

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality
Studijní specializace: - -

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh dispozičního řešení laboratorních a výrobních prostor

Autor: Bc. LUKÁŠ BÁBÍK
Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.

Akademický rok 2023/2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš BÁBÍK**
Osobní číslo: **S22N0061P**
Studijní program: **N0715A270011 Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality**
Téma práce: **Návrh dispozičního řešení laboratorních a výrobních prostor**
Zadávající katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Logistika a manipulace
2. Dispoziční řešení výrobních a laboratorních prostor
3. Popis stávajícího stavu
4. Analýzy hmotných toků a obslužnosti
5. Variantní návrh dispozičního řešení
6. Kriteriaální výběr finálního uspořádání
7. Technicko ekonomické zhodnocení

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- JUROVÁ, Marie a kolektiv, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing. ISBN 9788027193301, 8027193303.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita, David TUČEK a Roman BOBÁK, 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074546808, 8074546802.
- ŠVECOVÁ, Lenka a Veber JAROMÍR, 2021. *Produkční a provozní management*. Praha: Grada Publishing. ISBN 9788027146215, 8027146216.
- VISCO, David, 2017. *5S Made Easy*. Abingdon: Taylor & Francis. ISBN 9781498719834, 149871983X.
- ACCIALINI, Nicola, 2021. *Industry 4.0*. Seattle: Amazon Digital Services LLC – Kdp. ISBN 9780203507209, 0203507207.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultanti diplomové práce: **Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Ing. Jan Dolejší
GTW Bearings s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bábík	Jméno Lukáš	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270011 Obrábění, aditivní technologie a zabezpečování kvality		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Duchek, Ph.D.	Jméno Vladimír	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh dispozičního řešení laboratorních a výrobních prostor		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2024
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	101	TEXTOVÁ ČÁST	97	GRAFICKÁ ČÁST	4
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Cílem diplomové práce je analýza současného stavu haly v Chotíkově a laboratoře v Příšově. Analýza materiálových toků a navržení variabilního řešení pro obě úlohy (Příšov i Chotíkov). V diplomové práci jsou představeny tři dispoziční návrhy pro Chotíkov. Nejlepšího hodnocení získal předmětný layout 2. Pro laboratoř v Příšově jsou představeny dvě varianty. Nejlepší hodnocení získala varianta 2.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	logistika, výrobní hala, metrologická laboratoř, dispoziční řešení, DI-diagram,

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Bábík	Name Lukáš	
STUDY PROGRAMME	N0715A270011 MACHINING, ADDITIVE TECHNOLOGY AND QUALITY ASSURANCE		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Duchek, Ph.D	Name Vladimír	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Disposition solution of laboratory and production spaces		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2024
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	101	TEXT PART	97	GRAPHICAL PART	4
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim of the thesis is to analyse the current state of the hall in Chotíkov and the laboratory in Příšov. Analysis of material flows and design of a variation solution for both tasks (Příšov and Chotíkov). Three layout designs for Chotíkov are presented in the thesis. The subject layout 2 received the best evaluation. Two variants are presented for the laboratory in Příšov. The best evaluation was given to variant 2.
KEY WORDS	logistics, production hall, metrology laboratory, layout, DI-diagram,

Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Vladimírovi Duchkovi, Ph.D. a školiteli doc. Ing. Michalovi Šimonovi, Ph. D. za odborné rady při tvorbě práce. Dále bych rád poděkoval všem zaměstnancům GTW BEARINGS za cenné připomínky a náměty pro zpracování. DĚKUJI.

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	11
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	15
Úvod.....	16
1. Logistika a manipulace	17
1.1 Manipulace	17
1.2 Manipulační jednotky a prostředky	18
Manipulační jednotky prvního řádu.....	18
Manipulační jednotky druhého řádu	19
Manipulační prostředky	19
Dynamické skladovací systémy	20
1.3 Analýza materiálových toků.....	22
Intenzita toku materiálu	22
Spaghetti diagram	23
Metoda CRAFT	23
Sankeyův driagram	23
Value stream mapping	25
Trojúhelníková metoda	25
D-I diagram	26
RFID trasování.....	27
2. Dispoziční řešení výrobních a laboratorních prostor	28
2.1 Požadavky při vytváření layoutu výrobní haly.....	28
2.2 Základní struktury výrobních systémů	32
2.3 Základní typy uspořádání	33
Volné uspořádání	34
Pevné uspořádání	34
Technologické uspořádání	35
Předmětné uspořádání	35
Buňkové uspořádání.....	36
2.4 Pracoviště.....	37
2.5 Vistable.....	38
2.6 Kapacitní výpočet ploch	39
Buffer	40

3.	Představení společnosti	41
4.	Popis stávajícího stavu	42
	Seznam výrobních strojů pro halu Chotíkov:	42
	Zkušební laboratoř Příšov	43
4.1	Výrobní stroje a jejich dispoziční nároky	43
	DBC 110S	43
	DHF 8000.....	44
	DVF 5000.....	47
	CUT E600	48
	Pracoviště Laser Cladding	49
	LYNX2100A a PUMA2600	50
	DMN 650/50II	50
4.2	Výchozí stav layoutů	52
5.	Analýzy hmotných toků a obslužnosti	56
5.1	Materiálové toky Chotíkov	56
5.2	Materiálové toky Příšov.....	60
6.	Variantní návrh dispozičního řešení	64
6.1	Chotíkov technologický layout.....	64
6.2	Chotíkov předmětný layout 1	71
6.3	Chotíkov předmětný layout 2	76
6.4	Laboratoř Příšov – varianta 1	82
6.5	Laboratoř Příšov - varianta 2	84
7.	Kriteriální výběr finálního uspořádání.....	87
7.1	Chotíkov – DI diagramy	87
	Technologický layout.....	87
	Předmětný layout 1	88
	Předmětný layout 2	89
	Celkové porovnání variant.....	89
7.2	Příšov – DI diagramy	90
	Současný stav a varianta 1	90
	Varianta 2.....	90
8.	Technicko-ekonomické zhodnocení	92
	Chotíkov.....	92
	Příšov	92

9. Závěr	94
10. Seznam použitých zdrojů	96

Seznam příloh

Příloha I – Řez halou Chotíkov

Příloha II – Rozměry segmentů WA

Přehled použitých zkratk a symbolů

Označení	Legenda
DP	Diplomová práce
3-osé	Třiosé
5ti-osé	Pětiosé
°	Stupně
%	Procenta
Kč	Koruny
Hod	Hodiny
Min	Minuty
mm	Milimetry
m	Metry
mil	Milion
2D	Dvourozměrný
3D	Třírozměrný
Ø	Průměr
SW	Software
kg	Kilogram
t	tuna
DI	Distance-intensity diagram

Seznam obrázků

Obrázek 1: logistika z hlediska procesu [4]	17
Obrázek 2: Základní skupiny materiálu [5].....	18
Obrázek 3: Základní skupiny materiálu	18
Obrázek 4: Přepravky [5]	18
Obrázek 5: Varianty AGV [32].....	20
Obrázek 6: Struktura AS/RS systému [33]	21
Obrázek 7: Karuselové (páternosterové) dynamické skladování [34]	21
Obrázek 8: Spaghetti diagram [10]	23
Obrázek 9: Sankeyův diagram [12].....	24
Obrázek 10: Value stream mapping [13]	25
Obrázek 11: Trojúhelníková metoda [20]	26
Obrázek 12: Distance intensity diagram [23].....	26
Obrázek 13: Princip RFID.....	27
Obrázek 14: Bezpečnostní vzdálenosti u uliček [23]	29
Obrázek 15: Šířka uličky při zakládání do regálu [23]	30
Obrázek 16: Obousměrné dopravní uličky a dopravní cesty [23].....	30
Obrázek 17: Důležité rozměry dopravníku třísek [24].....	31
Obrázek 18: Základní struktury výrobních systémů [30].....	32
Obrázek 19: Prostorové uspořádání v závislosti na typu výroby [30]	33
Obrázek 20: volné uspořádání [31]	34
Obrázek 21: Pevné uspořádání - montáž lodi [29]	34
Obrázek 22: Technologické uspořádání [30]	35
Obrázek 23: Předmětné uspořádání[30]	36
Obrázek 24: Automatická výrobní buňka na ohýbání 55[28]	36
Obrázek 25: 8 druhů plýtvání [15]	38
Obrázek 26: Concept Vistable [35].....	39
Obrázek 27: Produkty GTW [2].....	41
Obrázek 28: 3D model DBC 110S	43
Obrázek 29: Rozměrové specifikace DBC 110S	44
Obrázek 30: DHF pohled na zadní část a levý bok	45
Obrázek 31: DHF pohled na přední část a pravý bok	45
Obrázek 32: Rozměrové specifikace DHF8000	46
Obrázek 33: 3D model DVF 5000	47

Obrázek 34: Dispozice DVF 5000	48
Obrázek 35: Rozměrové specifikace CUT E 600	49
Obrázek 36: Laser Cladding + svazek plynu půdorys.....	49
Obrázek 37: Laser cladding.....	50
Obrázek 38: Zástavbové rozměry DMN650/50II	51
Obrázek 39: Zástavbové rozměry LYNX2100A se zakládacím robotem.....	51
Obrázek 40: Celkový pohled na Laboratoř	52
Obrázek 41: Pohled na stoly v laboratoři	52
Obrázek 42: Laboratoř Příšov - výchozí stav	53
Obrázek 43: Výrobní a zkušební hala Chotíkov	54
Obrázek 44: Hrubování velkých kusů	56
Obrázek 45: Navařování kompozice radiálních segmentů.....	57
Obrázek 46: Výroba malých WA,WD segmentů	58
Obrázek 47: Výroba velkých WA, WD segmentů	58
Obrázek 48: Materiálové toky výroby domečků.....	59
Obrázek 49: Materiálový tok nového produktu	60
Obrázek 50: Materiálový tok repasovaného produktu	61
Obrázek 51: Oba materiálové toky zanesené do layoutu haly Příšov	61
Obrázek 52: 3D model výchozího stavu laboratoře s paletami.....	62
Obrázek 53: Dodatečný vyrovnávací sklad pro halu Chotíkov.....	65
Obrázek 54: Technologický layout Chotíkov - SW Solid edge	66
Obrázek 55: 3D technologický layout Chotíkov - SW Vistable	67
Obrázek 56: Celkový Sankeyův diagram v hale Chotíkov – Technologický layout	68
Obrázek 57: Area balance Technologický layout (bez venkovního skladu).....	68
Obrázek 58: Sankeyův diagram navařování kompozice - Technologický layout.....	69
Obrázek 59: Sankeyův diagram pro velké výrobky - Technologický layout.....	69
Obrázek 60: Sankeyův diagram velké WA - Technologický layout.....	70
Obrázek 61: Sankeyův diagram malé WA,WD - Technologický layout.....	70
Obrázek 62: Sankeyův diagram domečky - Technologický layout	71
Obrázek 63: Předmětný layout 1 Chotíkov	72
Obrázek 64: Sankeyův diagram - předmětný layout 1	73
Obrázek 65: Area balance předmětný layout 1 (bez venkovního skladu).....	73
Obrázek 66: Sankeyův diagram domečky - předmětný layout 1	74
Obrázek 67: Sankeyův diagram navařování kompozice - předmětný layout 1.....	74

Obrázek 68: Sankeyův diagram velké WA - předmětný layout 1.....	75
Obrázek 69: Sankeyův diagram malé WA,WD - předmětný layout 1.....	75
Obrázek 70: Předmětný layout 2.....	77
Obrázek 71: Změny potřebné pro výstavbu nových vrat - předmětný layout 2.....	78
Obrázek 72: Area balance - předmětný layout 2.....	79
Obrázek 73: Sankeyův diagram - předmětný layout 2.....	79
Obrázek 74: Sankeyův diagram domečky - předmětný layout 2.....	80
Obrázek 75: Sankeyův diagram kompozice - předmětný layout 2.....	80
Obrázek 76: Sankeyův diagram velké WA - předmětný layout 2.....	81
Obrázek 77: Sankeyův diagram malé WA,WD - předmětný layout 2.....	81
Obrázek 78: Umístění leštičky v prostorách krčku.....	82
Obrázek 79: Laboratoř Příšov 3D - varianta 1.....	83
Obrázek 80: Laboratoř Příšov 2D – varianta 1.....	83
Obrázek 81: Detail varianty 2 - Příšov.....	84
Obrázek 82: Varianta 2 - Příšov.....	85
Obrázek 83: Rozmístění laboratoří v GTW dle variant (červeně var. 1; zeleně var. 2).....	86
Obrázek 84: Materiálové toky varianta 2 - Příšov.....	86
Obrázek 85: DI - diagram - Technologický layout.....	87
Obrázek 86: DI - diagram - Předmětný layout 1.....	88
Obrázek 87: DI - diagram - Předmětný layout 2.....	89
Obrázek 88: Srovnání variant Chotíkov podle materiálových toků.....	89
Obrázek 89: DI - diagram – Příšov výchozí stav + varianta 1.....	90
Obrázek 90: DI - diagram – Příšov varianta 2.....	90
Obrázek 91: Srovnání variant Příšov podle materiálových toků.....	91

Seznam tabulek

Tabulka 1: Volná paletová místa v prostoru laboratoře 3D	62
Tabulka 2: Úspora plochy Chotíkov	92
Tabulka 3: Volná paletová místa v prostoru laboratoře – varianta 0 a 1.....	93
Tabulka 4: Volná paletová místa v prostoru laboratoře - varianta 2.....	93

Úvod

Každá rozšiřující se společnost řeší, jak nejlépe využít své dispoziční prostory a optimalizovat provozní toky. Efektivní uspořádání prostor a správné umístění technologií je klíčové pro zajištění hladkého chodu výroby a maximální produktivity. Tento proces je zvláště důležitý při modernizaci a rozšiřování výrobních kapacit. Právě příkladem je firma GTW, která postavila novou zkušební a výrobní halu v Chotíkově. Hala se postupně vybavuje novými stroji a technologiemi, které mají nahradit stávající technologie. Zmíněná skutečnost pomohla vzniknout této diplomové práci. Součástí práce jsou, ale dvě různorodé úlohy: Hala Chotíkov a laboratoř v Příšově. Po zjištění výchozího stavu a plánovaných materiálových toků, práce nabízí 3 varianty dispozičního řešení pro halu Chotíkov. Každá představená varianta se snaží o jiný přístup, nicméně všechny jsou v souladu s normami a bezpečnostními předpisy.

Co se týče laboratoře v Příšově, po jejím změření a změření potřebných částí hal v Příšově byl nakreslen layout výchozího stavu. Následně se do layoutu zavedly materiálové toky, týkající se laboratoře. V práci jsou popsány a vyhodnoceny 2 varianty řešení. První nízkonákladová a druhá, která využívá přesun některých strojů z Příšova do Chotíkova.

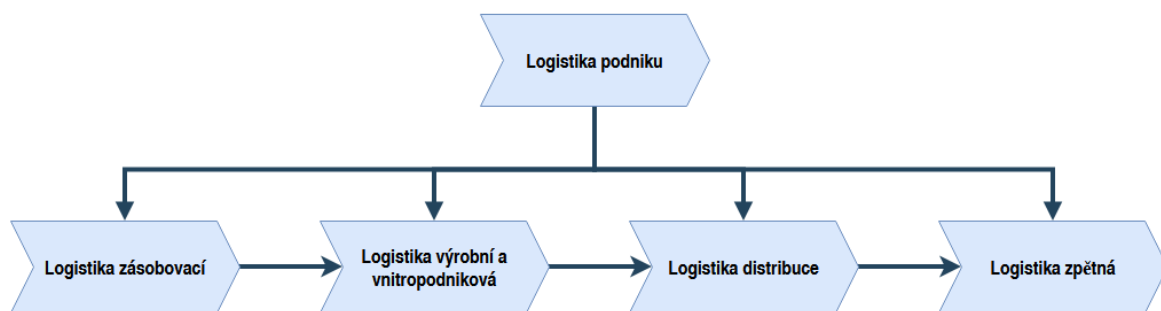
1. Logistika a manipulace

Logistika se zabývá procesy, které souvisí s přemísťováním objektů v prostoru a čase. Hodnotí a zkoumá zmíněné procesy podle kritérií, jak efektivně je cíle dosaženo. Mezi taková kritéria spadá například minimalizace spotřeby času a zdrojů nutných k dosažení cíle.

Logistiku lze chápat několika způsoby:

- Teoretická disciplína o plánování, řízení a kontrole materiálového toku, energie, osob a informací
- Nástroj pro zefektivňování uspořádání procesů a systému v procesu
- Souhrn činností zajišťující aby bylo k dispozici: požadované množství správných objektů na správném místě a v požadovaný čas. [3]

Další pohled na logistiku znázorňuje obrázek, který ji bere z hlediska procesu.



Obrázek 1: logistika z hlediska procesu [4]

Logistika zásobovací: soubor procesů kdy obchodní oddělení reaguje na poptávky zákazníků. Domlouvá se cena, termín, místo a způsob dopravy. Další etapou je nákup a řízení zásob.

Logistika výrobní a vnitropodniková: řeší materiálové toky ve výrobě. Tím je myšleno optimalizace materiálových toků, snížení nadbytečné manipulace, využití pracovních ploch. Právě výrobní a vnitropodnikové logistice se bude věnovat tato diplomová práce.

Logistika distribuce: prvním krokem je příjem hotových výrobků na sklad, následuje balení a expedice k zákazníkovi.

Logistika zpětná: je součástí zákaznické servisu produktu. Orientuje se na zpětný tok, tedy od zákazníka k výrobcí/distributorovi. Jedná se o zpětný tok použitých produktů, reklamovaných produktů, vratných obalů a v poslední řadě odvoz odpadů. [4]

1.1 Manipulace

Manipulaci nejvíce ovlivňuje typ materiálu. Právě podle druhu a skupiny materiálu, se kterým se má manipulovat se volí typ manipulace a přepravní jednotky. Druh materiálu (plyny, kapaliny, pevný materiál) a základní skupiny (jednotlivé kusy, manipulační jednoty a volně ložený) popisuje obrázek níže.

skupina	druh	Pevný materiál	Kapalný	Plynný
Jednotlivé kusy				
Manipulační jednotky (v paletách, obalech ...)				
Volně ložený materiál				

Obrázek 2: Základní skupiny materiálu [5]

Faktory, které ovlivňují nejvíce zařazení do materiálové skupiny jsou:

- Hmotnost
- Tvar
- Rozměry
- Množství
- Nebezpečí poškození (křehký)
- Škodlivost (jedovatý, výbušný..)
- Stav (mokrý, špinavý, lepkavý,..) [5]

1.2 Manipulační jednotky a prostředky

Manipulační jednotku představuje jakýkoliv materiál, se kterým je možno manipulovat jako kdyby se jednalo o 1kus. Tedy jako manipulační jednotku lze chápat například: standardizovanou paletu, technologickou paletu, krabici ale i pouhý třeba svázaný výrobek. Některé manipulační jednotky současně zastávají i funkci ochranného obalu. Pro účely automatizace je vhodné vytvářet větší celky z menších manipulačních jednotek, kdy celek je poté násobkem menších manipulačních jednotek. Dále se manipulační jednotky dělí na jednotky prvního a druhého řádu. [3][7]

Manipulační jednotky prvního řádu

Jednotky určené převážně k ruční manipulaci, hovoříme o nich také jako o tzv. základních manipulačních jednotkách. Základní manipulační jednotka, by se dále neměla dělit na menší. Často se tato jednotka pohybuje od jejího vzniku až ke koncovému zákazníkovi. Hmotnost těchto základních jednotek se povětšinou pohybuje do 15kg.

Základní manipulační jednotky:

- Přepravky
- Bedny
- Krabice
- Pytle



Obrázek 4: Přepravky [5]

Manipulační jednotky druhého řádu

Neboli odvozené manipulační jednotky. Slouží k mechanické či automatizované manipulaci, skladování nebo přemísťování mezi objekty. Hmotnost těchto jednotek se pohybuje mezi 250-1000kg někdy až do 5t. Odvozenou manipulační jednotku tvoří většinou 16-64 základních umístěných nejčastěji na paletě, v gitterboxu, rolltejneru nebo přepravní skříni (kontejneru). Paletu lze definovat jako: nosnou plošinu bez nástavby či s nástavbou, která umožňuje uložení zboží, jeho skladování a manipulaci pomocí manipulačních prostředků. Standardním rozměrem europalet je 800x1200x120mm. Velké kontejnery určené především na dálkovou přepravu pak spadají do třetích a vyšších řádů. [3][7]

Manipulační prostředky

Manipulační prostředky se používají k přemísťování a přepravě materiálu či přepravních jednotek. Často se jedná o dopravníky, skluzy a cyklicky pracující prostředky (jeřáby, nakladače). Podle funkcí je lze dělit následovně:

- Dopravní zařízení (transport kusových, sypkých materiálů, důlní doprava,...)
- Zdvihačí zařízení (výtahy, jeřáby)
- Zařízení pro mezioperační a operační manipulaci (roboty, manipulátory)
- Zařízení pro ložné operace (rypadla, zařízení pro stavební a silniční práce)
- Skladovací zařízení
- Dopravní prostředky (nákladní automobily, přívesy, kolejová vozidla,..) [8][9]
- AGV - Automaticky naváděné vozíky, vláčky, dopravníky

AGV

Trendy současné interní logistiky se zaměřují na zvýšení efektivity pomocí automatizace procesů. Jeden z prvků umožňující automatizaci jsou tzv. automaticky naváděné vozidla AGV. Díky sensorům a vzájemné komunikaci s řídicím systémem i mezi sebou, se tyto vozidla dokáží pohybovat po určité trase bez lidského řidiče. Jedná se tedy o autonomní pohyb vozíku, který je naváděný prostřednictvím GPS či indukčním vedením. Právě eliminace lidského faktoru vede ke zvýšení efektivity a produktivity procesů spojených s logistikou.

AGV tedy slouží k přepravě výrobků, ve skladovacích a výrobních prostorech. Pro komunikaci s okolím využívají různé senzory, kamery, radary. Některé vozíky dokáží využívat i umělou inteligenci pro přizpůsobení své trasy v měnícím se prostředí. Automaticky naváděné dopravní prostředky dodávají výrobci v různých variantách, často jsou i modifikované na jeden druh specifické činnosti. Příkladem jsou vozíky vybavené robotickými rameny nebo prostředky pro přepravu kulatin. Nejznámější varianty AGV jsou vypsány níže, pro lepší vizualizaci jsou další varianty zobrazené na Obrázek 5.

Varianty AGV:

- Vláčky – vybaveny vagony pro přepravu lidí či materiálu
- Přepravní vozíky – pro přepravu palet (nejběžnější)
- Přepravní pásové systémy – přeprava materiálu, když je pevná trasa problém

Vozíky AGV jsou využívány při manipulaci mezi výrobními pracovišti, vykládání a nakládání regálů, přepravu zboží mezi sklady. Jejich implementace ovšem vyžaduje dobře fungující informační systém, úpravu infrastruktury (značky, snímače,..), testování a důkladné školení personálu.



Obrázek 5: Varianty AGV [32]

Dynamické skladovací systémy

Pro úsporu místa se běžně používá stohování výrobků na sebe. Pokud nelze dostatečně stohovat výrobky přímo na sebe, nejčastějším řešením jsou regály. Klasické regály ovšem vyžadují značné nároky na místo, jelikož každý regál potřebuje k vyložení svoji vlastní uličku. K snížení prostorových nároků a automatizaci celého procesu se využívají tzv. dynamické skladovací systémy. Dynamické systémy fungují většinou na principu FIFO (first in – first out), tedy první vložená položka odchází zase jako první nebo LIFO (last in – first out) kdy první vložená položka odchází jako poslední.

Výhody dynamických skladovacích systémů:

- Zvýšená produktivita
- Zvýšená sledovatelnost položek
- Snížení nároku na prostor
- Snížení vzniku chyb [34]

Typy dynamických skladovacích systémů:

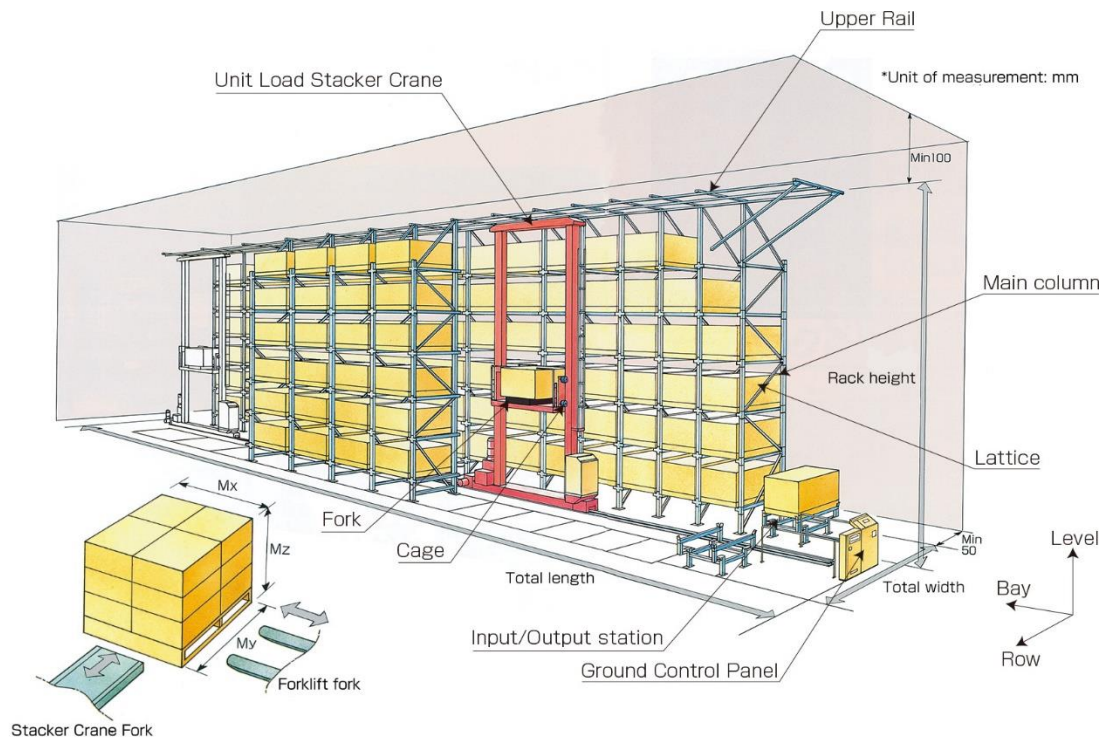
Kanálové sklady

Často se označují jako gravitační sklady, jedná se o válečkové nebo skluznicové dopravníky či regály, které jsou po drobném sklonu (3-8°). Materiál se tak v dráhách vytvořených regály pohybuje vlastní vahou. Převážně se toto řešení využívá pro skladování velkého množství stejných výrobků. Uplatňuje se zde systém FIFO (first in – first out).[34]

Regálové zakladače a RS/AS systémy

Regálové zakladače se pohybují po svisle a vodorovně po vlastní nebo sdílené konstrukci umístěné mezi regály nebo i vedle řady regálů. Primárně se používají k zakládání materiálu do značných výšek (třeba 40m). Jednou z hlavních výhod je vysoká hustota skladování, naopak nevýhodou je technologická náročnost a vyšší pořizovací náklady. Vyšším

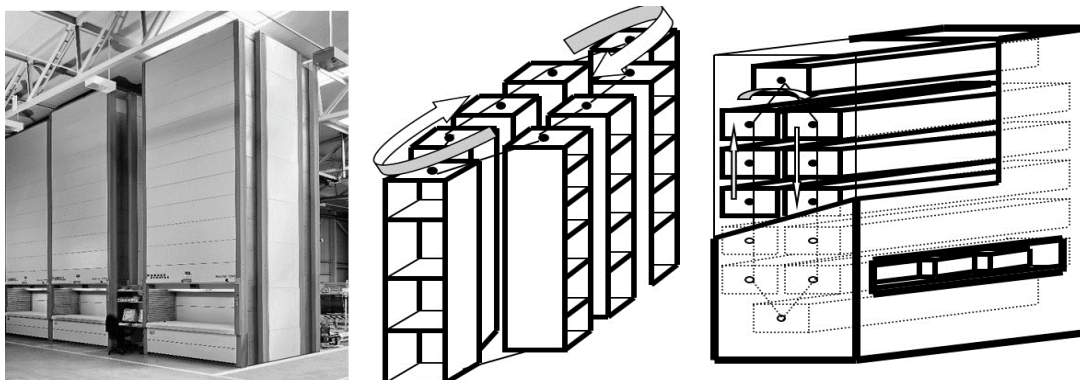
stupněm automatizace jsou pak AS/RS skladovací systémy. Při aplikaci AS/RS si systém načte čárový kód na zboží a automaticky ho umístí do volného místa v regálu. Poté zapíše pozici do systému. AS/RS systém je zobrazen na Obrázek 6.



Obrázek 6: Struktura AS/RS systému [33]

Karuselové (páternosterové) skladování drobných dílů

Využívají se především pro skladování drobných až středních dílů různorodého sortimentu. Karuselové sklady mají jedno výdejní místo. Po přijetí informace z řídicího systému se požadovaná buňka začne automaticky přemisťovat k výdejnímu místu. Princip fungování dopravníku blíže přibližuje Obrázek 7. Výrobci umožňují výšku i šířku jednotlivých buněk na přání zákazníka měnit. Karuselové dopravníky navíc umožňují dosáhnout ergonomicky příznivé pracovní výšky pro obsluhu. [34]



Obrázek 7: Karuselové (páternosterové) dynamické skladování [34]

1.3 Analýza materiálových toků

Materiálové toky jsou stěžejní pro veškeré logistické procesy firmy. Materiálový tok, lze chápat jako řízený pohyb surovin, polotovarů a materiálu, v podniku i mimo podnik, díky kterému je možné popsat dynamiku výroby v čase a prostoru. Materiálové toky velmi ovlivňuje rozmístění pracovišť, skladů, výrobních jednotek, budov, strojů a cest. Díky vhodnému uspořádání pracovišť, skladů, atd...je možné dosáhnout velmi významných úspor času, materiálu, lidské práce a finančních prostředků.

Na průběh materiálových toků mají vliv:

- Počet operací
- Tvar, členitost a specifika prostoru výrobního procesu
- Druh dopravy
- Umístění pomocných ploch a služeb
- Objem a druh výrobků
- Náročnost procesu

Logistické procesy kromě pohybu materiálu, ovlivňují i informační tok. Kdy napomáhají k jeho kontrole, řízení, plánování a organizaci. Je důležité při analýze a řešení materiálových toků, udělat rozklad procesu na elementární pohybové operace předmětu. Elementární pohybové operace, jenž získáme v průběhu analýzy jsou:

- Úkon
- Pohyb
- Operace
- Proces
- Dílčí proces

Při analýze materiálových toků je zkoumána efektivita pohybu materiálu v průběhu každého úseku výrobního procesu. Cílem je znázornit tok materiálu mezi jednotlivými úseky, najít úzká místa či nevhodně umístěné objekty vzhledem k jejich frekvenci využívání. Metody na analýzu materiálových toků jsou například: Spaghetti diadram, Sankeyův diagram, Value stream mapping. [23]

Intenzita toku materiálu

Představuje přepravované množství materiálu za jednotku času. Přepravované množství je měřeno v objemu či hmotnosti přepravovaného materiálu nebo počtu manipulačních jednotek. Provádí-li se detailní analýza materiálových toků, je důležité zohledňovat i manipulaci s odpady, která bývá častokrát více náročná než samostatná manipulace s výrobky/polotovary. Vznikající odpady při procesu bývají často zbytečně objemné, ostré, špinavé či zdraví nebezpečné.

$$I = \frac{n \cdot p}{t}$$

I = intenzita toku materiálu

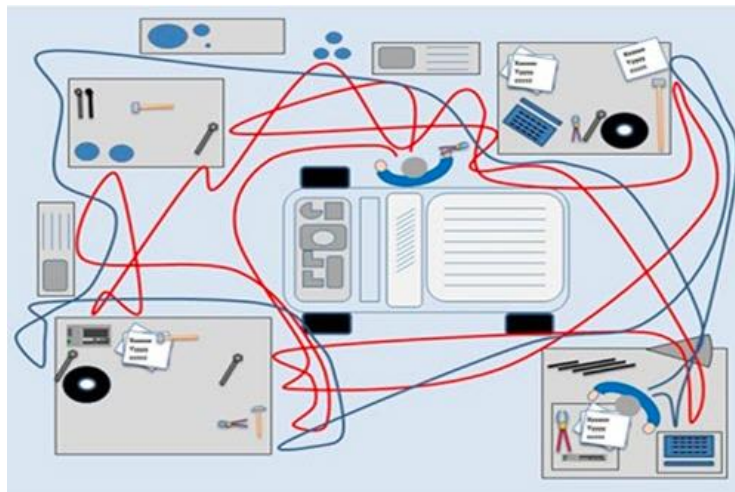
p = přepravované množství (kg, palety, litry,..)

t = jednotka času (minuty, hodiny, dny, týdny,...)

[5]

Spaghetti diagram

Špagetové diagramy mají využití v případě, kdy potřebujeme znát kromě časového sledu jednotlivých kroků i rozložení pohybu pracovníka/materiálu po pracovišti nebo pracovním úseku. Každý pohyb jiného pracovníka nebo jiného druhu materiálu se značí rozdílnou barvou. Diagramy slouží jako důkaz neefektivnosti současného stavu layoutu a pomáhají k nalezení zbytečných časových ztrát způsobených dlouhou vzdáleností mezi pracovištěm a například často využívaným meziskladem.



