daném výrobním úseku. Výrobní úsek se obvykle orientuje dle technologické činnosti. Technologické uspořádání se může dále vyskytovat v několika podobách. Jako strukturované pracoviště, kdy jednotlivé stroje nebo zařízení působí jako samostatné jednotky a nejsou na sebe ve výrobním procesu vázány. Na pletárně strojové zařízení typu adjustační, měřící atd. Nebo uspořádání dílenské, které využívá spojení stejných strojů do skupin, např. stroje splétací, soukací.
2. předmětné uspořádání může mít několik variant (Obrázek 8b), ale je typické svým uspořádáním dle výrobních operací určité součásti. Hnízdová struktura rozvržení využívá volné časové návaznosti jednotlivých operací, které jsou shlukovány do skupin. V buňce je uspořádání pracovišť do skupin tak, aby části výrobního procesu mohly být uskutečněny na jednom místě.
3. kombinované, to využívá charakteristických vlastností předchozích dvou uspořádání [24].

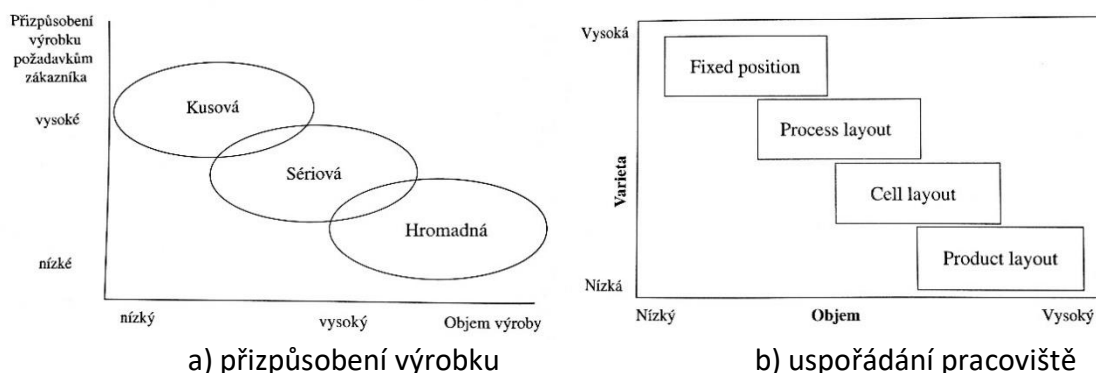


Obrázek 8. Uspořádání výroby a) technologické, b) předmětné buňkové [25]

Linková struktura a předmětné rozvržení zařízení je navrhováno, pokud pracoviště jsou seřazena účelově dle technologického postupu výroby produktu s minimálními přesuny mezi nimi, je využívána k výrobě vybrané skupiny výrobků, které jsou si velmi podobné (tvarem, rozměry, technologií výroby). Toto uspořádání je vhodné v případě užšího výrobního sortimentu a většího objemu výroby [12, 24].

Layout (rozvržení plochy) lze dále dělit na pevnou pozici uložení, kde se vstupní materiál v průběhu procesu nepřesouvá, ale přesouvají se pracovníci a strojové zařízení a funkční uspořádání, kde jsou pracoviště technologicky uspořádaná dle druhu zařízení, ale nejsou seřazena s ohledem na technologický postup výroby a rozpracované produkty se musí dle potřeby přesouvat mezi pracovišti, mezioperační přeprava by měla být co nejplynulejší a minimální [12].

Stejně jako při plánování uspořádání výroby, i u výběru správného uspořádání pracoviště je nutno vzít v úvahu faktory objemu, typu výroby a množství poptávaných druhů výrobků. Na Obrázku 9a jsou znázorněny závislosti možnosti přizpůsobení výroby požadavkům zákazníka k objemu výroby, Obrázek 9b znázorňuje souvislost uspořádání pracovišť vzhledem k objemu výroby.



Obrázek 9. Závislost a) výrobek, b) uspořádání pracoviště na typu výroby [12]

2.3 Ergatika

Pro návrh optimalizace úseku pletárny byla zvolena kritéria „nebezpečnost, produktivita, fyzická zátěž“ vědního oboru ergonomie, který ale překrývá další řadu disciplín jako je bezpečnost práce, hygiena práce, organizace práce, design aj. Proto je potřeba vytvoření metodického přístupu, který by zachoval komplexní přístup k postavení člověka v pracovním systému. Protože nelze zvolit pouze jeden z oborů, který by teoreticky ostatní z uvedených oborů jen omezoval a ovlivňoval zkoumanou oblast, Chundela ve svých skriptech [3] doporučuje zavést nový přístup zvaný Ergatika, který definuje takto: „*Ergatika je vědní obor, který optimalizuje systém člověk – technika – prostředí s cílem zajistit pohodu člověka a zabránit ohrožení jeho zdraví úrazem či nemocí, při optimalizaci výkonnosti systému.*“

Vztah ergatičnosti (E) systému a rizikovosti (R) techniky je vyjádřen vztahem:

$$E = 1 - R \quad (2)$$

Riziko neboli rizikovost výrobního systému je dána možností, že při určitých vlastnostech výrobního zařízení v závislosti na druhu pracovního procesu může dojít k poškození zdraví. Škodlivý faktor tohoto prostředí za určitých podmínek vede k onemocnění, úrazu nebo ke snížení pracovní schopnosti pracovníka a může se stát nebezpečným v různém rozsahu. Faktory a podmínky, které ztěžují bezpečný výkon při práci mohou být různé: vlastnosti pracovního prostředí, energií, materiálů, chemických látek, technologické procesy, omezený prostor, manipulace s těžkými břemeny, nevhodné pomůcky, práce ve výškách, hluk, vibrace, nevhodné mikroklimatické podmínky, a další [26].

Toto pojetí zajišťuje, že budou zahrnuty přístupy vyjmenovaných dílčích disciplín a zhodnoceny komplexně s cílem odstranění nedostatků zmíněných kritérií, a tedy zvýšení ergatičnosti systému vybrané dílny pletárny. V praktické části budou problematická místa s rizikovostí vyšetřena na základě fyzické analýzy pracoviště. Tato riziková místa budou dále zohledněna při sestavování nového návrhu layout pro dílnu, který se bude snažit o jejich eliminaci. Dle výše uvedeného vztahu (2) se tedy v závislosti snížení rizikovosti zvýší ergatičnost prostředí, tj. optimalizuje se ergonomie prostředí.

3 Analýza současného stavu

Dle autora M. Keřkovského [12] bude dodržena zásada „je-li něco navrhováno, mělo by být nejdříve analyzováno“.

Jednotlivá kritéria mají v každém podniku jinou váhu, dle strategie, kterou firma sleduje.

Ke strategické analýze se převážně používá **SWOT analýza**, k identifikaci faktorů a skutečností, které představují pro daný objekt silné(S) a slabé(W) stránky, příležitosti(O) a hrozby(T) [12]. Původně bývaly dvě analýzy SW a OT. Doporučení je začínat s OT, které přicházejí z vnějšího prostředí, to jak z makroprostředí (politicko-právní, ekonomické, sociálně-kulturní, technologické) tak i z mikroprostředí (zákazníci, odběratelé, dodavatelé, veřejnost, konkurence). Po ní následují SW stránky, které se týkají vnitřního prostředí firmy (cíle, systémy, firemní zdroje, organizační struktura, mezilidské vztahy).

SWOT zvaná také situační analýza by měla být objektivní a zaměřovat se na podstatná fakta a jevy, závěr by měl být zhodnocen s ohledem na účel, pro který byla analýza zpracována (27).

SWOT analýzou v Tabulce 2 posuzujeme silná a slabá místa provozu pletárny (S – W analýza) a zároveň také provádíme rozbor příležitostí a možného omezení z vnějšího prostředí (O – T analýza). Na základě komplexního hodnocení může firma přistoupit k určení cílů plánovaného období.

Tabulka 2. SWOT analýza firmy

<p>Silné stránky (S) český výrobce, know-how provaznictví stálí zákazníci věrní značce rodinný podnik zaměstnanci s odbornou praxí rychlá reakce na požadavky zákazníka eshop</p>	<p>Slabé stránky (W) žádné marketingové strategie nedostatek informací o cílovém trhu nedostatek přímých dodavatelů staré technologie, poruchovost strojů nedostatky v uspořádání výrobního prostoru</p>
<p>Příležitosti (O) čerpání dotací EU další vzdělávání nové příležitosti českého trhu proniknutí za zahraniční trh</p>	<p>Hrozby (T) velké pokrytí trhu rapidní zvýšení cen energií, surovin restrikce dovozu surovin</p>

Zhodnocení situační analýzy:

Silná motivace pro management je rodinný podnik českého výrobce s tradicí, který má zkušené a spolehlivé zaměstnance.

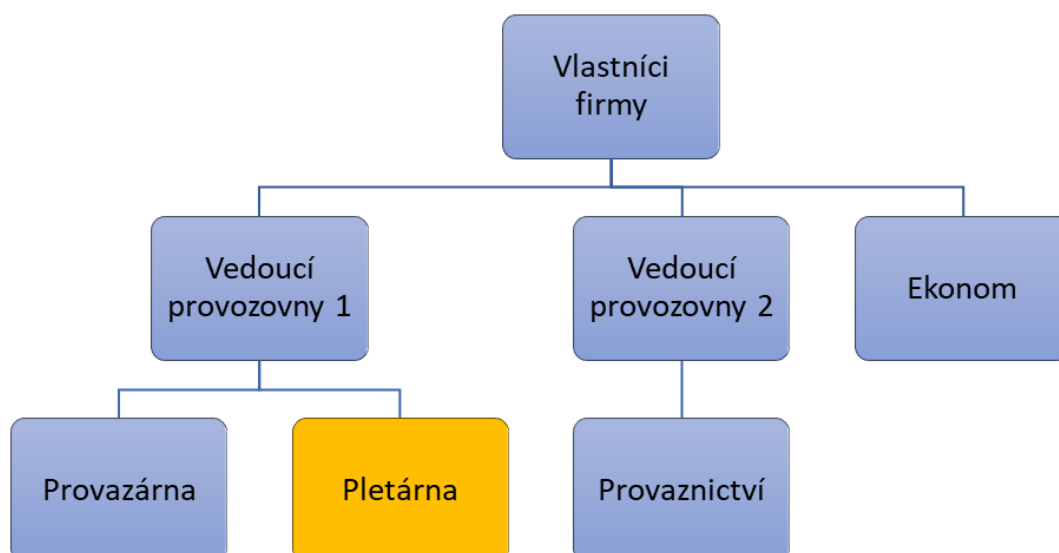
V krátkodobém horizontu se nabízí možnost odstranění nedostatků a nové uspořádání výrobního prostoru což souvisí s tématem práce.

Pro střednědobé plánování jsou možnosti nových příležitostí a také upevnění pozice na trhu podmíněny zajištěním silné podpory marketingu ve společnosti.

Pro dlouhodobé plánování, udržení a upevnění pozice na trhu, popř. proniknutí na zahraniční trh, je nezbytností další vzdělávání či stáže, využití dotačních programů pro automatizaci a zvýšení produktivity výrobních procesů.

3.1 Provoz dílny

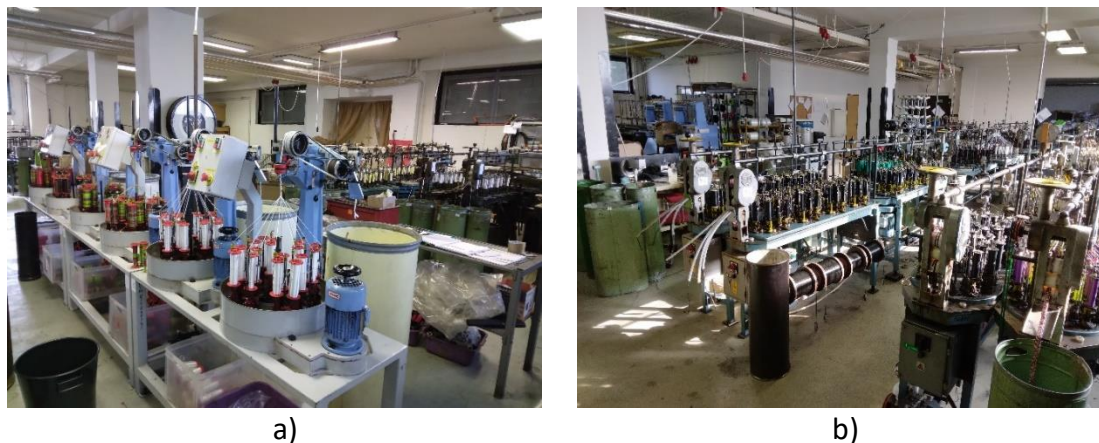
Součástí malého rodinného podniku, jehož organizační struktura je zobrazena na Obrázku 10, je zkoumané výrobní pracoviště nazývané pletárna. V úseku pletárny jsou v jedno-směnném provozu zaměstnání (HPP) 4 pracovníci – 1 technický pracovník a 3 operátorky výroby. Jejich přímým nadřízeným je vedoucí provozovny 1.



Obrázek 10. Diagram organizační struktury podniku

3.2 Layout a výrobní proces

Pletárna se skládá z dílny (Obrázek 11), skladu a technické místnosti. Na tomto provozu se vyrábí šňůry, lana a speciální oplety (kap. 1.3.2). Plánek stávajícího rozmístění zařízení na provozu byl vytvořen programem CATIA na základě skutečně změřených vzdáleností zařízení, uliček a jiného majetku v prostředí dílny s měřítkem 1 : 109 viz Příloha 1.



Obrázek 11. Dílna pletárny a) vlevo, b) vpravo

Vedoucí provozovny 1 dle potřeby zpracovává měsíční, popřípadě týdenní plán výroby pomocí Ganttova diagramu. Řídí se objednávkami, stálými odběry, fondem produktivní doby práce a produktivitou stroje.

Každý druh výrobku má technický předpis, který specifikuje jeho proces výroby a vlastnosti. Obsahuje nezbytné informace k jednotlivým pracovním činnostem a požadovaným parametrům výsledného produktu, jako je např. průměr příčného řezu výrobku, způsob balení aj. Nově je též využíván informační karta Kanban, která usnadňuje koordinaci činností ve výrobě. Jedná se o výrobní příkaz pro příslušného pracovníka úseku.

Navazující úkony a dokumentace výrobního procesu pletárny

0. Objednávka (Potvrzení objednávky, výrobní plán)
1. Vyskladnění materiálu – sklad materiálu (technologický postup, skladová karta)
2. Nasoukání materiálu na cívky – cívečnice, soukací zařízení (technologický postup)
3. Osazení stroje a zvolený způsob obsluhy – pracovní postup A nebo B (Kanban)
4. Nastavení rychlosti odtahu (technologický postup)

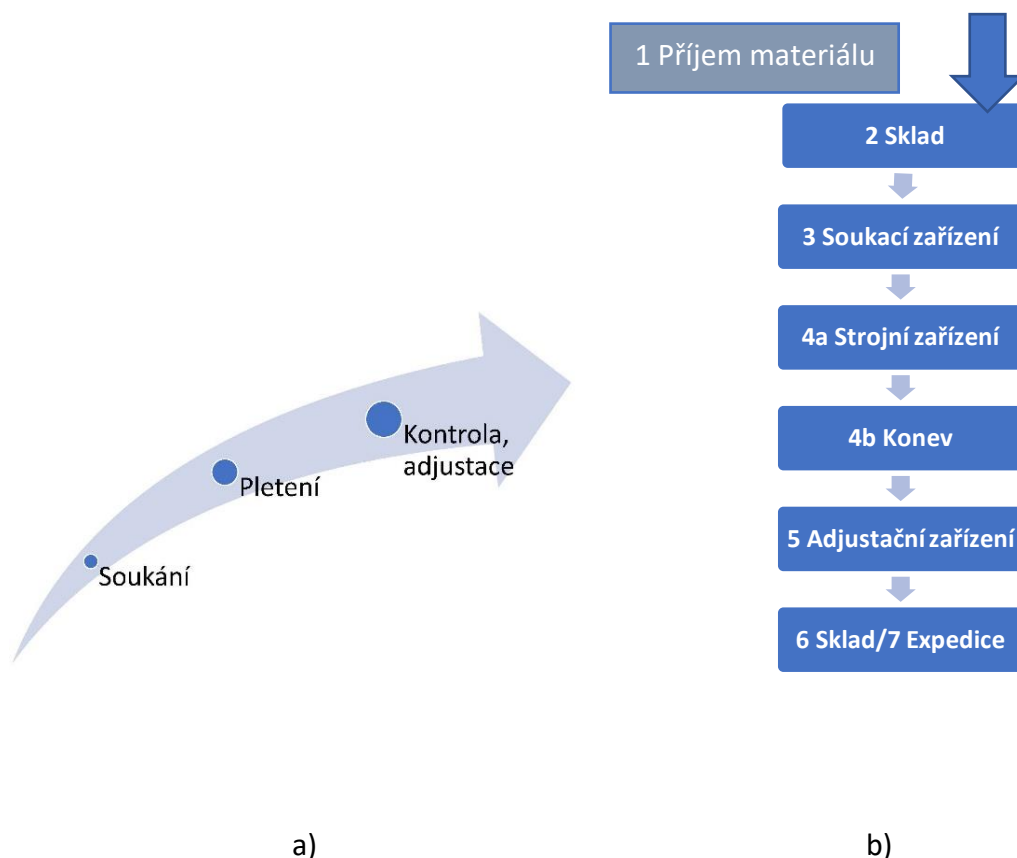
5. Spuštění stroje a plnění konve splétaným výrobkem – začátek výroby (Kanban)
6. Vypnutí stroje – konec výroby, přestřih výrobku (Kanban)
7. Přesun konve – manipulační prostory (Kanban)
8. Kontrola, Adjustace výrobku z konve – adjustační, měřicí zařízení (technologický postup)
9. Balení a expedice hotového výrobku – prostory expedice (Fakturace, výrobní plán)

Surovina je dodávána na velkých návinech, kterou je potřeba převinout, popř. sdružit na cívku vhodného velikosti pro daný druh proplétacího stroje. Tento proces probíhá na soukacím zařízení (kap.1.3.3). Po nasoukání určeného počtu cívek je materiál v boxu přenesen k určenému splétacímu stroji dle výrobního plánu (kap.1.3.3).

Operátorka založí první návlek, údržba nastaví rychlost odtahu. Proces pletení je spuštěn. Po průběžném doplňování návleku způsob A nebo B (kap.1.3.2.1) je napleteno určené množství výrobku.

Výrobek, který padal ze stroje volně do nádoby (konve) je třeba dále adjustovat (zkompletovat, zabalit) dle požadavku zákazníka nebo je uložen jako polotovar pro další výrobu. Současně s adjustací je prováděna také vizuální kontrola výrobku.

Celý výrobní proces přibližuje schéma na Obrázku 12. Dílčí činnosti jsou očíslovány 1-7 pro lepší orientaci v plánku toku materiálu (4.4), který je dále znázorněn v následujících kapitolách.



Obrázek 12. Provoz pletárny a) pracovní proces, b) tok materiálu

3.3 Využitelná pracovní doba pracovníka

Využitelná pracovní doba je souhrnný objem dostupných pracovních hodin v rámci fondu pracovní doby, za kterou jsou zaměstnanci placeni. Tato částka tedy připadá jak na čas využívaný pro práci, tak pro čas produktivní nečinnosti, tzv. prostoje. Ty jsou zapříčiněny různými důvody (osobní, špatné plánování, nevhodné podmínky na pracovišti aj.). Další neproduktivní část pracovního času jsou práce zbytečné vlivem např. nedostatečné kvalifikace, špatného technologického postupu, špatně seřízeného stroje.

Pro tento provoz byla produktivní doba práce operátorky zhodnocena na základě pozorování běžné denní směny pracovního týdne dle metody (kap 3.1) [18]. Výsledné hodnoty měření jsou zaznamenány v Tabulce 3 a průměrné hodnoty potom znázorněny diagramem následně na Obrázku 13. Průměrná hodnota doby produktivní práce bude dále zohledněna pro simulaci pracovní doby v experimentu (kap. 5).

Tabulka 3. Přehled činností využitelné týdenní pracovní doby

Využitelná pracovní doba	Činnost	Trvání činnosti [min]					Průměrný den
		Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	
Ztracený čas pracovník	Pití, toaleta	18	19	19	22	23	20,2
Ztracený čas management	Konzultace, bezpečnostní pauza	30	54	37	30	30	36,2
Zbytečná práce	Mytí, příprava, přesun, adjustace,	176	87	154	185	204	161,2
Produktivní práce	Obsluha soukacích, splétacích str.	256	320	270	243	223	262,4
	Celkem:	480	480	480	480	480	480

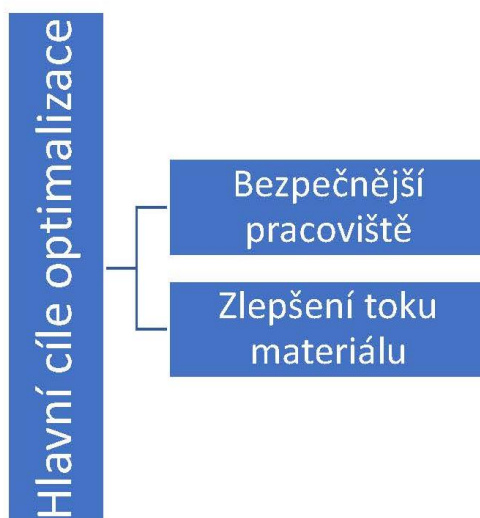
Jak lze zhodnotit z průměrných hodnot snímku pracovního týdne, ze souhrnného objemu denní pracovní doby 480 minut je pouze 263 minut produktivní práce. Jedná se o činnost obsluhy soukacích a splétacích strojů na daném úseku. Pokud tedy chceme zaměřit na kritérium produktivity systému je nutné snížit dobu ostatních činností. Jedná se především o zkrácení doby přesunů materiálu a výrobků. To lze zkrácením cest materiálových toků, odstraněním některých pracovních činností automatizací (např. adjustace). Zkrácené cesty lze dále zrychlit pomocnými přípravky a tím také snížit fyzickou zátěž pracovníka.



Obrázek 13. Diagram využití času pracovníka pletárny

3.4 Současný stav procesů

Z vyhodnocení situační analýzy (kap. 3) vyplývá, že z krátkodobého hlediska bude firmě prospěšná vhodná optimalizace pracovního prostoru pletárny. Hlavní cíle jsou uvedeny ve schématu na Obrázku 14. K účelu optimalizace bude zpracován nový návrh ergonomie provozu pletárny, pro který již byla zvolena na základě rešerše kritéria uvedená v kap. 1.4.1.



Obrázek 14. Schema hlavních cílů optimalizace

3.4.1 Analýza práce

Plánek aktuálního rozvržení zařízení na dílně (Příloha 1) byl dále použit k provedení záznamu pohybu čtyř zaměstnanců během osmihodinové pracovní doby s využitím metody Spaghetti diagramu (kap. 2.1.2) Snímky vizualizací průběhu pracovního dne pracovníků jsou uloženy v Příloze 2. Každému pracovníkovi byla přidělena pro lepší orientaci jedna barva. Zaměstnankyni pletařka č. 1 modrá, pracovníkovi mechanik č. 1 žlutá, pletařce č. 2 šedá, pletařce č. 3 zelená barva.

Průnik všech záznamů je dle barev zaměstnanců ilustrován na Obrázku 15 níže.



Obrázek 15. Průnik pohybu zaměstnanců

Ze znázornění průniku pohybu zaměstnanců lze konstatovat, že pohyb po pracovišti není uspořádaný, trasy se kříží.

Na modrém úseku obsluhuje operátorka tři soukací zařízení a zároveň tři proplétací stroje. Na soukacích zařízeních připravuje materiál na cívky nejen pro svůj úsek, ale také pro 10 dalších proplétacích strojů.

Žlutý úsek obsluhuje technický pracovník, který přibližně polovinu pracovní doby obsluhuje 6 až 12 proplétacích strojů a jedno soukací zařízení, druhou polovinu pracovní doby se stará o správný chod všech strojních zařízení, nastavuje také rychlost odtahu u všech strojů dle konkrétních technologických předpisů, provádí měření, adjustuje na jednom adjustačním zařízení.

Šedo-zelený úsek obsluhují dvě operátorky společně, jedna převážně souká na dvou soukacích strojích, adjustuje výplně a hotové výrobky na dvou adjustačních zařízeních, příležitostně obsluhuje proplétací stroje. Druhá operátorka převážně obsluhuje 10-15 strojů, dále souká na dvou soukacích zařízeních dle dispozice výrobního plánu.