Obrázek 8: Spaghetti diagram [10]

Metoda CRAFT

CRAFT = computerized relative allocation of facilities technique

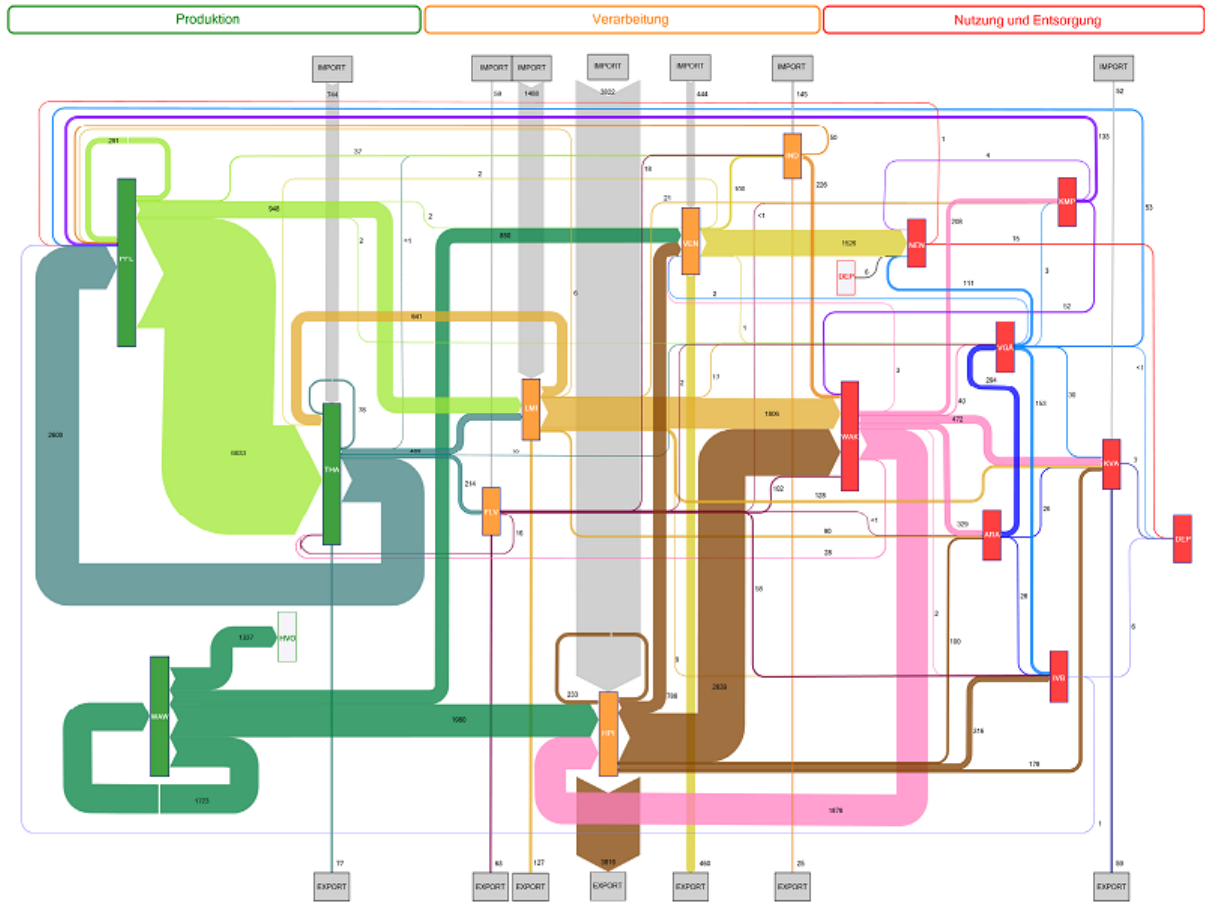
Jedná se o výpočtovou metodu, které se používá pro zjištění nejvýhodnější vzájemné polohy různých prvků. Výhodná vzájemná poloha vede k minimalizaci nákladů na manipulaci s materiálem. Při provádění metody je důležité respektovat pevná poloha některých pracovišť a například to, že některá pracoviště musí zůstat u sebe. Jako vstup metoda potřebuje: layout, materiálové toky, náklady na manipulaci, Sankeyův diagram.

Postup metody je následující: Nejprve se určí materiálové toky mezi pracovišti současného stavu, dále se opět pro současný stav určí náklady na manipulaci s materiálem pro dané časové období (1rok). Postupně zaměňování pracovišť a zjišťování celkových nákladů na manipulaci pro nové varianty rozmístění, roční a dlouhodobé úspory nákladů na manipulaci. Vyhodnocení a volba nejlepší varianty. [19]

Sankeyův diagram

Sankeyův diagram je nepoužívanější metodou pro vizualizaci materiálových toků. Diagram tvoří šipky o různé tloušťce, kdy každá šipka představuje tok určitého materiálu. Délka šipek představuje vzdálenost, zatímco tloušťka šipek představuje množství přesunutého materiálu za jednotku času, například 1 rok. V současné době se tyto diagramy vytváří softwarově (vistable, excel,...), kdy se nejprve zkontroluje layout současného stavu a nastaví se

vazby mezi entitami. Následně je možné přesouvat jednotlivé pracoviště, stroje, úseky, apod. a najít takové rozložení kdy dojde ke snížení materiálového toku na minimum. Cílem je, aby tlusté křivky znázorňující velký objem přesouvaného materiálu byli co nejkratší. Příklad Sankeyho diagramu je znázorněn na Obrázek 9.



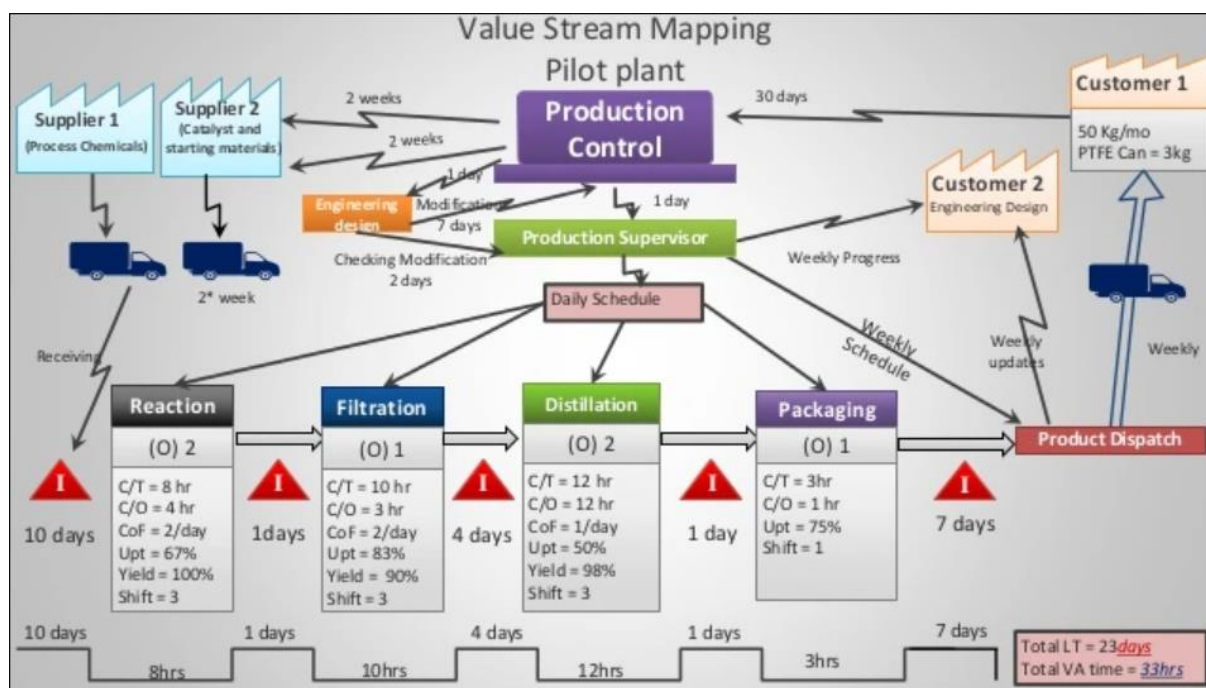
Obrázek 9: Sankeyův diagram [12]

Value stream mapping

Neboli metoda mapování hodnot se využívá k zmapování hodnotového toku výrobku. Slouží k znázornění návaznosti procesů a cílí na odhalení plýtvání. Metodu je vhodné využít při tvorbě nových layoutů či analýze současného stavu výrobních i nevýrobních procesů. Přednostní výstupy této analýzy jsou:

- Lead time – doba vzniku výrobku
- VA time - Čas přidané hodnoty
- NVA time - Čas nepřidané hodnoty
- Value added index – Poměr časů mezi přidanou a nepřidanou hodnotou výrobku
- Množství a stav mezikladů

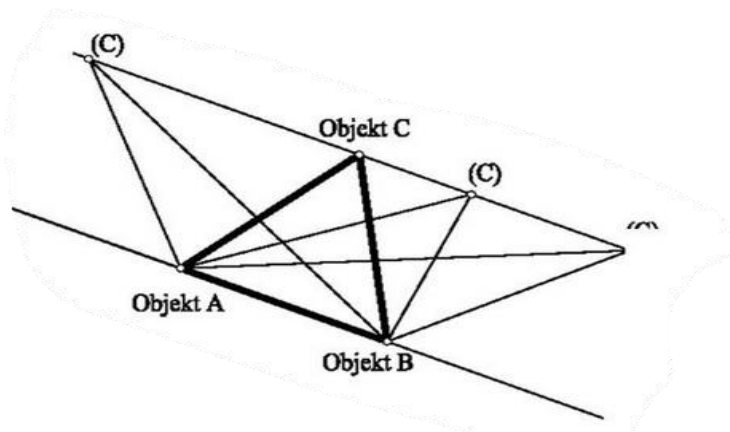
Manipulace a skladování se bere jako přidané hodnota, pouze tehdy je-li zákazník za ně ochoten zaplatit. V případě výroby spadá skladování společně s manipulací mezi nepřidanou hodnotu. Při tvorbě hodnotových map se používají standardizované piktogramy. Příklad mapy hodnot je znázorněn na Obrázek 10. [14]



Obrázek 10: Value stream mapping [13]

Trojúhelníková metoda

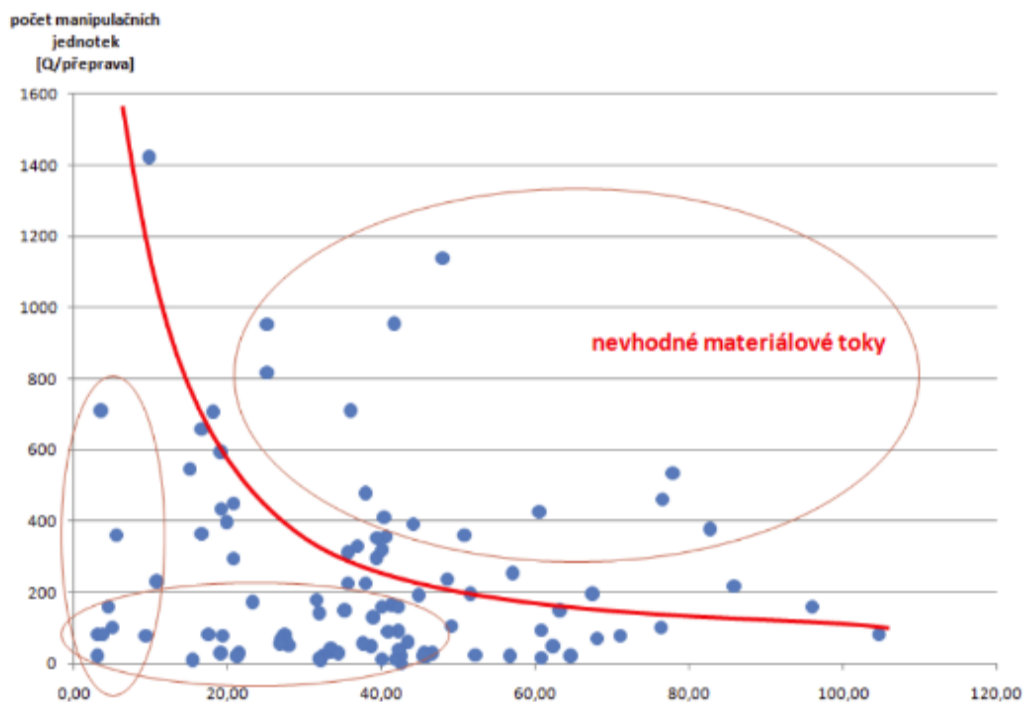
K této metodě se přiklání, pokud jeden vztah (např. objem materiálového toku) významně rozhoduje, zatímco zbylé vztahy jsou pořadné. Cílem metody je umístit stroje s nejobjemnějšími materiálovými toky k sobě. Metoda vrací hodnotu tzv. přepravního výkonu, který je žádoucí mít co nejmenší. Dva objekty s největším materiálovým tokem (A,B) se umístí blízko sebe, takže následně vytvoří základnu budoucího trojúhelníku. Následně se hledá objekt (C), který má s oběma objekty největší vztah a ten vytvoří vrchol trojúhelníku. Pokud má objekt vztah pouze s jedním z objektů tvoří nový trojúhelník. [20]



Obrázek 11: Trojúhelníková metoda [20]

D-I diagram

Distance – Intensity diagram je dalším z nástrojů používaných při analýze materiálových toků. Diagram vizualizuje závislost mezi vzdáleností, jakou materiál urazí během procesu a množstvím materiálu, jenž je na onu vzdálenost přepravován. Vždy je snahou, aby se zobrazené materiálové toky v diagramu nacházeli v optimálním poměru vzdálenost/přepravované množství. Při zavedení všech bodů se vykreslí křivka, která znázorňuje ideální pozici materiálových toků v grafu. Body nacházející se v blízkosti křivky jsou procesy s vhodným materiálovým tokem. Snahou je umístit všechny body co nejbližší křivce. V principu to znamená, že velké objemy (množství) materiálu je přepravováno na krátkou vzdálenost, zatímco materiál, jenž se přesouvá minimálně nebo v malém množství, se přepravuje na delší vzdálenost. Zatímco body daleko od křivky viz Obrázek 12: Distance intensity diagram představují nevhodná a úzká místa v logistickém/výrobním procesu. [23]



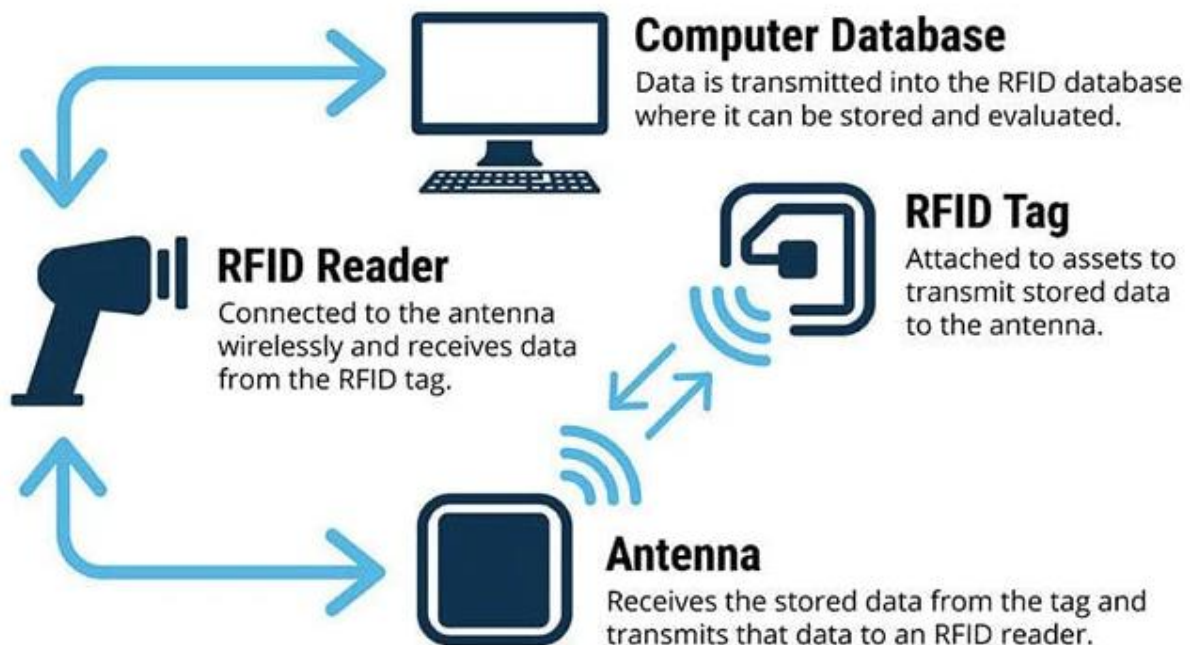
Obrázek 12: Distance intensity diagram [23]

Může se stát, že některé toky, nelze dostatečně přiblížit ke křivce. Jedním z důvodů může být například pevně daná pozice výrobních strojů, jimiž výrobek prochází. Fixní pozice je určena například velikostí stroje nebo místem přívodu provozních kapalin. Zjednodušeně řečeno: stroj nelze vzhledem k dispozici nikam jinam přesunout. [23]

RFID trasování

Jednou z možností jak dosáhnout přehledu o pobytu výroby je použití bezdrátových RFID (Radio Frequency Identification) technologií. V případě zavedení RFID se monitoruje pohyb veškerých výrobků a komponent, díky tomu je lze zpětně dohledat a zobrazit i historii pohybu. Identifikace hromadného balení či předmětů se provádí označením snadno čitelným štítkem (tagem). Monitorování pohybu dílů v reálném čase je zachycováno pomocí čtecích a zápisových antén. RFID systémy umožňují provádět statistické vyhodnocení. Veškerá data nasbíraná systémem, jsou totiž ukládána a centrální nebo cloudový server. Pracovníci si mohou snadno načíst data pomocí RFID čteček. Princip technologie je znázorněn na Obrázek 13. Oproti běžně využívaným čárovým kódům umožňuje tato technologie čtení/zápis objektů na několika metrové vzdálenosti s mnohem větší frekvencí. Dokonce je možné číst tagy, které jsou schované za překážkami, čehož čárové kódy nejsou schopny.

Každý systém musí být navržen přesně pro konkrétní aplikaci, aby se zajistila jeho spolehlivost. Čtecí/zápisové kamery totiž musí být schopné dosáhnout a přečíst štítky na výrobcích. Jejich rozmístění je tedy naprosto klíčové. Jednou z firem, která poskytuje řešení na míru je Turck Vilant.[36]



Obrázek 13: Princip RFID [36]

2. Dispoziční řešení výrobních a laboratorních prostor

Pokud zákazník neplatí za přesun výrobků (jako je tomu v logistice), je každá manipulace nežádoucí, jelikož zvyšuje náklady na výrobu produktu. Snižování množství manipulace je předmětem zájmu především ve výrobních procesech. Efektivní uspořádání pracovišť (efektivní dispozice) značně napomáhá ke snížení manipulační vzdálenosti. Dispozici lze považovat za efektivní pohybuje-li se výrobek v jednom směru a co nejkratší cestou, současně nedochází ke zbytečnému vracení či křížování. Nízké manipulaci spíše odpovídají předmětné nebo linkové uspořádání, odpovídající sériové a hromadné výrobě. Naopak technologické uspořádání, jenž je často voleno u kusové výroby, dosáhne nízké manipulace stěží, protože ne vždy respektuje pohyb výrobku ve výrobním procesu. Základní požadavky na výrobní průmyslové budovy a jejich dispoziční řešení definuje norma ČSN 73 5105. [27]

2.1 Požadavky při vytváření layoutu výrobní haly

Při vytváření layoutu haly je třeba zohlednit tyto faktory:

- Výrobní proces
- Bezpečnost
- Ergonomie
- Požadavky strojů
- Prostorové omezení
- Vliv technologií a blízkého okolí
- Možnost flexibility

Výrobní proces

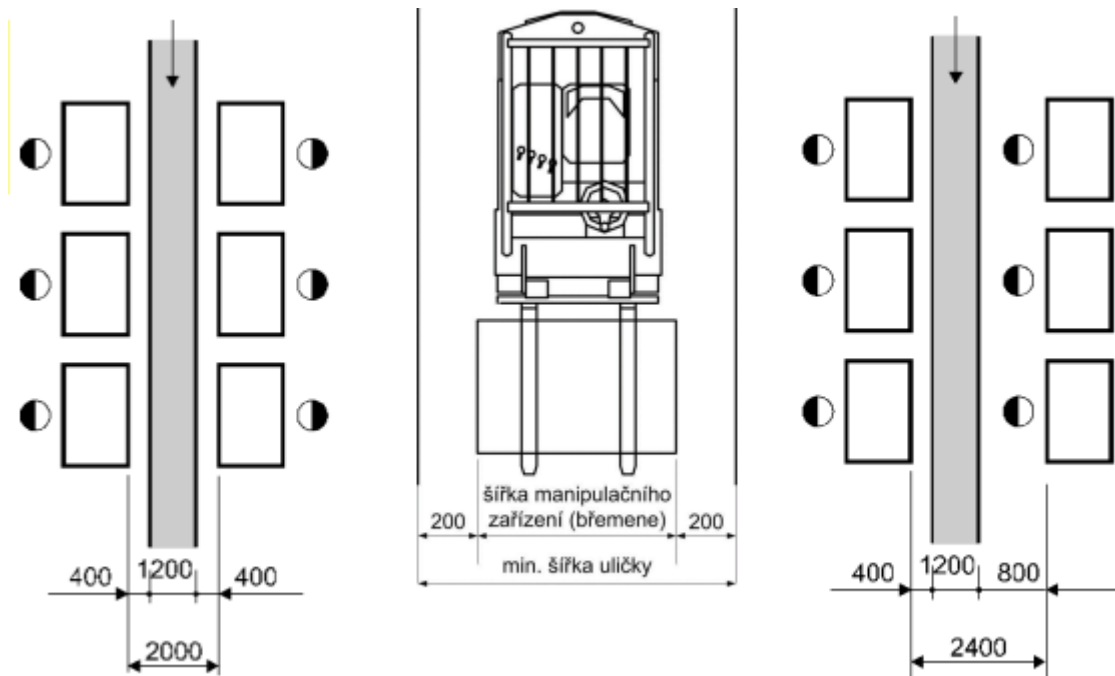
Znalost výrobního procesu, či laboratorních postupů napomáhá při uspořádání strojů a pracovních míst tak, aby více odpovídali výrobnímu procesu. To vede ke snížení manipulace a následnému snížení nákladů spojených s manipulací. Dobrá znalost výrobního procesu, navíc pomáhá odhadnout počet potřebných skladovacích míst.

Bezpečnost

Musí se zohlednit bezpečnostní normy a předpisy práce, povinnosti týkající se bezpečnosti práce v zákoně č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. Zvláště probíhá-li manipulace se zdraví škodlivými látkami. Zaručit dobrou dostupnost hasicích zařízení a ochranných prvků. Současně je nutné dodržet minimální šířku a výšku uliček, tu předepisuje norma ČSN 26 9010. Níže jsou uvedené příklady minimální šířky uliček a rozložení strojů.

- Minimální šířka pro jednosměrnou uličku s občasným pohybem pracovníka je 600mm.
- Pokud se jedná o obousměrnou uličku, zvětšuje se tato šířka minimálně o 150mm za každého dalšího pracovníka. Příklad obousměrná ulička pro 2 pracovníky je $600+150=750$ mm. Zmíněné rozšíření je kvůli vyhýbání.
- Používá-li jednosměrnou uličku pracovník nesoucí břemeno, je minimální šířka uličky 850mm. Nese-li břemena v obou rukách je ulička se rozšiřuje ještě o 150mm, tedy na finálních 1000mm.
- V případě obousměrné uličky s břemenem je minimální 1000mm, nesou-li pracovníci břemena v každé ruce, ulička se zvětšuje o 150mm na finálních 1150mm. [25],[26]

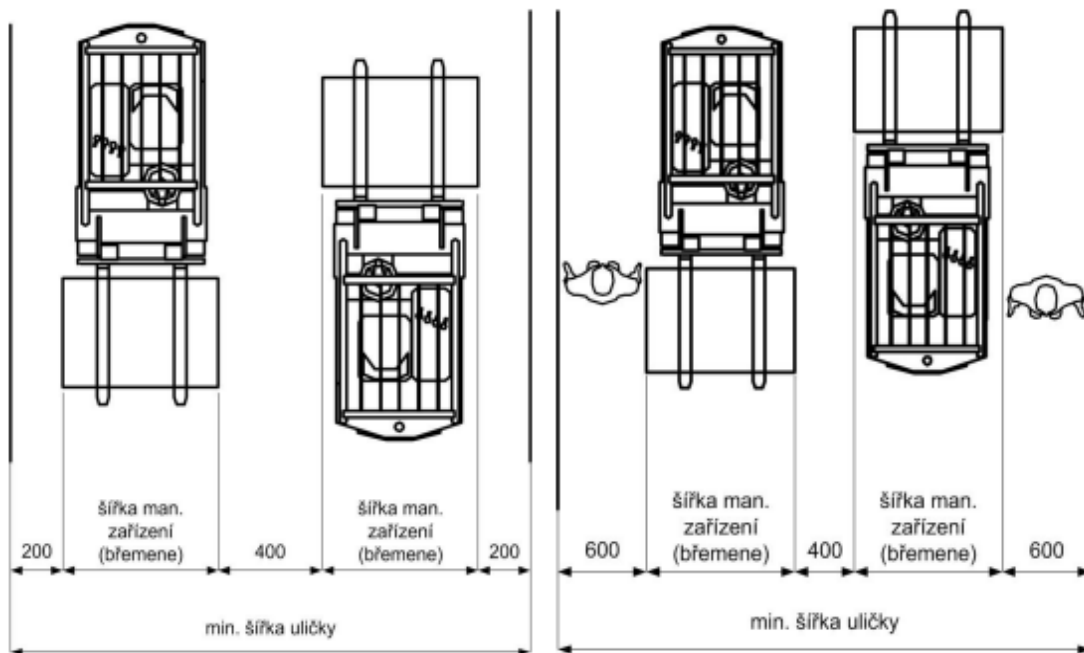
Šířku uliček dále ovlivňuje poloha pracovišť a šířka manipulačních zařízení či břemen. V případě manipulačního zařízení/břemene se bere v potaz, to co má větší rozměry (je širší). V případě, že je stroj s pracovníkem orientován do uličky musí být bezpečnostní vzdálenost 800mm od uličky. Pokud je, ale stroj s pracovníkem orientován od uličky stačí pouze 400mm, viz . Obrázek 14: Bezpečnostní vzdálenosti u uliček. [25],[26]



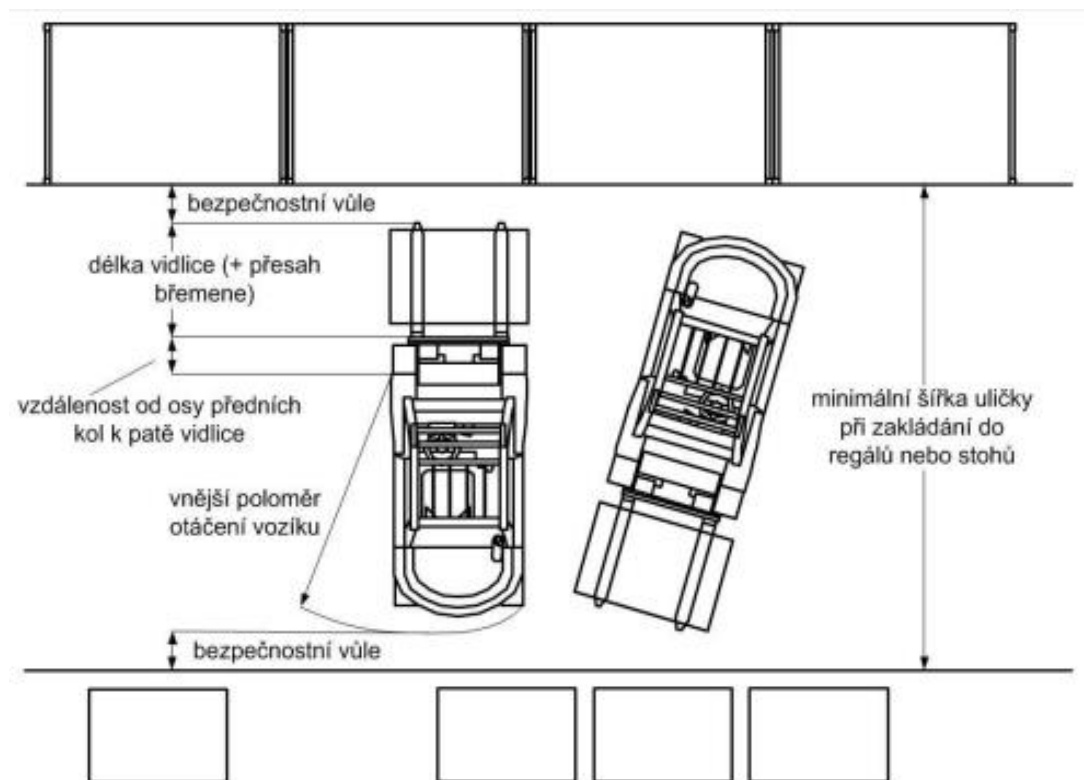
Obrázek 14: Bezpečnostní vzdálenosti u uliček [23]

Normy ČSN 26 9010 a ČSN 73 5105, rovněž předepisují požadavky na uličky při pohybu dopravní a manipulační techniky v uličkách.

- Manipulační ulička jednosměrná je dána největší šířkou manipulačního zařízení s břemenem, jenž projíždí skrz uličku. Tato šířka se navíc zvětšuje o bezpečnostní vůli 400mm (200 z každé strany).
- V případě obousměrné manipulační uličky, je minimální šířka uličky dána 2x projíždějící manipulační zařízení, zvětšené 400mm potkávací vůli a dalších 400 mm na bezpečnostní vůli. Zadefinuje-li se šířka projíždějícího zařízení s břemenem jako B. Minimální šířka obousměrné manipulační uličky je tedy $\check{S}=2x B + 800\text{mm}$ viz Obrázek 16. Pokud prochází uličkou občas i pracovníci hovoří se pak o tzv. hlavní dopravní cestě. V případě dopravních cest s jedním jízdním pruhem a dvěma postranními je minimální šířka uličky $\check{S}= B + 2x 600$. Pokud má uličky pouze 1 postranní pruh a navíc se nachází u zdi, odpovídá minimální šířka uličky $\check{S} = B+ 600 + 200$.
- Manipulační uličky pro zakládání manipulačních jednotek do regálů/stohů: Zakládá-li se do regálů čelními vysokozdviznými vozíky pak je minimální šířka uličky $\check{S}=200 + R + x + L$, viz Obrázek 15.
 - R – vnější poloměr otáčení vozíku
 - X – vzdálenost od osy předních kol k patě vidlice
 - L – délka vidlice zvětšená o případný přesah břemene
 - 200 – odpovídá bezpečnostní vůli (100mm z každé strany) [25],[26]



Obrázek 16: Obousměrné dopravní uličky a dopravní cesty [23]



Obrázek 15: Šířka uličky při zakládání do regálu [23]

Ergonomie

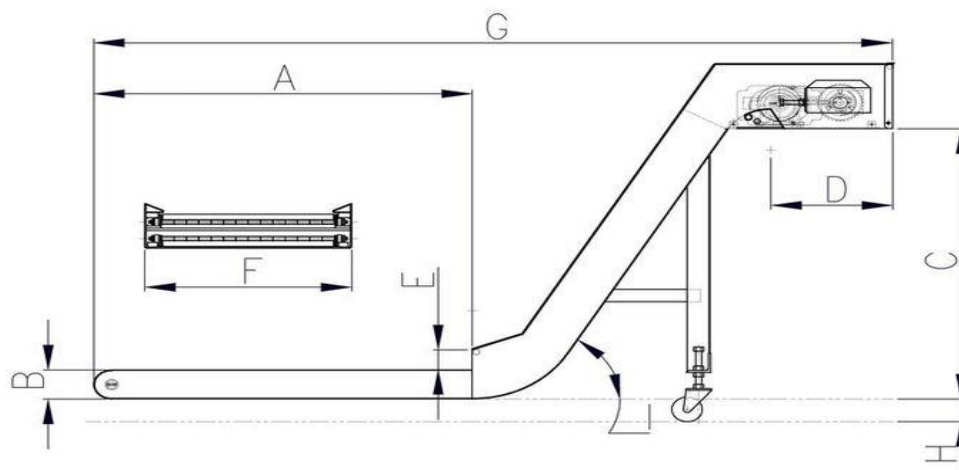
Pracoviště by se měli navrhovat s ohledem na pohodlí, bezpečnost a zdraví pracovníků. Při vytváření ergonomicky dobrého pracoviště napomáhají nastavitelné židle, stoly, monitory, nástroje s ergonomickými úchopy. Blíže antropometrické požadavky na uspořádání pracovního místa definuje norma ČSN EN ISO 14738.

Prostorové omezení

Při tvorbě layoutu by se měl brát velký ohled na co nejlepší efektivní využití dostupného prostoru, nevhodné často snižuje počet pracovišť, které je možné do haly umístit. Místo lze ušetřit například vertikálním skladováním, dobrým rozmístěním skladovacích míst, využitím mobilních pracovišť místo fixních.

Požadavky strojů

Kromě rozměrových požadavků strojů, vstupují do tvorby layoutu i požadavky na základy, dostatečný přívod elektrického proudu, přívody provozních médií (vzduch, chladicí a mazací kapaliny,...). Specificky velké stroje kolikrát nemají v hale moc možností jak je umístit, protože zahrnují značné množství místa, většinou i vlastní základy. Právě základy bývají mnohdykrát rozměrnější než samotný stroj. Rozměr základů pro stroje také ovlivňuje, jak daleko od stěn lze stroj umístit. Mnohdy stroje vyžadují i externí nádrže na kapaliny, ty taktéž zvětšují nároky pracoviště na volný prostor. Nesmí se ani zapomínat na případný servis, prostor pro vyndání dopravníků třísek taky bývá značně veliký. Pro jednoduché vyndání dopravníku třísek musí být za strojem místo aspoň o rozměru A, viz Obrázek 17: Důležité rozměry dopravníku třísek + vůle navíc. Rozměr A je rozdílný u každého výrobce a obráběcího zařízení. Efektivně lze tento prostor využít například uličkou, dopravník se poté v případě potřeby servisu vytahuje do uličky. Volný prostor pro servis tak má více využití a nezabírá pouze místo



Obrázek 17: Důležité rozměry dopravníku třísek [24]

za účelem zmíněného občasného servisu.

Možnost flexibility

Je vhodné při navrhování pracoviště myslet i na budoucí změnu technologie či výrobního procesu. Dobrým příkladem flexibilního layoutu jsou tzv. víceúčelové zóny. V případě víceúčelové zóny je jeden prostor využíván pro rozdílné technologické procesy a činnosti. Flexibilitu pracovního místa lze vylepšit o pomoci manipulačních robotů, či použití

jiných technologií, které umožňují snadnou rekonfiguraci pracovního prostoru. Při navrhování zajistit dobrou škálovatelnost neboli schopnost rozšíření či zúžení pracovního prostoru v případě potřeby.

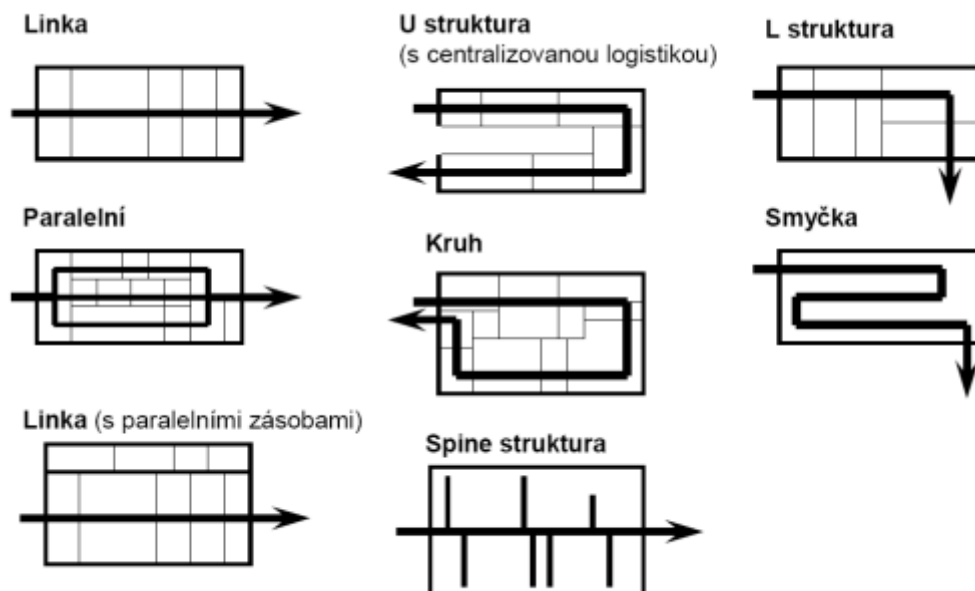
Vliv technologií a blízkého okolí

Některé technologie, byť mají různá stíněná, značně ovlivňují svoje blízké okolí. Mezi takové technologie patří například buchary a pece. Tyto zmíněné technologie by se nikdy neměly umísťovat blízko laboratorních zařízení nebo laboratoří. Výsledky měření pak mohou být zkreslené, právě negativním vlivem ostatních technologií nacházejících se v blízkosti měřících zařízení. Teplo navíc ovlivňuje i obráběcí centra, sice jsou obráběcí centra vybaveny tepelnými kompenzátory, nicméně prudká změna teploty častokrát ovlivní přesnost výroby. Teplo nemusí vycházet jenom z ostatních technologií, mnohdy stačí i otevřené vrata haly proto, aby se změnila přesnost obráběcího stroje.