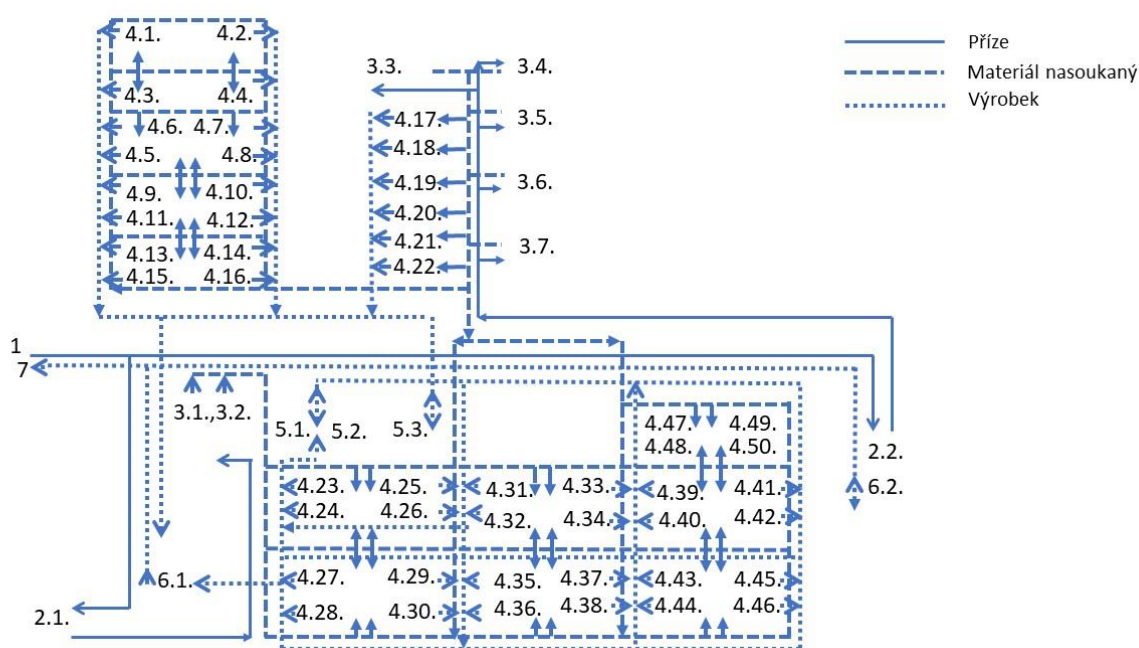
3.4.2 Materiálové toky

V rámci zpracování nového návrhu pracoviště je třeba provést rozbor materiálového toku (suroviny přize, nasoukaného materiálu, výrobku) s ohledem na vzájemné vztahy mezi pracovním prostředím a člověkem, ale také na výslednou komplexnost daného řešení.

Současný layout spine struktury s materiálovými toky je vykreslen níže na Obrázku 16. Vychází z aktuálního rozvržení dílny (Příloha 1) a pro přehlednost je doplněno označení všech zařízení očíslováním a stupni výrobního procesu (Obrázek 12b – kap.3.2), ke kterému náleží.

Např. označení na Obrázku 16 u zařízení „3.4.“ značí „3.“ soukací zařízení a „4.“ značí pořadí. To znamená soukací stroj č. 4. K němu vede cesta toku materiálu ze 2.2. tj. Sklad č. 2. a od něho vede cesta nasoukaného materiálu k 4.1.-4.50. splétací stroje č. 1 až 50.

Z tohoto plánu byly naměřeny délky předpokládaných cest materiálů a přepočítány dle zadaného měřítka 1:109. Hodnoty jsou shrnuty v Tabulce 5 (kap. 4). Výsledná suma aktuálního teoretického toku cest materiálů je 291,5m.



Obrázek 16. Současný Layout s materiálovými toky

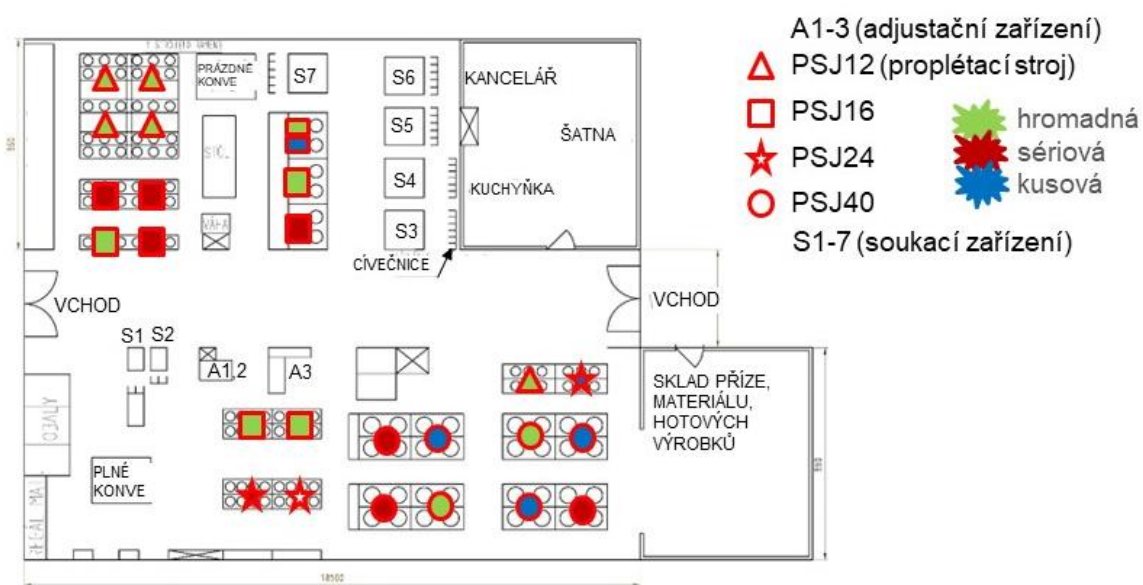
Dále je potřeba dobře posoudit vstupní faktory, jako jsou dispozice pracoviště, strojové vybavení, technologie a druh výroby, charakteristické vlastnosti výrobku, bezpečnost zaměstnanců a ergonomické vlivy.

Na dalším Obrázku 17, který též vychází z aktuálního layoutu pletárny, jsou již stroje rozlišeny dle druhu:

A1 -3 jsou adjustační jednotky, S1 – 7 jsou soukací zařízení, ostatní jsou splétací zařízení (PSJ12, PSJ16, PSJ24, PSJ40), které jsou označeny geometrickými tvary dle druhu (počtu cívek splétací

hlavy) a barvou dle aktuálního objemu výroby (kap.3.2), pro kterou jsou momentálně stroje využívány.

Rozmístění strojů na pracovišti se zdá být neuspořádané. Na toto uspořádání má nepochybně vliv, že se stroje postupně umísťovali bez dostatečného zájmu o materiálové toky.



Obrázek 17. Layout současný stav – označení strojů a typu výroby

Byla provedena fyzická analýza pracoviště za účasti zaměstnanců, přičemž byly vyšetřeny hlavní nedostatky, které budou eliminovány průběžně v následujících kapitolách. Problematická místa jsou označena na následujícím Obrázku 18 a shrnuta do přehledné Tabulky 4.



Obrázek 18. Layout nedostatky

Tabulka 4. Problematická místa na pracovišti

1, 2	Volně položené boxy s nasoukaným materiálem na materiálovém toku – nebezpečí úrazu
3	Nevyhovující místo adjustačního zařízení – příliš vzdálené od strojů produkující výrobek, špatně orientované postavení (když pracovník adjustuje je zády k běžícím strojům)
4	Část soukacího zařízení v úrovni očí zasahuje do materiálového toku – nebezpečí úrazu
5, 6, 7, 8	Dlouhodobě nevyužívané stroje - efektivně nevyužitý prostor
9	Hromadění volně ložených šňůr pro výplň i adjustaci – přetížené místo - adjustace výrobků a výplní 0,5-8mm
10, 11, 12	Neprůchodné cesty toku materiálu a hotových výrobků – neefektivní tok materiálu
13	Neoznačená ulička pro manipulační vozíky – nebezpečí úrazu

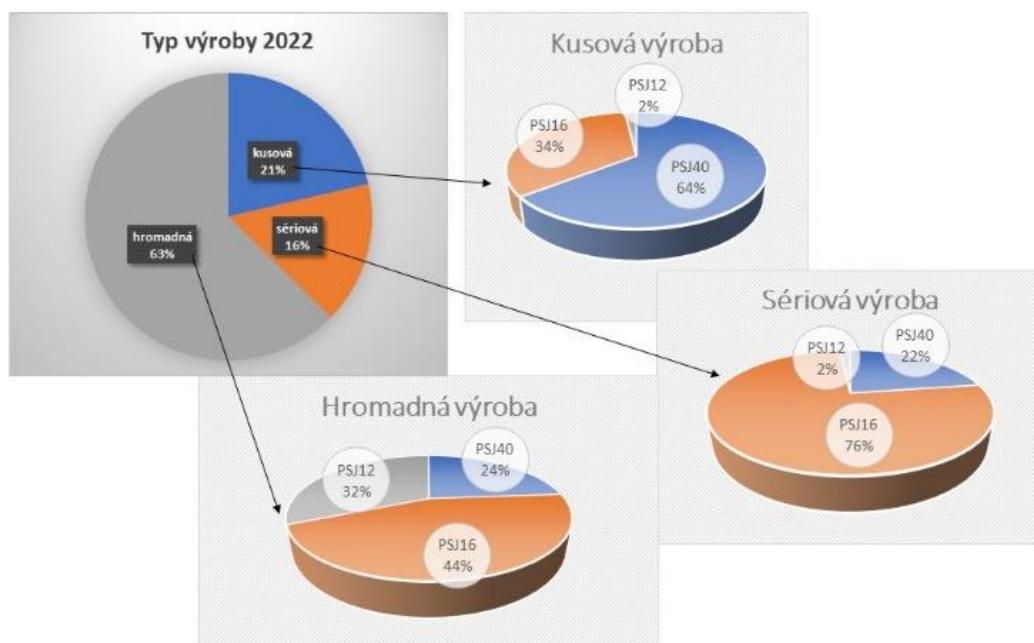
3.4.3 Analýza struktury výroby

Objem produkce, množství poptávaných výrobků a použité technologie ve výrobním procesu nazýváme typem výroby. Pro každý typ výroby je dle doporučení vybraných metod průmyslového inženýrství vhodné jiné prostorové uspořádání (kap 2).

Z hlediska dlouhodobé obchodní strategie firmy je ze 60% výroba specifických výrobků a 40% hromadná. Při zpracovávání této práce se však snížili stabilní dodávky do automobilového průmyslu a další predikce je především u těch zahraničních nejasná.

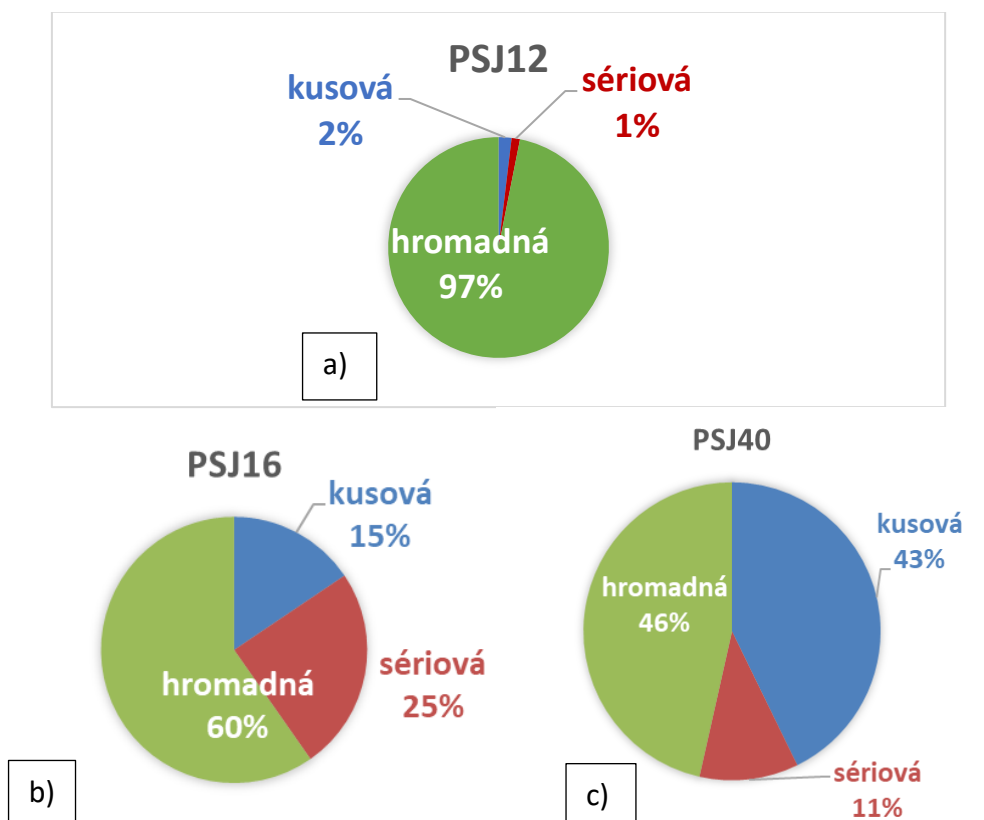
Z tohoto důvodu bude zvolen reálný podklad a zároveň jedno z hledisek pro metodu layout uspořádání prostoru (kap. 2.2) fakturace účetního období roku 2022, za předpokladu, že trend výroby 2023-24 bude shodný s tímto obdobím.