2.2 Základní struktury výrobních systémů

Při tvorbě layoutů, především když ještě není postavená výrobní hala, je více než vhodné zvážit jaké struktury budou odpovídat hlavní materiálové toky budoucího výrobku. Pokud je již hala postavena, často její dispozice (umístění vrat, energetických linek, apod.) ovlivňují vhodnosti struktur. Nejčastější struktury, které se používají znázorňuje Obrázek 18.

Každá struktura vyhovuje lépe jinému typu výroby a produktu. Příkladem je třeba spine struktura, v jejím rozložení se často vyrábějí kolejová vozidla. Kdy koleje, lze je pojmenovat hlavní, vedou podél výrobních hal a z hlavních kolejí jsou vyvedeny odbočky, spojující haly umístěné vedle sebe. Vznikající výrobek, tedy např. tramvaj vždy z hlavních kolejí odbočí do haly úzce specializované na svůj druh činnosti (lakování, elektřina, podvozek). Po provedení veškerých prací souvisejících s danou halou, putuje nově vznikající tramvaj do další haly. [30][31]



Obrázek 18: Základní struktury výrobních systémů [30]

2.3 Základní typy uspořádání

Při samotném rozmístování strojů do haly se vychází ze znalosti výrobního procesu a typu výroby. Pro každý typ výroby (hromadná, sériová, kusová) je vhodnější jiný typ prostorového uspořádání. Obrázek 19 znázorňuje, jaké uspořádání se typicky používá pro daný typ výroby. Typy prostorového uspořádání dělíme na základní a jejich kombinace tzv. hybridní uspořádání. Rozlišují se tyto druhy:

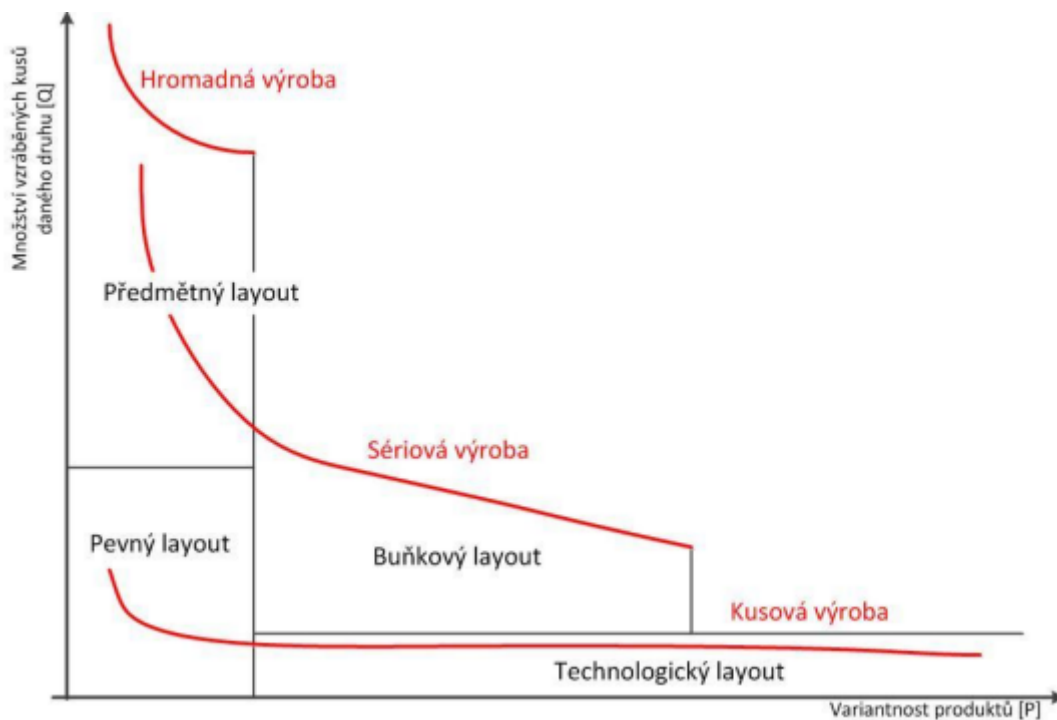
Základní:

- Volné
- Pevné
- Technologické
- Předmětné

Hybridní:

- Modulární
- Kombinované
- Buňkové

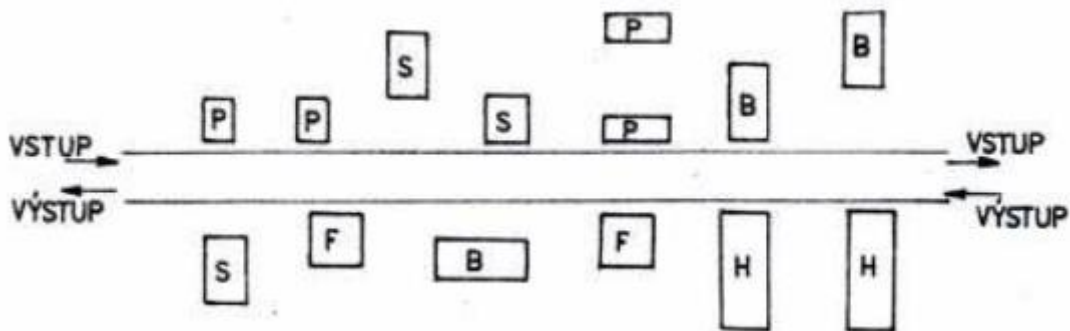
[30]



Obrázek 19: Prostorové uspořádání v závislosti na typu výroby [30]

Volné uspořádání

U volného uspořádání viz Obrázek 20, nemají pracoviště své pevné místo. Stroje/pracovní místa jsou tedy volně rozmístěny v prostorách haly. Tento typ uspořádání většinou vzniká, když před samotnou výrobou nebylo možné stanovit materiálové toky. Typickým zastupitelem jsou montážní dílny. V současné době se volné uspořádání prakticky nevyužívá, občas ho ale lze nalézt v montážních halách. Vždy se, ale jedná o malé celky, jinak v hale převládá jiný ze zmíněných typů uspořádání. Efektivně lze volné rozmístění využít, když je k dispozici dostatečně pružný výrobní/montážní proces, kdy výrobky jezdí v malých sériích a dochází k jednoduchému a rychlému přestavení pracoviště před každým najetím nového typu výrobku. [29][30]



Obrázek 20: volné uspořádání [31]

Pevné uspořádání

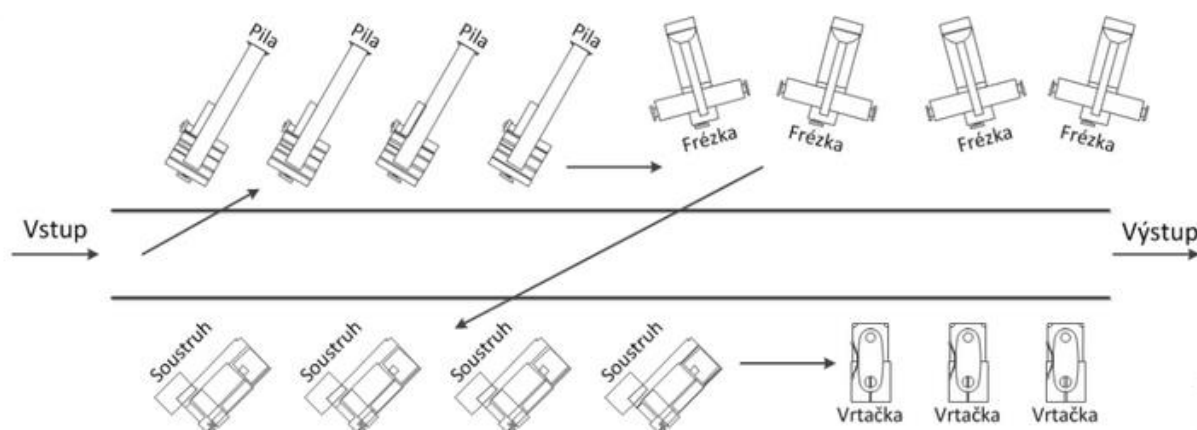
U pevného uspořádání, zhotovované výrobky většinou dosahují značně velkých rozměrů. Rozměry výrobků jsou tak velké, že jakákoliv manipulace s výrobkem by byla značně náročná. S ohledem na náročnou manipulaci se nový produkt nepohybuje, a nové díly jsou k zhotovované sestavě přiváženy a montovány na témže jednom místě. Příkladem pevného uspořádání je výroba zaoceánských nákladních lodí a velkých letadel typu airbus. Zmíněné uspořádání je zobrazeno na Obrázek 21, kde je vyobrazena montáž válečné lodi. Autoři zdrojového článku uvádí, že montáž trvala rekordních 50 dní.[29] [30][31]



Obrázek 21: Pevné uspořádání - montáž lodi [29]

Technologické uspořádání

Při technologickém uspořádání viz Obrázek 22 se stroje podobných technologií umísťují k sobě, tak že vznikají technologické celky (soustružení, vrtání, lisování, sváření, apod...). Jak znázorňuje Obrázek 19, technologické uspořádání je vhodné především pro kusovou a malosériovou výrobu. Jelikož stroje nejsou řazeny primárně dle technologického procesu, je toto uspořádání méně úsporné na materiálové toky. Což vede ke konečnému prodloužení doby výrobního cyklu a vyšším zásobám rozpracované výroby. Na druhou stranu stroje při tomto řešení bývají univerzální a tak dokáží poměrně snadno reagovat na změnu technologického procesu. Podobné technologie navíc mohou sdílet přívody energetických zdrojů a chladících médií z externích nádrží. Navíc umístění podobných technologií vedle sebe vede k jednodušší aplikaci vícestrojové obsluhy. [30][31]

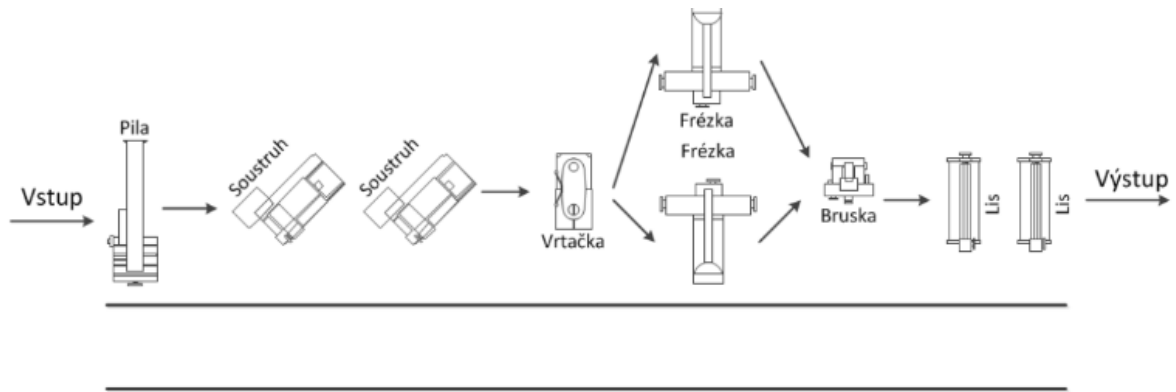


Obrázek 22: Technologické uspořádání [30]

Předmětné uspořádání

Tento typ uspořádání je úzce spjat s výrobním procesem předmětu (výrobku). Pracoviště jsou řazena za sebou, primárně dle technologického postupu jednoho výrobku nebo skupiny technologicky podobných výrobků. Řazení dle technologického postupu pomáhá snížit manipulační vzdálenosti, snižuje míru rozpracování výroby a čas průběžné doby výroby. Díky menší rozpracovanosti výroby jsou nižší i nároky na skladovací a meziskladovací plochy. Předmětné uspořádání je vhodné pro sériovou až hromadnou výrobu. Změny ve výrobním procesu či zavedení nového typu výrobku má na předmětné layouty velký dopad, často vede k přestavění uspořádání strojů.

Vyšším stupněm předmětného uspořádání jsou výrobní linky. Nejvyšším stupněm je pak plně automatizovaná výrobní linka. Výrobní linky jsou tvořeny jednoúčelovými stroji, mezi kterými se výrobek pohybuje prostřednictvím dopravního pásu. S vyšším stupněm předmětného uspořádání se zvedají nároky na řízení. Schéma předmětného uspořádání je vyobrazeno na Obrázek 23. [30][31]

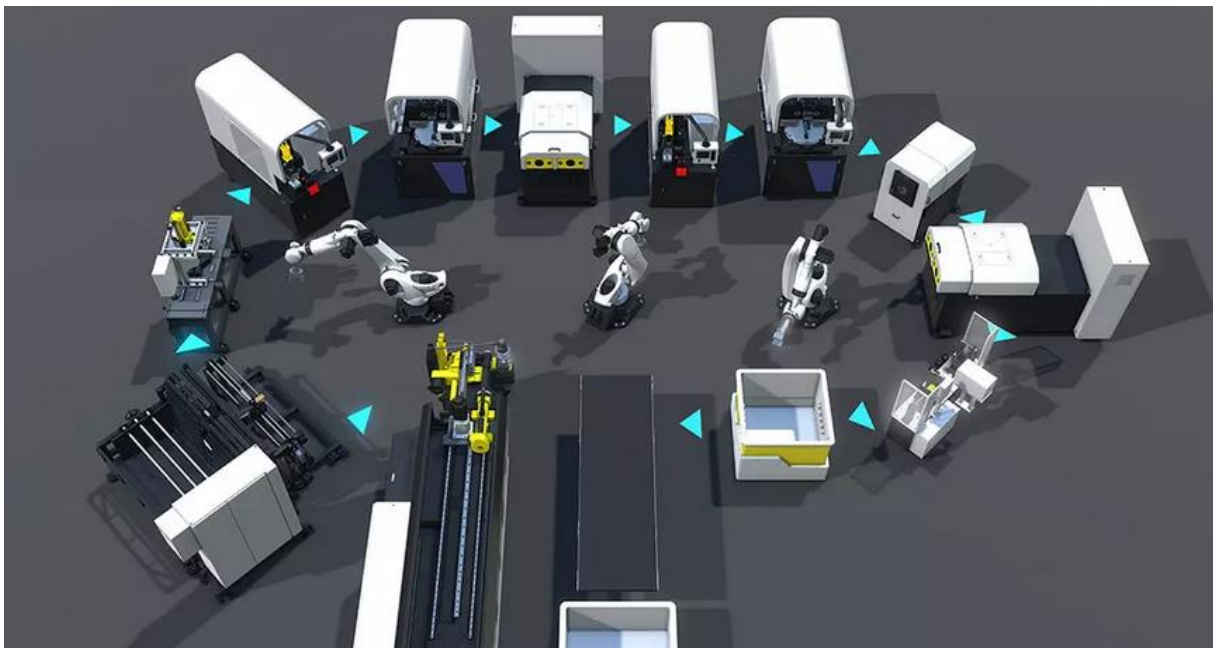


Obrázek 23: Předmětné uspořádání[30]

Buňkové uspořádání

Zde se některé literatury rozcházejí, zda se jedná o samostatné uspořádání či podtyp předmětného uspořádání. Buňkové uspořádání patří k moderním typům uspořádání, jenž v sobě kombinuje výhody technologického i předmětného layoutu. Výroba je rozdělena na jednotlivé buňky, kdy každá buňka funguje jako samostatná flexibilní jednotka, vybavená veškerým potřebným vybavením, nezbytným na dokončení určité části výrobního procesu. Pohyb vznikajícího předmětu v buňce je v rámci malých vzdáleností. Buňkové uspořádání podporuje flexibilitu výroby, jelikož se některé pracoviště v buňce dají přeskočit. Navíc jak již bylo nastíněno každá buňka je schopná fungovat nezávisle na ostatních a buňky je možné v případě potřeby modifikovat. Nicméně tento typ uspořádání vyžaduje dostatečný objem výroby a spolehlivě fungující informační a řídicí systémy, aby došlo k efektivnímu využití. [30][31]

Výrobní buňky mohou být i plně automatizované. Jednotlivé pohyby výrobky mezi pracovišti (v rámci buňky) pak obstarává robotické manipulační rameno viz Obrázek 24. Hotové výrobky jsou mezi buňkami přemísťovány po dopravníku, nebo jakýmkoliv manipulačním prostředkem v případě nižšího stupně automatizace.



Obrázek 24: Automatická výrobní buňka na ohýbání 97[28]

2.4 Pracoviště

- Pojem pracoviště má několik definic:
- Prostor přidělený jednomu či více zaměstnancům v pracovním systému pro plnění pracovních úkolů.
- Prostor pro práci včetně přiměřeného prostoru pro potřebný inventář a materiály.
- Vymezená část prostoru v pracovním procesu, na kterém člověk nebo skupina lidí provádí ucelený komplex činností.
- Rozsáhlejší prostor buď uzavřený jako např. dílna, hala, sklad, kancelář apod., nebo otevřený – práce ve vnějších prostorech např. v zemědělství, lesnictví apod., v nichž zaměstnanci vykonávají své pracovní úkoly.
- Pracoviště tvoří část pracovního prostoru vymezená určitému pracovníkovi nebo skupině pracovníků pro hlavní a vedlejší činnost.
- Pracoviště představuje dílčí jednotku pracovního prostředí v rámci dané organizace. Je tedy vymezeno v podobě konkrétního pracovního prostoru. [21]

Když se provádí zlepšování pracoviště je důležité odstranění veškerého plýtvání a nedostatků a celkové zlepšení podmínek na pracovišti. Nezbytně nutné je věnovat mimořádnou pozornost při zdokonalování organizace a obsluhy pracovišť, protože na pracovišti probíhá pracovní činnost a vytvářejí se podmínky pro její efektivní průběh. Organizace pracoviště má velký vliv na využití lidské pracovní síly a technických prostředků, na používané metody práce, kvalitu výrobků i bezpečnosti práce.

Jelikož na pracovišti probíhá pracovní činnost a jsou zde vytvářeny podmínky pro její efektivní průběh, je nutná zvýšená pozornost během zdokonalování organizace a obsluhy pracovišť. Organizace pracoviště velmi ovlivňuje kvalitu výrobků, kvalitu pracovních podmínek, používané metody práce, využití technických prostředků a lidské síly a také bezpečnost práce.

Zkoumané oblasti při zlepšování pracoviště jsou:

- **účel zlepšování** – analyzovat plýtvání, odstranit chyby po předchozí operaci,
- **konstrukce** – výrobek musí být vyrobitelný a smontovatelný,
- **specifikace, tolerance, požadavky na provedení** – eliminovat vznik lidské chyby,
- **používaný materiál** – hledat levnější, zpracovatelnější, od nejlepšího dodavatele, využívat odpadu k druhotné výrobě či možnosti recyklace,
- **výrobní proces, technologie** – snížit počet operací,
- **používané nářadí** – zvažovat investice vzhledem k návratnosti, pracovníkům a celkové pružnosti výroby,
- **manipulace s materiálem** – využití mechanických zařízení, eliminovat manipulaci na minimum,
- **layout pracoviště** – redukce vzdáleností, vytvoření standardu, nový layout,
- **návrh práce** – využití antropometrických, biometrických a fyziologických aspektů.[22]

Jak již bylo výše zmíněno, při zlepšování pracoviště je jedním z cílů odstranění veškerého plýtvání. Aby bylo jasné, co se plýtváním rozumí je tento pojem dále rozveden. Druhů plýtvání jak popisuje Obrázek 25 je celkem 8:

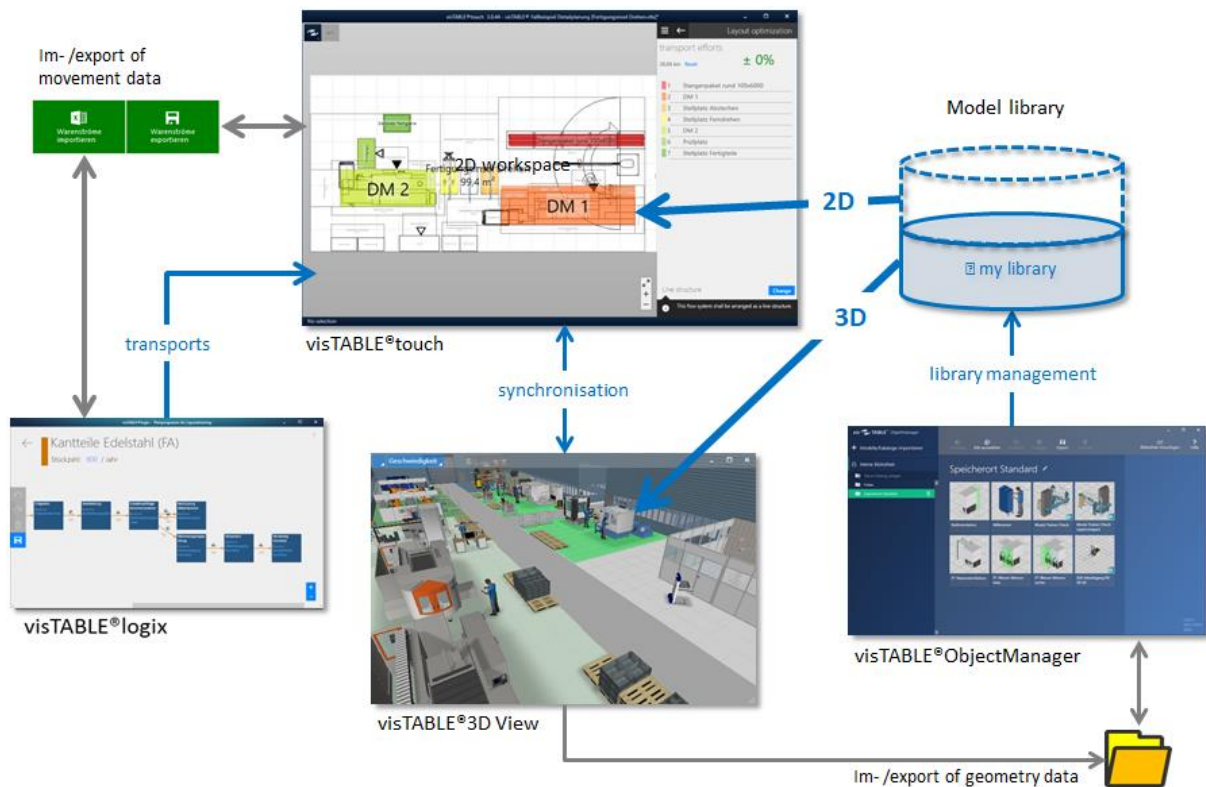


Obrázek 25: 8 druhů plýtvání [15]

- Nadvýroba
- Zbytečné pohyby
- Nadbytečná manipulace a transport
- Čekání
- Chyby a zmetky
- Velké zásoby
- Neefektivní práce
- Nevyužití lidského potenciálu

2.5 Vistable

Vistable je software určený pro tvorbu layoutů a analýzu materiálových toků. Aplikace je vytvořena tak, aby byla intuitivní a snadno ovladatelná i bez znalostí CAD systémů. Dokonce složité návrhy jsou vytvořeny relativně v krátkém čase, díky funkci „drag & drop“. Většina práce s programem probíhá ve 2D. 3D layout vzniká souběžně, během toho co se vytváří 2D layout. Object manager zahrnutý v programu umožňuje vkládání vlastních 3D modelů, úpravu jejich měřítka a natočení v prostoru. Postup práce ve Vistable je následující: vytvoření 2D layoutu, přiřazení účelu plochám, vytvoření uzlových drah pohybu materiálu, zanesení materiálových toků a následné vyhodnocení layoutu. Materiálové toky jsou na 2D layoutu znázorněny pomocí Sankey diagramů. Vistable dokáže pro každý layout i vytvořit DI – diagram, který bude v této práci sloužit jako rozhodující kritérium při vyhodnocování layoutů. Koncept programu je znázorněn na Obrázek 26. [35]



Obrázek 26: Concept Vistable [35]

2.6 Kapacitní výpočet ploch

Celková výrobní plocha prostor se skládá z více ploch s rozličným zaměřením. Rozlišují se především:

- výrobní plochy
- pomocné plochy
- sociální plochy
- plochy strojů a zařízení

Na pomocných plochách se nevyrábí, ale jsou nezbytné pro fungování celého procesu. Pomocné plochy se skládají z ploch mezikladů, skladů, uliček a ploch pro údržbu a opravu strojů

Rozložení pomocných ploch se následující:

SPdc – pomocná plocha vnitřních dopravních cest (32 – 35%)

SPskl – pomocná plocha skladová (17 – 30%)

SPhn – pomocná plocha hospodaření s nářadím (14 – 16%)

SPú – pomocná plocha údržby (14 – 16%)

SPk – pomocná plocha kontroly (7 – 9%)

Výpočet ploch:

$$S_Z = d_s \cdot \check{S}_s [m^2]$$

$$S_M = S_Z \cdot k [m^2]$$

$$S_V = \sum_{i=1}^m S_{Mi} \cdot P_{str} [m^2]$$

$$S_p = (0,4 \div 0,6) \cdot S_V [m^2]$$

$$S_{pskl} = (0,17 \div 0,3) \cdot S_p [m^2]$$

Kde:

S_Z – Půdorysná plocha stroje

d_s – délka stroje [m]

\check{S}_s – šířka stroje [m]

S_M – měrná plocha

K – plošný koeficient, vyjadřující bezpečnost práce a provozní podmínky

S_V – celková výrobní plocha

S_{Mi} – plocha výrobního zařízení i-tého druhu [m²]

P_{stri} – počet strojů i-tého druhu

S_p – pomocné plochy

Výpočet potřebných palet:

$$n_{i_celk} = \frac{\text{počet výrobků } i \text{ za rok}}{\text{počet } Ks \text{ na jednotku}} [\text{jednotek/Rok}]$$

$$n_{i_den} = \frac{n_{i_celk}}{\text{počet pracovních dnů}} \left[\frac{\text{jednotek}}{\text{den}} \right] [5][30]$$

Buffer

Buffer neboli vyrovnávací zásoba je mezičlánek sloužící k vyrovnání nepředvídatelných výkyvů mezi navazujícími výrobními procesy. Jako buffer lze chápat například místo, kde se mohou polotovary z procesu „A“ krátkodobě skladovat, do té doby než proces B vyrovná svoji časovou ztrátu, způsobenou například výměnou poškozeného nástroje. Cílem je zamezit zbytečným prostojům, které by vznikly, kdyby proces A musel čekat na proces B. Existují matematické metody jak spočítat velikost bufferu. Výsledkem takových metod je poté pravděpodobnost s jakou se stane jeden z procesů nechtěným úzkým místem při dané velikosti vyrovnávací zásoby. Nicméně dle slov Profesora Dr. Christopa Rosera (experta v oboru), jsou tyto matematické metody nepoužitelné pro praxi a spíše se využívá expertních odhadů. Expertní odhod spočívá v tom, že expert jenž dané problematice rozumí vyjádří svůj názor. [37]

3. Představení společnosti

Firma GTW BEARINGS s.r.o působí na trhu s kluznými ložisky přes 25 let. Hlavním předmětem činnosti firmy je výroba kluzných kompozitových ložisek na míru. Kluzným ložiskům je zde věnována veškerá pozornost, zákazníci si mohou nechat nové ložisko navrhnout a vyrobit nebo zrepasovat stávající. Většinová část podniku se nachází kousek za Plzní ve vesničce Příšov. Nově GTW postavilo výrobní halu, kousek od Chotíkova. Hala se postupně vybavuje nejmodernější obráběcí a navařovací technikou. Součástí je i nový zkušební stand, pro testování limitních stavů ložisek a verifikaci výpočtových simulací.

Výrobky GTW odpovídají přání zákazníka a jsou v souladu s normami ISO DIN, popř. API. Nově navrhovaným ložiskům jsou nejprve v systému Combros spočítány dynamické vlastnosti ložiska a poté se zhotoví kompletní výrobní dokumentace. Zástavbové rozměry jsou vždy diskutovány se zákazníkem. Jedná se tedy především o kusovou až malosériovou výrobu na míru. Výrobky jsou dodávány zákazníkům nejen po Evropě, ale také do Afriky, Asie a USA. Kluzná ložiska jsou používány pro oddělení rotačních součástí od nerotačních. Využití jejich aplikace je například u plynových turbín, převodovek, generátorů apod.

Sortiment GTW:

- Radiální kluzná ložiska
- Axiální kluzná ložiska
- Axiálně-radiální kluzná ložiska
- Axiální segmenty
- Radiální segmenty
- ...[2]

Firma GTW BEARINGS s.r.o. je jedním z nejprestižnějších výrobců kluzných ložisek v Evropě.

Firma GTW BEARINGS s.r.o. byla v roce 2012 certifikována dle ČSN EN ISO 14001:2016 a v roce 2016 byla certifikována podle ČSN OHSAS 18001:2008. [1]



Obrázek 27: Produkty GTW [2]

4. Popis stávajícího stavu

Rozvíjející se společnost GTW postavila novou výrobní a zkušební halu v blízkosti Chotíkova. Na tuto skutečnost navazuje diplomová práce, která má za úkol provést modernizaci layoutu v hale Chotíkov a zkušební laboratoře umístěné v současném hlavním sídle firmy v Příšově. Obě lokality jsou od sebe vzdálené cca 2km, kdy manipulace mezi halami bude prováděna menším nákladním autem. V rámci diplomové práce se tato manipulace neřeší. Řeší se maximálně dostatečná zásoba v hale Chotíkov, jenž má cíl předejít vzniku nadbytečné manipulace mezi halami. Primárním cílem diplomové práce je aktualizovat současný layout Chotíkov a navrhnout variantní dispoziční řešení, téměř prázdné haly, jenž obsahuje stroje z níže uvedeného seznamu. Dispoziční řešení musí být současně v souladu s normami ČSN 73 5105 a ČSN 26 9010.

Seznam výrobních strojů pro halu Chotíkov:

- Puma VTS 1620 (karusel)
- Puma VTR 2025 (karusel)
- VLC 2000IC (karusel)
- Puma V 550M (karusel)
- DBC 110S (velká frézka 4osy)
- DHF 8000 (velká frézka 5os)
- LYNX2100A (soustružnické centrum)
- CUT E600 (drátořez)
- DVF 5000 (5osé frézovací centrum)
- PUMA 2600 (soustružnické centrum)
- DMN 650/50II (frézka 3osy)
- Laser cladding (pracoviště laserových návarů)

Pozn: šedě vyznačené stroje již byli ve firmě fyzicky, zbytek se objednává nový.

Firma postupně (jak se společně řešili jednotlivé stroje a jejich dispoziční detaily) zadávala a upravovala požadavky na počty strojů, z výše uvedeného seznamu, jenž by si v nové hale představovala. Finální počet strojů je:

- 1x karusel (PUMA V550M)
- 2x 5osé frézovací centrum DVF5000
- 1x velká 4-osá frézka DBC 110S
- 1x velká 5-osá frézka DHF 8000
- 2x soustružnické centra
- 2x drátořez
- 2x laserové pracoviště
- 1x frézka 3-osy (DMN 650/50II)

Hala Chotíkov bude sloužit pro hrubování velkých kusů a pro určitý typ výrobků zde bude probíhat kompletní výroba včetně navaření kompozice a dokončení. Funkci haly právě odpovídají stroje zmíněné ve výše uvedených seznamech. V následující kapitole 4.1, jsou uvedeny dispoziční detaily vybraných strojů, které je potřeba znát pro jejich správné umístění do layoutu nové haly.

Zkušební laboratoř Příšov

Zkušební laboratoř technické kontroly se nachází v jedné z hal v Příšově, bohužel hlavní část technické kontroly se nachází jiné hale. Zkušební laboratoř byla do nedávné doby vybavena pouze 3D souřadnicovým měřicím strojem značky ZEISS a potřebným příslušenstvím k stroji. Nově se, ale zkušební laboratoř rozrostla o materiálové zkoušky. K materiálovým zkouškám patří trhačka kompozice, leštička zkušebních vzorků a mikroskop.

Strojové vybavení zkušební laboratoře:

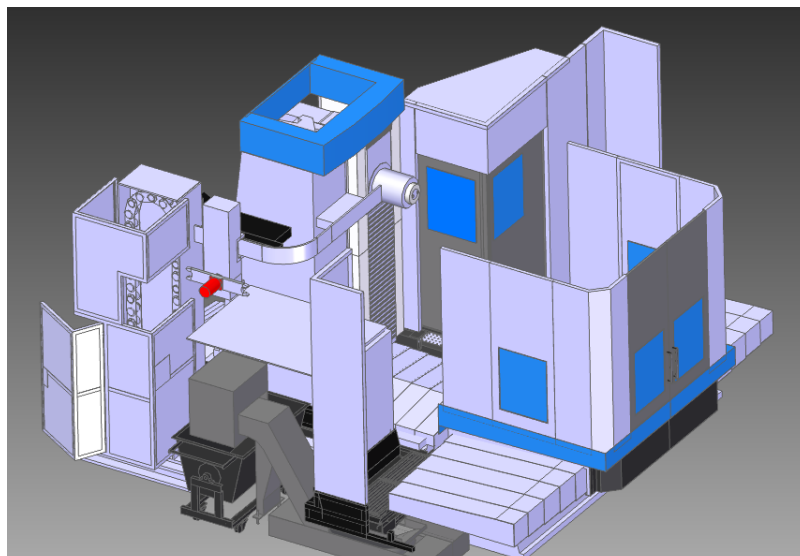
- Zeiss Contura (3D měřicí souřadnicový stroj)
- Olympus (mikroskop)
- Shimadzu (trhačka kompozice)
- Qpol 200M (leštička)

4.1 Výrobní stroje a jejich dispoziční nároky

Kromě zástavbových rozměrů stroje, je nezbytné znát také energetické zdroje. Energetickými zdroji je myšleno připojení elektřiny, chladících a procesních médií (voda, stlačený vzduch,..) a externí nádrže. Dále nezbytným detailem je také prostor pro případný servis a výměnu dílů stroje. Bohužel prostor pro výměnu třeba dopravníku třísek nebývá v katalogách uvedený a tak se v případě potřeby musí obepisovat dodavatelé jednotlivých strojů. Především znalost servisního prostoru nabývá na důležitosti když, se dělá pro stroje extra základ, do kterého jsou stroje následně ukotveny.