Selekcí interních dat společnosti bylo zjištěno (Obrázek 19), že 63% z celkové výroby je hromadná produkce, 21% kusová produkce a 16% sériová produkce.



Obrázek 19. Graf rozdělení typu výroby 2022

Rozdělení typu výroby bylo dále převedeno na konkrétní druh proplétacího stroje zkoumaného pracoviště (Obrázek 20 na následující straně), a tím byla stanovena již konkrétní kritéria uspořádání pracoviště metodou layout.



Obrázek 20. Graf znázornění typu výroby stroj a)PSJ12, b)PSJ16, c)PSJ40

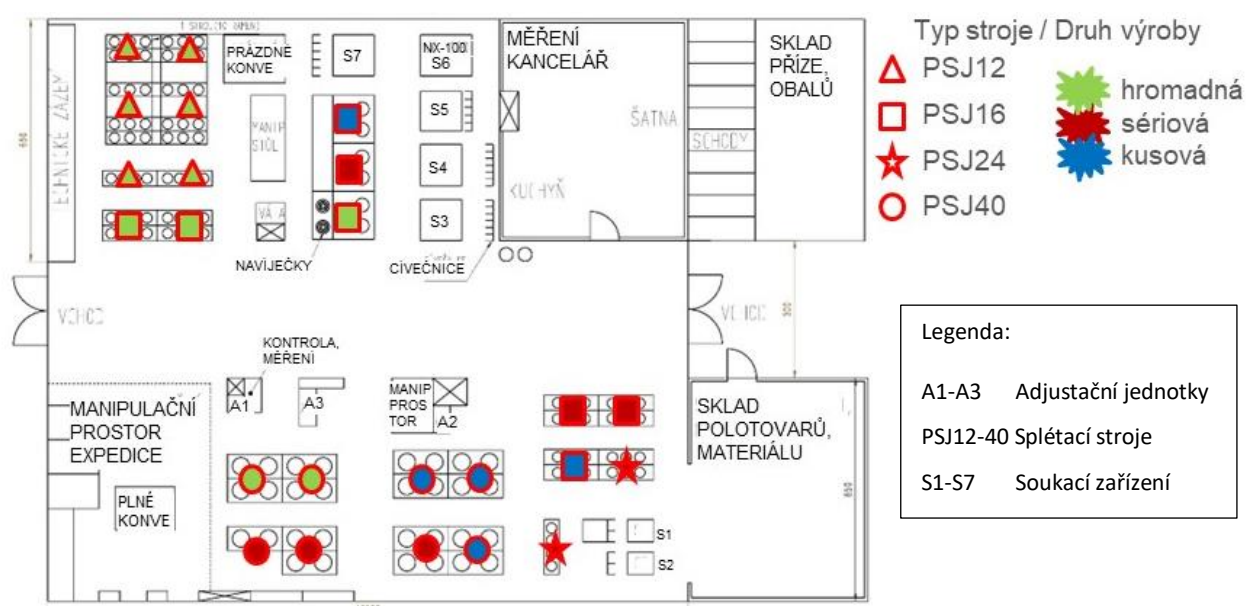
Zhodnocení dílčí analýzy:

Po analýze struktury výroby a uvážení typu výroby jako hlediska pro nové uspořádání všech skutečností, kdy bylo zjištěno, že z 97% se na strojích PSJ12 uskutečňuje pouze hromadná výroba, budou všechny tyto stroje typu PSJ12 sdruženy do uspořádání technologického dílenského, které pojí stejné typy strojů.

U strojů typu PSJ16 bude část ponechána v seskupení technologickém hnízdovém uspořádání dle současné dispozice pracoviště a zbylé budou v tzv. uspořádání předmětném buňkovém. Část strojů typu PSJ40 pro kusovou a sériovou výrobu budou seskupeny do předmětného uspořádání do buňky společně se 2 soukacími zařízeními, zbývající stroje PSJ40 využívané pro hromadnou výrobu budou uspořádány do seskupení technologického s hnízdovou strukturou (kap 2.2). Strojní zařízení, které není dlouhodobě využíváno (kap. 3.4.2 - Tabulka 4) bude buď uskladněno nebo použito na náhradní díly.

4 Návrh optimalizace pracoviště

Návrh optimalizace pracoviště byl zpracován na základě všech dílčích analýz a stanovených kritérií ergonomie. Vychází z teoreticky zpracovaných podkladů řešební části této práce, především z principů a zásad ergonomie a metod průmyslového inženýrství, dle zásad BOZP a v souladu s ČSN EN ISO 6385 a Nařízením vlády č. 361/2007 (Obrázek 21). V Příloze 3 je přiložen originál návrh layoutu pletárny zpracovaný v programu CATIA V5.



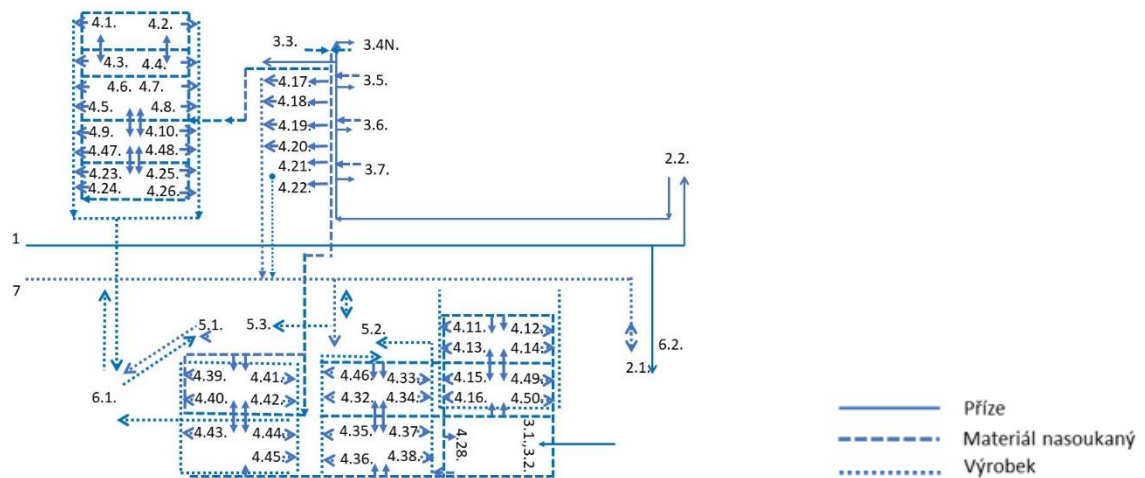
Obrázek 21. Nový layout pletárna

V této části je také znázorněn optimalizovaný tok materiálu dle navrženého uspořádání pracoviště, viz Obrázek 22 a vzdálenosti jednotlivých úseků s porovnáním před a po optimalizaci jsou zaneseny do Tabulky 5 níže.

Tabulka 5. Vzdálenosti toků na dílčích úsecích

Tok úsek č.	Tok příze		Rozdíl (před-po)	Tok nas. mat.		Rozdíl (před-po)	Tok výrobek		Rozdíl (před-po)	Celkem tok před	Celkem tok po	Celkem tok úspora
	Před	Po		Před	Po		Před	Po				
1	0,0	0,0	0,0	64,5	37,7	26,8	28,9	25,0	3,9	93,4	62,7	30,7
2	29,0	27,3	1,7	23,7	28,3	-4,6	13,1	10,7	2,4	65,9	66,3	-0,4
3	8,7	2,2	6,5	53,4	51,7	1,7	70,2	56,7	13,5	132,3	110,5	21,8
Celkový tok [m]	37,7	29,5	8,2	141,6	117,7	23,9	112,2	92,4	19,8	291,5	239,5	52,0

Nová vzdálenost cest materiálových toků je celkem 239,5m.



Obrázek 22. Tok materiálu nový

Po optimalizaci pracoviště a vytyčení nového toku materiálu byly také upraveny úseky pracovníků (Obrázek 23). V rámci ergonomie pracovního úseku je také nezbytné zhodnocení hlavních pracovních činností, především určení způsobu obsluhy strojních zařízení. Za tímto účelem byl proveden experiment, který je popsán v následující kapitole 5.



Obrázek 23. Nové úseky toku materiálu po optimalizaci pracoviště

Cílem bylo splnění kritéria fyzické zátěže při snížení vzdáleností cest přenášení materiálu na daném úseku, plynulejší toky surovin a materiálu mezi procesy. Ilustrativní porovnání toku materiálu dílčích úseků před a po optimalizaci úseků je přiloženo jako Příloha 4.

Automatizace pracovního prostoru pletárny

Návazně na fyzickou prohlídku pracoviště zaměstnanci také upozornili na velkou poruchovost soukacího zařízení Obrázek 24a. Pro jeho poruchovost se stroj stává nebezpečným, zmetkovostí a následnými opravami se zatěžuje výrobní proces a snižuje produktivita.

Vzhledem k již stanoveným kritériím ergonomie výroby by bylo vhodné pořízení automatického soukacího zařízení, které nahradí stávající poloautomatické, viz Obrázek 24b.

Bude tak zajištěno snížení fyzické zátěže, zvýšení produktivity a odstranění nebezpečnosti.



a)



b)

Obrázek 24. Soukací zařízení a) stávající, b) Ratera NX-100 [28]

Dále se doporučuje pořízení 2ks příslušenství k PSJ16 Ratera. Za stávajícího stavu výrobek (šňůra) padá volně konve, názorně Obrázek 25a, poté následuje proces adjustace. Navíječ na Obrázku 25b (na následující straně) po připojení ke stroji automaticky převíjí ze stroje vyrobenou šňůru na buben (adjustuje). Tento druh adjustace je vhodný především pro polotovar (výplň do šňůry).



a)



b)

Obrázek 25. Příslušenství a) stávající, b) Ratera collector 800x400 [29]

K dalšímu zrychlení toku materiálu a tím snížení hlavně fyzické zátěže člověka je vhodné pořízení manipulačních plošin viz Obrázek 26. Jsou vhodné k převážení nasoukaného materiálu nebo výrobku k adjustačním jednotkám.



Obrázek 26. Manipulační plošina [30]

5 Experiment – obsluha proplétacího zařízení

Při výrobě splétaných šňůr není produkce kontinuální, je nutná průběžná výměna návleku stroje, tj. výměna prázdných cívek za plné (s předem nasoukanou přízí). K výměně je možno použít minimálně dva základní pracovní postupy:

Pracovní postup 1

Vždy s výměnou prázdné cívky je nutné vyměnit i všechny ostatní, aby před znovuspuštěním stroje byla hlava stroje plná cívek s nasoukanou přízí. Stroj pracuje vzhledem k parametrům výrobku nepřetržitě 1-6 hodin bez nutné obsluhy, pokud neuvažujeme náhodné chyby.

VÝHODY: stroj pracuje kontinuálně dle druhu šňůry až 6 hodiny bez nutné obsluhy (pokud nedojde k neočekávanému zastavení –např. při přetrhu nitě)

NEVÝHODY: nutné vymotání zbytků materiálu pro nový návlek – ačkoli cívky by měly být ze soukacího stroje plné stejným množstvím příze, nikdy neskončí všechny prázdné vzhledem k postupnému nasazování po jedné cívce na stroj nebo pokud se na cívečnici mění cívky s materiálem, nemusí dosahovat stanovené množství příze (uzly nejsou přípustné).

Pracovní postup 2

Vždy při automatickém vypnutí stroje, které je způsobeno nedostatkem materiálu na cívce, se dle potřeby vymění na hlavě stroje pouze prázdné cívky (1 a více) za plné cívky s přízí.

VÝHODY: 0 zbytek příze

NEVÝHODY: výměna cívek je nahodilá, nepřehledná a chaotická

5.1 Návrh experimentu

Experiment byl stanoven jako dvojúrovňový srovnávací experiment, kdy se na základě praktické zkoušky v reálných podmínkách pletárny uskutečnilo měření. Měření proběhlo na 4 proplétacích strojích shodných parametrů (zn. RATERA PSJ 16/2), které splétají totožnou šňůru dle TP 2117 (Příloha 5). Experimentem se porovnávají dva rozdílné pracovní postupy A a B výměny návleku (Obrázek 27 na následující straně) vzhledem k objemu vyrobeného produktu za daný čas.



a)

b)

Obrázek 27. Návlek hlavy proplétacího stroje a) plný, b) postupná výměna cívek

5.2 Způsob provedení experimentu

S ohledem na provozní plán výroby byla nasimulována pracovní směna dle (kap 3.3) a stanoveno 5 dílčích měření pro každý z postupů. Jedno měření teoreticky odpovídá jedné reálné osmihodinové pracovní směně, ve které je zaměstnanec produktivní 4 pracovní hodiny (kap. 3.3). V případě jednosměnného provozu se tedy reálně jedná o porovnání postupů mezi dvěma pracovními týdny.

Oba dva postupy započnou výměnou plného návleku jako se provádí vždy při změně technického předpisu šňůry. Návlekiem je míněno osazení hlavy stroje, tj. 16ks cívek s nasoukaným materiálem (Obrázek 27a).

Zapisování skutečností:

- 1) Měření času obsluhy (příchod/odchod) je skupině strojů, když je potřeba výměna prázdné cívky.
- 2) Vážení vyrobeného produktu na stacionární plošinové váze SBS-PF-300/50B s přesností 0,05kg po ukončení dílčího měření (směny).
- 3) Měření času vymotávání zbylého materiálu z cívek u postupu A, u postupu B nezůstává zbylý materiál.

Odezvou je množství vyrobeného produktu za 1 dílčí měření (tj. 4 produktivní pracovní hodiny), čas nutný k obsluze strojů a statistické vyhodnocení pracovního postupu A oproti B.

Postup provedení 1. měření pro pracovní postup A:

- Zaznamenat čas start, nasadit návlek plných cívek na stroji č. 1 a spustit stroj,
- nasadit plný návlek na stroji č. 2 a spustit stroj,
- nasadit plný návlek na stroji č. 3 a spustit stroj,
- nasadit plný návlek na stroji č. 4 a spustit stroj,
- zaznamenat čas konce obsluhy a následně zaznamenávat příchody a odchody od strojů po dobu 4 hodin k výměně plného návleku hlavy stroje,
- ukončit měření zastavením strojů a zvážením upletené šňůry,
- po každém ukončeném měření vymotat zbylý materiál z cívek a zaznamenat celkový čas.

Postup provedení následujícího 2.-5. měření:

Následně zaznamenávat příchody na výměnu celého návleku stroje, popř. k poruše a odchody od obsluhy strojů po dobu každého dílčího měření (4 hodiny). Ukončit každé měření zastavením strojů a zvážením napletené šňůry.

Postup provedení 1. měření pro pracovního postup B:

- Zaznamenat čas start, nasadit plný návlek na stroji č. 1 a spustit stroj,
- nasadit plný návlek na stroji č. 2 a spustit stroj,
- nasadit plný návlek na stroji č. 3 a spustit stroj,
- nasadit plný návlek na stroji č. 4 a spustit stroj,
- zaznamenat čas konce obsluhy a následně zaznamenávat příchody a odchody od strojů po dobu měření – výměny 1 prázdné cívky za 1 plnou,
- ukončit měření zastavením strojů a zvážením napletené šňůry.

Postup provedení následujícího 2.-5. měření:

Pokračování ze stavu předešlého měření, zaznamenat čas start a zapnout postupně stroje 1-4. Zápis příchodů na výměnu 1 plné cívky za prázdnou, popř. k poruše a odchody od obsluhy

strojů po dobu měření. Ukončit každé měření zastavením strojů a zvážení napletené šňůry. Při zastavení více strojů najednou, kdy se nabízí možnost výměny více než jedné cívky, probíhá nutná výměna v čistě náhodném sledu.

5.3 Zhodnocení výsledků experimentu

Záznam dílčích měření postupu A je v Příloze 6, postupu B je Příloze 7. Z naměřených hodnot byla dále dle technologického předpisu (Příloha 5) přepočítána hmotnost na jednotku délky metr (9g/m).

Naměřené hodnoty objemu výroby každého měření směny a čas obsluhy skupiny strojů jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tabulka 6. Množství výrobku a čas obsluhy postup A, B

Postup A									
Měření č.	Stroj 1 [kg]	Stroj 2 [kg]	Stroj 3 [kg]	Stroj 4 [kg]	Celkem[kg]	Celkem [m]	Obsluha strojů 1-4 [min]	Vymotávání zbytků přize [min]	Práce celkem [min]
1	2,5	2,1	2,6	2,1	9,3	1033,3	98	27	125
2	2,6	3	2,5	3	11,1	1233,3	52	19	71
3	2,1	2,5	2,9	2,9	10,4	1155,6	90	45	135
4	2,9	2,5	3	2,5	10,9	1211,1	68	20	88
5	3	2,2	3	3	11,2	1244,4	103	41	144
celkem	13,1	12,3	14	13,5	52,9	5877,8	411	152	563
Postup B									
Měření č.	Stroj 1 [kg]	Stroj 2 [kg]	Stroj 3 [kg]	Stroj 4 [kg]	Celkem[kg]	Celkem [m]	Obsluha strojů 1-4 [min]	Vymotávání zbytků přize [min]	Práce celkem [min]
1	3	2,5	2	2	9,5	1055,6	121	0	121
2	2	2,5	2,5	2,5	9,5	1055,6	111	0	111
3	3	2,5	2,5	2,5	10,5	1166,7	108	0	108
4	2	3	3	3,5	11,5	1277,8	182	0	182
5	3	3	3	3	12	1333,3	138	0	138
celkem	13	13,5	13	13,5	53	5888,9	660	0	660

Jelikož je počet dat měření $n \leq 30$, jedná se o malý výběr a neznáme směrodatnou odchylku σ . Pro zjištění jejího odhadu s využijeme analýzu dat dle Horna ($4 < n < 20$) s hladinou významnosti $\alpha=0,05$. Tato metoda je založena na pořádkových statistikách. Určí se horní a dolní hloubka pivotu, jejichž rozdíl je odhad pivotového rozpětí, které je použito k vymezení intervalu spolehlivosti střední hodnoty μ dle vzorce (3) níže [31]. Naměřené hodnoty jsou vyhodnoceny počítačovým softwarem QC Expert v Tabulce 7.

$$\bar{x} - t_{1-\alpha/2}(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{1-\alpha/2}(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

\bar{x} = výběrový průměr; t= kvantil Studentova rozdělení ; μ = odhad střední hodnoty [31]

Tabulka 7. Základní statistická analýza dat

VÝROBA	[m]	
Analýza malých výběrů	A	B
N :	5	5
Střední hodnota :	1194,4	1166,7
Spodní mez (5%) :	1087,9	862,2
Horní mez (95%) :	1301,0	1471,1
Spodní mez (2.5%) :	1031,6	701,3
Horní mez (97.5%) :	1357,3	1632,0
Pivotové rozpětí :	77,8	222,2

Z výsledků porovnání dvou nezávislých výběrů vyplývá, že rozptyly, průměry i rozdělení souborů jsou shodná. Podrobnější statistická data jsou uložena v Příloze 8.

Dvouvýběrovým t-testem (Tabulka 8) byla dále testována hypotéza, že pracovním postupem A bude vyrobeno větší množství šňůry. Za předpokladu, že data pocházejí ze souborů s normálním rozdělením a mají shodné rozptyly (Příloha 8).

$H_0: \mu_A = \mu_B; H_1: \mu_A > \mu_B$

Tabulka 8. Dvouvýběrový t-test se shodností rozptylů

	Postup A [m]	Postup B [m]
Stř. hodnota	1175,56	1177,78
Rozptyl	7493,83	16049,38
Pozorování	5	5
Společný rozpt	11771,60	
Hyp. rozdíl st	0,00	
Rozdíl	8,00	
t Stat	-0,03	
P(T<=t) (1)	0,49	
t krit (1)	1,86	
P(T<=t) (2)	0,97	
t krit (2)	2,31	

ZÁVĚR: Hodnota „t Stat“ není větší než hodnota „t krit (1)“, tudíž jsme neprokázali, že postup A vyprodukuje větší množství šňůry.

ZHODNOCENÍ

Při porovnání dvou nezávislých výběrů bylo zjištěno, že rozptyly, průměry i rozdělení souborů měření jsou shodná. Využití postupu A ani B neovlivňuje z krátkodobého hlediska (1 směna) produkci výroby, ani délku produktivního času obsluhy stroje. Alternativní hypotézou pro pracovní postup A jsme neprokázali, že by se vyrobilo větší množství šňůry.

Avšak za celkový čas 20 produktivních pracovních hodin, což ve skutečnosti odpovídá 5 směnám, tj. 1 pracovnímu týdnu, kdy se vyrobí pracovním postupem A i B (přibližně) stejné množství šňůry, je čas obsluhy splétacího stroje při použití pracovního postupu A výrazně kratší, a to o 97 minut. Tento čas lze tedy považovat za ztracený a neproduktivní, pokud by byl zvolen pracovní postup B.

Závěrem lze konstatovat, že pracovní postup A je vhodný uplatnit u hromadného a sériového typu výroby, kde krátkodobě nedochází k technologickým změnám výroby a dají se tedy předpokládat kumulace uspořené časů a tím se docílí vyšší produktivity výroby.

6 Technické zhodnocení

Cílem této kapitoly je technické zhodnocení vypracovaného ergonomického návrhu provozu pletárny.

Nejprve byla vyšetřena problematická místa s rizikovostí na základě fyzické analýzy pracoviště. Tato riziková místa byla dále zohledněna při sestavování nového návrhu layout pro dílnu, který se snažil o jejich odstranění. V Tabulce 9 níže jsou zhodnoceny úpravy a odstranění nedostatků vzhledem k novému návrhu layout (kap. 4).

Tabulka 9. Zhodnocení odstranění nedostatků současného pracoviště

Pol.	Popis nedostatku	Řešení nedostatku	Zhodnocení
1, 2	Volně položené boxy s nasoukaným materiálem na materiálovém toku – nebezpečí úrazu	Pro boxy s nasoukaným materiálem byl vyhrazen manipulační prostor – stůl mezi úseky. Kritérium nebezpečnost.	Odstraněno.
3	Nevyhovující místo adjustačního zařízení AJ2 – příliš vzdálené, špatně orientované postavení	Adjustační zařízení AJ2 bylo v rámci ergonomie pracoviště přemístěno. Kritérium fyzická zátěž.	Odstraněno.
4	Část soukacího zařízení S2 v úrovni očí zasahuje do materiálového toku – nebezpečí úrazu	Soukací zařízení S2 bylo v rámci ergonomie pracoviště přemístěno. Kritérium nebezpečnost.	Odstraněno.
5, 6, 7, 8	Dlouhodobě nevyužívané stroje - efektivně nevyužitý prostor	Stroje byly uskladněny pro použití na náhradní díly. Kritérium produktivita.	Odstraněno.
9	Hromadění volně ložených šňůr pro výplň i adjustaci	Snížení zátěže přetíženého místa – 2 nové automatické	Částečně odstraněno.

	– přetížené místo výroby-adjustace výrobků a výplní 0,5-8mm	navijáky pro výplně. Kritérium produktivita.	
10, 11, 12	Neprůchodné cesty toku materiálu a hotových výrobků – neefektivní tok materiálu	V rámci ergonomie pracoviště byly cesty (uličky) rozšířeny. Kritérium nebezpečnost, fyzická zátěž, produktivita.	Odstraněno.
13	Neoznačená ulička pro manipulační vozíky – nebezpečí úrazu	Ulička byla řádně označena. Kritérium nebezpečnost.	Odstraněno.

Rizikovost byla téměř ve všech bodech odstraněna, dle vzorce (2) v kap. 2.3 lze tedy říci, že již v této dílčí fázi se zvýšila ergatičnost prostředí.

Dále byly porovnány vzdálenosti původního a navrženého toku materiálu, což je vyhodnoceno v Tabulce 10 níže. Hodnoty vychází z Tabulky 5 (kap. 4). Viditelně došlo ke zlepšení stavu a snížení vzdáleností o 52 m, tj. oproti původnímu rozvržení prostoru dílny o 17,84%.