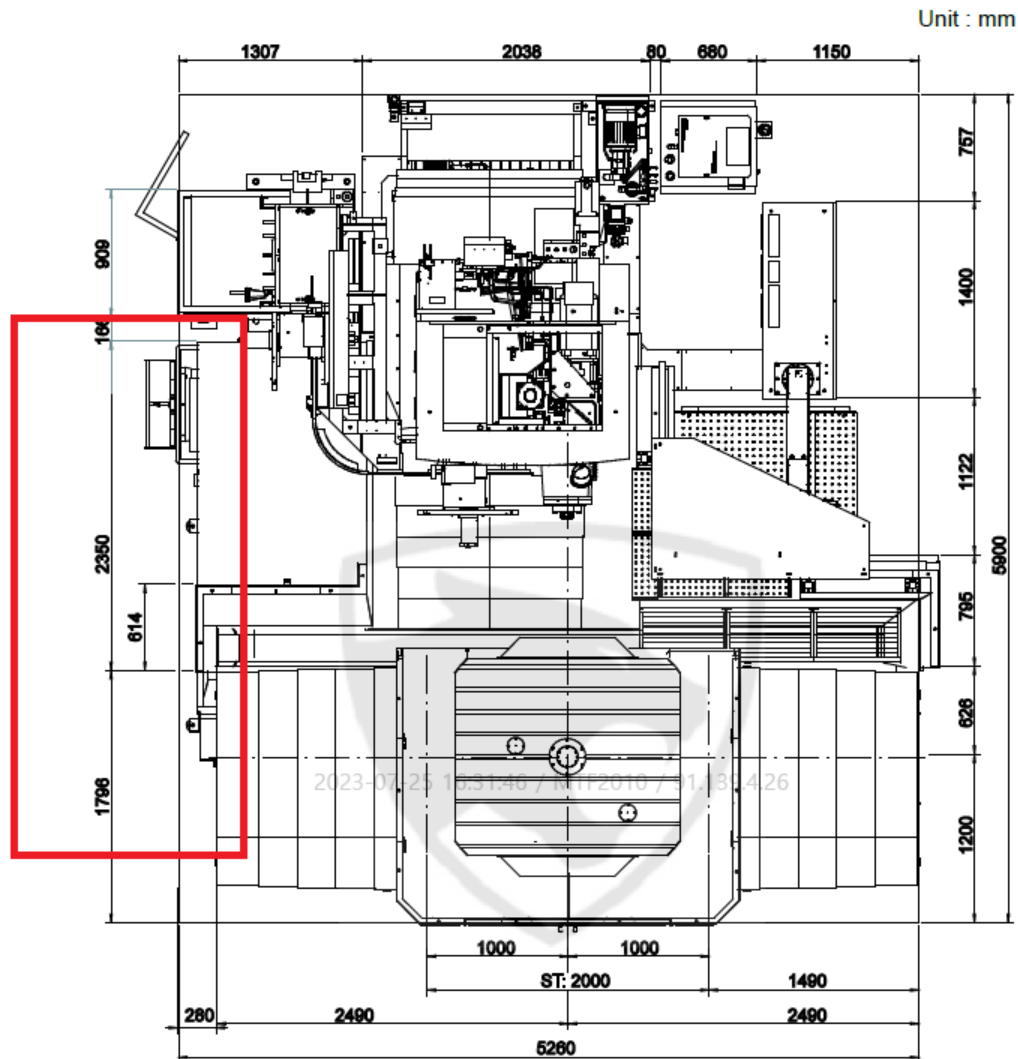
DBC 110S

Je s rozměry 5260x5900x4050 prvním z velkých strojů co se budou na halu umísťovat. Frézka s obráběcím prostorem: $x = 2000$, $y = 1500$, $z = 1200$, bude sloužit pro hrubování velkých kusů. Vzhledem k rozměrům stroje je potřeba udělat extra základy. Základy o rozměrech 5450x6810 mírně překračují rozměry stroje, navíc s hloubkou 1150, mohou představovat problém v případě umístění mašiny blízko stěn. Především problematické jsou stěny v místě sloupů, patky sloupů jsou přibližně 1 metr pod povrchem a mohou tak zasahovat do budoucích základů stroje. Níže na Obrázek 28 je zobrazen 3D model frézky.



Obrázek 28: 3D model DBC 110S

Řídicí panel DBC je z boku, zatímco prostor pro vkládání obrobků je v předu. Z toho vyplývá, že obsluha bude mašinu obcházet, to je další z důvodů proč nejde stroj umístit velmi blízko ke stěně. Za zadní částí stroje musí taktéž zůstat prostor, protože se nástroje do zásobníku zakládají právě zezadu. Značné nároky na volný prostor zde, klade i odvoz třísek, jenž je umístěn na poslední ze 4 stran DBC. Ještě větší volný prostor je potřeba zachovat pro případy výměny dopravníku třísek. Dodavatel strojů uvádí, že je potřeba 1,7x3 [m], viz červený obdélník na Obrázek 29: Rozměrové specifikace DBC. Ideální řešení by bylo umístit frézku, tak aby červený prostor na univerzální ploše, třeba uličce.

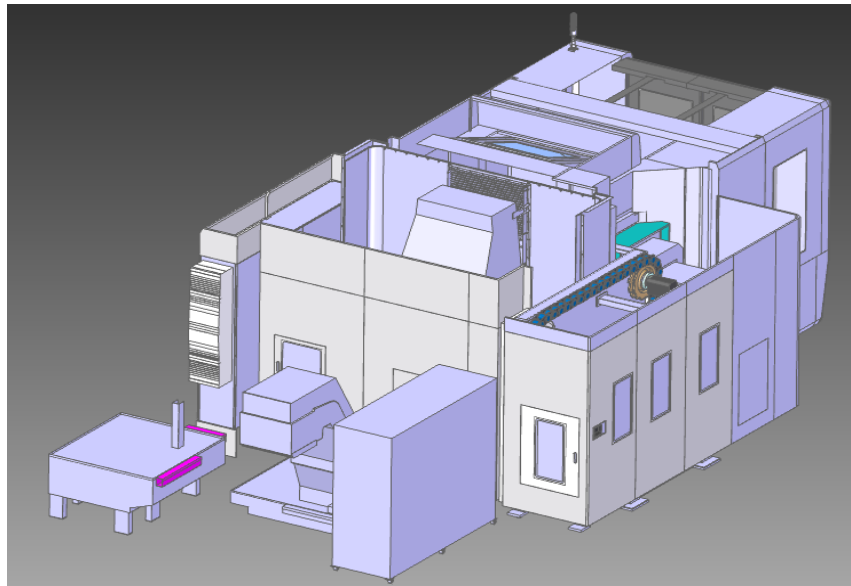


Obrázek 29: Rozměrové specifikace DBC 110S

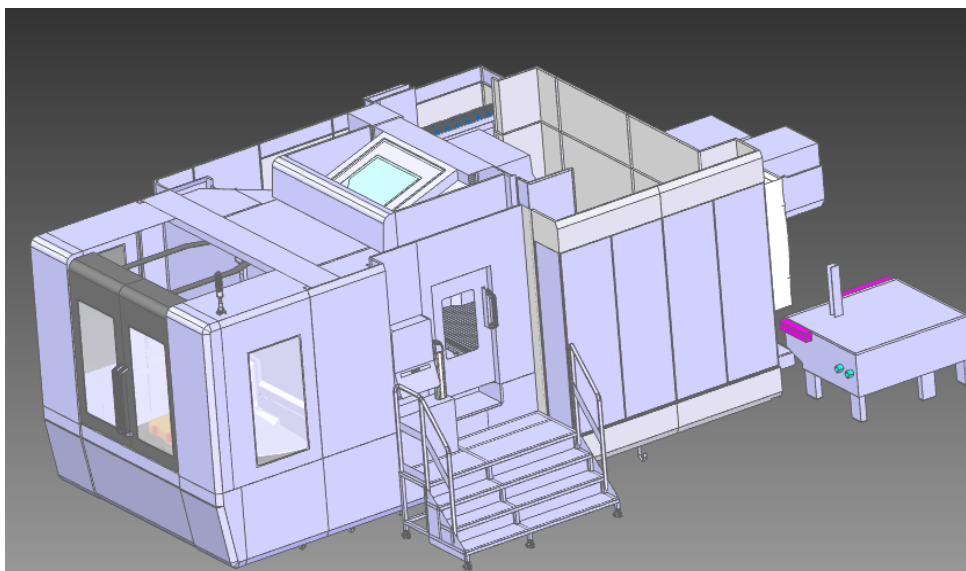
DHF 8000

Je největší obráběcí stroj, kterým bude hala Chotíkov disponovat. Hlavní rozměry jsou: 5829x9201x4074. Bude sloužit jako dokončovací centrum primárně velkých i menších kusů. K příslušenství stroje ještě patří externí nádrž, která prodlužuje délku stroje až na 11,63 [m]. Externí nádrž je sice na kolečkách, takže se s ní dá případně potřeby manipulovat a umístit na libovolné místo. Nicméně výběr stálého místa, je limitována délkou hadice. Není žádoucí mít hadice přes půlku haly, navíc není jisté, zda tak dlouhé hadice vůbec výrobce dodává. Nejvhodnější je nádrž umístit, někde u pravého boku při zadní části stroje, jelikož právě k zadní

části stroje se připojují hadice. Důvodem proč není vhodné umístit nádrž k levému zadnímu boku, je ten že by blokovala prostor pro zakládání nástrojů do zásobníku. Přemístění nádrže ze zadní části na zadní bok, sice uspoří na celkové délce stroje, ale opět je nutné pamatovat na volný prostor pro případnou výměnu dopravníku. S ohledem na rozměry stroje nelze, tento fakt zanedbat. U DHF se tentokrát dopravník třísek vyndává zezadu. Minimální prostor pro demontáž dopravníku je dle výrobce 1,5x3 [m] viz červený obdélník na Obrázek 32. Frézka opět potřebuje vlastní základy. Základy jsou tentokrát menší než rozměry stroje, každopádně opět hrozí problém s patkami sloupů v případě umístění stroje blízko stěny, stejně jako u DBC. Pro lepší představu jsou pět přiloženy 3D modely frézky.

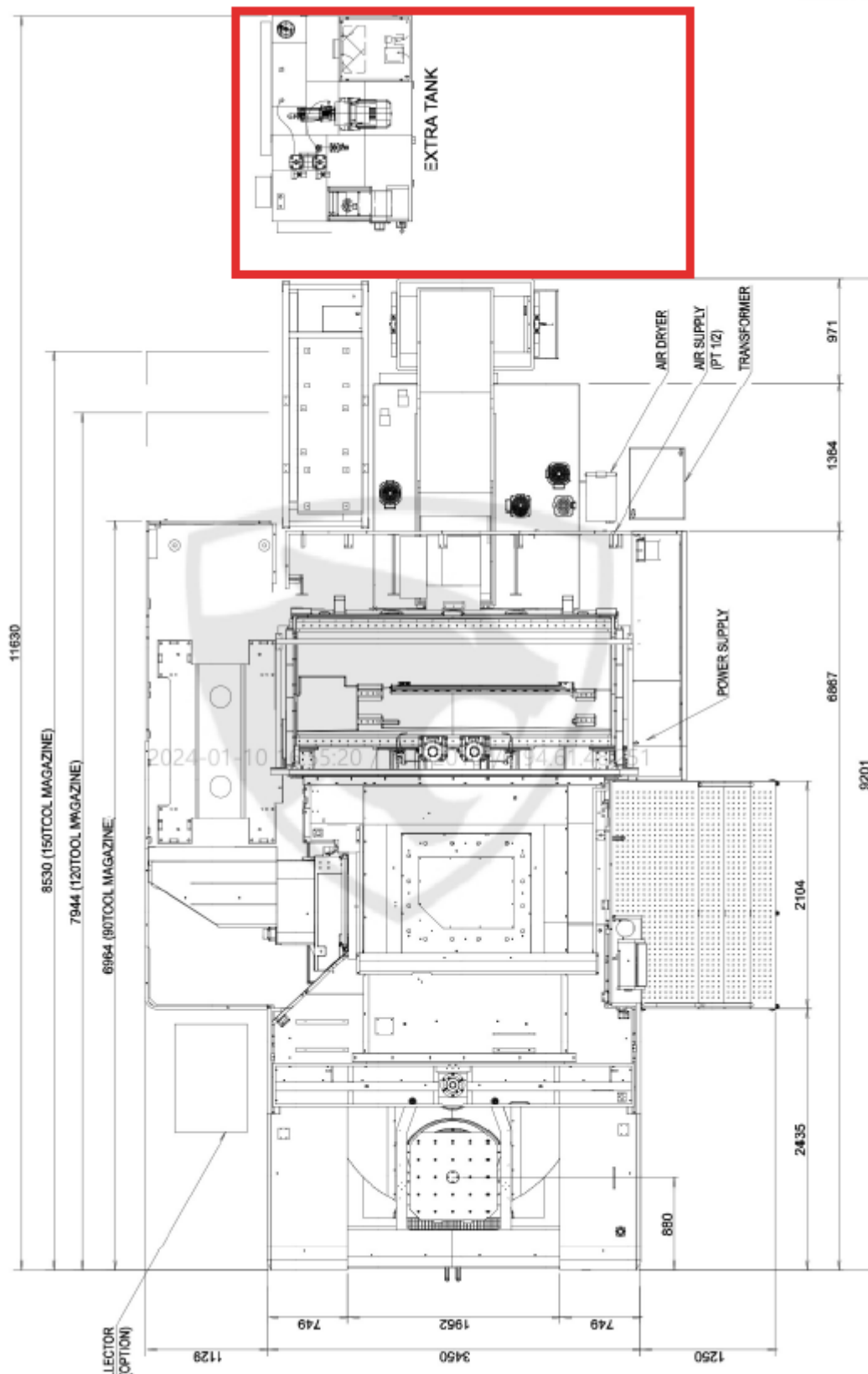


Obrázek 30: DHF pohled na zadní část a levý bok



Obrázek 31: DHF pohled na přední část a pravý bok

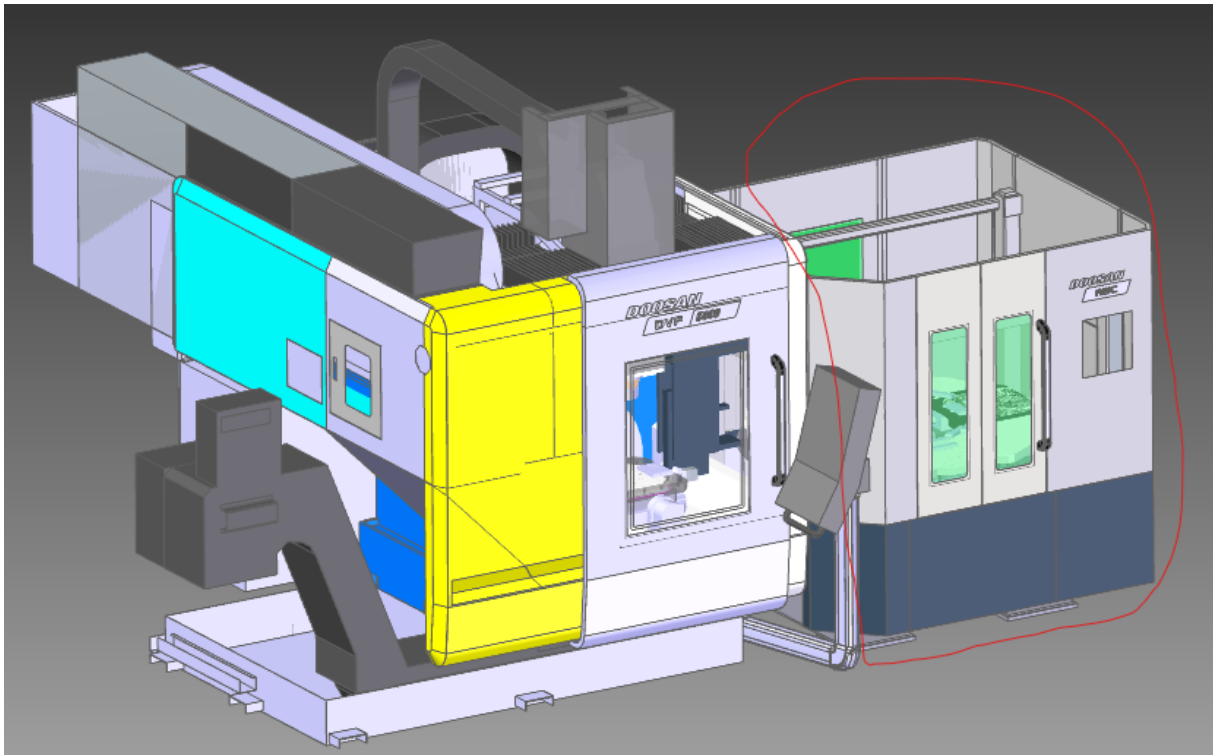
Unit: mm



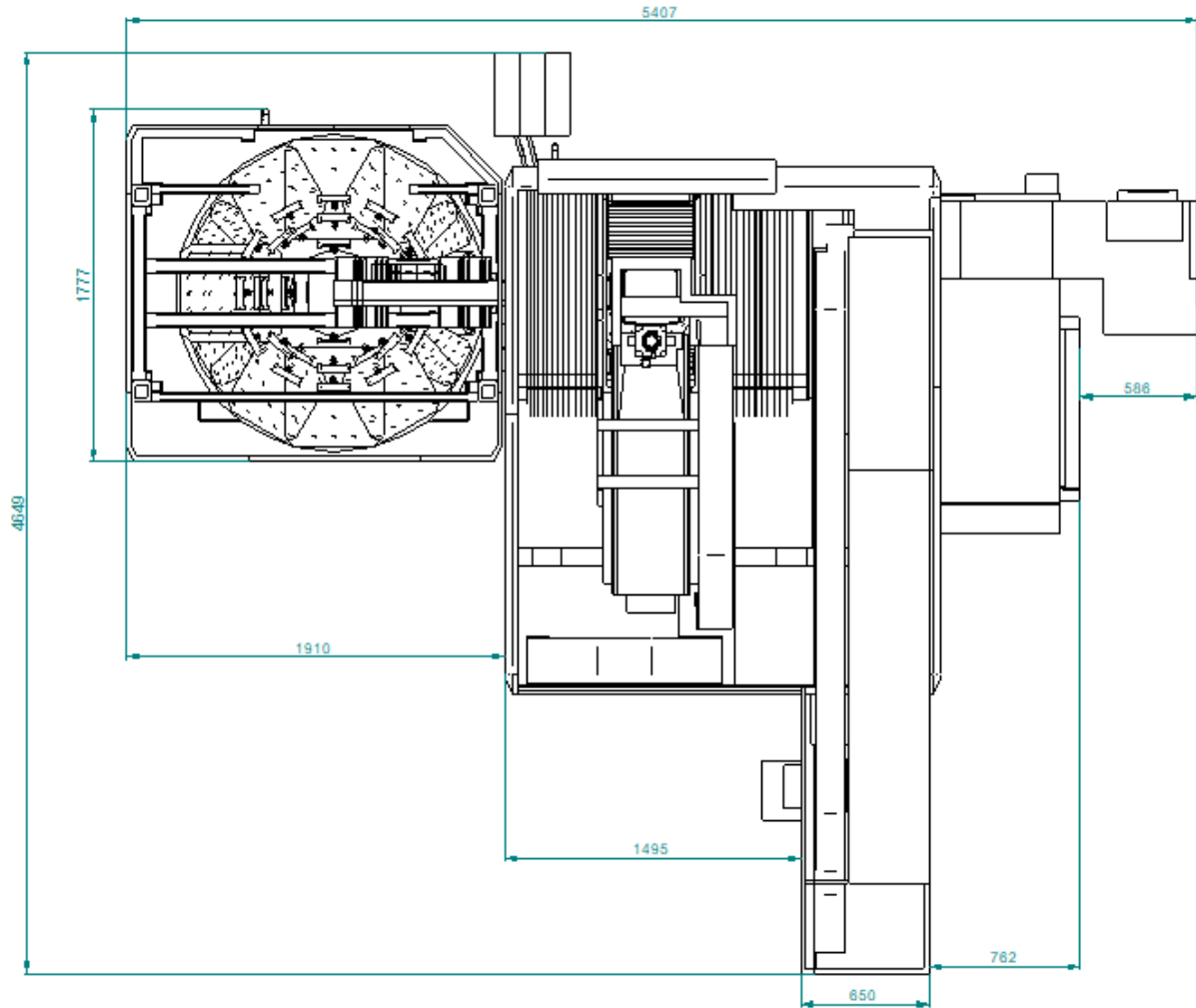
Obrázek 32: Rozměrové specifikace DHF8000

DVF 5000

Je středně velké 5-osé frézovací centrum s rozměry 3500x4650x2920. Se svými rozměry nepotřebuje extra základy, jako základ postačí podlaha haly. Vkládání kusů se provádí zepředu, stejně jako obsluha mašiny. Výměna dopravníku třísek a výměna nástrojů se provádí z boku. Pro výměnu dopravníku by měl postačit malý prostor, navíc se v případě nutnosti nechá celým strojem manipulovat. Firma si přeje připojit k frézce ještě automatickou výměnu obrobků AWP 5000 na Obrázek 33 je označena červeně. Cílem automatické výměny je úspora času především při menších sériích. Výměna s rozměry 1910x1775 se ke stroji připojuje z pravého boku a rozšiřuje tak stroj na konečných 5410. Společně tak jejich půdorys tvoří tvar připomínající písmeno „L“. Firma si přeje zahrnout do dispozice haly DVF 2x, ideálně blízko sebe aby byla možná vícestrojová obsluha.



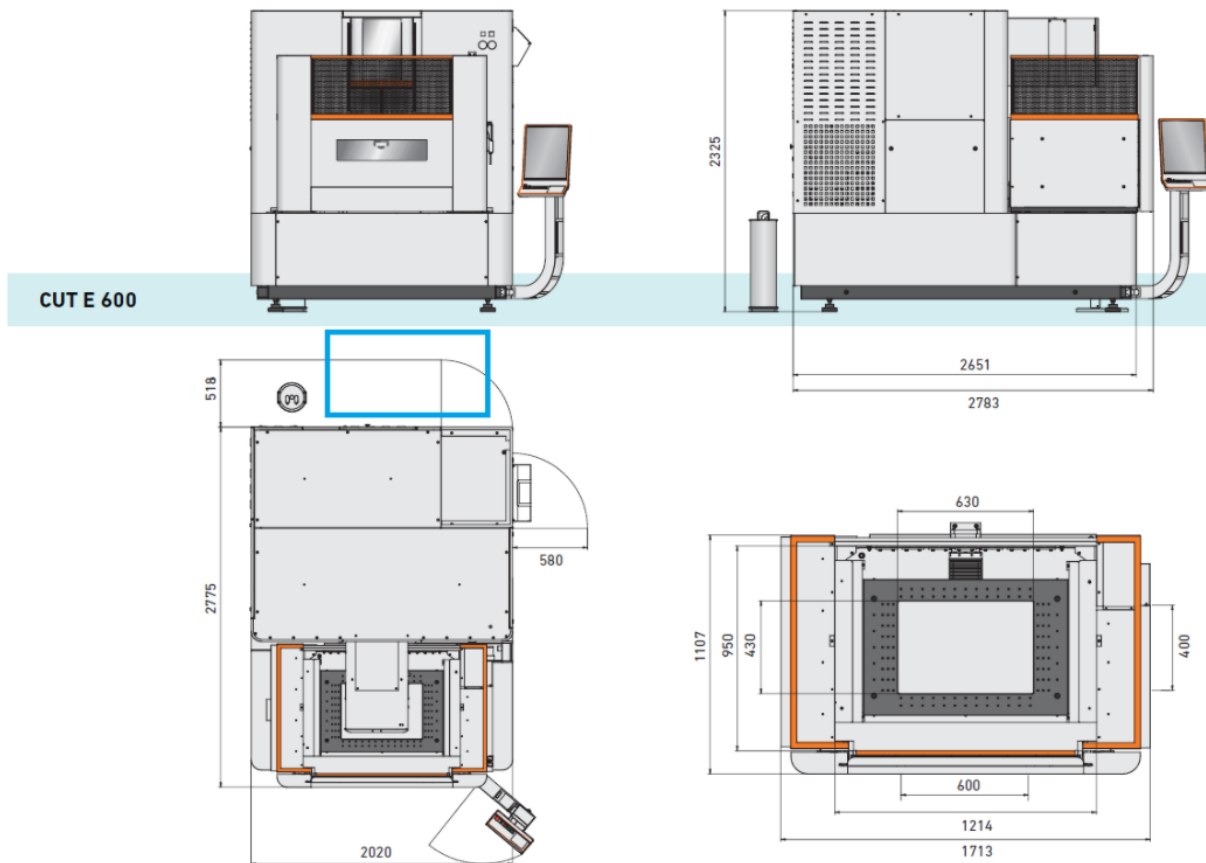
Obrázek 33: 3D model DVF 5000



Obrázek 34: Dispozice DVF 5000

CUT E600

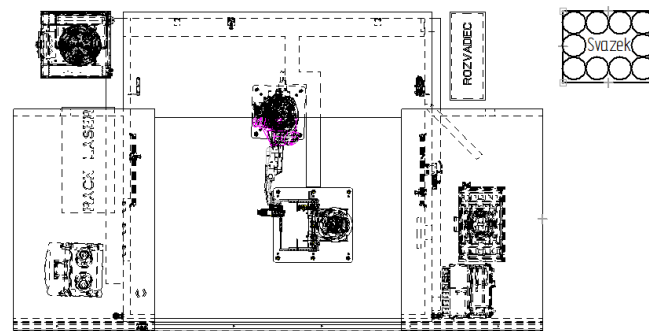
Je menší drátořez o rozměrech 2020x2783x2325. Úkolem stroje bude řezat dělicí roviny ložisek. Výhoda této technologie spočívá v její přesnosti, kvalitě povrchu a malé šířce řezu. K drátořezu ještě patří extra příslušenství, jímž je chlazení vody. Chlazení vody má rozměry 1400x650x650, taktéž je vhodné umístit jej blízko stroje, protože je ke stroji připojen pomocí hadic. Informace o extra chlazení nebyla v katalogu, sdělil nám ji výrobce. Pro přehlednost je prostor nutný pro chlazení vody, vyznačený modře viz Obrázek 35. Ke stroji je také potřeba zachovat přístup z pravé strany, protože má zde umístěné servisní dvířka.



Obrázek 35: Rozměrové specifikace CUT E 600

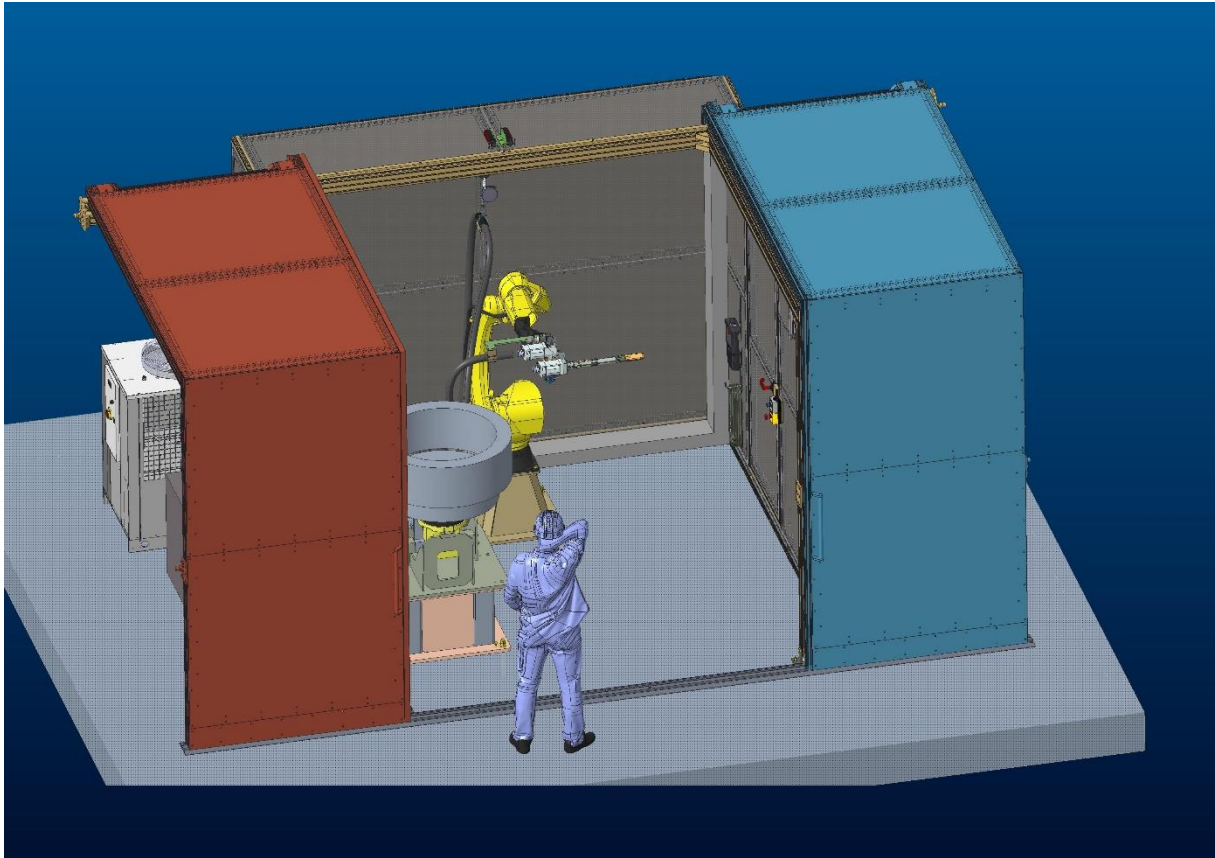
Pracoviště Laser Cladding

Laser Cladding vyobrazený na Obrázek 37, je na míru vyrobené pracoviště. Slouží k nanášení kompozice segmenty ložisek. Skládá se z upínacího stolu a robotického ramene s navařovací hlavou. Celé pracoviště je z důvodu bezpečnosti zakrytované. Pracoviště má ovládací panel na pravém boku a především velké výrobky se zakládají zepředu. Aby bylo zakládání možné jsou ke krytu, přidělané posuvné vrata. Při otevřených vratech má pracoviště rozměry 6000x3650x2850. Svařovací hlavice potřebuje pro svařování plyn. Zásobník plynu je v podobě svazku umístěn na paletě v blízkosti pracoviště (pravý horní roh na Obrázek 36).



Obrázek 36: Laser Cladding + svazek plynu půdorys

V současné době se nachází v GTW laser cladding pouze 1x, nicméně firma plánuje přikoupit ještě jedno.



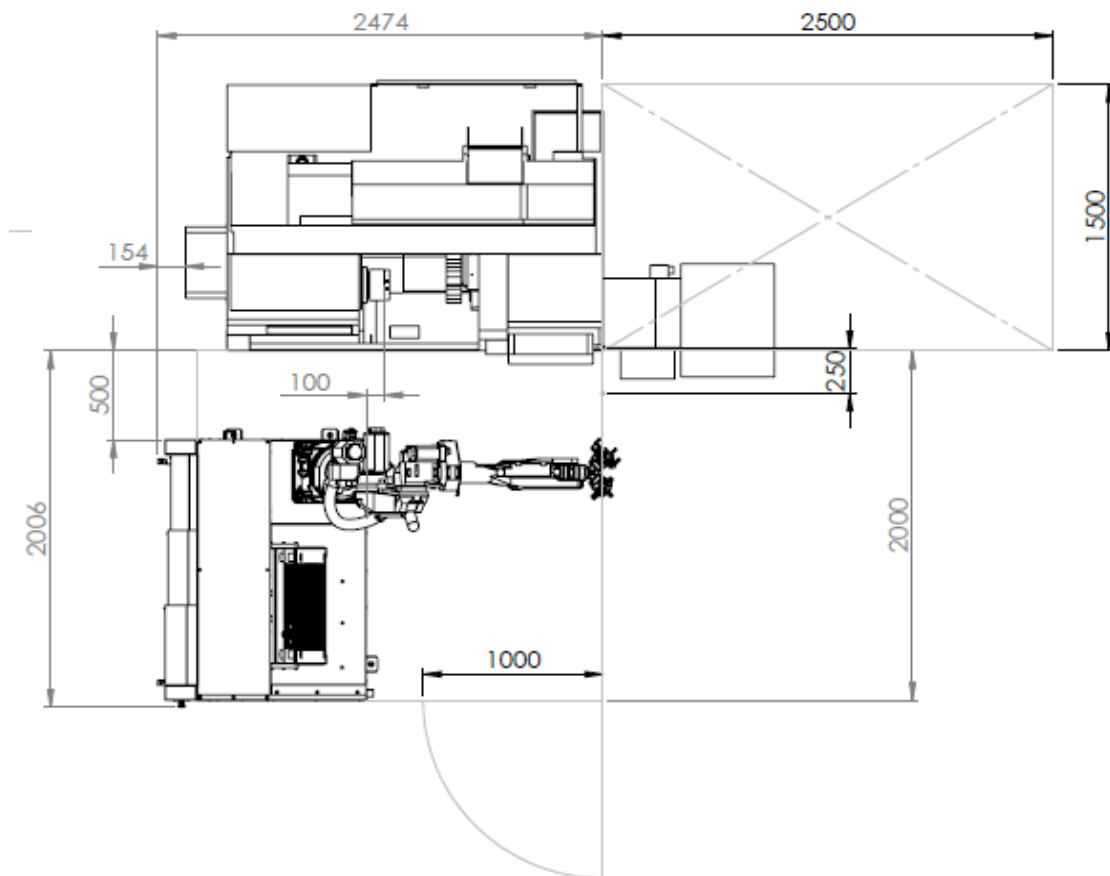
Obrázek 37: Laser cladding

LYNX2100A a PUMA2600

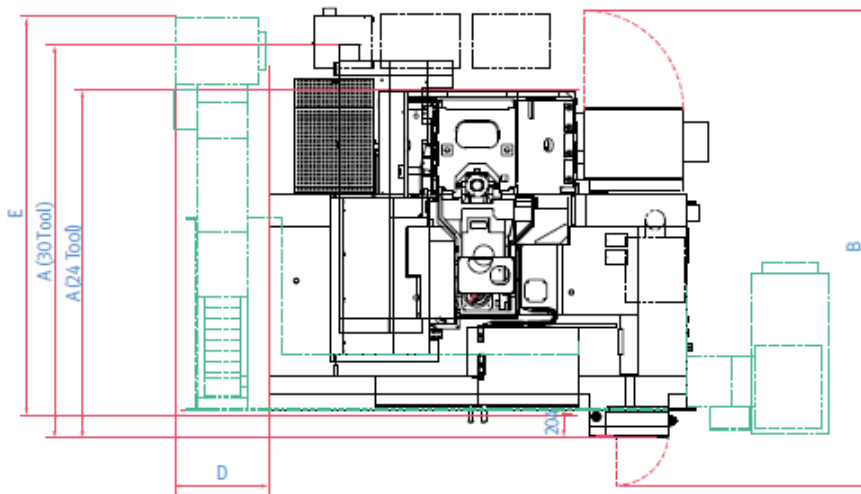
Oba stroje jsou soustružnická centra s podobnými specifikacemi, navíc budou vyrábět stejné výrobky, proto jsou uvedena dohromady. Ani jeden ze strojů nesmí být postaven zády přímo kde zdi, jelikož na zadní straně mašin jsou umístěna dvířka pro přístup k rozvaděčům. Ke strojům navíc bude připojen zakládací robot, jenž zvyšuje nároky na dispozici o 2m viz Obrázek 39. Rozměry LYNX s dopravníkem třísek: 3266x1660. Rozměry PUMA2600 s dopravníkem třísek: 4500x1845. Dopravníky třísek mají oba stroje umístěné po pravém boku.

DMN 650/50II

Je tříosá frézka s rozměry 4318x3634x3250. Nejčastěji bude obrábět kompozici navařenou na laserovém pracovišti. Ideální by bylo, umístit ji v blízkosti laseru. Stroj má dopravník třísek z boku, výrobce dává na výběr, jestli z pravého nebo z levého. Vpředu je otočný ovládací panel, zatímco vzadu se nachází rozvaděč a dodateční příslušenství, všechny tyto rozměry jsou zahrnuté pod rozměrem B, viz Obrázek 38.