Tabulka 10. Výsledky optimalizace toku materiálu

Tok úsek č.	Celkem tok původní	Celkem tok optimalizovaný	Celkem tok úspora [m]
1	93,4	62,7	30,7
2	65,9	66,3	-0,4
3	132,3	110,5	21,8
Celkový tok [m]	291,5	239,5	52,0

Odstraněním nedostatků, čímž se dosáhlo přizpůsobením uspořádání prostoru bylo dosaženo zjevného zlepšení toku materiálu a ke zvýšení bezpečnosti práce. Tento optimalizovaný prostor byl rozdělen na nové úseky pro zaměstnance, na strojích s hromadnou a sériovou výrobou byl standardizován pracovní postup obsluhy proplétacího stroje dle kap. 5.

K dalším úsporám času a snížení zatížení přispívá dílčí návrh na automatizaci. Jedná se o pořízení nového příslušenství a zařízení. Z pohledu ergonomie nové soukací zařízení sníží fyzickou zátěž operátora, zvýší stabilitu výrobního systému, zefektivní pracovní proces soukání tudíž vzroste produktivita. Pořízením navíjecích bubnů ke splétacím strojům se zkrátí výrobní proces o jeden stupeň, sníží se také přetížení adjustační jednotky popsané v Tab. 9, bod 9.

7 Závěr

K dosažení konkurenční výhody podniku na trhu, je zapotřebí nejen dobrá marketingová strategie a rozvoj techniky výroby, ale mimo jiné také bezpečné pracovní místo, zdraví a správně motivovaní lidé.

Byla provedena rešerše na vybrané téma řešení ergonomie provozu pletárny. Byl popsán současný stav provozu na základě provedení situační analýzy a fyzické analýzy prostředí za participace zaměstnanců, zhodnoceno současné prostorové uspořádání výrobního prostoru, jeho nedostatky a reálné materiálové toky.

Provedený rozbor typu výroby vedl ke stanovení aktuálního objemu a typu výroby na pletárně. Tyto hodnoty byly dále převedeny na konkrétní druh proplétacího stroje, čímž byla stanovena hlediska pro nové uspořádání prostoru dle doporučených metod průmyslového inženýrství.

Návrh optimalizace pracoviště byl zpracován na základě stanovených kritérií ergonomie, provedených dílčích analýz v praktické části a v souladu s koncepcí výroby dílny. Vychází z teoreticky zpracovaných podkladů v rešeršní části této práce, především z principů ergonomie a metod průmyslového inženýrství, dle zásad BOZP, doporučení zmiňovaných technických norem a příslušného vládního nařízení.

Nově byly uspořádány pracovní úseky zaměstnanců. V rámci ergonomie pracovního úseku byl standardizován pracovní postup obsluhy proplétacích strojů dle typu výroby.

Navržená optimální varianta ergonomie provozu dílny splňuje potřeby kontinuity výroby, byly zlepšeny pracovní podmínky zjednodušením materiálového toku, zkrácení cest a doby trvání přesunů materiálu a výrobků o 17,8%, což snížilo fyzickou zátěž a zvýšilo produktivitu pracovní činnosti. Optimalizované řešení ergonomie pracoviště je zároveň motivačním prvem pro zaměstnance. Z hlediska ergatičnosti tento nový návrh zajišťuje větší pohodu člověka, lépe předchází ohrožení zdraví úrazem a zvyšuje výkonnost systému.

Na základě zpracování této práce již byly započaty kroky k realizaci tohoto návrhu. Do budoucna se dále doporučuje také měnit pracovní úseky zaměstnancům a zvyšovat jejich kvalifikaci, nadále rozšiřovat automatizaci výrobního zařízení.

Seznam použité literatury

- [1] Jurová, Marie a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2016. ISBN 978-80-271-9330-1.
- [2] Malý, Stanislav, Král, Miroslav a Eva, Hanáková. ABC ERGONOMIE. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [3] Chundela, Lubor. Ergonomie. Praha : ČVUT v Praze, 2001. ISBN978-80-01-05173.
- [4] Sohail, Arbaaz, a další. Ergonomic Risk Assessment and Postural Analysis of Workers in Small Garment Industries by RULA using Digital Human Modeling. Port-au-Prince : First Central American and Caribbean International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, First Central American and Caribbean International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2021. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ieomsociety.org/proceedings/2021haiti/256.pdf.
- [5] Gilbertová, S. a Matoušek, O. ERGONOMIE Optimalizace lidské činnosti. Praha : Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
- [6] ČSN EN ISO 26800. Ergonomie - Obecný přístup, zásady a pojmy. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Sv. 24 stran, 90722.
- [7] Novák, Josef a Šlampová, Pavlína. Projekty s podporou EU. projekty.fs.vsb.cz. [Online] Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava, 2012. [Citace: 22. 01 2023.] <https://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>.
- [8] KYOSEV, Yordan. Braiding technology for textiles: Principles, design and processes. Elsevier, 2014. ISBN978-0-85709-921-1.
- [9] Instructions manual. Winding Machine 4PVLU/330. Manresa : Talleres Ratera SA, 2016.
- [10] Návod k obsluze. Proplétacích strojů PSJ. Nový Jičín : DOTEX spol. s r.o., 1991.

- [11] elearning tul. [Online] TUL, 2013. [Citace: 22. 01 2023.]
file:///C:/Users/MB/Downloads/NOP9-Vyroba.pdf.
- [12] Keřkovský, Miloslav a Valsa, Ondřej. Moderní přístupy k řízení výroby. Praha : C. H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [13] Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.
file:///C:/Users/MB/Downloads/Uplatn%C4%9Bn%C3%AD_znalost%C3%AD_ergonomie_p%C5%99i_%C5%99e%C5%A1en%C3%AD_pracovn%C3%ADho_m%C3%ADsta_a_pracovn%C3%ADch_postup%C5%AF_u_strojn%C3%ADch_za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20(1).pdf. <http://mapis.vubp.cz>. [Online] [Citace: 30. 06 2021.]
- [14] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. ČSN EN ISO 6385 - Ergonomické zásady navrhování pracovních systémů. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017. 501571.
- [15] Manutan magazín. Manutan.cz. [Online] MANUTAN s.r.o., 18. 08 2023. [Citace: 30. 03 2024.] <https://www.manutan.cz/magazin/rozhovor-manipulace-s-bremeny-na-pracovisti-nespolehejte-se-jen-na-legislativu-radi-odbornik/>.
- [16] Aktuality. vubp.cz. [Online] Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i. [Citace: 30. 03 2024.] <https://vubp.cz/plakat-ucast-zamestnancu-a-participativni-ergonomie/>.
- [17] Fyzická zátěž. Znalostní systém prevence rizik v BOZP. [Online] Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i., 2024. [Citace: 29. 03 2024.] <https://zsbozp.vubp.cz/fyzicka-zatez>.
- [18] Mašín, Ivan a Vytlačil, Milan. CESTY K VYŠŠÍ PRODUKTIVITĚ - Strategie založená na průmyslovém inženýrství. Liberec : Institut průmyslového inženýrství, 1996. ISBN 80-902235-0-8.
- [19] Jan Vavruška. educom. www.kvs.tul.cz. [Online] 12. Duben 2011. [Citace: 02. 02 2023.] http://educom.tul.cz/educom/inovace/VSY_II/2011_IV_12_VSY2_P%C5%99+Cv1%20Vavru%C5%A1ka%20Anal%C3%BDza%20a%20m%C4%9B%C5%99en%C3%AD%20pr%C3%A1ce_MZ_2.pdf.

- [20] Snímek pracovního dne. Theexperts.cz. [Online] 2013. [Citace: 20. 04 2024.] <https://theexperts.cz/firemni-vzdelavani/human-resources/56-snimek-pracovniho-dne-personalni-audit>.
- [21] Špagetový diagram. lean-fabrika. [Online] ROI Management Consulting a.s., 2012. [Citace: 21. 04 2024.] <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/spagetovy-diagram>.
- [22] 3xšpagetový diagram. cz.linkedin.com. [Online] 2024. [Citace: 21. 04 2024.] <https://cz.linkedin.com/pulse/3x-%C5%A1pagetov%C3%BD-diagram-richard-hodulak>.
- [23] ŠRAJER, Vladimír. Disertační práce-Uspořádání výrobního systému s ohledem na konstrukčně-technologické řešení produktu. Digitální knihovna Západočeské univerzity v Plzni. [Online] 2014. [Citace: 30. 03 2023.] https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/15230/1/Disertace%20VI_Srajer_Final.pdf.
- [24] Zelenka, Antonín a Mirko, Král. Projektování výrobních systémů. Praha : ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01302-2.
- [25] Obecné zásady při projektování výrobních buněk. svetproduktivity.cz. [Online] 2012. [Citace: 20. 02 2024.] <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/Obecne-zasady-pri-projektovani-vyrobnich-bunek.htm>.
- [26] Rizikové faktory pracovních systémů část 1. bozpinfo.cz. [Online] 2024. [Citace: 30. 03 2024.] <https://www.bozpinfo.cz/rizikove-faktory-pracovnich-systemu-cast-1>.
- [27] Jakubíková, Dagmar. Strategický marketing - Strategie a trendy. České Budějovice : Grada Publishing|ISBN 978-80-247-2690-8, 2008. ISBN 978-80-247-2690-8.
- [28] www.ratera.com. ratera. [Online] TALLERES RATERA S.A., 2021. [Citace: 01. 02 2023.] https://ratera.com/wp-content/uploads/2021/07/RATERA_Bobinadoras_automaticas_ESP.pdf.
- [29] Instructions manual. Braiding Machine 16B-E104. Manresa : Talleres Ratera SA, 2016.

- [30] Přepravní podvozky. auer-packaging.cz. [Online] New Work SE. [Citace: 02. 02 2023.]
<https://www.auer-packaging.com/cz/cs/P%C5%99epravn%C3%AD-podvozky-kompaktn%C3%AD-s-gumov%C3%BDmi-kole%C4%8Dky/RO-64-GU-BO.html>.
- [31] Meloun M. Statistická analýza dat . *www.crr.vutbr.cz*. [Online] 25. Únor 2011.[Citace:01.05.2024.]chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.crr.vutbr.cz/offline/SYSTEM/FILES/BROZURA_05_1101.PDF.

Seznam příloh

Příloha 1 – Plánek aktuálního rozmístění strojů pletárny

Příloha 2 – Záznamy pohybu zaměstnanců

Příloha 3 – Nový návrh - layout pletárna

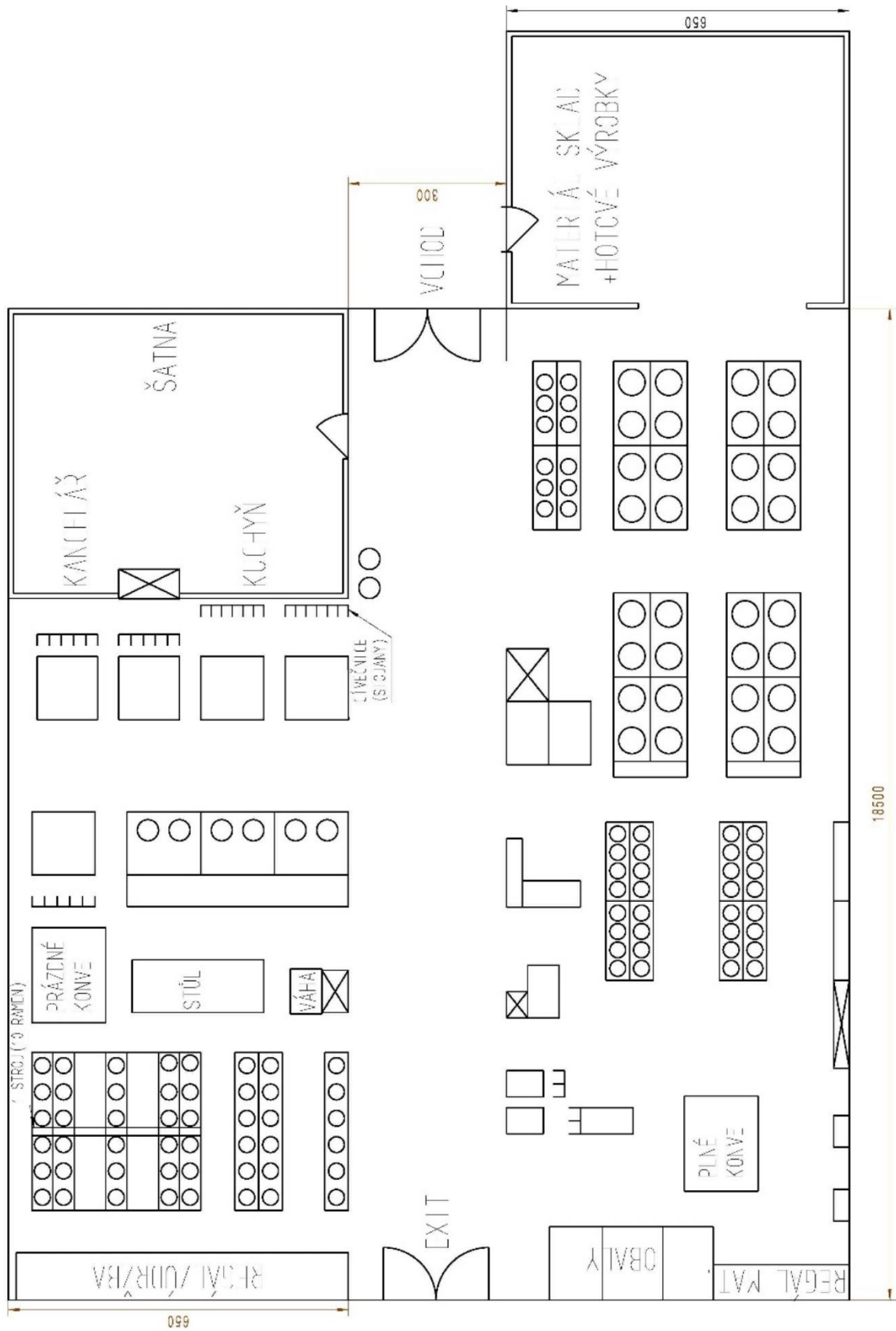
Příloha 4 – Porovnání vzdáleností materiálového toku úseků