Obrázek 39: Zástavbové rozměry LYNX2100A se základacím robotem



Model	A (Length)	B (Max. machine length)	C (Additional width to accommodate the side chip conveyor)	D (Additional width to accommodate the rear chip conveyor)	E (Length to accommodate the rear chip conveyor)	F (Width)	G (Height)	H (Height from the floor to the chip outlet)
DNM 650/50 II	2656 (104.6) (24 Tool) 2999 (118.1) (30 Tool)	3633.5 (143.1)	Left & Right: 967.6 (38.1)	710 (28.0)	3010 (118.5)	3350 (131.9)	3250 (128.0)	805 (31.7)

Obrázek 38: Zástavbové rozměry DMN650/50II

4.2 Výchozí stav layoutů

V této kapitole jsou popsány výchozí stavy layoutů jak laboratoře, tak výrobní haly Chotíkov.

Zkušební laboratoř Příšov

Zkušební laboratoř je v podstatě malá vestavěná místnost, nacházející se v jedné hal v Příšově. Hlavní rozměry půdorysu podlahy jsou: 5500x4570. Laboratoř je kromě výše zmíněného vybavení v kapitole 4, ještě vybavena portálovým jeřábem pro manipulaci s většími výrobky. Laboratoř nemá digitální dvojče, její layout tedy bude potřeba zakreslit. V laboratoři zatím není umístěna leštička vzorků, která má v nejbližší době přijít. Fotky výchozího stavu laboratoře jsou zobrazeny na Obrázek 40. Z fotky na Obrázek 41 je patrné, že stoly mají rozdílnou výšku. Navíc počítač vedle leštičky je propojený i s mikroskopem, ovšem mikroskop se nachází na druhém stole. Důvodem proč, je mikroskop umístěn na jiném stole je obava z rázů, které může vyvodit zkušební trhací zařízení při jeho provozu.

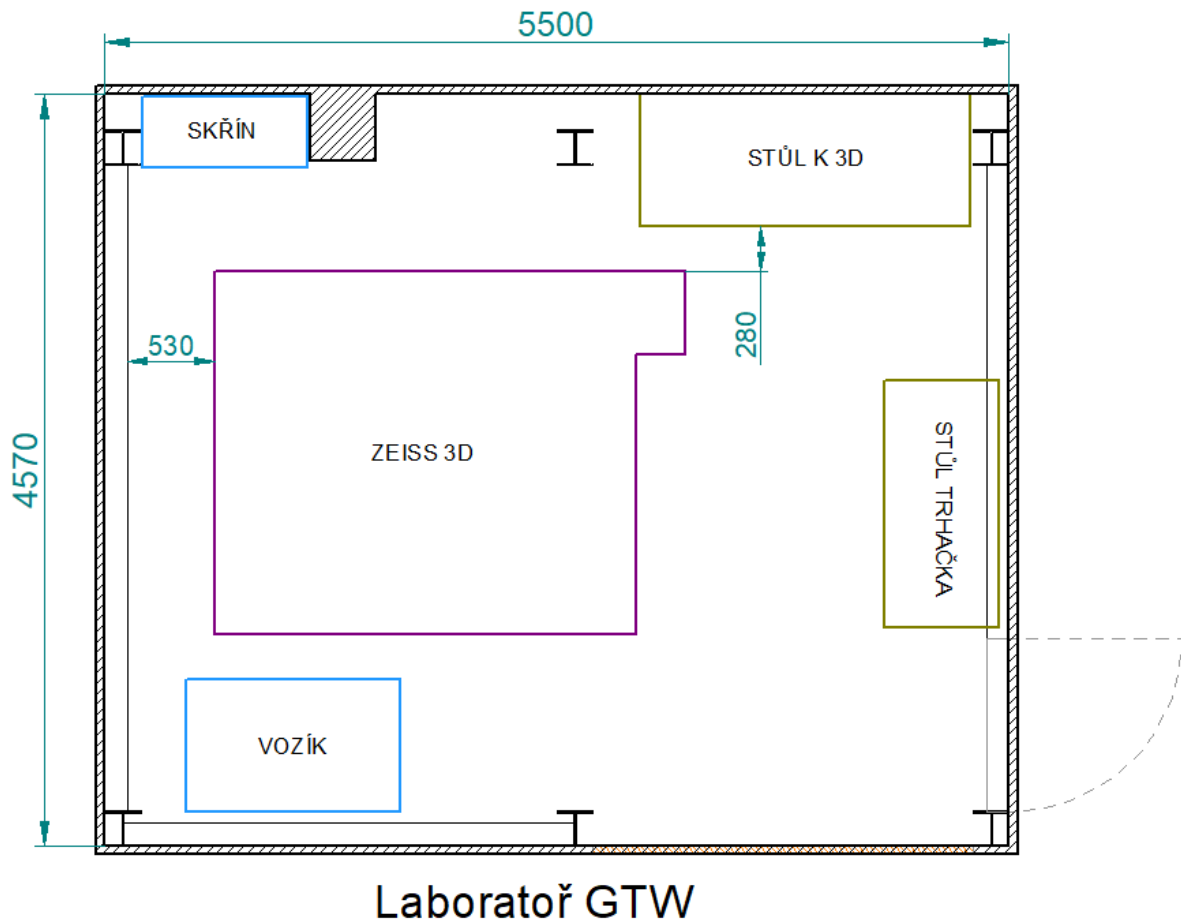


Obrázek 40: Celkový pohled na Laboratoř



Obrázek 41: Pohled na stoly v laboratoři

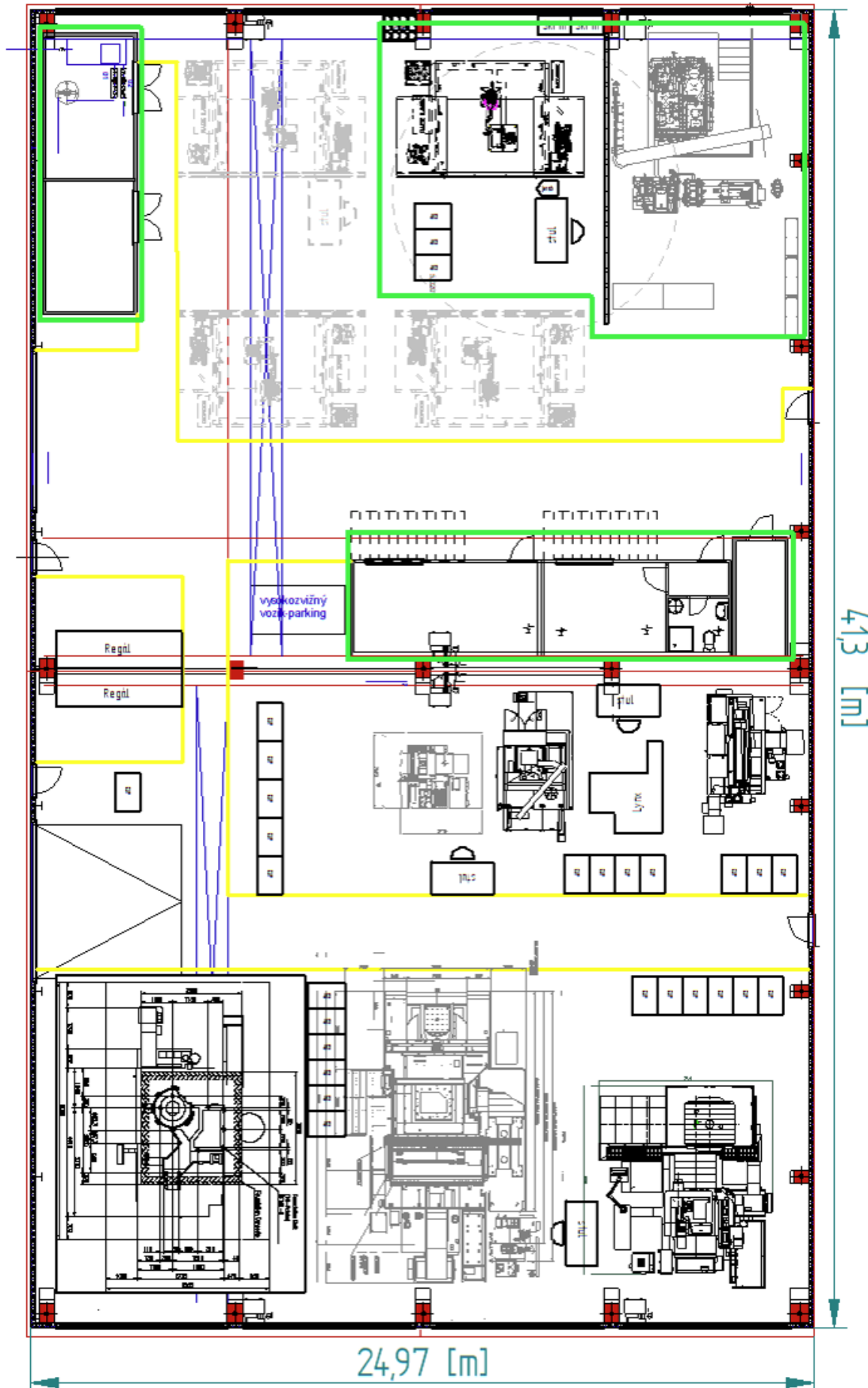
Zkreslení layoutu výchozího stavu laboratoře, proběhlo ve 2 softwarech (Vistable a Solid Edge). Prvním důvod je ten, že firma nedisponuje programem Vistable. Dalším důvodem je fakt, že jakékoliv kótování v programu Vistable je uživatelsky nepříjemné a vzniklé kóty jsou pouze řízené. 3D layout výchozího stavu laboratoře bude zmíněn až v kapitole 5. Z Obrázek 43 je patrné, že okolo zařízení ZEISS je opravdu málo místa. Především problematický je přístup ke skříni umístěné v levém horním rohu. Přístup ke skříni okolo stolu má v nejužším místě rozměry 280mm. I přístup ze zadní části ZEISS 3D s minimálními rozměry 530mm, neodpovídá ani minimálnímu požadavku na šířku uličky 600mm dle normy ČSN 26 9010.



Obrázek 42: Laboratoř Příšov - výchozí stav

Výrobní hala Chotíkov

Oproti laboratoři má hala Chotíkov, své digitální dvojče viz Obrázek 43. Stav layoutu je ovšem daleko od ideálního stavu. Stěny a sloupy haly sice jsou v měřítku, nicméně jedná se o pouze o čáry položené přes sebe bez geometrických vazeb. V současné době je hala z velké části prázdná. Fyzicky v hale lze nalézt pouze objekty ohraničené zelenou barvou, jedná se o: zkušební stand, pracoviště laseru, technické místnosti a stavební buňky, sloužící jako sociální zázemí pro zaměstnance. Buňky jsou zatím umístěny uvnitř haly, aby se v buňkách nemuselo topit, když se zatím téměř prázdná hala tepelně temperuje. V případě potřeby je počítáno, že se buňky umístí před halu.



Obrázek 43: Výrobní a zkušební hala Chotikov

Ostatní objekty (ty nejsou ohraničeny zelenou) jsou budoucí výrobní stroje. V případně budoucích výrobních strojů se jedná o velice hrubý „nástřel“, stroje nejsou v přesném měřítku a někde je dokonce pouze nepřesný půdorys. To samé platí i o stolech, jejich velikost neodpovídá skutečné velikosti pracovních stolů, jenž GTW využívá.

Co se týče jeřábů, v hale je zatím 1x sloupový jeřáb pro obsluhu laseru. Kromě sloupového jeřábu jsou zde i dva 10t portálové jeřáby, které dokážou obsloužit s poměrně velkou přesností téměř celou halu (co dovolí dojezdy). Teoreticky lze jeřáby použít i pro zakládání obrobků do strojů.

5. Analýzy hmotných toků a obslužnosti

Kapitola se věnuje materiálovým tokům, které mají probíhat při budoucí výrobě v hale Chotíkov a materiálovým tokům laboratoře v Příšově. V případě haly Příšov je uvedeny i jednoduchý výpočet potřebných paletových míst. Pro halu Chotíkov je požadavek GTW 2 palety na každý stroj.

5.1 Materiálové toky Chotíkov

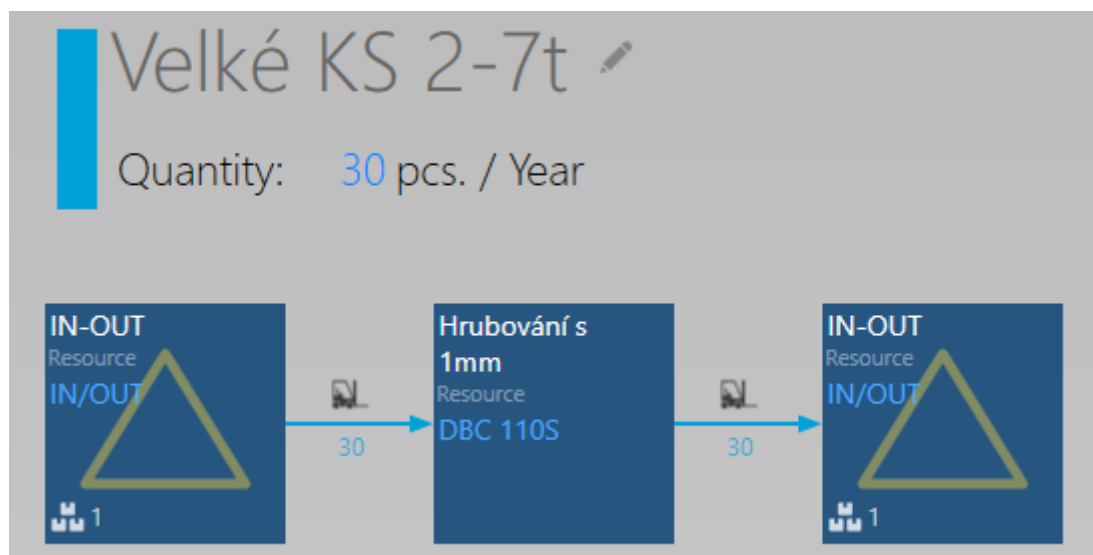
V hale Chotíkov se plánuje celkem 5 výrobních programů. Výrobní programy jsou:

- Domečky
- Navařování kompozice
- Malé WA a WD
- Hrubování velkých výrobků
- Velké WA

Téměř všechny výrobní programy jsou brány jako hrubý nástřel, jelikož do výrobních programů vstupují zatím firmou plně neodzkoušené technologie jako je řezání dělicích rovin drátořezem a navařování kompozice laserem.

Hrubování velkých výrobků

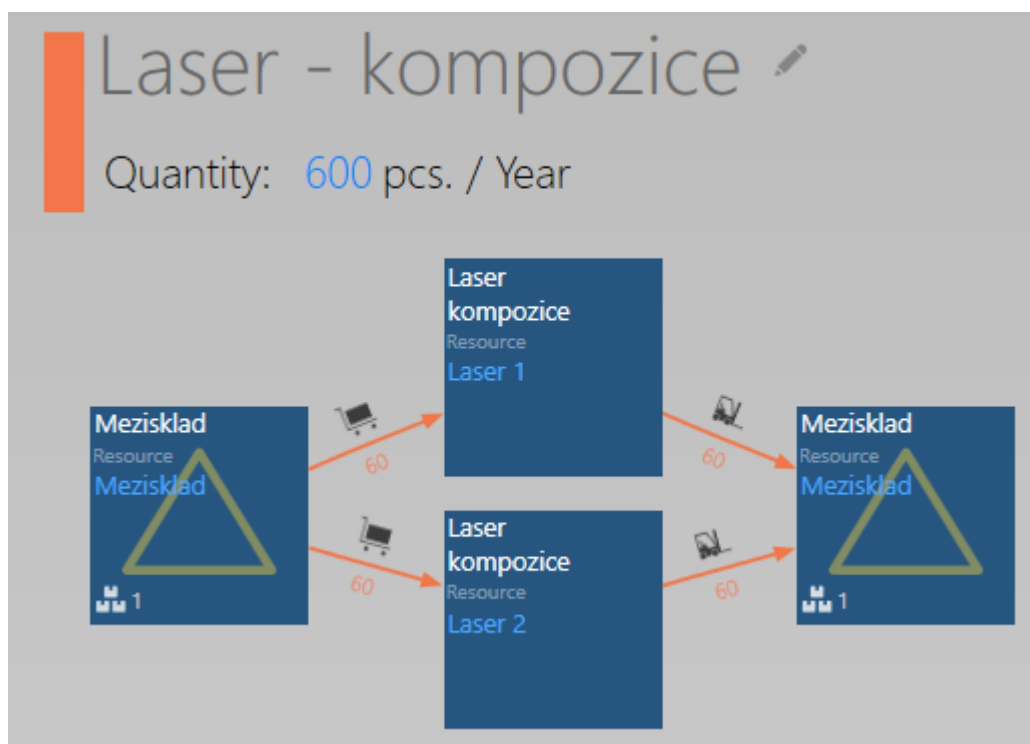
Předpokládaná výroba opravdu velkých kusů (2-7 tun), se dle GTW očekává cca 30ks ročně. S ohledem na hmotnost a zvýšenou obtížnost manipulace, by bylo vhodné umístit stroj obrábějící tyto výrobky v blízkosti vjezdu do haly. Hrubování bude probíhat na velké 3osé frézce DBC 110S. Materiálový tok v rámci haly Chotíkov je znázorněn na Obrázek 44. Paleta s polotovarem se vyloží z auta a přiveze ještěrkou před frézku, po hrubování zase naloží na auto a odveze. S ohledem na nízký počet 30 výrobků ročně postačí pro stroj pouze 2-3 paletová místa, jelikož ložiska chodí většinou po 2 kusech. Případně lze přidat další paletové místo pro případné výkyvy.



Obrázek 44: Hrubování velkých kusů

Navařování kompozice

Navařování kompozice bude probíhat novou laserovou metodou. V rámci tohoto výrobního programu je především myšleno navařování radiálních segmentů. Navařování kompozice dalších výrobků je přímo zahrnuto v jejich výrobních programech. GTW plánuje roční výrobu 600ks. Materiálové toky jsou znázorněné na Obrázek 45. Lze vidět, že z jedné operace na druhou se provede 60+60 převozů což odpovídá celkem 120 převozům za rok. Materiálový tok totiž počítá s nejhorší možnou variantou, kdy jednomu převozu se na paletě nachází pouze 5 segmentů. Celkem 5 segmentů totiž odpovídá 1 radiálnímu naklápěcímu ložisku. Nejvíce se vyrábějí právě 5 segmentová ložiska. Váha segmentů se běžně pohybuje mezi 0,5 – 40kg na segment.



Obrázek 45: Navařování kompozice radiálních segmentů

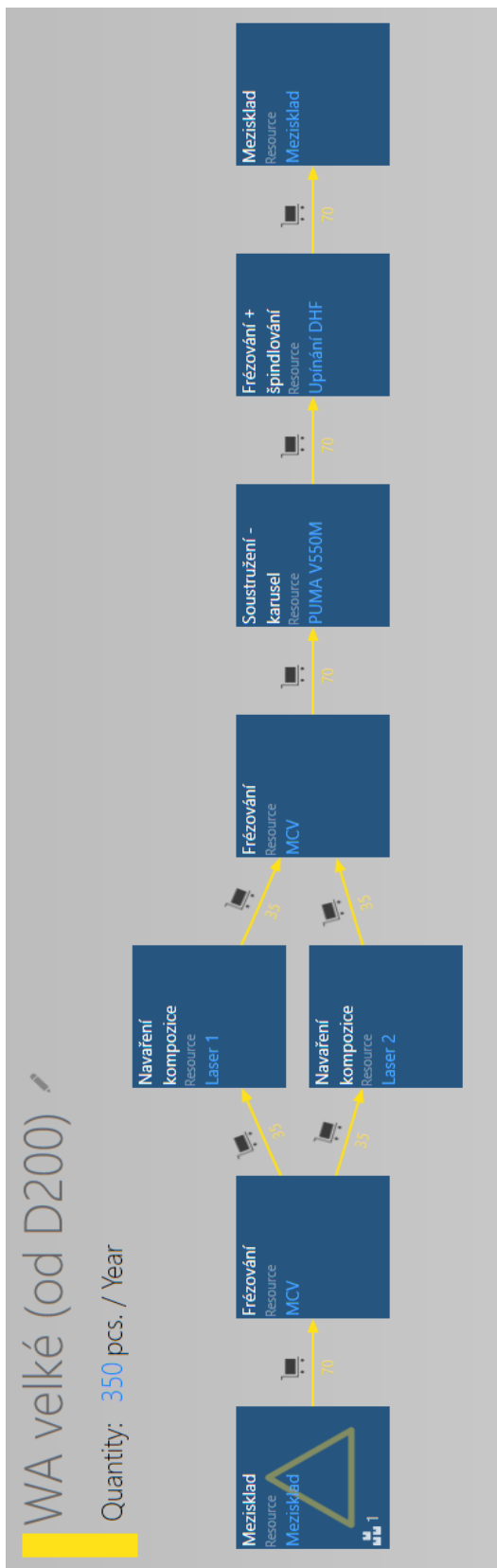
Velké WA,WD

Nejběžnější rozměry velkých WA,WD se pohybují v rozmezí 200 – 400mm viz přílohy na konci DP. Na jednu paletu se vejde celkem 5 výrobků o průměru 400mm. Proto materiálový tok počítá s převozem 5 výrobků na jedné paletě. Plánovaná výroba je 350ks ročně. Materiálové toky při programu výroby velkých WA, WD segmentů jsou znázorněny na Obrázek 47. Výrobní program se skládá z následujících kroků: Mezisklad, Frézování (MCV), laserové navaření kompozice, frézování (MCV), soustružení (karusel), frézování (DHF) a opět mezisklad.

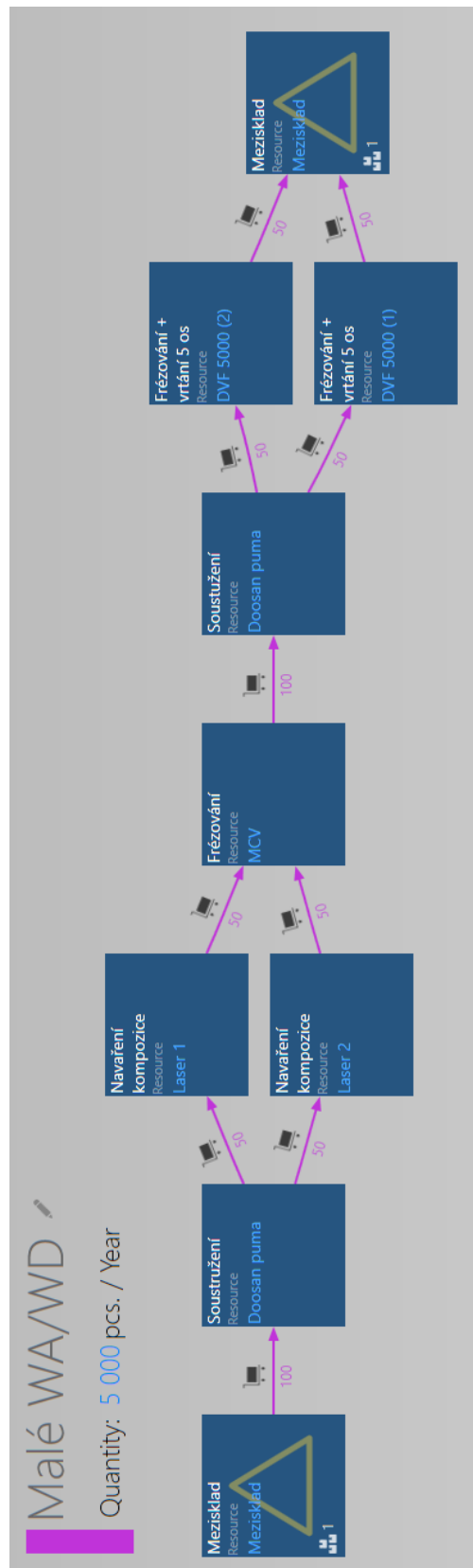
Malé WA, WD

Nejběžnější rozměry malých WA, WD se pohybují v rozmezích mezi 40-125mm. Ložiska s největším počtem WA, WD segmentů obsahují 24 segmentů na každé straně, tedy celkem 48 segmentů na jedno ložisko. Materiálový tok, opět počítá s nejhorší možnou běžně se vyskytující variantou, kdy je na paletě pouze 1 ložisko (48 segmentů). V rámci tohoto toku, aby

vycházeli celá čísla, byl počet segmentů zaokrouhlený na 50, jelikož GTW plánuje výrobu celkem 5000ks ročně viz Obrázek 46. Malé segmenty se budou v hale Chotíkov vyrábět na čisto, proto se výrobní program liší od výroby velkých segmentů.



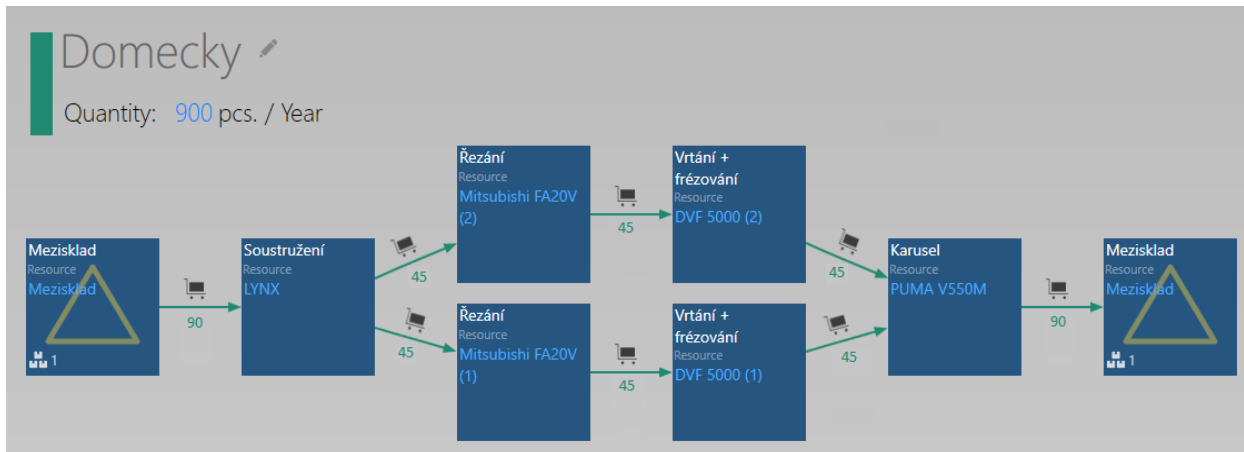
Obrázek 47: Výroba velkých WA, WD segmentů



Obrázek 46: Výroba malých WA, WD segmentů

Domečky

Plánovaná výroba domečků je 900ks ročně. Plánuje se výroba menších domečků do vnitřního průměru 200mm a váhy do 180kg. Výrobnímu programu odpovídají i menší stroje určené pro výrobu domečků. Například soustruh doosan LYNX má maximální průměr točení 300mm. Pro materiálové toky viz Obrázek 48, se uvažuje, že se na 1 paletu vejde maximálně 10ks domečků.



Obrázek 48: Materiálové toky výroby domečků

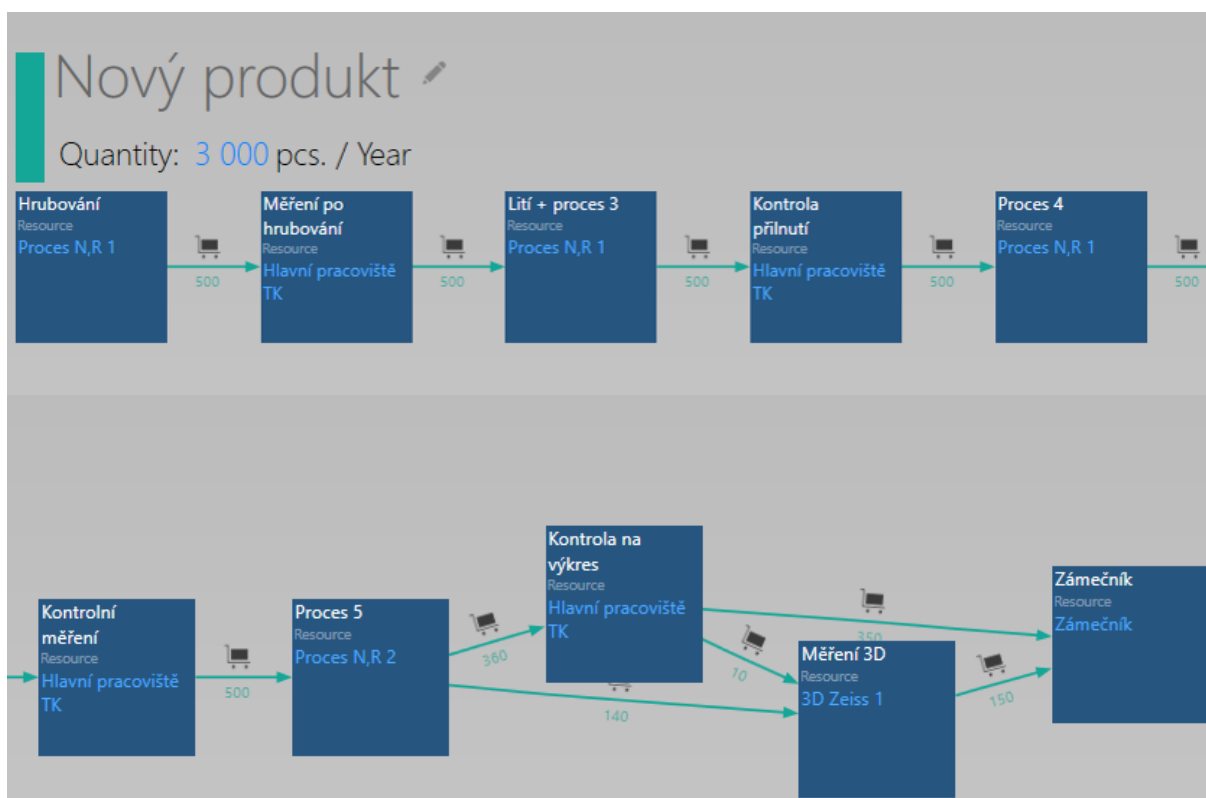
5.2 Materiálové toky Příšov

V rámci diplomové práce jsou materiálové toky řešeny hlavně z pohledu technické kontroly, která má na starost obsluhu a správu laboratoře. Pro účely zobecnění a zachování tajemství byli vytvořeny 2 materiálové toky představující běžný postup výroby většiny produktů GTW. Prvním z materiálových toků je výroba nového produktu a druhý materiálový tok představuje opravu starého produktu (tzv. repase).

Výrobní postupy a stroje se mohou uvnitř procesů označených proces 1 až 6 měnit. Nicméně pro účely této práce to nemá vliv, jelikož v drtivé většině případů jsou po každém procesu výrobky přivezeny do regálu k hlavní technické kontrole, kde si je pracovníci kontroly vyzvednou a po provedení jejich činnosti opět vrátí do regálu. Navíc umístění pracoviště hlavní technické kontroly GTW neplánuje měnit.

Nový produkt

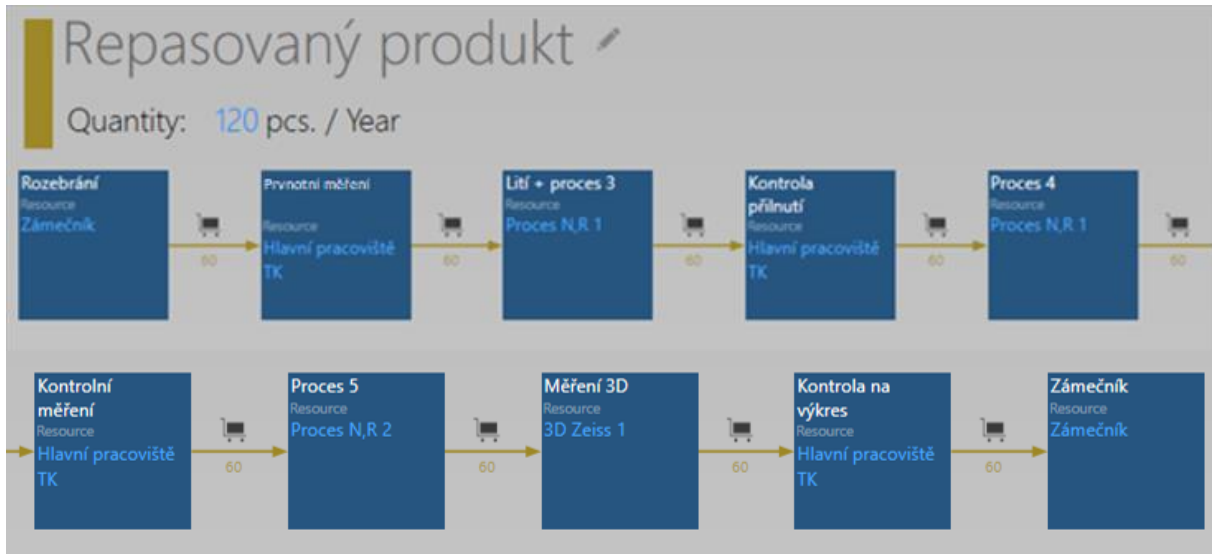
Nových produktů, jenž průměrně projde měsíčně technickou kontrolou je 250ks. Což odpovídá ročně 3000 produktům. Z nichž přibližně 1/3 produktů se měří na 3D souřadnicovém měřicím stroji značky ZEISS. Celý materiálový tok nového produktu je znázorněn na Obrázek 49.



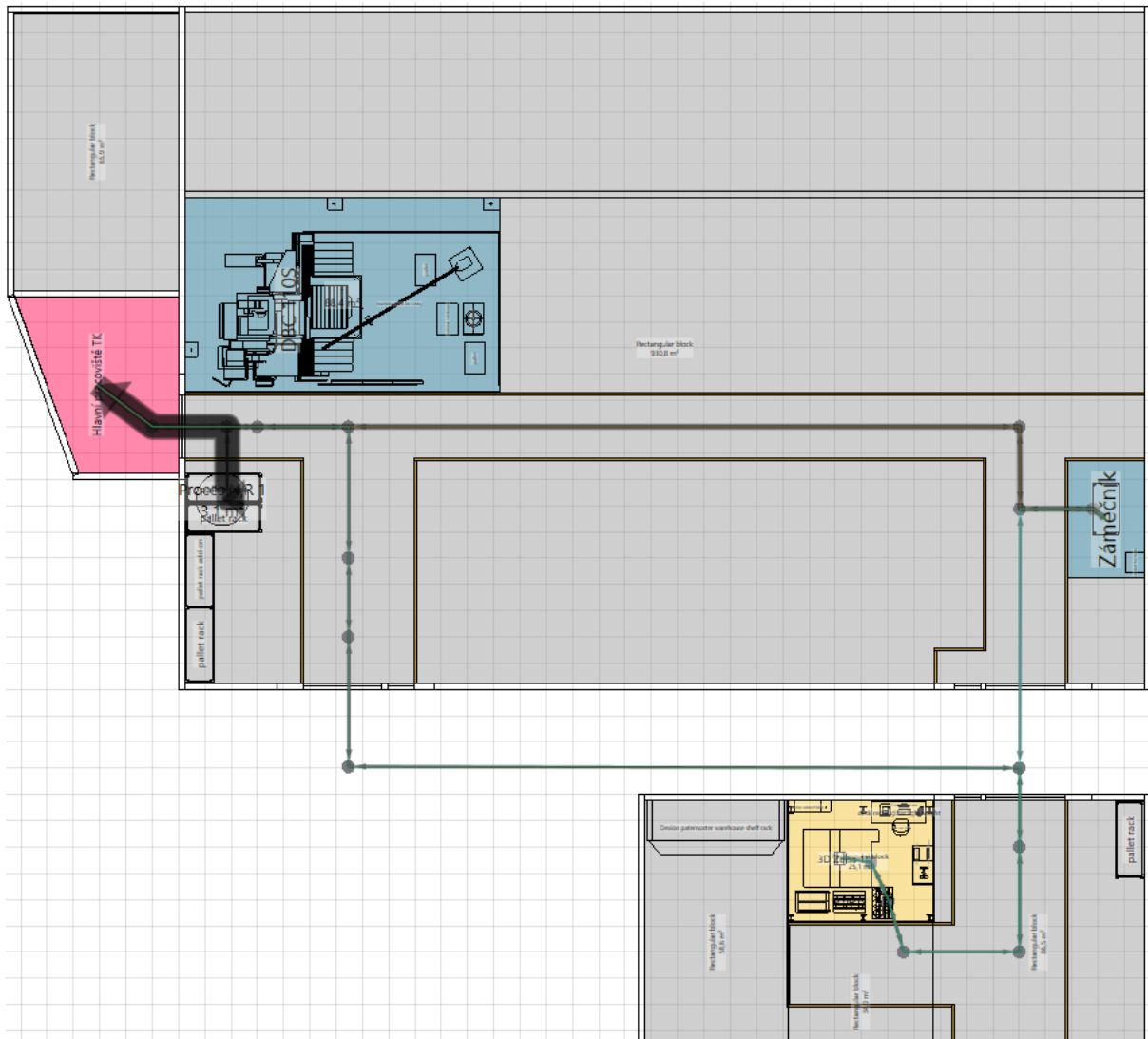
Obrázek 49: Materiálový tok nového produktu

Repasovaný produkt

Repasovaných produktů projde technickou kontrolou ročně průměrně 120ks. Na rozdíl od nového produktu jsou veškeré repasované produkty proměřeny na „3Děčku“. Celý materiálový tok je znázorněn na Obrázek 50.



Obrázek 50: Materiálový tok repasovaného produktu



Obrázek 51: Oba materiálové toky zanesené do layoutu haly Přišov

Pro účely dalších analýz a navazujících variant řešení, byly částečně zkresleny dvě výrobní haly v Příšově viz Obrázek 51, obsahující pouze prvky důležité pro další postup. Stanoviště hlavní technické kontroly je zde zvýrazněno růžovou barvou zatímco, laboratoř 3D je zvýrazněna žlutou barvou. Každé z úzce spolupracujících pracovišť technické kontroly se nachází v jiné hale. Kvůli převozům mezi halami a teplotním šokům je nařízeno striktně dodržovat limit 24h pro vyrovnání teplot před měřeními.

Jedním z faktorů, jenž značně ovlivňuje, kolik kusů produktů je možné změřit na 3D souřadnicovém měřicím stroji je samotná velikost laboratoře. Z modelu laboratoře viz Obrázek 52 je patrné, že při zachování možnosti obsluhy stroje 3D ZEISS je možné do laboratoře vtěsnat pouze 2 palety výrobků. Vyrovnání teplot probíhá právě v malém klimatizovaném prostoru u 3D ZEISS. Problém nastává, sejde-li se více velkých výrobků. Každé měření výrobku, jenž se nevejde do prostoru laboratoře se tak prodlužuje o dalších 24h.



Obrázek 52: 3D model výchozího stavu laboratoře s paletami

Tabulka 1: Volná paletová místa v prostoru laboratoře 3D

Den v měsíci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nové na změření	4	4	7	6	2	0	0	3	4	8
zbyde mi z minule	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3
Zaplnění v počtu výrobků	4	4	7	8	5	0	0	3	4	8
počet zaplněných paletových míst	2	2	4	4	3	0	0	2	2	4
Volné palety	0	0	-2	-2	-1	2	2	0	0	-2
Pracovní den v měsíci	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nové na změření	3	1	6	4	4	0	8	1	5	4
zbyde mi z minule	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Zaplnění v počtu výrobků	6	2	6	5	4	0	8	4	5	4
počet zaplněných paletových míst	3	1	3	3	2	0	4	2	3	2
Volné palety	-1	1	-1	-1	0	2	-2	0	-1	0
					Změří se ložisek denně	5				
					Průměrně ks v paletě	2		Vzniknou 4 dny zpoždění		
					Maximální počet uskladněných palet	2				
					(Celkový počet výrobků)	74				

Jak již bylo nastíněno čekací doba pro srovnání teplot je 24h. Toto technologické čekání značně převyšuje dobu měření. Za jednu 8 hodinovou směnu se průměrně proměří 5 ložisek. Ložiska jsou dováženy na paletách, v případě výrobků od vnitřního průměru 300mm nejčastěji po 2 kusech. Výsledkem je Tabulka 1, znázorňující počet volných paletových míst v rámci jednoho měsíce. Červeně podbarvená políčka představují počet chybějících paletových míst. Mají-li následující dny po nedostatku přebytek volných míst, měření v rámci měsíce nenabere zpoždění. Pokud ale není dostatek volných míst, měření nabírá zpoždění 24 hodin za každé chybějící paletové místo. V zobrazeném měsíci vzniklo kvůli nedostatku paletových míst zpoždění celkem 4 dny.

6. Variantní návrh dispozičního řešení

V této kapitole budou představeny 2 návrhy řešení pro laboratoř v Příšově a celkem 3 návrhy pro výrobní halu v Chotíkově. Každý návrh cílí na problematiku z jiného pohledu. Jak již bylo zmíněno, jelikož GTW nedisponuje programem Vistable, sloužícímu k vytváření 3D layoutů a jejich analýze, jsou layouty zkresleny ve 2 softwarech. Díky tomu má firma možnost nadále s layouty pracovat. Přibližně 95% prvků sedí mezi softwarovými verzemi layoutů 1:1, drobné niance, které jsou problatické pro jeden či druhý program zachytit budou vždy u dané verze layoutu vyspecifikovány. Jelikož halu v Chotíkově, je v plánu vybavit několika velkými obráběcími centry, které zabírají značné množství prostoru, bylo nutné obepsat dodavatele strojů, kvůli modelům alespoň těch nejzásadnějších strojů. Pro zbytek 3D layoutů postačila vcelku bohatá knihovna programu Vistable.

Nejzásadnějším krokem je vytvoření jednoho layoutu, který obsahuje všechny stroje ze seznamu, uvedeného v kapitole 4 a splňuje jejich dispoziční požadavky včetně norem. Výsledkem je 28. varianta layoutu, nesoucí pracovní název technologický layout. Tento layout bude sloužit jako tzv. etanol pro ostatní varianty hal Chotíkov, tedy ostatní varianty budou srovnávány právě s řešením technologického layoutu.

6.1 Chotíkov technologický layout

Technologický layout viz Obrázek 54 a jeho 3D podoba Obrázek 55, rozděluje halu v Chotíkově na dvě strany. První je strana klasického třískového obrábění a druhá je strana nekonvenčních metod a zkušebního zařízení. V této variantě layoutu jsou umístěny podobné technologie vedle sebe tak, aby byla umožněna vícestrojová obsluha. Pro vícestrojovou obsluhu jsou určeny stroje:

- 2x laser
- 2x drátořez
- 2x DFV 5000
- 1x PUMA2600 + LYNX 2100
- 1x DBC 110S + DHF 8000 (vždy bude aktivní pouze 1 ze strojů)

Drátořezy (CUT E 600) sice nejsou umístěny vedle sebe, ale pro vícestrojovou obsluhu to v tomto případě není problém, jelikož průběžná doba řezání dělicí roviny se dle katalogu výrobce odhaduje na 4-8 hodin. Navíc při běhu stroje není pod zakalenou vodní hladinou nic vidět.

DBC 110S, velká 3-osá frézka je umístěna (při otočení layoutu na šířku) v pravém dolním rohu. Její pozice byla vybrána tak, aby zabírala co nejméně místa a současně nad strojem byla ulička, která v případě potřeby slouží jako servisní prostor pro vyjmutí dopravníku třísek a jako prostor pro vyvážení třísek a dopravu materiálu ke stroji LYNX. Pozice u dveří navíc zjednodušuje dopravu (2-7t) výrobkům, které se mají na stroji obrábět.

DHF 8000 velká frézka je umístěna samostatně. Stroj je v zadní části odsunutý 1,5m od sloupu, protože se jedná o minimální prostor pro případné vyjmutí dopravníku třísek. Prostor jinak slouží jako přístup k výměně nástrojů a odvezení třísek.

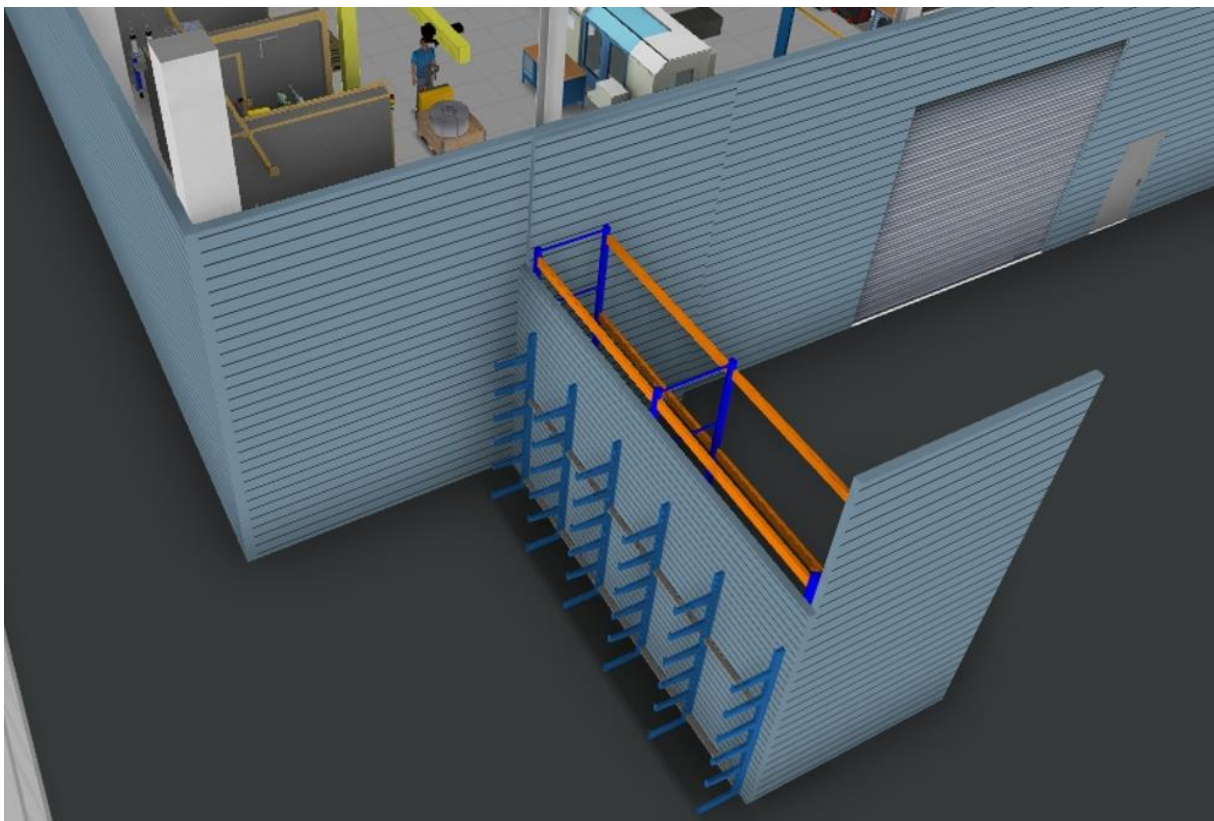
Obě velké frézky DHF i DBC vzhledem k problematice jejich umístění kvůli rozměrům a faktu že oba stroje potřebují vlastní základy, zůstanou pro všechny zbylé varianty na právě definovaných fixních místech. Okolo těchto strojů jsou navíc postaveny podesty pro větší pohodlí operátorů. Prostor pod podestami, min. 600mm výška pro oba stroje, lze využít jako

další úložný prostor pro přípravky a výrobky. Podesty jsou zaneseny pouze ve 2D, ve 3D layoutu je pro ně nechán pouze volný prostor.

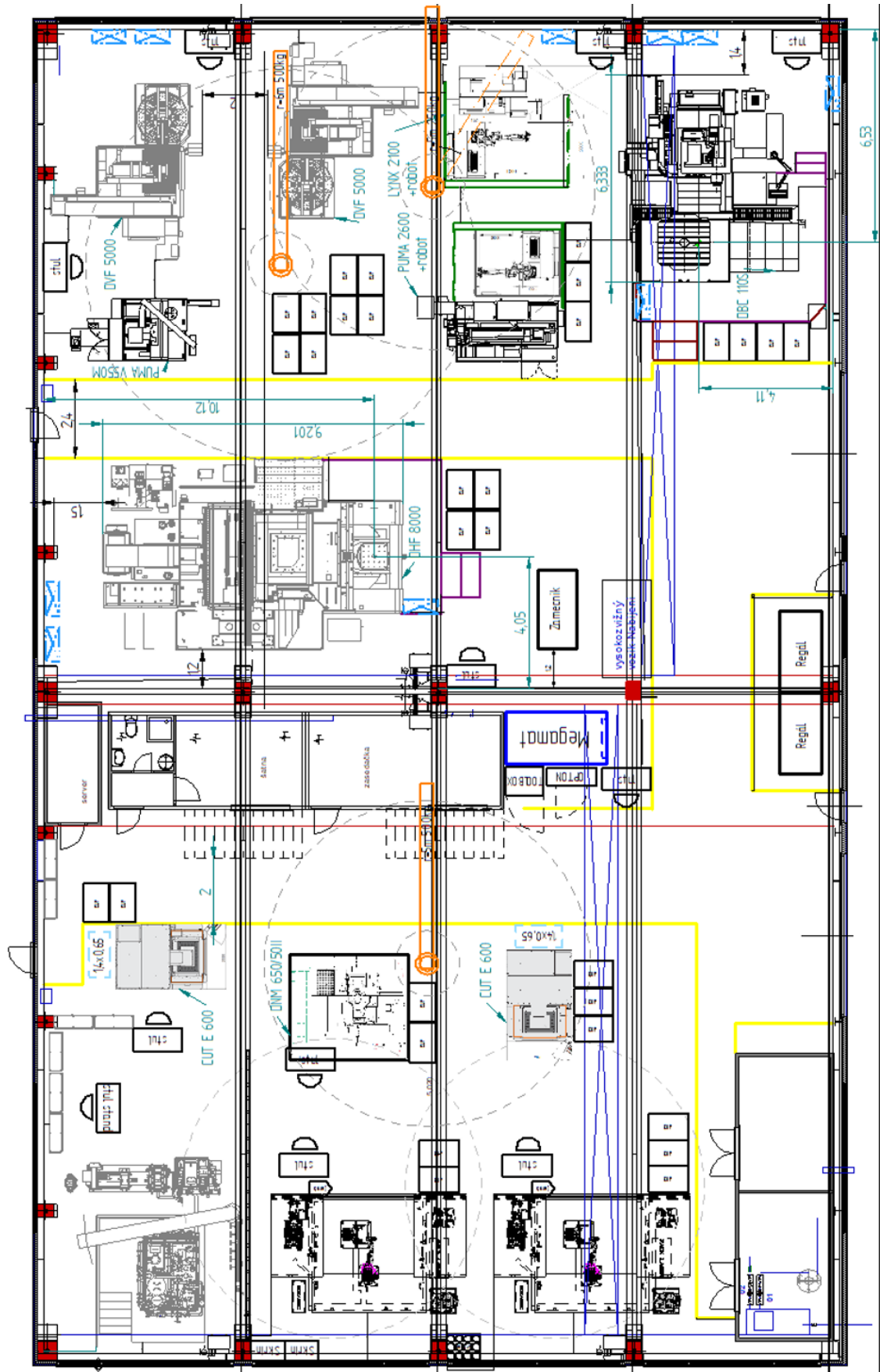
Soustruhy PUMA2600 a LYNX 2100 jsou na 2D layoutu (Obrázek 54), obehnány ze zelenými čarami. Ty představují bezpečnostní oplocení okolo strojů, protože jsou stroje vybaveny roboty. Bezpečnostní oplocení, bude tvořeno nejspíše pouze optozávorami, jelikož roboti ještě spadají do kategorie, kdy ještě zmíněný typ zábran je dostačující. Čerchované zelené čáry představují primární místa pro zavážení/odvážení materiálu.

Všechny stroje vyjma DHF a DBC jsou zakládány sloupovými jeřáby. Frézky DBC a DHF využívají portálové jeřáby. Vizualizace portálových jeřábů je v případě 3D layoutů kvůli vyšší přehlednosti vypnuta. Portálové jeřáby dokáží obsloužit výšku 8m, více info v příloze na konci DP.

Jelikož v hale bude probíhat kusová až malosériová výroba s malými materiálovými toky, ke každému stroji připadá minimální postačující počet palet a to sice alespoň dvě paletová místa na stroj. Velké stroje mají paletová místa rozšířena na dvojnásobek, protože větších výrobků pro, které jsou určené, se vejde na palety podstatně méně, než malých kusů do průměru 200mm. Jako vyrovnávací skladovací prostor zde slouží dva paletové regály, mající 16 paletových míst a pro malé výrobky, karuselový dynamický regál MEGAMAT s nosností 540kg na polici. Celkem 26 ks polic o rozměrech 1205x864mm, kapacita 28m². Megamat se na 2D layoutu (Obrázek 54) nachází pod buňkami a je vyznačený modře. Pokud případná skladovací kapacita nebude stačit, varianta počítá s přistavěním malého skladu vedle haly, viz Obrázek 53.



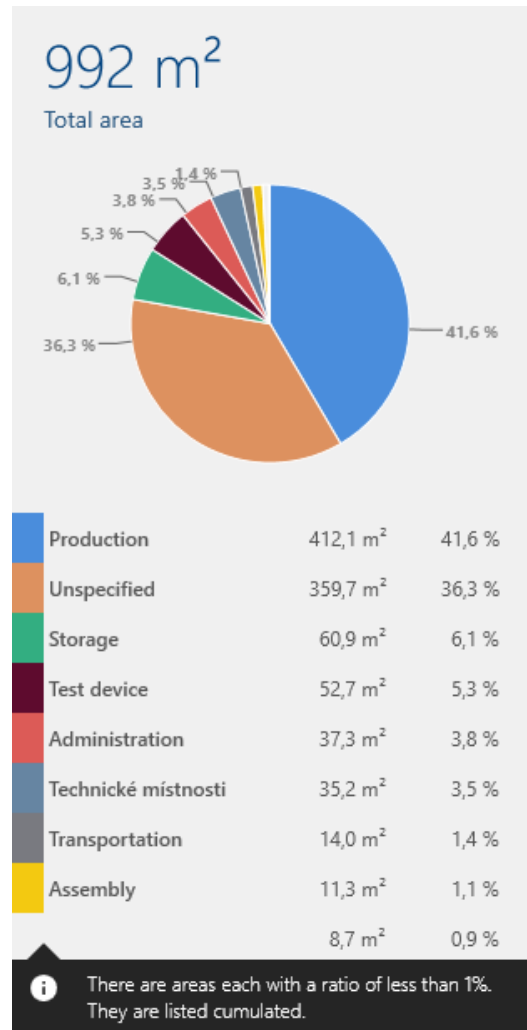
Obrázek 53: Dodatečný vyrovnávací sklad pro halu Chotíkov



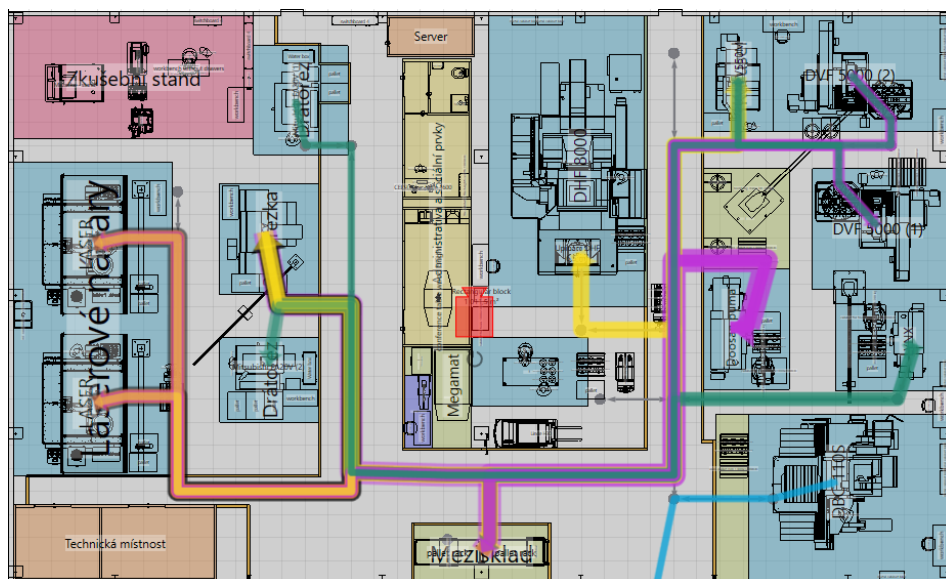
Obrázek 54: Technologický layout Chotikov - SW Solid edge



Obrázek 55: 3D technologický layout Chotikov - SW Vistable



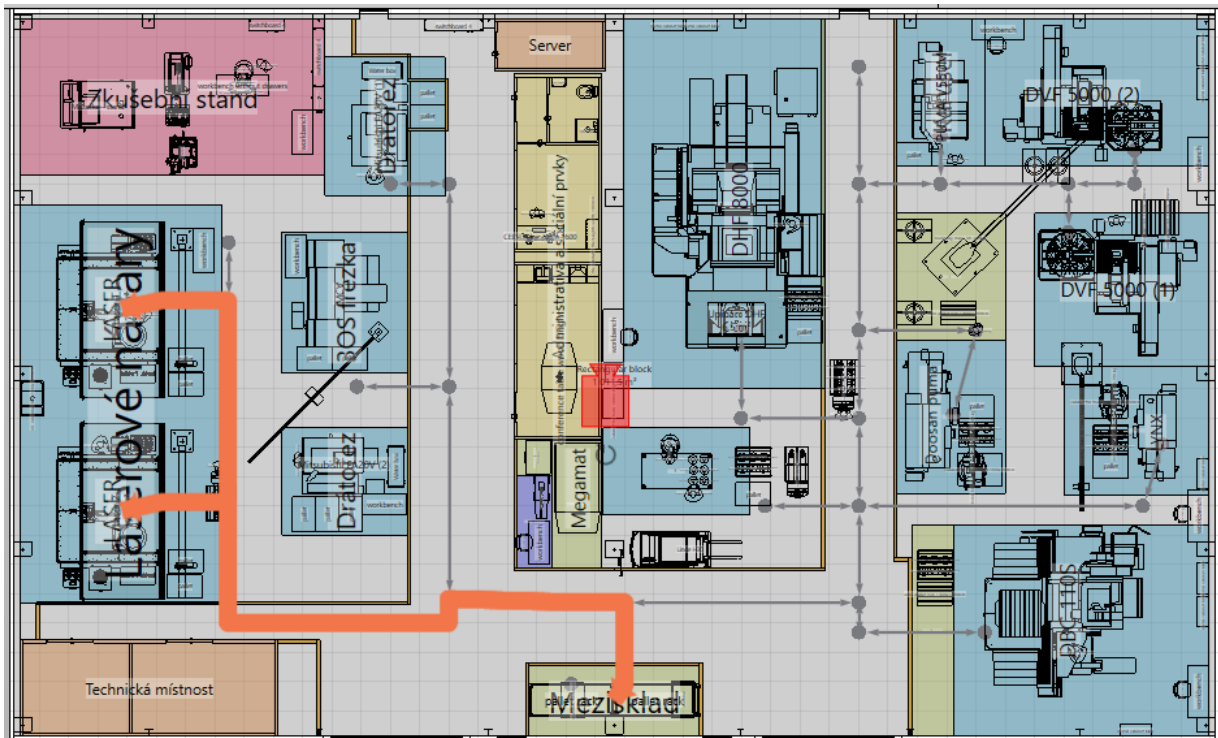
Obrázek 57: Area balance Technologický layout (bez venkovního skladu)



Obrázek 56: Celkový Sankeyův diagram v hale Chotikov – Technologický layout



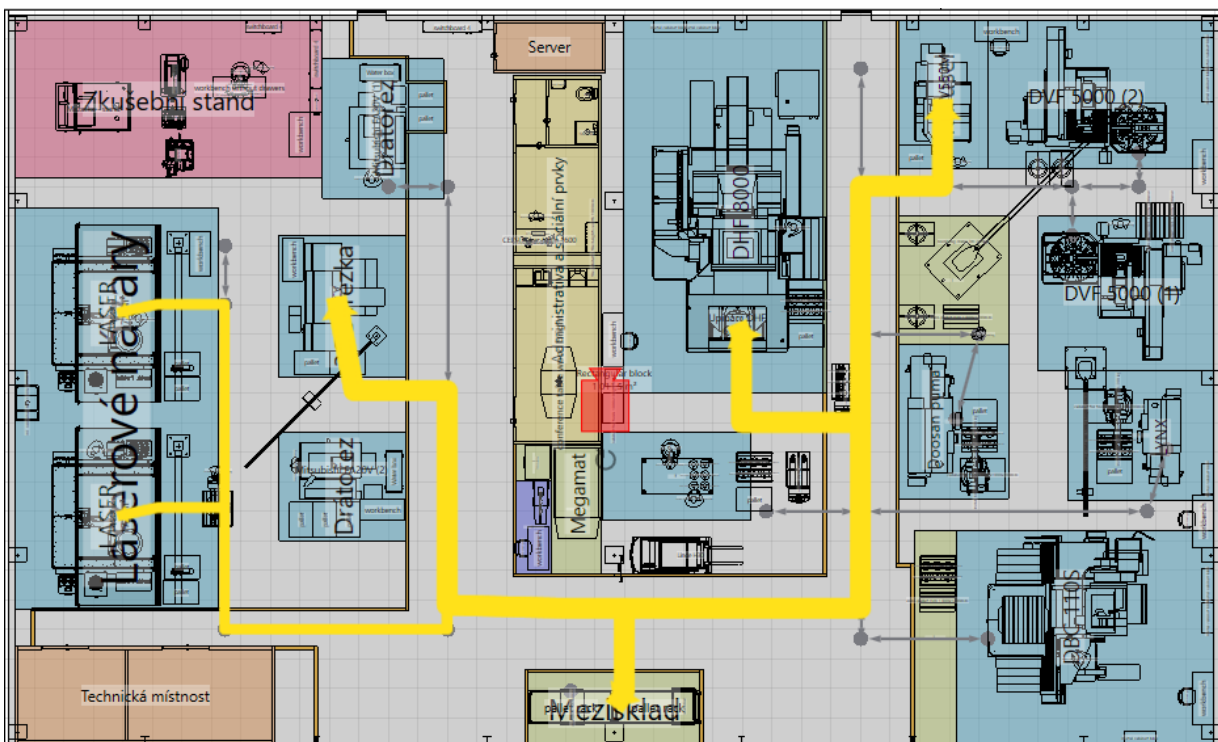
Obrázek 59: Sankeyův diagram pro velké výroby - Technologický layout



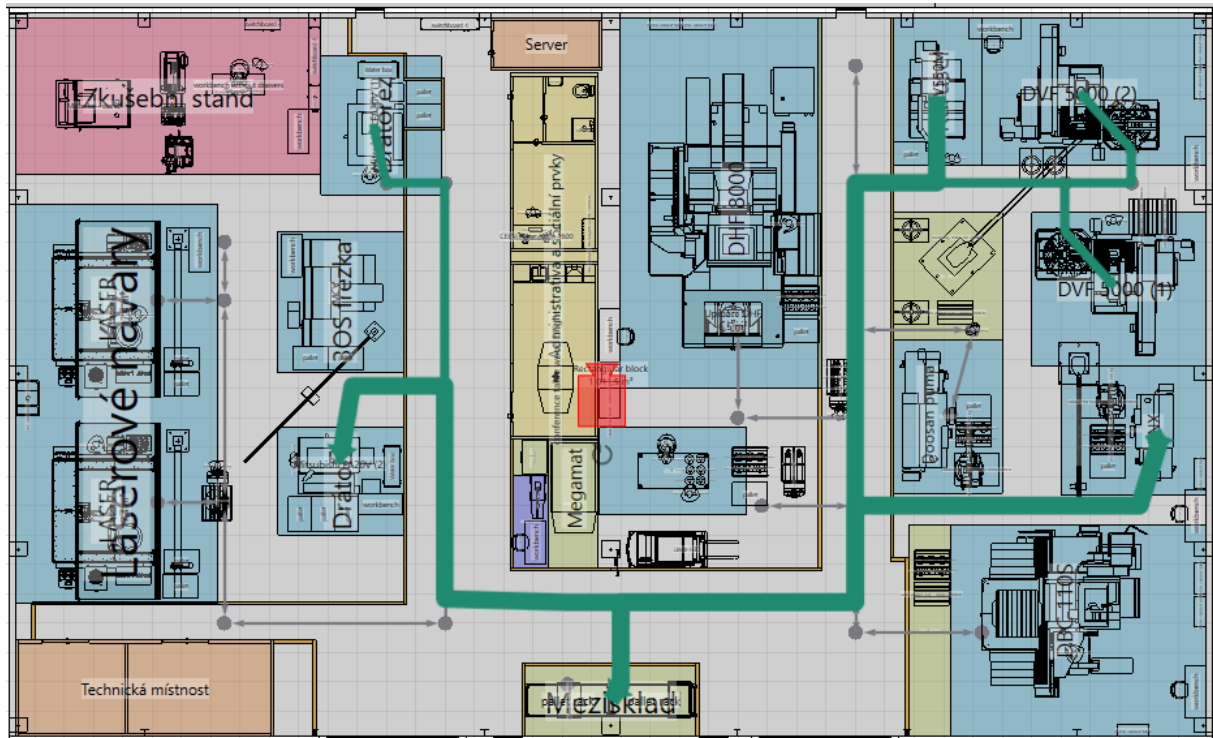
Obrázek 58: Sankeyův diagram navrhování kompozice - Technologický layout



Obrázek 61: Sankeyův diagram malé WA,WD - Technologický layout



Obrázek 60: Sankeyův diagram velké WA - Technologický layout



Obrázek 62: Sankeyův diagram domečky - Technologický layout

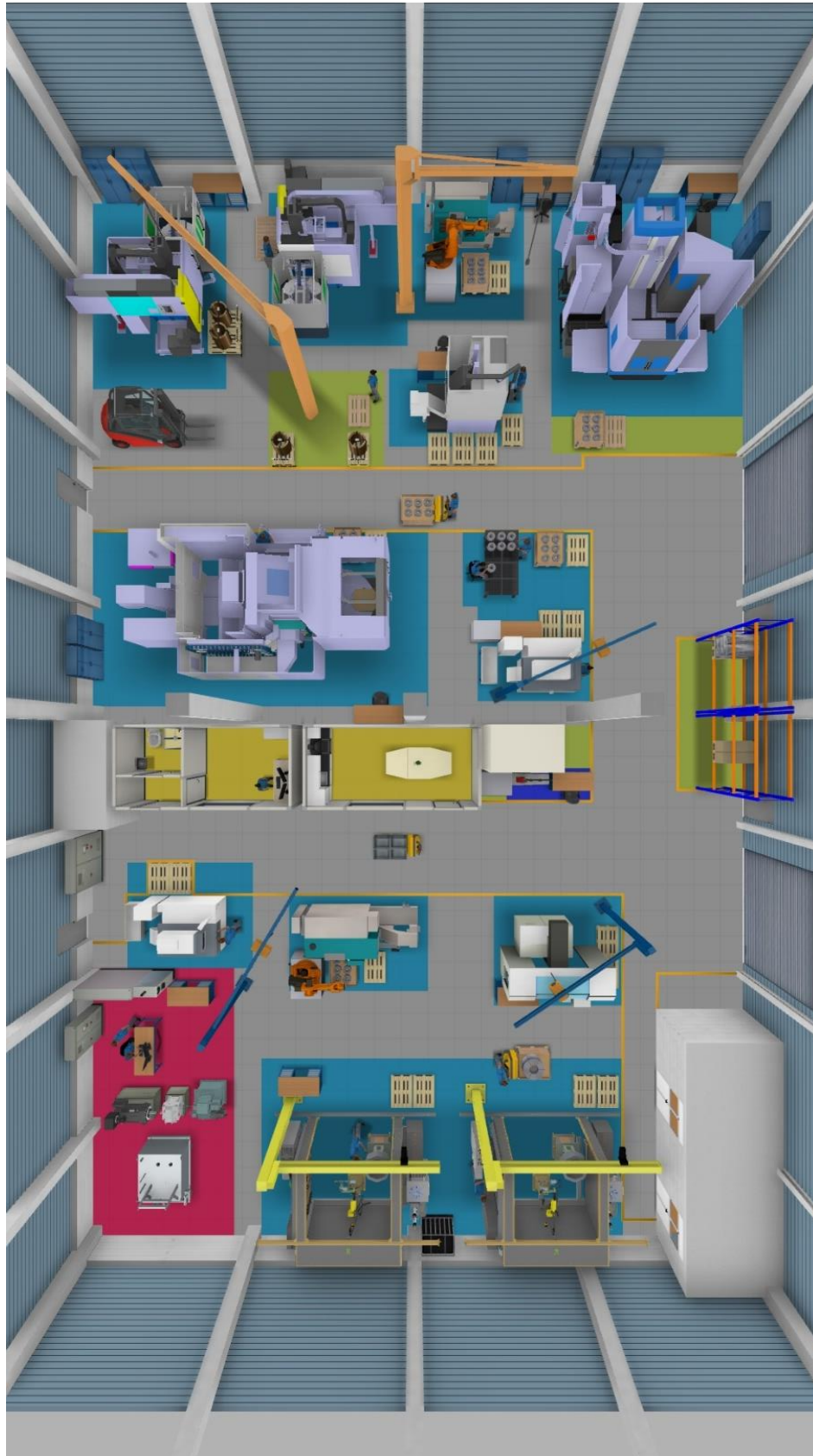
pozn: Sankeyův diagram pro velké výrobky zůstává stejný pro všechny varianty layoutů, nebude tedy již dále přidáván (Obrázek 59).