Příloha 5 – Technický předpis

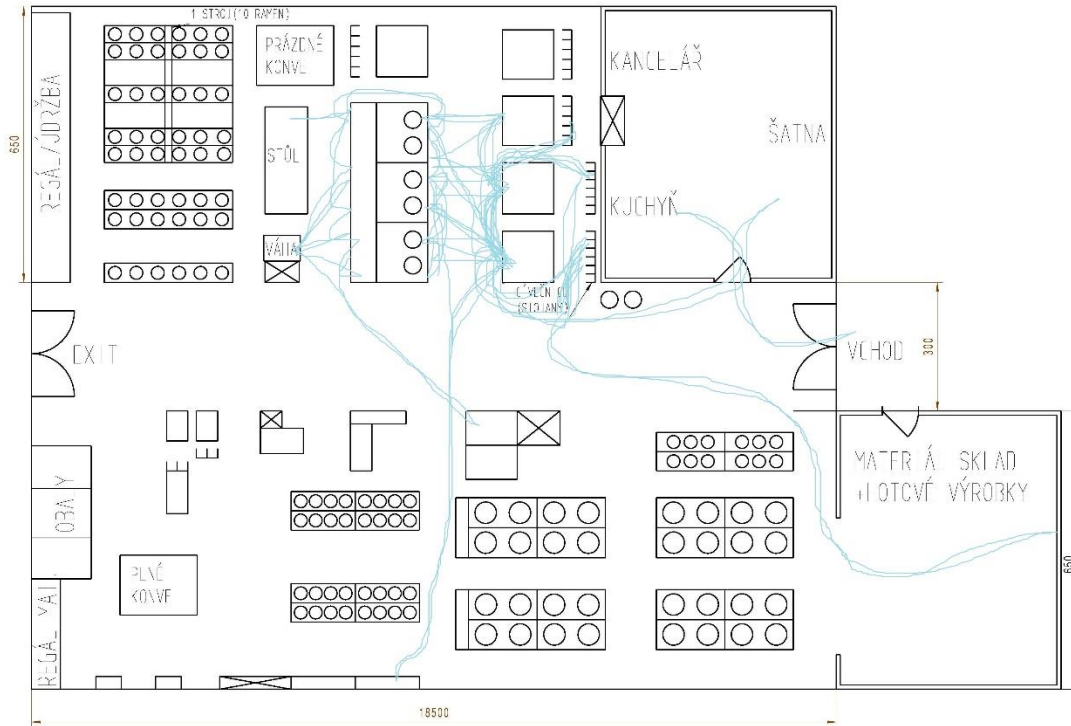
Příloha 6 – Záznam měření A

Příloha 7 – Záznam měření B

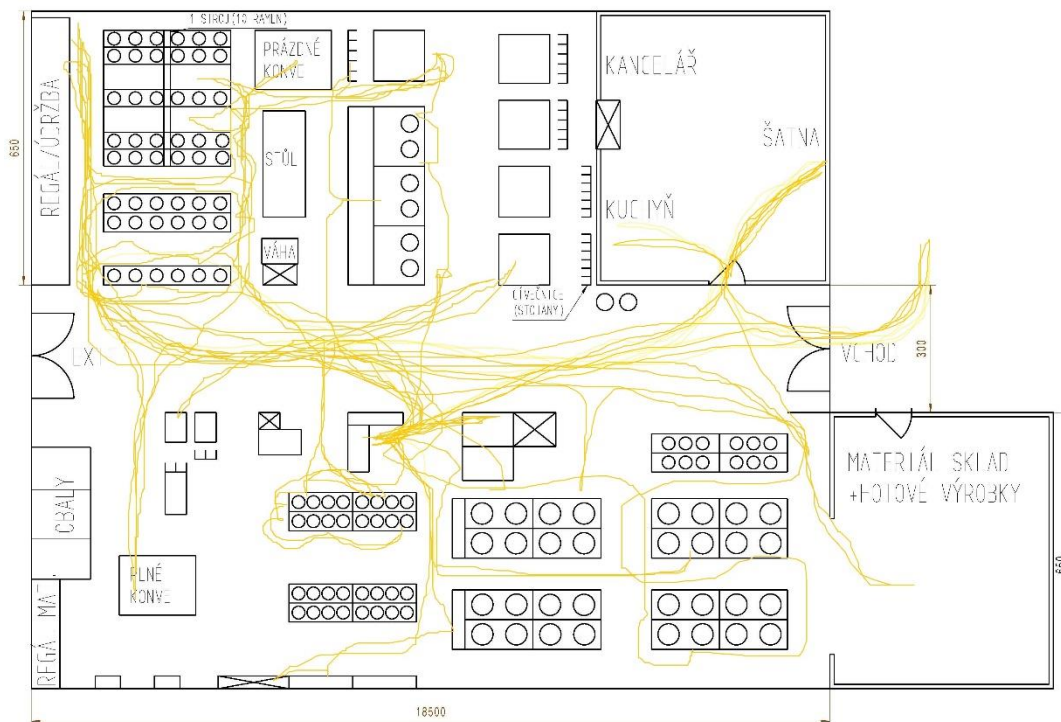
Příloha 8 – Statistické výsledky měření



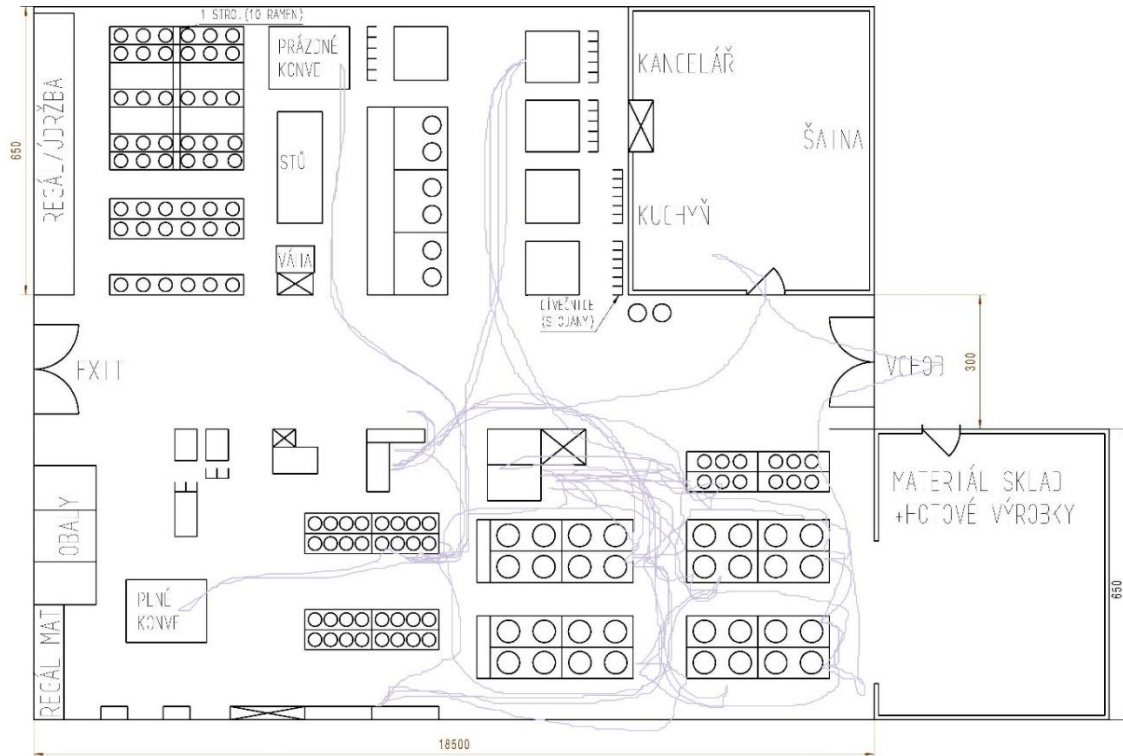
2a – Pohyb zaměstnance č. 1



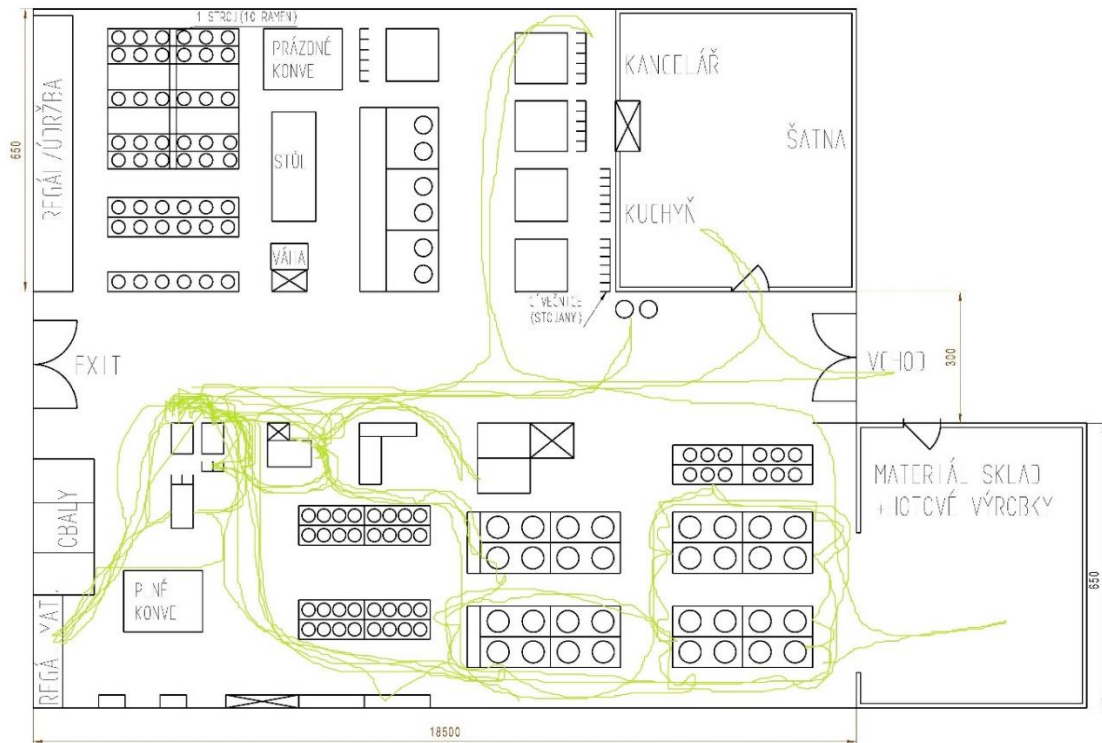
2b – Pohyb zaměstnance č. 2

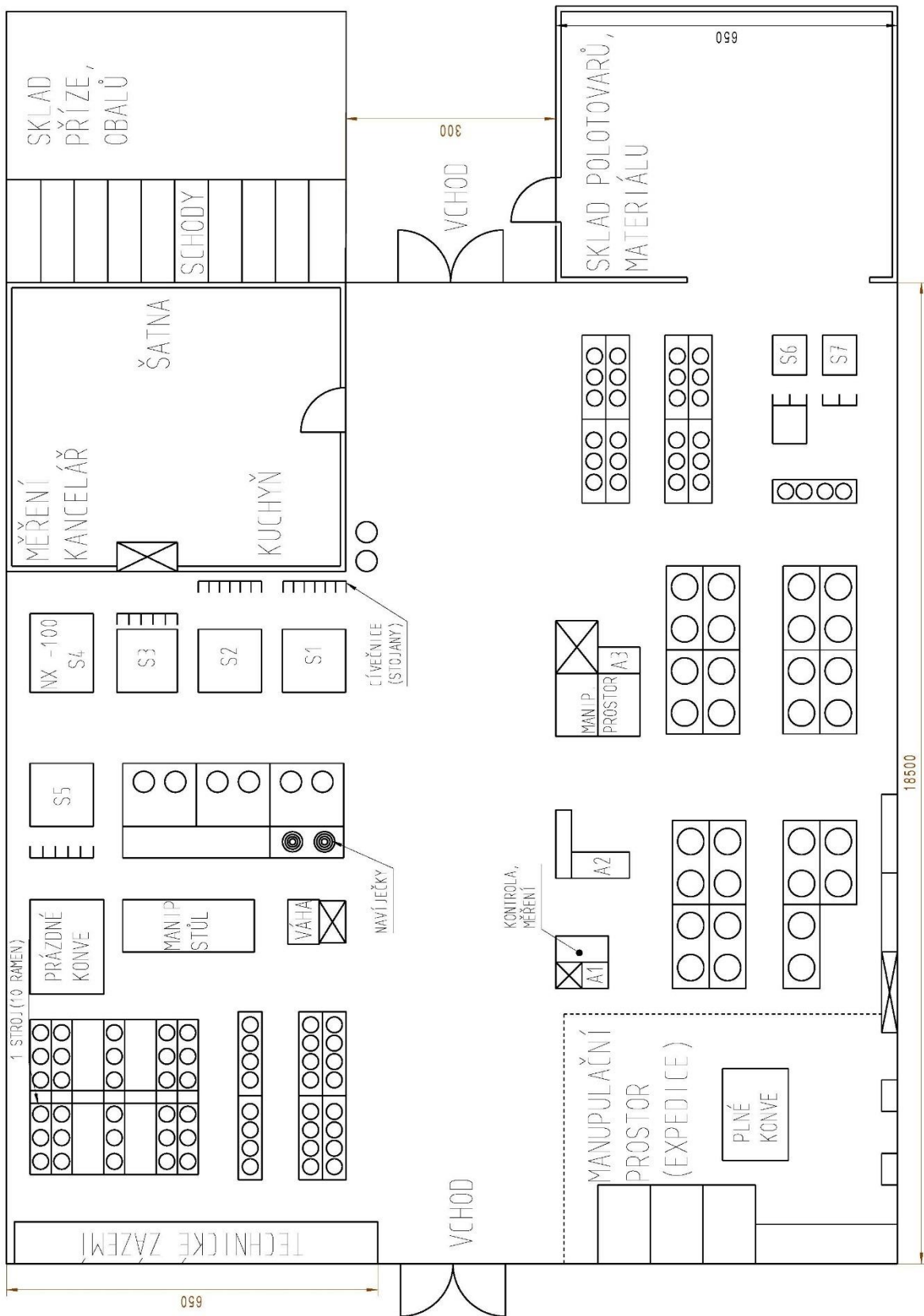


2c – Pohyb zaměstnance č. 3

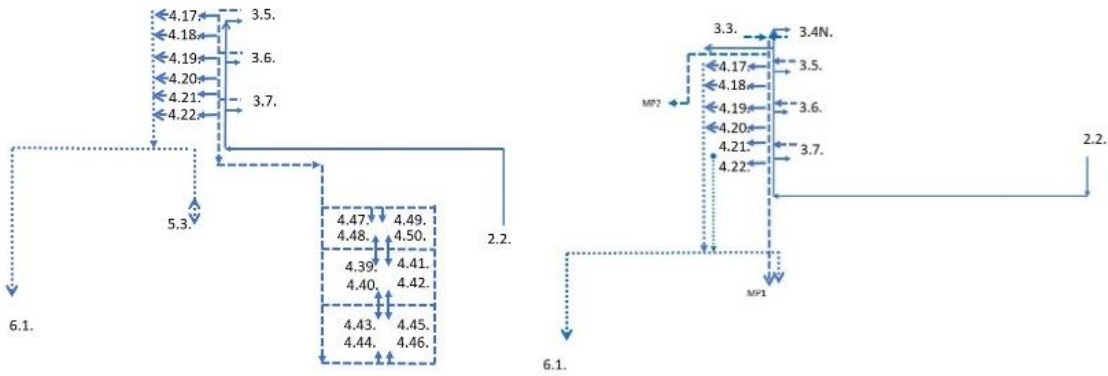


2d – Pohyb zaměstnance č. 4

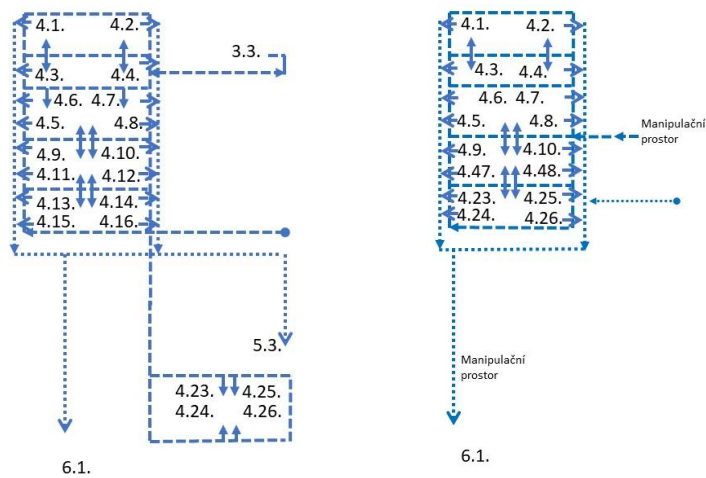




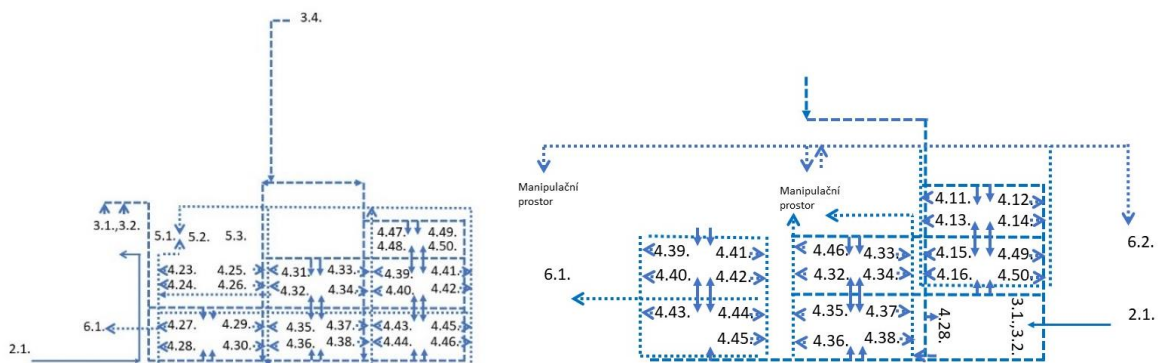
a) Porovnání materiálového toku před a po optimalizaci – modrý úsek



b) Porovnání materiálového toku před a po optimalizaci – žlutý úsek



c) Porovnání materiálového toku před a po optimalizaci – šedo-zelený úsek



Záznam pracovní postup A

POSTUP A	Čas start	Příchod	Odchod	Konec (přerušeni)	Doba trvání [min]	Vymotávání odpad [min]	Hmotnost šňůry [kg]	Celkem čas [min]
Měření 1/5	10,48		11,28	11,48	40			
	12,37	14,06	14,22		16			
		14,24	14,38		14			
		14,39	14,54		15			
		14,57	15,10	15,37	13	27	9,3	
					98	27		125
Měření 2/5	7,03	8,28	8,41		13			
		8,44	8,57		13			
		8,59	9,11		12			
		9,15	9,29	11,03	14	19	11,1	
					52	19		71
Měření 3/5	11,12		11,27		15			
		11,44		11,51	7			
	12,36		12,43		7			
		12,45	12,58		13			
		13,03	13,17		14			
		14,51	15,04		13			
		15,2	15,3		10			
		15,34	15,43		9			
	15,55		15,57	2	45	10,4		
					90	45		135
Měření 4/5	16,08		16,17	16,38	9			
	7,00	7,03	7,09		6			
		8,05	8,08		3			
		8,15	8,27		12			
		8,45	8,57		12			
		9,02	9,14		12			
		9,20	9,33		13			
		10,17	10,18	10,30	1	20	10,9	
					68	20		88
Měření 5/5	10,30	10,38	10,39		1			
		10,52	10,54		2			
		11,06	11,18		12			
		11,34	11,47		13			
		11,54	12,03		49			
		12,22	12,32		10			
		13,50	14,03		13			
		14,27		14,30	3	41	11,2	
					103	41		144
CELKEM:					411	152	52,9	

Záznam ze dne 13.-17.5.2021

Záznam pracovní postup B

POSTUP B	Čas start	Příchod	Odchod	Konec (přerušení)	Doba trvání [min]	Vymotávání odpad [min]	Hmotnost šňůry [kg]	Celkem čas [min]
Měření 1/5	7,04		7,50		46			
		10,26	11,41	11,04	75		9,5	
	121							
Měření 2/5	12,39			14,00				