6.2 Chotíkov předmětný layout 1

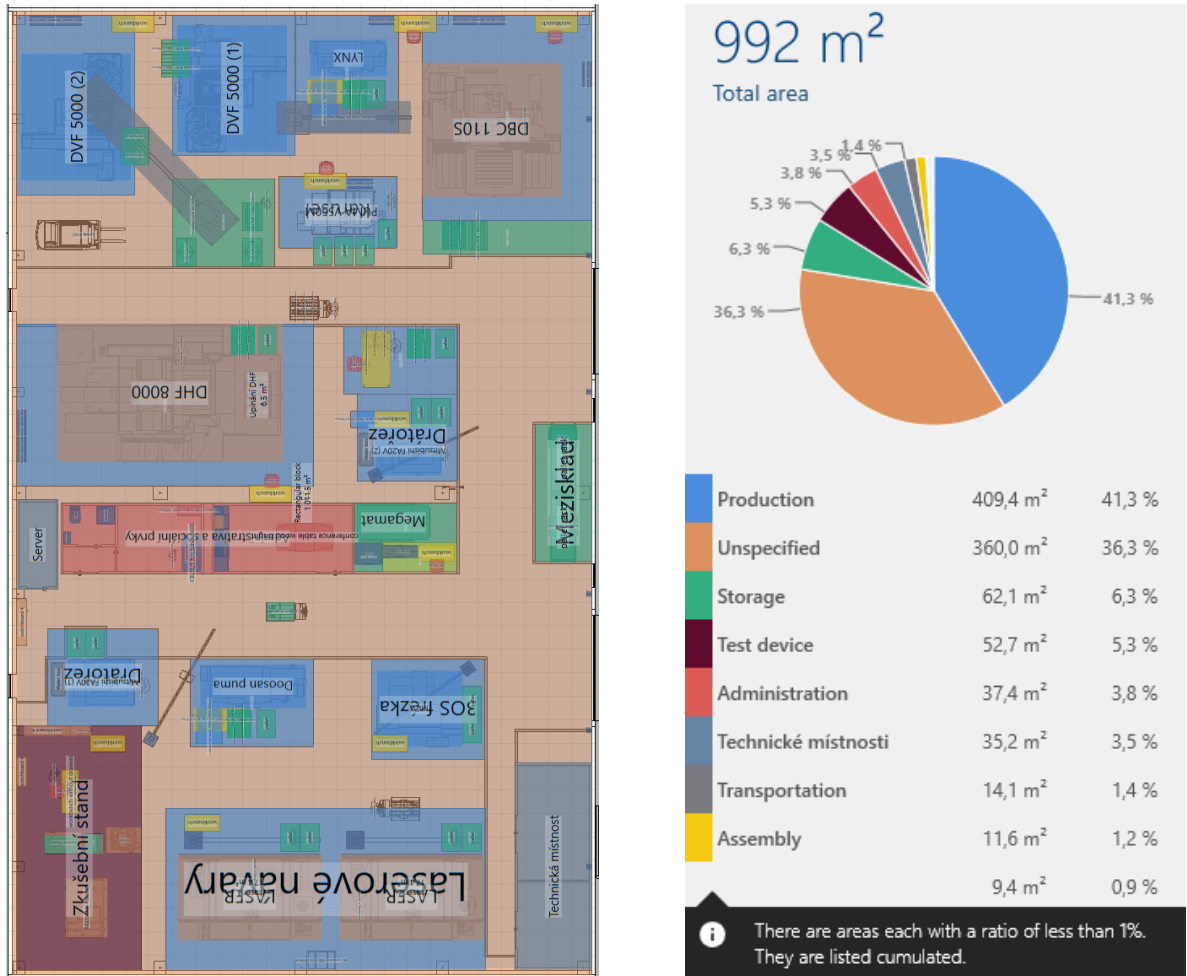
Předmětný layout 1 přistupuje k problematice hlavně z pohledu materiálových toků. Vícestrojovou obsluhu nebere v potaz. Cílem řešení je snížit přepravní vzdálenost jednotlivých toků na minimum. Z výše uvedených obrázků materiálových toků, je patrné, že největší podíl manipulační vzdálenosti mají: malé a velké WA(WD) a domečky. Přesná čísla jsou uvedena v kapitole 7.

Obě 5-osé frézky zůstávají na stejném místě. Důvodem je co největší vzdálenost od vrat a tím snížení výkyvů teploty způsobenými otevřenými vraty haly na minimum. Obě frézky totiž zastávají nejpřesnější výrobu v hale.

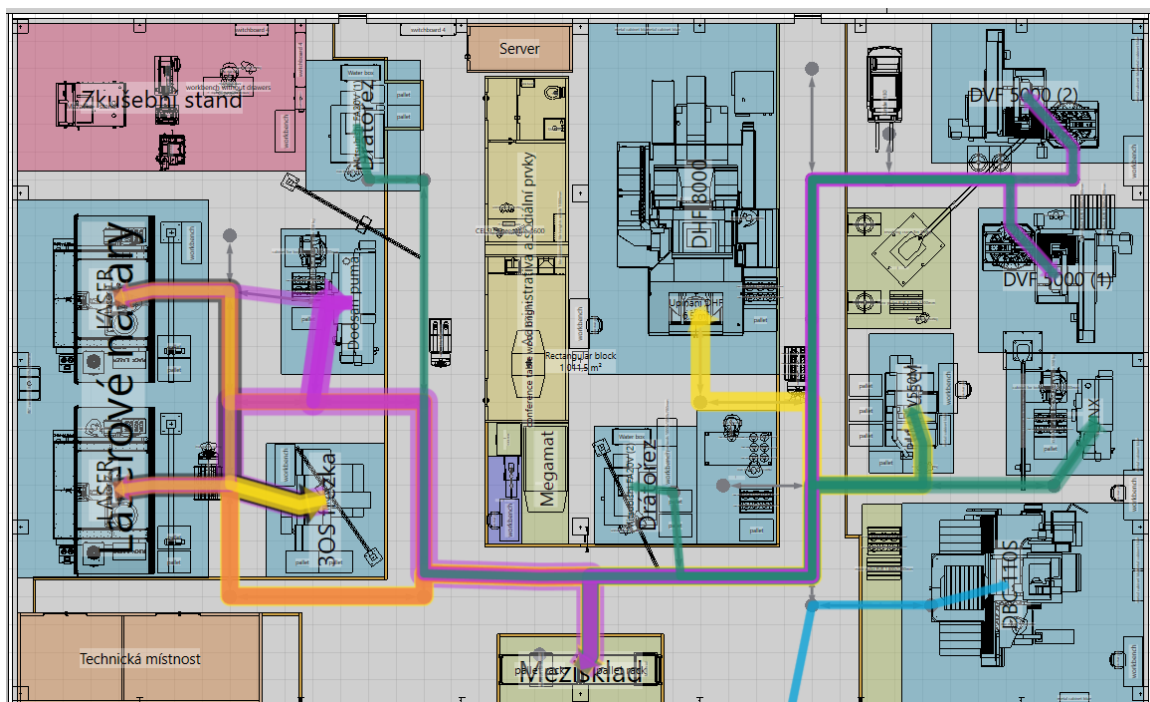
Varianta počítá s přesunutím karuselu na místo soustruhu PUMA, který je nově umístěn vedle laserových pracovišť. Frézka DMN 650 zastávající obrábění po laseru se pouze posune níže na původní místo drátořezu. Drátořez se nově přesune před paletové regály místo nabíjecího místa před ještěrku. Nabíjecí místo pro ještěrku se nově přesune vedle 5-osých frézek DVF 500. Počet paletových míst zůstává +/- stejný, v případě nedostatku paletových míst varianta opět počítá s vyrovnávacím skladem vedle haly. Celá varianta ve 3D je znázorněna na Obrázek 63.



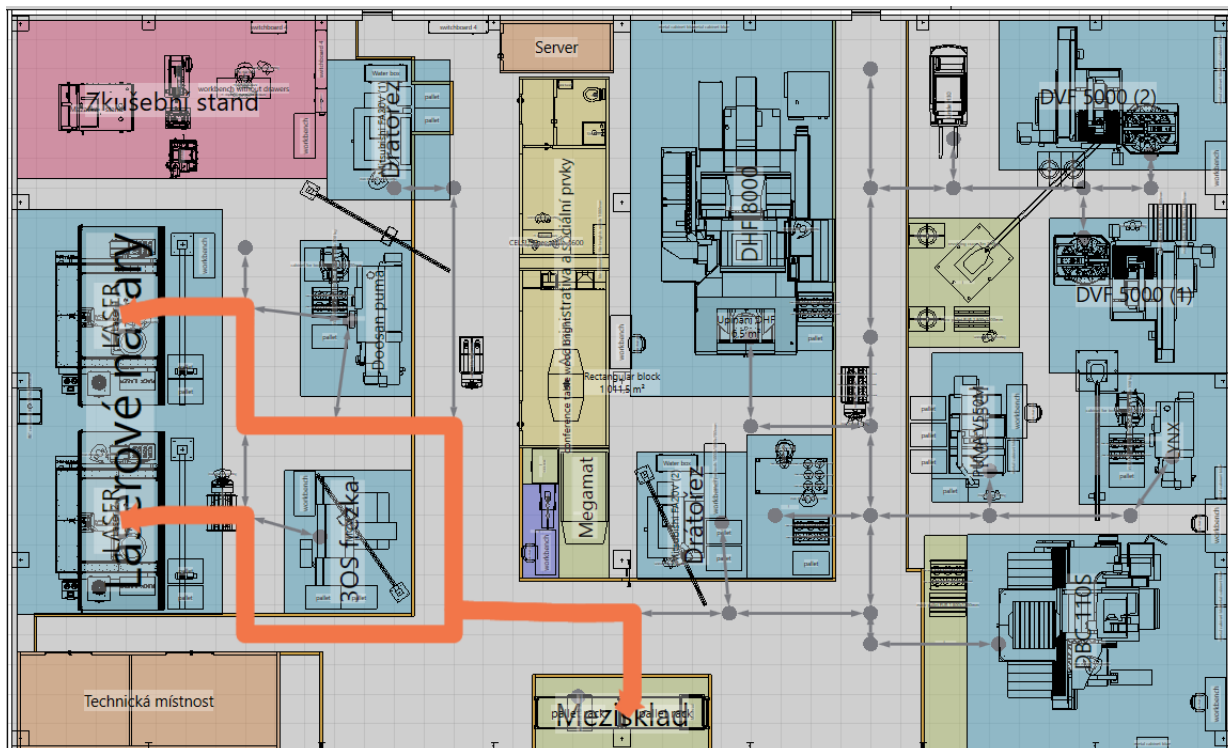
Obrázek 63: Předmětný layout I Chotíkov



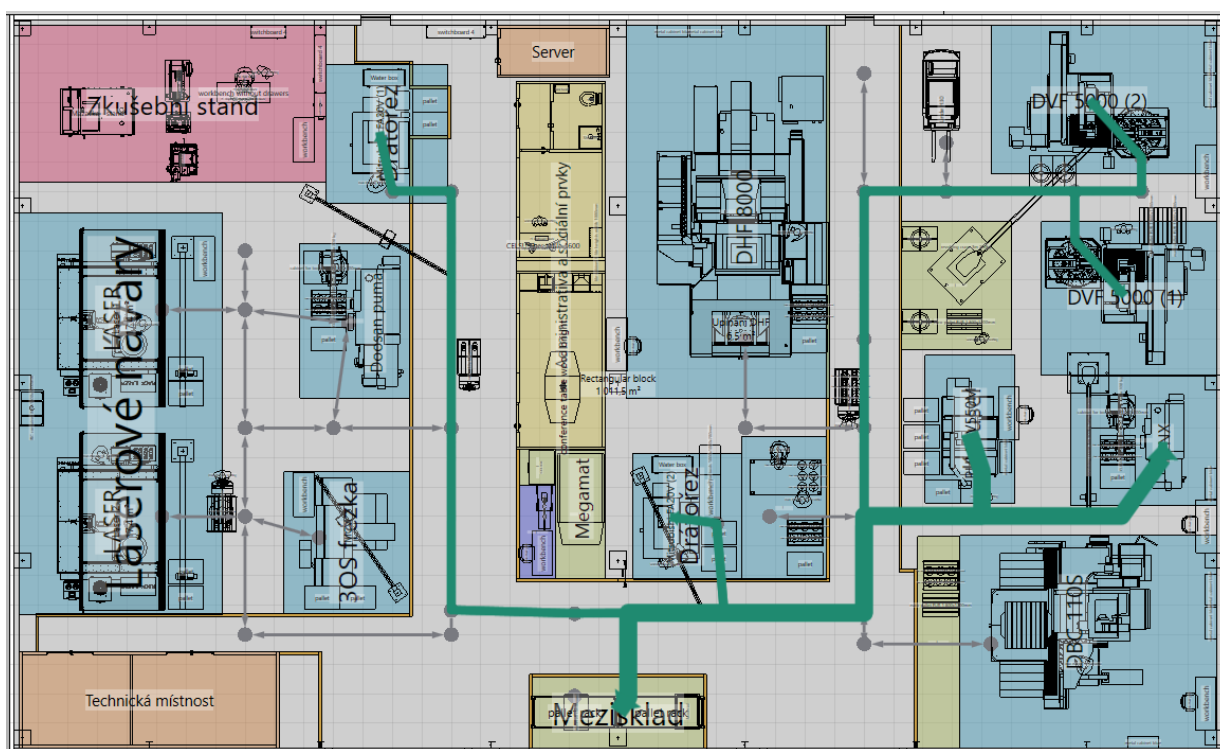
Obrázek 65: Area balance předmětný layout 1 (bez venkovního skladu)



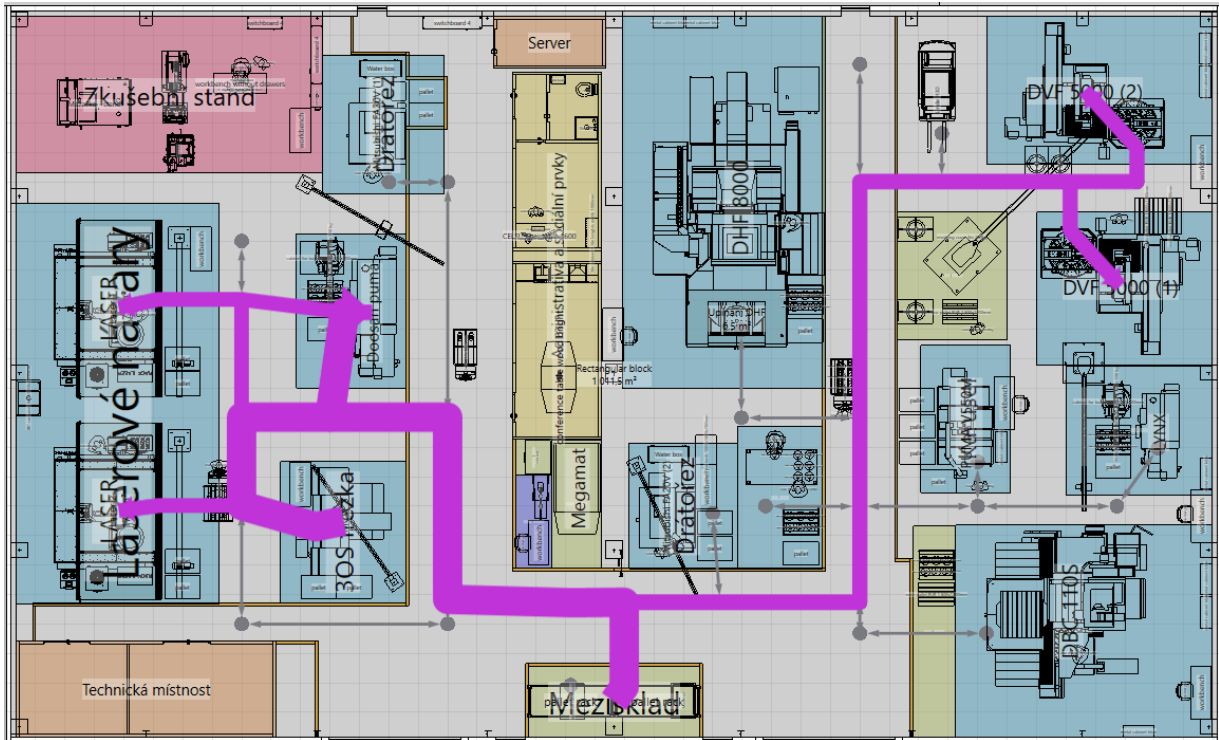
Obrázek 64: Sankeyův diagram - předmětný layout 1



Obrázek 67: Sankeyův diagram navařování kompozice - předmětný layout 1



Obrázek 66: Sankeyův diagram domečky - předmětný layout 1



Obrázek 69: Sankeyův diagram malé WA,WD - předmětný layout 1



Obrázek 68: Sankeyův diagram velké WA - předmětný layout 1

6.3 Chotíkov předmětný layout 2

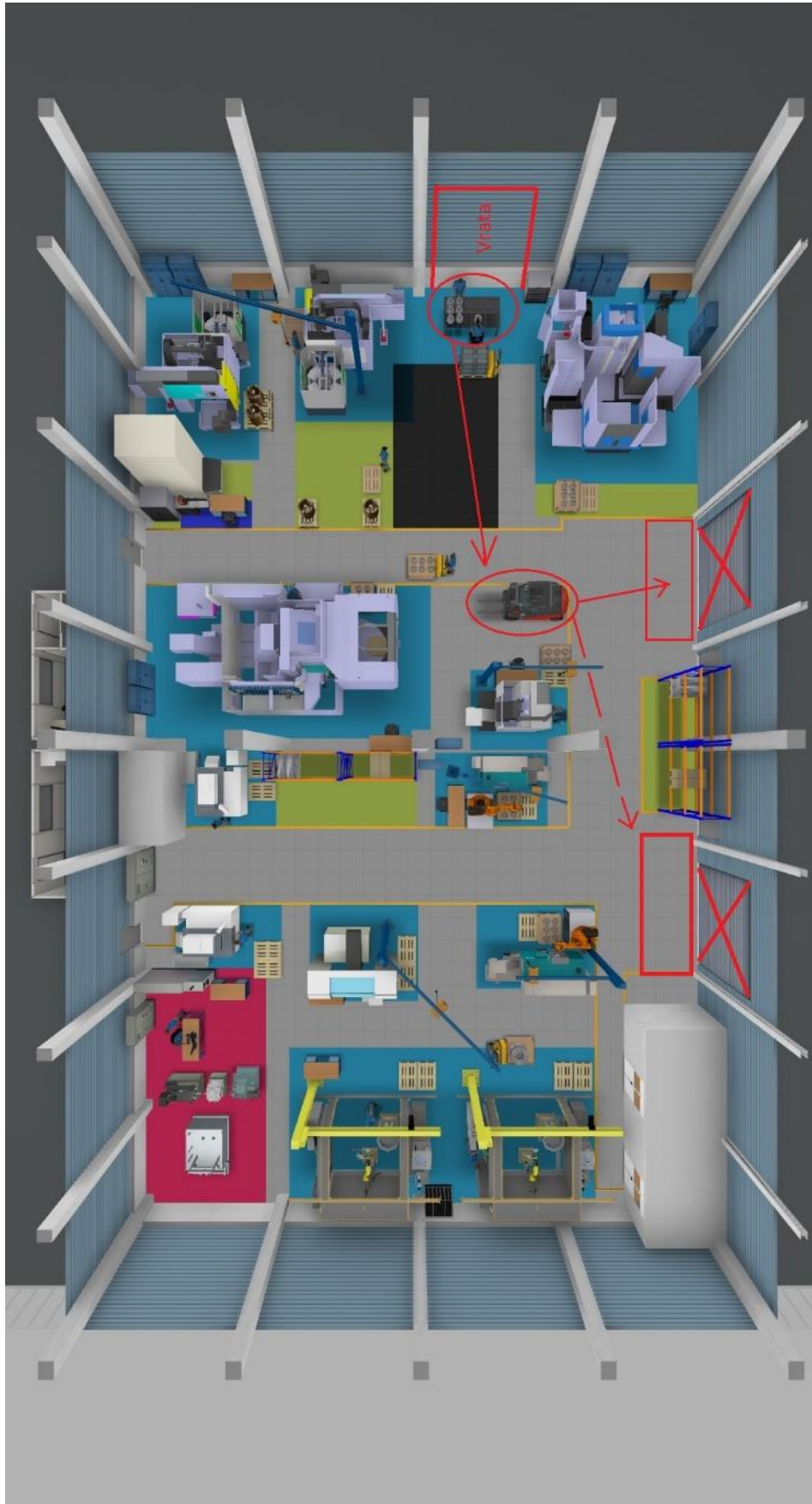
Varianta 2 viz Obrázek 70, využívá možnosti přesunout obě stavební buňky mimo halu. Tím vznikne nové místo v hale, které lze využít pro menší stroje nebo regály. Díky tomu je varianta 2 schopná snížit materiálové toky a současně dodržet vícestrojovou obsluhu, představenou v technologickém layoutu. Řešení zároveň cílí na možnost přistavění nových vrat z boční strany haly, kdyby obě vrata na delší straně haly nebylo možné využívat z důvodu přistavby druhé výrobní haly. Kdyby se stavba další haly stala skutečností, stačí přesunout zámečnické pracoviště a místo napájení ještěrky na jednu z pozic znázorněných na Obrázek 71.

Všechny stroje s vícestrojovou obsluhou jsou v této variantě umístěny vedle sebe. Jediná nevýhodná pozice je u soustruhů LYNX+PUMA, které jsou vůči sobě přes dopravní uličku. Jelikož ale oba stroje mají dělat malé série s robotickým podáváním, nemělo by být přecházení operátora přes uličku tak časté. Dále bylo volné místo po buňkách využito druhým drátořezem, díky tomu se teď oba drátořezy nacházejí vedle sebe. Posledním prvkem, jenž využívá místo po buňkách jsou 2 regály. Regály rozšiřují paletová místa o dalších 16. Nová paletová místa nahrazují venkovní sklad, se kterým počítají předešlé varianty. Tímto dispozičním řešením navíc dojde k rozšíření paletových míst v prostoru vedle 5-osých center DVF5000, jelikož dojde k přemístění jeřábu blíže k frézám. Nicméně je nutné pořídit 2 další jeřáby. První pro karusel a druhý pro jedno ze soustružnických pracovišť vybavených robotickou rukou, pro případné manuální zakládání. Dynamický sklad MEGAMAT společně s toolboxem a měřením nástrojů je přesunut vedle DVF5000 na místo po karuselu. Karusel se nově nachází před DHF8000.

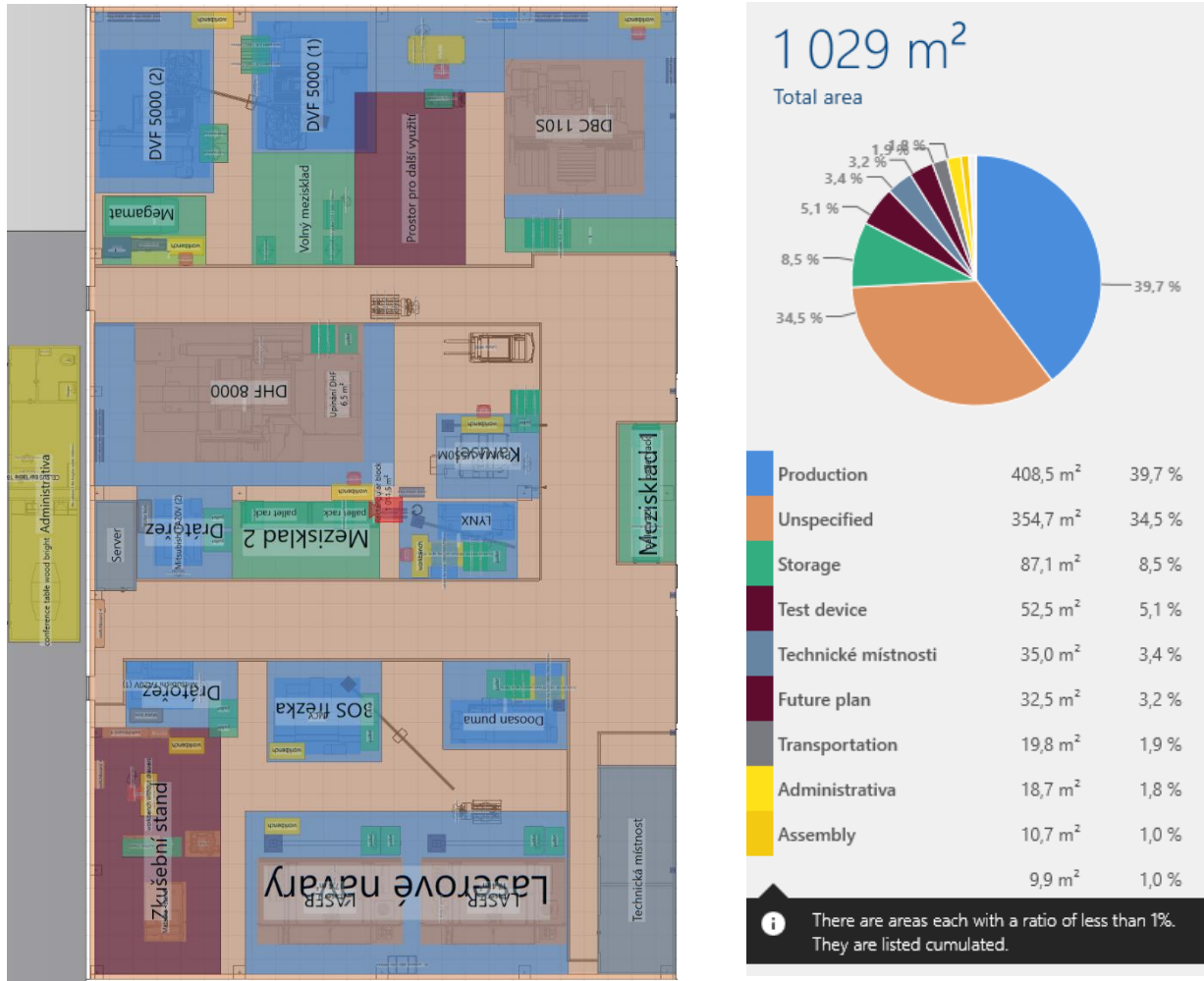
Černá plocha viz Obrázek 70, je plocha pro budoucí využití, v případě že nebude potřeba jako příjezdová ulička od nových vrat. Dosaženého snížení materiálových toků bude opět popsáno až v kapitole 7.



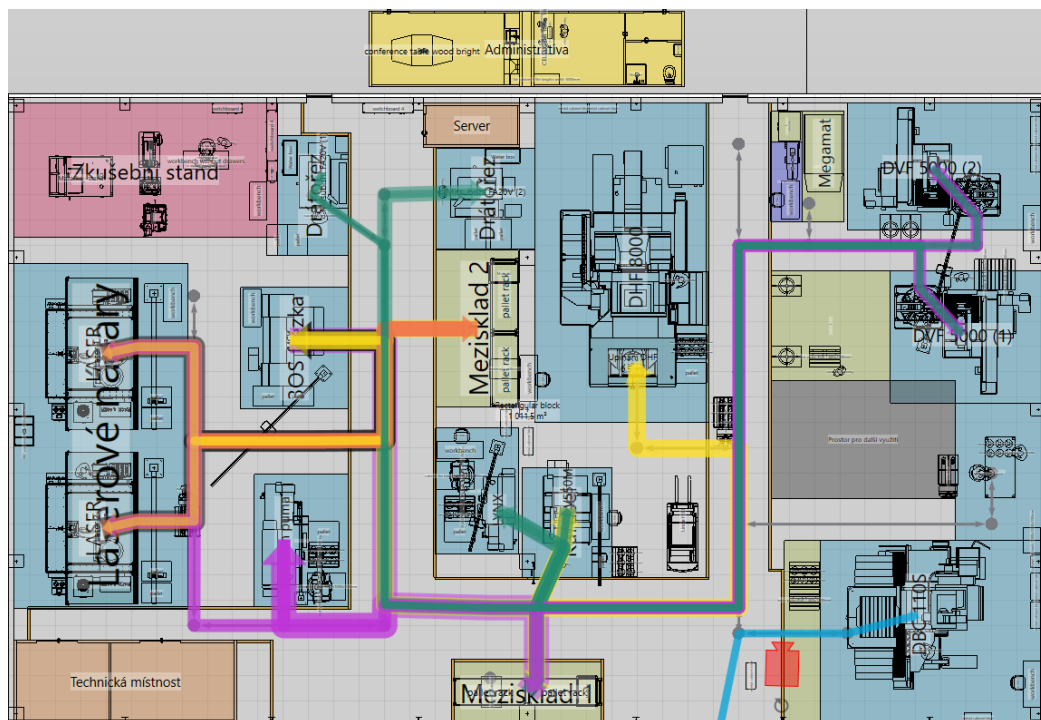
Obrázek 70: Předmětný layout 2



Obrázek 71: Změny potřebné pro výstavbu nových vrat - předmětný layout 2



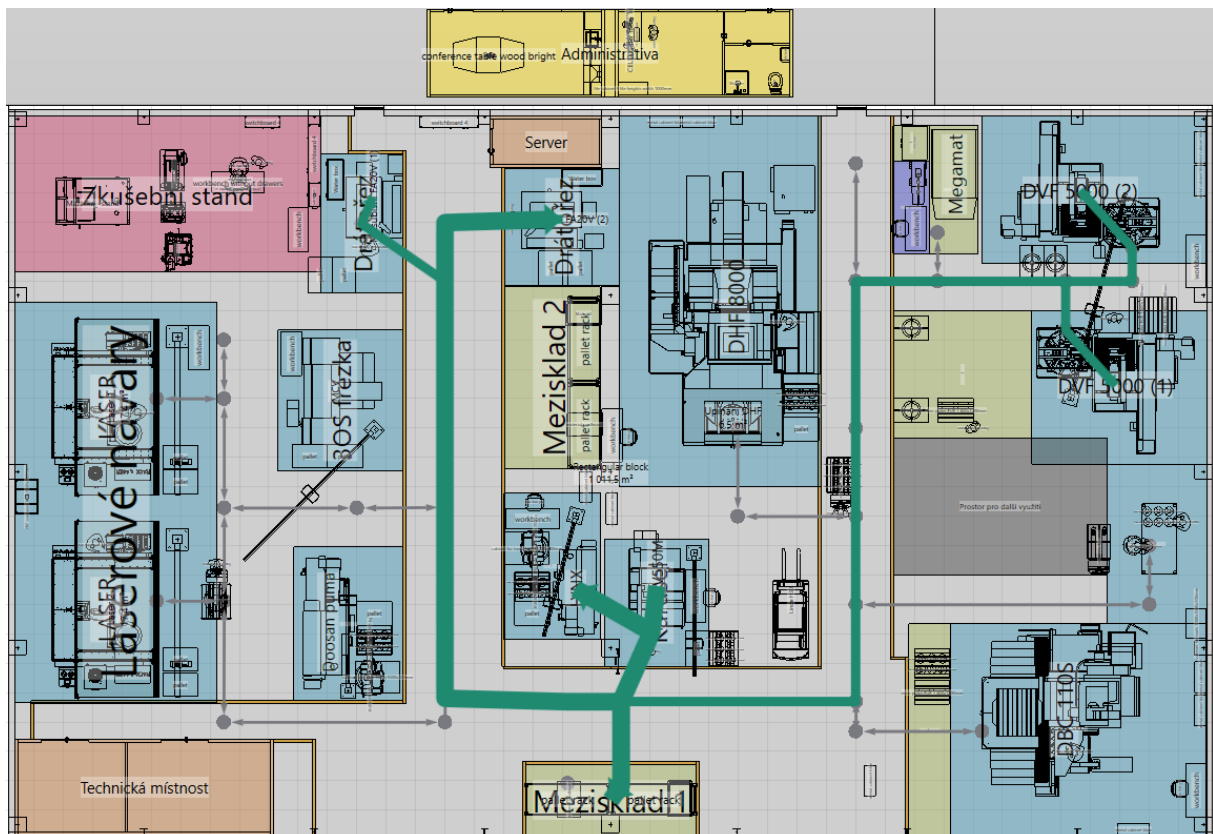
Obrázek 72: Area balance - předmětný layout 2



Obrázek 73: Sankeyův diagram - předmětný layout 2



Obrázek 75: Sankeyův diagram kompozice - předmětný layout 2



Obrázek 74: Sankeyův diagram domečky - předmětný layout 2



Obrázek 77: Sankeyův diagram malé WA,WD - předmětný layout 2



Obrázek 76: Sankeyův diagram velké WA - předmětný layout 2

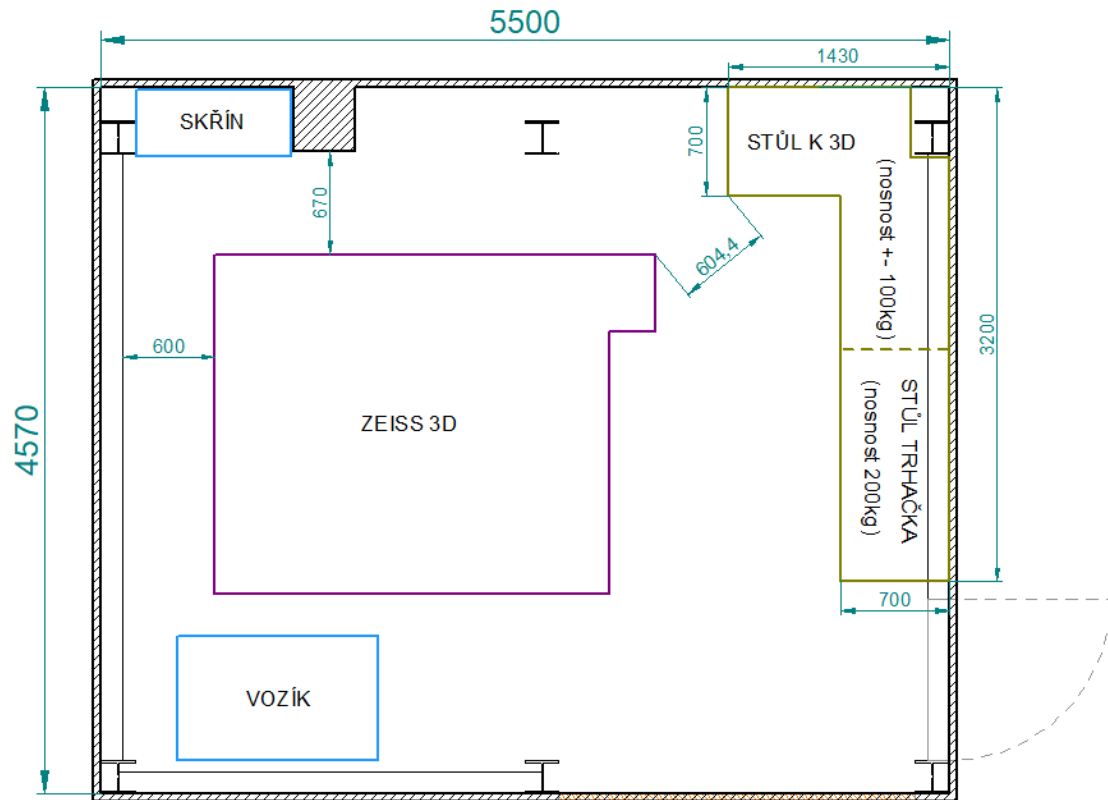
6.4 Laboratoř Příšov – varianta 1

Varianta 1 cílí na levný a jednoduchý přístup. Řešení spočívá v objednání kancelářského rohového stolu na míru. Výška stolu je stejná jako výška montážního stolu pod trhačkou. Díky tomu dojde ke srovnání pracovní výšky stolů a k celkovému zvětšení pracovní plochy. Celé řešení viz Obrázek 79 a Obrázek 80. Jelikož se materiálové toky neliší od současného stavu, nebudou v této kapitole dále uvedeny.