	7,04	7,35	9,16		101			
		9,17	9,27	9,43	10		9,5	
111								111
Měření 3/5	9,47	10,53		11,45	52			
	12,34	13,30		14,34	56		10,5	
	108							
Měření 4/5	14,37			15,22				
	7,02		9,07		125			
		9,23		10,20	57		11,5	
182								182
Měření 5/5	10,26		10,45		19			
		10,46		11,50	64			
	12,39	13,50	14,45	15,15	55		12	
138								138
CELKEM:					660		53	

Záznam ze dne 10-12.5.2021

Statistické výsledky

Sloupce :	A [m]	B [m]
Průměr :	1175,556	1177,778
Spodní mez :	1068,069	1020,476
Horní mez :	1283,043	1335,079
Rozptyl :	7493,827	16049,38
Směr. odchylka :	86,56689	126,6862
Dolní mez	51,8651	75,90188
Horní mez	248,7548	364,0397
Robustní směr.odch.	49,42	164,7333
Detrendovaná směr.odch.(65,01182	49,25138
Šikmost	-0,9996	0,152744
Odchylka od 0 :	Nevýznam	Nevýznam
Špičatost :	2,473858	1,373151
Odchylka od 3 :	Nevýznam	Nevýznam
Polosuma	1138,889	1194,444
Modus :	1258,519	1151,852
Geometrický průměr	1172,882	1172,359
Harmonický průměr	1170,084	1167

Test normality Moment.

Sloupce :	A [m]	B [m]
Normalita :	Přijata	Přijata
Testové kritérium :	2,678891	0,065377
Kritický kvantil $\chi^2(22)$:	5,991465	5,991465
p-hodnota :	0,261991	0,96784

Porovnání dvou výběrů

název úlohy: délka

hladina významnosti: 0,05

Porovnávané sloupce :	A [m]	B [m]
Počet dat :	5	5
Průměr :	1175,556	1177,778
Směr. odchylka :	86,56689	126,6862
Rozptyl :	7493,827	16049,38

Korel. koef. $R(x,y)$: 0,56567

Test shody rozptylů

Poměr rozptylů :	2,141680388	
Počet stupňů volnosti :	4	4
Kritická hodnota :	6,388232909	
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ	
Pravděpodobnost :	0,239448909	

Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly

t-statistika :	0,032384689	
Počet stupňů volnosti :	8	
Kritická hodnota :	2,306004135	
Závěr :	Průměry jsou SHODNÉ	
Pravděpodobnost :	0,974958669	

Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly

t-statistika :	0,032384689	
Redukované stupně volnosti	7	
Kritická hodnota :	2,364624252	
Závěr :	Průměry jsou SHODNÉ	
Pravděpodobnost :	0,975069324	

Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test

Diference DF :	0,4
Kritická hodnota :	0,858938817
Závěr :	Rozdělení jsou SHODNÁ