Leštička s rozměry 401 x 286 x 603 mm potřebuje během provozu stálý přívod tekoucí vody a současně stálý odvod odpadní vody. Takovými přívody/odvody tekoucí vody, není současná laboratoř vybavená. Navíc v jejím už tak stísněném prostoru není místo na jakékoliv sebemenší zařízení. Varianta počítá s tím, že se leštička přesune do prostoru kapilární zkoušky, která je přizpůsobená na odvod chemikálií a disponuje i trvalým přívodem tekoucí vody. Prostor kapilární zkoušky v GTW známý jako „krček“ je znázorněn na Obrázek 78, včetně detailu v pravém horním rohu.



Obrázek 78: Umístění leštičky v prostorách krčku



Obrázek 80: Laboratoř Příšov 2D – varianta 1



Obrázek 79: Laboratoř Příšov 3D - varianta 1

6.5 Laboratoř Příšov - varianta 2

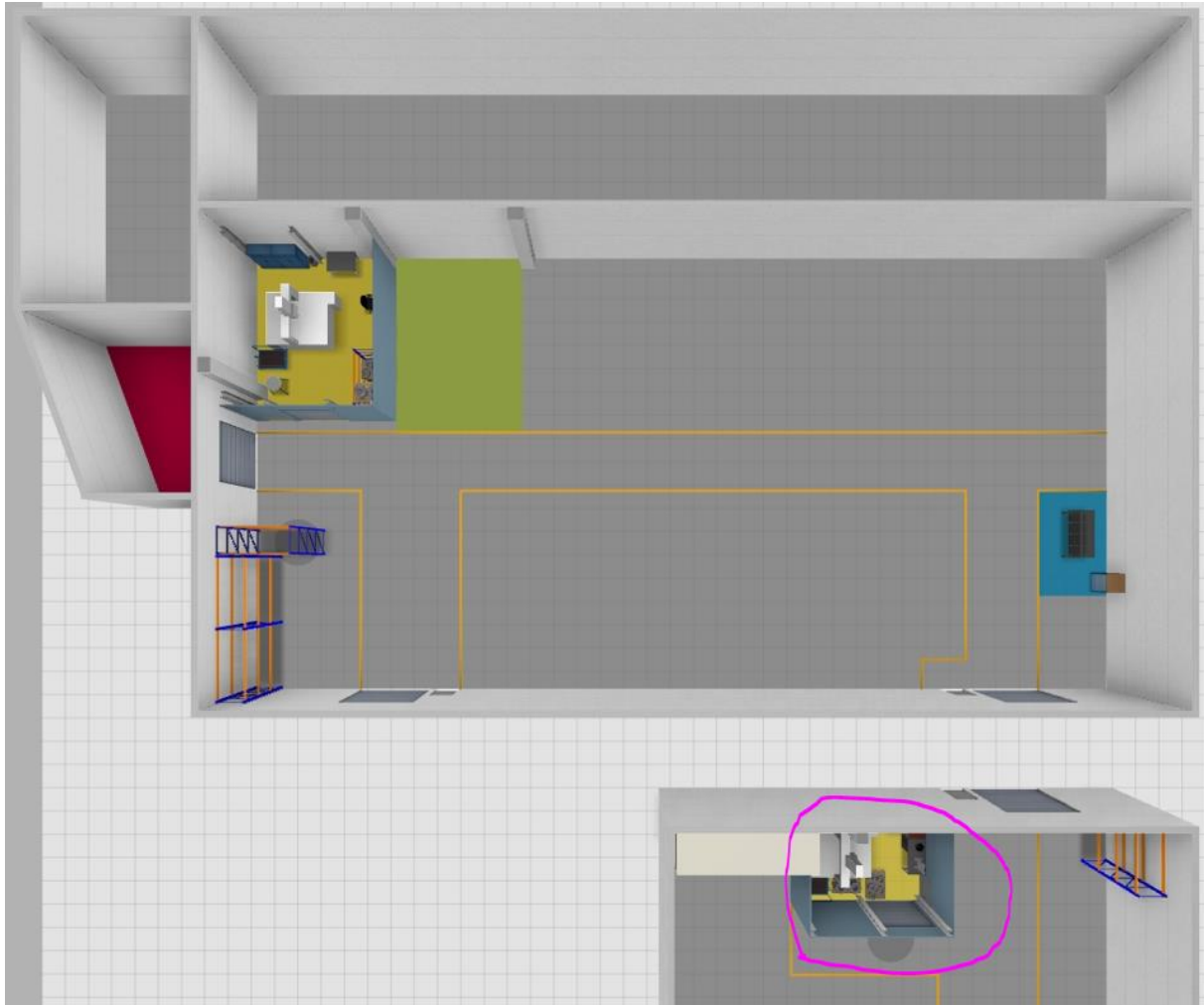
Druhá, mnohem nákladnější varianta viz detail na Obrázek 81 a celé řešení Obrázek 82. Současná pozice laboratoře (zvýrazněná růžově) je zde zachycena taky, pro lepší vizualizaci. Zde se počítá s volným prostorem po stroji DBC, který se v rámci této DP, stěhuje do haly v Chotíkově. Zmíněný prostor je v hale u administrativní budovy a disponuje rozměry 11960x7115. Způsobů jak využít takto velký prostor, by se našla určitě celá řada. Jelikož firma zatím nemá v plánu značně rozšiřovat měřicí laboratoř, je půlka volného prostoru ponechána pro případné další rozšíření nebo jiné využití. I při využití polovičního prostoru dojde ke značnému zvětšení rozměrů laboratoře a to sice z 5500x4570mm na 5800x6975mm.

Větší prostor nabízí volné místo pro 6 palet, což je cca 3 násobek toho co nabízí výchozí stav a varianta 1, to by mělo vést k zamezení prodlev z důvodu čekání 24h na srovnání teplot. Navíc není nutné objednávat stůl na míru, postačí běžný pracovní stůl tvaru I. Dále se do většího prostoru vejdou i zařízení, která doposud nebylo možné umístit do klimatizovaného prostoru laboratoře. Jedná se o průměrnou desku 800x1200mm a kruhoměr. Prostor v rohu snižuje počet stěn, jenž se budou nově muset postavit, na polovinu. Navíc se k „3Děčku“ nemusí dělat nové základy, jelikož stojí na základech velké frézky. Velký základ stačí akorát rozdělit na dva menší. Důvodem je zamezení přenosu vibrací při případné přístavbě malého obráběcího centra na zbylé nevyužité ploše. Další výhodou této varianty spočívá v tom, že se laboratoř nachází blízko technické kontroly (červená plocha Obrázek 82), která jí spravuje. Dojde tak ke značnému snížení manipulační vzdálenosti o desítky metrů. Vzdálenost pracovišť je znázorněna na Obrázek 83. Přesné zkrácení manipulačních vzdáleností je v kapitole 7.



Obrázek 81: Detail varianty 2 - Příšov

Pozn: Varianta 2 taktéž počítá s leštičkou v prostoru krčku. V případě potřeby lze místo skříně navíc umístit leštičku. Musí se ale v rámci stavby zavést přívod a odvod vody.



Obrázek 82: Varianta 2 - Příšov

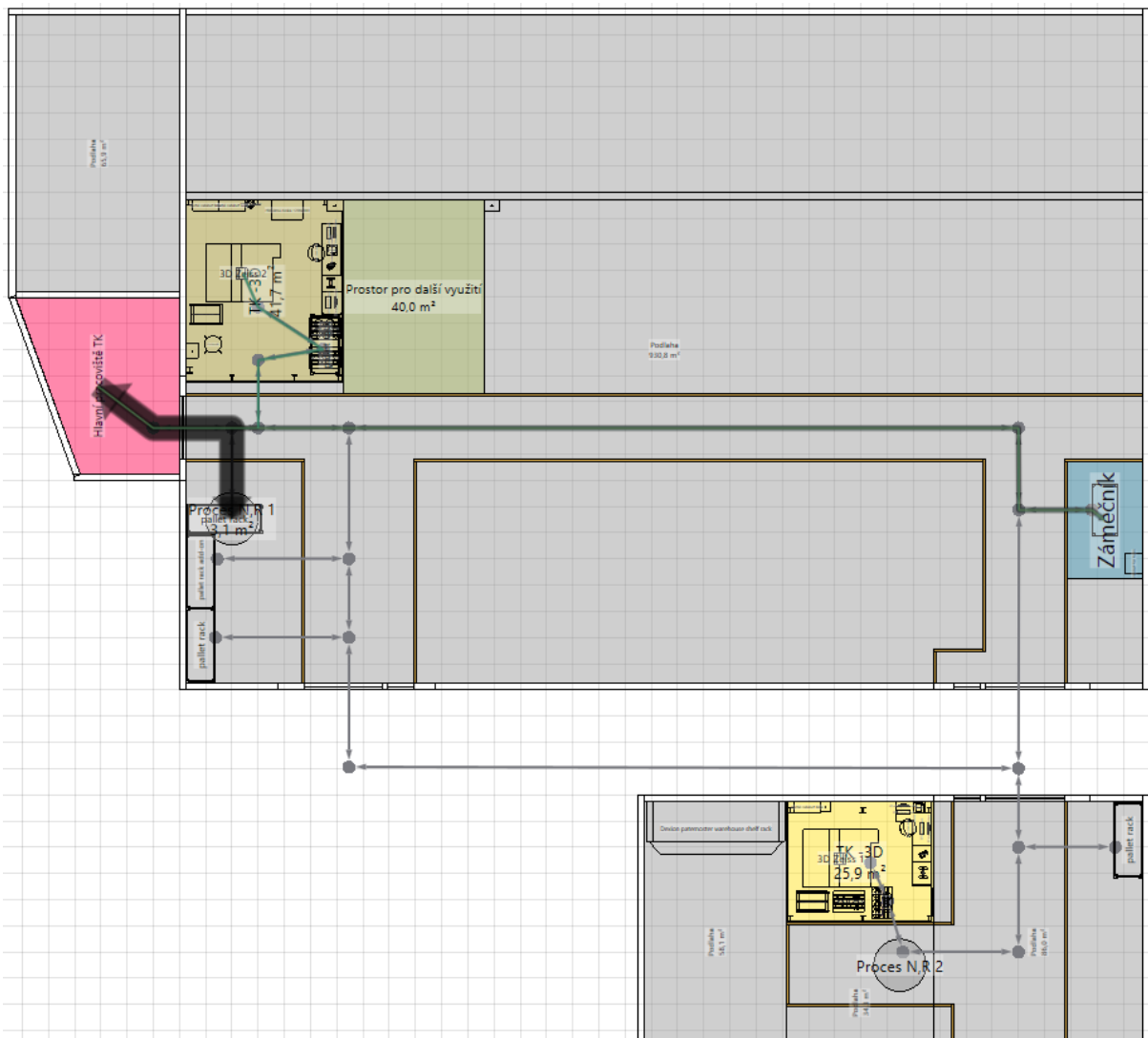
Jelikož jak varianta 1 tak i 2 počítá s využitím prostoru krčku pro leštičku, je pro úplnost přiložen letecký snímek (Obrázek 83). Na snímku je modře vyznačeno hlavní stanoviště technické kontroly. Stanoviště hlavní technické kontroly zůstává beze změny, pouze se k němu přidávají červená pole v případě varianty 1 nebo zelené pole v případě varianty 3.

Vysvětlivky pro Obrázek 83:

- TK – technická kontrola
- L – leštička
- ? – prostor pro budoucí využití
- 3D – laboratoř GTW s 3D měřícím souřadnicovým strojem
- n3D – nová pozice laboratoře (varianta 3)



Obrázek 83: Rozmístění laboratoří v GTW dle variant (červeně var. 1; zeleně var. 2)



Obrázek 84: Materiálové toky varianta 2 - Příšov

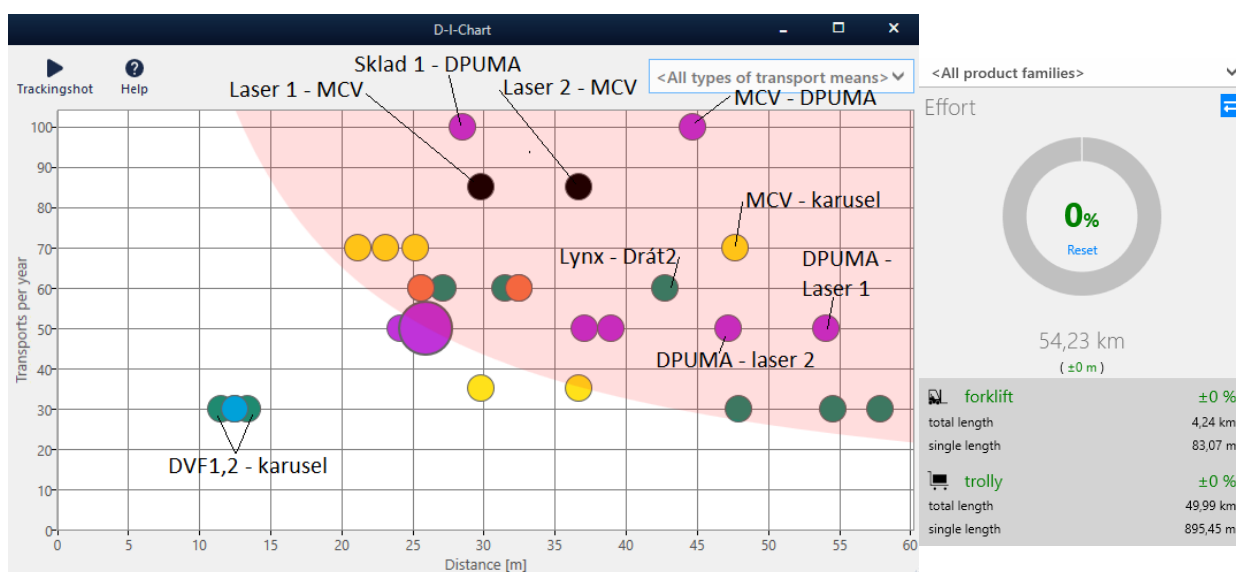
7. Kriteriační výběr finálního uspořádání

Pro kriteriační výběr uspořádání poslouží DI digramy a ušetřená vzdálenost v rámci jednotlivých variant. Jelikož původní řešení pro halu Chotíkov (současný stav od GTW) vychází z odlišné sestavy strojů ve strojním parku než varianty navržené v rámci DP, nejsou varianty porovnávány s výchozím řešením. Místo toho, výchozím stavem pro DI digramy je technologický layout, vůči kterému jsou porovnány zbylé předmětné layouts viz Obrázek 85.

V rámci laboratoře Příšov jsou varianty porovnávány se současným stavem. Varianta 1 je z hlediska materiálových toků totožná s výchozím stavem, je tedy uvedena společně s ním.

7.1 Chotíkov – DI digramy

Technologický layout



Obrázek 85: DI - diagram - Technologický layout

Vysvětlivky pro Obrázek 85 a zbylé DI digramy Chotíkov:

- Modrá – výroba velkých kusů (2-7t)
- Zelená – výroba domečků
- Žlutá – Velké WA
- Fialová – malé WA,WD
- Oranžová – navařování kompozice
- (Černá) – NENÍ SAMOSTATNÝ TOK. Jedná se pouze o překrytí 2 identických toků pro velké a malé WA, vznikla průnikem žluté a fialové.

Ideální stav je přesunutí všech pracovišť a míst, jenž vstupují do materiálových toků, tak aby ležely na rozhraní červené a bílé v plochy v DI-diagramu. Ideálního stavu, ale nelze nikdy nelze v praxi dosáhnout kvůli, dispozičním možnostem a technologii. Hranice ploch je pro všechny varianty nastavená stejně. Na Obrázek 85 jsou pojmenovány body ležící dále od barevného rozhraní červená – bílá. Jejich detailní info je popsáno níže.

DBC110S: Modrý bod na grafu, kvůli technologii rozměrům a vlastním základům nelze stroj umístit jinak.

DVF1,2 – karusel: DVF5000 jsou 2 střední 5osá centra. Společně s automatickým paletovým systémem tvoří obtížně umístitelný tvar L. Centra zastávají nejpřesnější výrobu haly. Aktuálně jsou daleko od vrat, což snižuje vliv vnějších tepelných výkyvů. Doporučuji nepřesouvat. Naopak karusel, lze přesouvat dle potřeby.

Laser 1, Laser 2 – MCV: Laser 1 už je fyzicky v hale, jedná se o komplexní pracoviště vhodné umístění tak aby zabíralo co nejméně prostoru v hale. Kvůli možnosti společné zásoby CO₂ a komplexnosti pracoviště, doporučuji druhý laser umístit blízko vedle prvního. MCV je snadno přesunutelná frézka, ale měla by zůstat blízko laserů důvodem je úzká návaznost na ně v několika procesech.

MCV – karusel: Doporučuji umístit pracoviště blíže k sobě. Přesunout karusel.

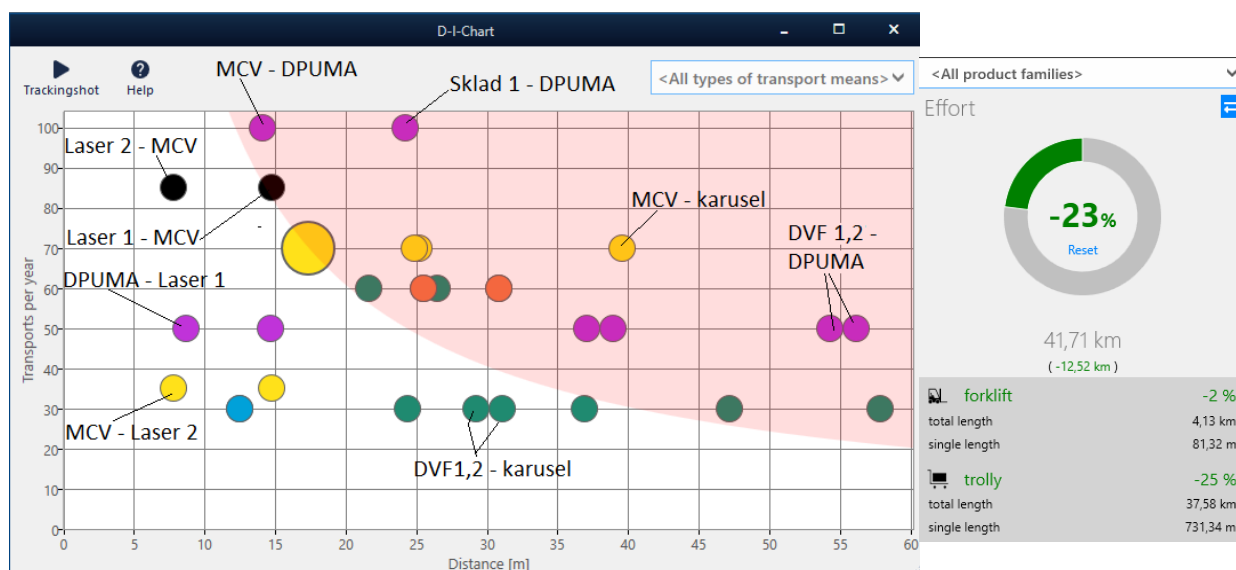
MCV – DPUMA: Doosan puma je soustruh s robotickým podavačem. Doporučuji přesunout právě ten. Ideálně blízko LYNX kvůli vícestrojové obsluze.

DPUMA – Laser 1, Laser 2: Doporučuji přesunout doosan puma blíže k laserům, ideálně společně s LYNX.

LYNX – DRÁT2: Oba stroje jsou snadno přemístitelné, doporučuji umístit blíže k sobě.

Celková roční délka přesunů materiálu činí 54,23 km.

Předmětný layout 1



Obrázek 86: DI - diagram - Předmětný layout 1

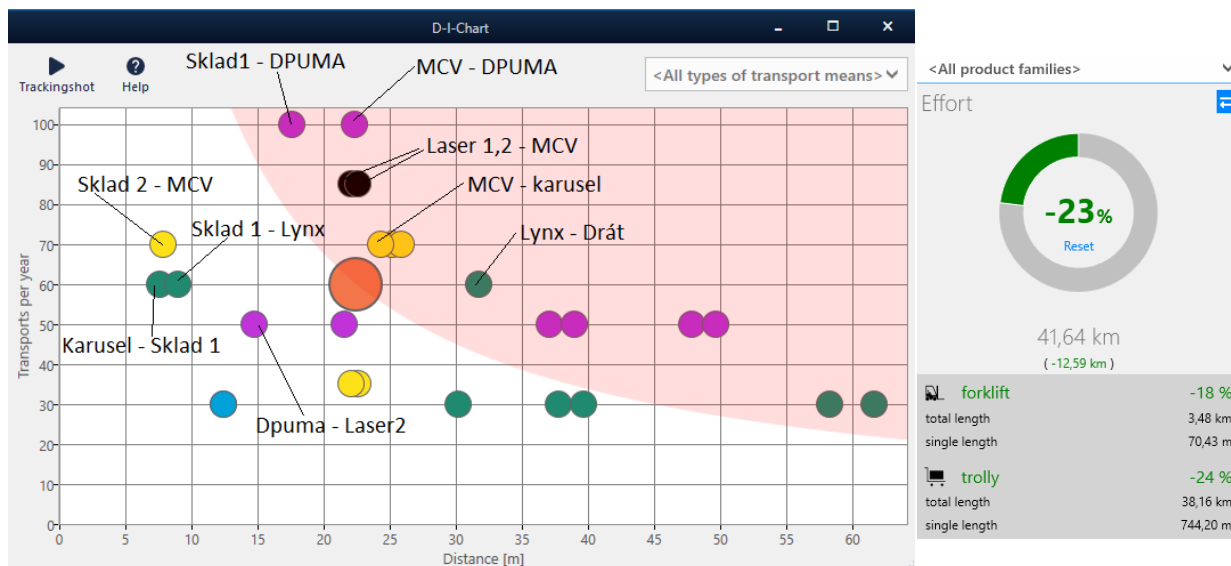
Předmětný layout 1 viz Obrázek 86. Oproti technologickému layoutu body lépe přimykají k rozhraní červené a bílé plochy, navíc značně méně bodů leží daleko v červené oblasti.

DVF1,2 – DPUMA: Soustruh Doosan PUMA je vhodné přemístit, nicméně kvůli dispozici haly již jinde není prostor.

Sklad 1 – DPUMA: Doporučuji přidat jeden mezisklad v blízkosti stroje Doosan PUMA, v hale ale již není místo.

Úspora činí 12,52 km/rok. Celková roční délka přesunů materiálu je 41,71 km. Varianta nerespektuje vícestrojovou obsluhu.

Předmětný layout 2

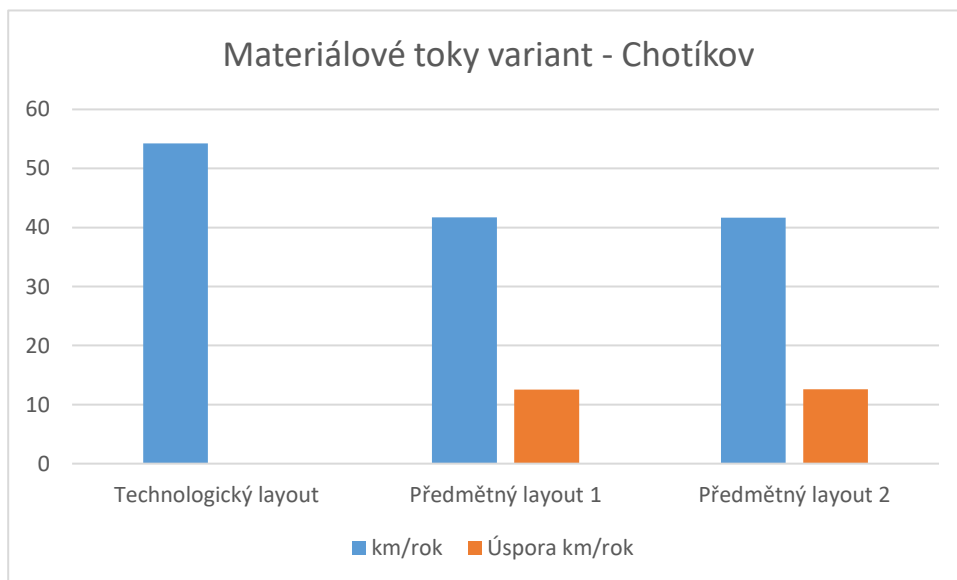


Obrázek 87: DI - diagram - Předmětný layout 2

Předmětný layout 2 viz Obrázek 87. Ze všech variant, body nejlépe přimykají k rozhraní červené a bílé plochy. K docílení pomohlo vyjmutí stavebních buněk mimo prostory haly a přidání druhého meziskladu uvnitř haly.

Úspora činí 12,59 km/rok. Celková roční délka přesunů materiálu je 41,64 km. Varianta dokonce respektuje vícestrojovou obsluhu.

Celkové porovnání variant

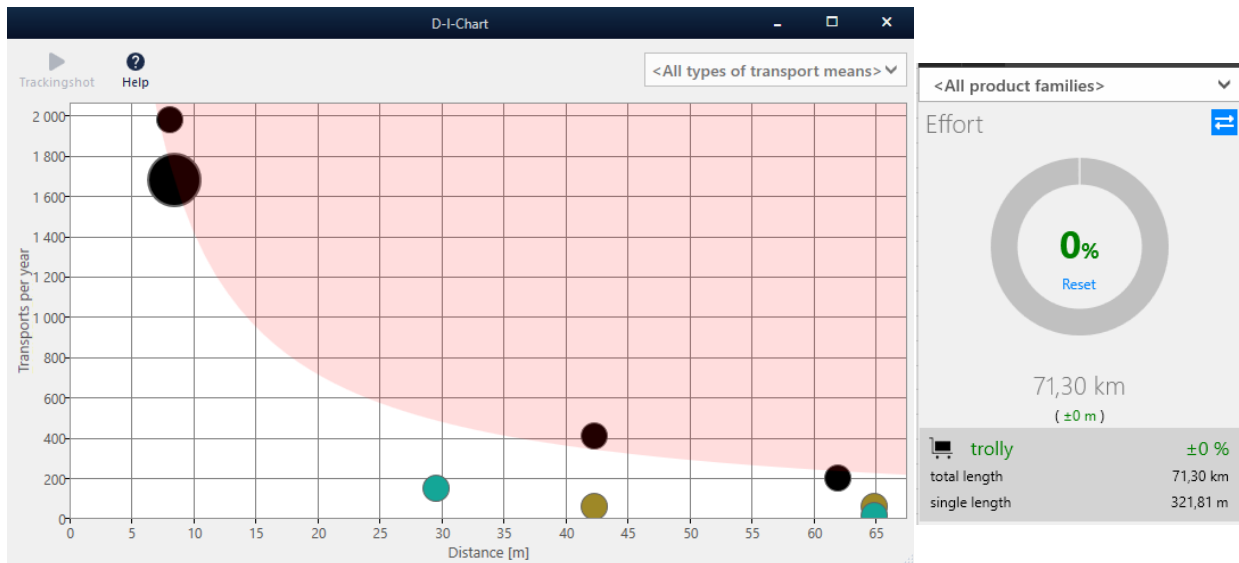


Obrázek 88: Srovnání variant Chotíkov podle materiálových toků

Oproti technologickému layoutu obě varianty předmětných layoutů ušetří přibližně 12,5km ročně. Ovšem předmětný layout 2 současně nabízí výhody technologického layoutu. Vychází tedy ze všech variant nejlépe.

7.2 Příšov – DI diagramy

Současný stav a varianta 1



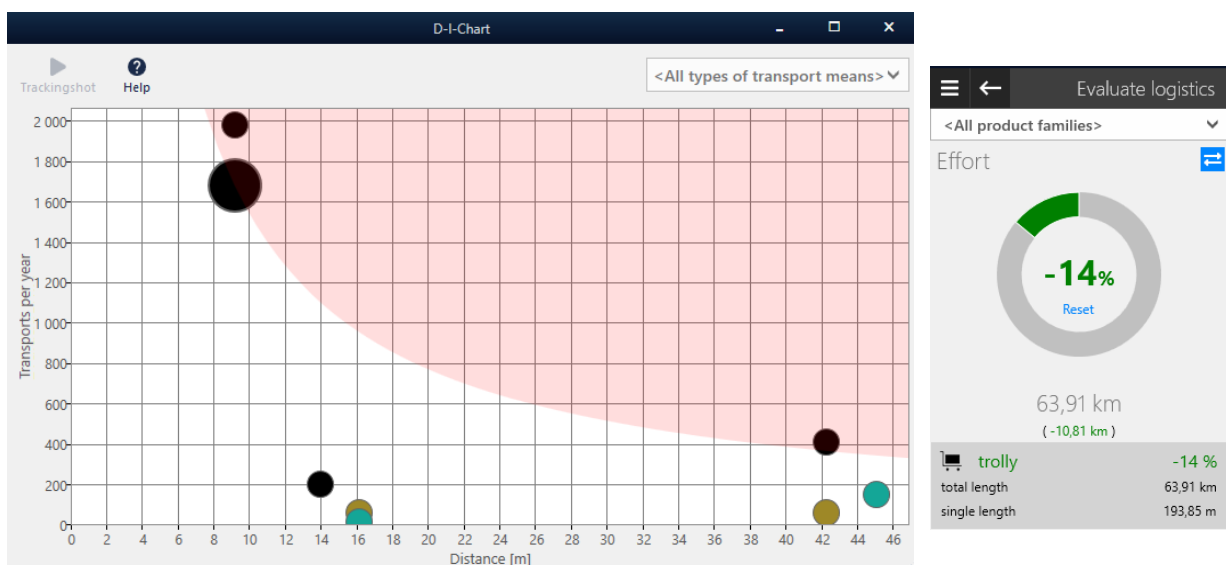
Obrázek 89: DI - diagram – Příšov výchozí stav + varianta 1

Vysvětlivky pro Obrázek 89 a zbylé DI diagramy Příšov:

- Zelená – Nové výrobky
- Zlatá – Repasované výrobky
- (Černá) – NENÍ SAMOSTATNÝ TOK. Jedná se pouze o překrytí 2 identických toků nové výrobky + repasované. Barva vznikla průnikem zelené a zlaté.

Body viz Obrázek 89 s ohledem na dispoziční možnosti hal v Příšově, relativně dobře přimykají k rozhraní. Lze tedy očekávat malou úsporu v rámci varianty 2. Celková roční délka přesunů materiálu je 71,3 km.

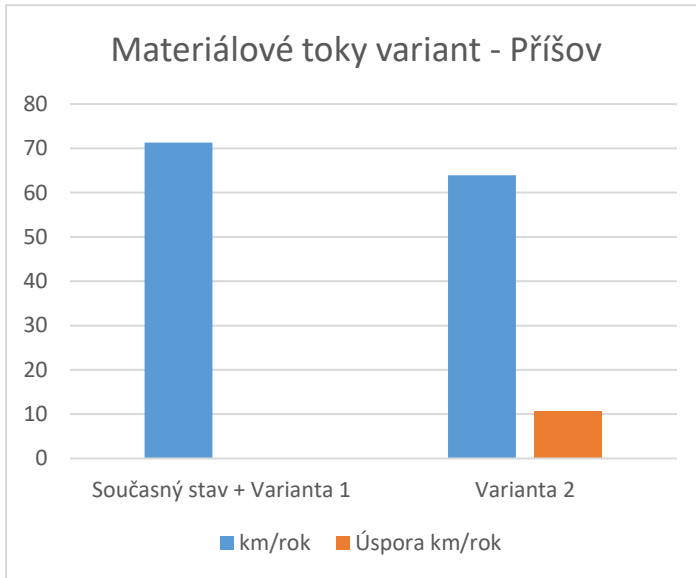
Varianta 2



Obrázek 90: DI - diagram – Příšov varianta 2

Úspora vzniká díky přesunutí celé laboratoře v Příšově, blíže k hlavnímu pracovišti technické kontroly. Právě odsud proudí většina materiálových toků. Vzhledem k velmi omezeným možnostem haly, nelze docílit přiblížení bodů více k rozhraní viz Obrázek 1. Úspora činí 10,81 km/rok. Celková roční délka přesunů materiálu je 63,91 km.

Dle Obrázek 91 vychází nejlépe varianta 2, s celkovou úsporou 10,81 km/rok.



Obrázek 91: Srovnání variant Příšov podle materiálových toků

8. Technicko-ekonomické zhodnocení

Uspořená vzdálenost variant, které se věnovala předchozí kapitola, je v rámci procent dobrá. Nicméně v číslech je 12,5 km/rok pro celou výrobu Chotíkov a 10,81 km/rok pro Příšov je téměř zanedbatelná hodnota. Proto tato kapitola přistupuje k hodnocení variant z jiného pohledu. V rámci Chotíkova se budou počítat uspořené metry a pro Příšov ušetřené dny.

Chotíkov

Všechny varianty layoutů Chotíkov navyšují počet strojů v hale oproti výchozímu stavu. Díky tomu firma nemusí hledat pro stroje, které se nevešly do prostoru haly nové místo. Lze tedy mluvit o vyšším využití stejné plochy. Uspořená plocha v m² je vynásobená pořizovací cenou m² haly. Výsledkem je Tabulka 2.

Tabulka 2: Úspora plochy Chotíkov

Úspora	Pořizovací cena haly [kč]		Plocha haly [m ²]	
	25 000 000		1 029,6	
	Varianta layoutu			
	Technologický	Předmětný 1	Předmětný 2 - během stavby	Předmětný 2 - mimo stavbu
Podesty [m ²]	10	10	10	10
Stroje (2xdrátořez) [m ²]	40	40	40	40
Zámečnick [m ²]	15	15	15	15
Mezisklad (v hale) [m ²]	0	0	20	20
Budoucí využití [m ²]	0	0	0	34
Celkem úspora [m ²]	65	65	85	119
Celkem úspora [kč]	3 156 565,66 Kč	3 156 565,66 Kč	4 127 816,63 Kč	5 778 943,28 Kč

Z tabulky je patrné že nejvyšší úspory dosáhla varianta předmětný layout 2 a to přibližně 5,8 mil. Kč. V případě stavby druhého se krátkodobě úspora sníží na cca 4,1 mil Kč.

Příšov

Jedním z hlavních problémů co se týče laboratoře, je její velikost. Technologickým čekáním na vyrovnání teplot, se doba měření prodlužuje, průměrně o 4 dny měsíčně viz Tabulka 3. Porovnání mezi variantami layoutů pro Příšov je provedeno na základě počtu dní o které se průměrně opozdí měření v laboratoři. Cílem je, aby číslo bylo ideálně 0 dní. Varianta 1 je shodná s výchozím stavem, tedy má také 4 dny zpoždění.

Varianta 2 viz Tabulka 4 je bez zpoždění. Měsíčně se tedy ušetří 4 dny zpoždění. Bohužel nejsou k dispozici data, aby se zpoždění nechalo převést na finanční prostředky.

Tabulka 3: Volná paletová místa v prostoru laboratoře – varianta 0 a 1

Den v měsíci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nové na změření	4	4	7	6	2	0	0	3	4	8
zbyde mi z minule	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3
Zaplnění v počtu výrobků	4	4	7	8	5	0	0	3	4	8
počet zaplněných paletových míst	2	2	4	4	3	0	0	2	2	4
Volné palety	0	0	-2	-2	-1	2	2	0	0	-2
Pracovní den v měsíci	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nové na změření	3	1	6	4	4	0	8	1	5	4
zbyde mi z minule	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Zaplnění v počtu výrobků	6	2	6	5	4	0	8	4	5	4
počet zaplněných paletových míst	3	1	3	3	2	0	4	2	3	2
Volné palety	-1	1	-1	-1	0	2	-2	0	-1	0
					Změří se ložisek denně	5				
					Průměrně ks v paletě	2		Vzniknou 4 dny zpoždění		
					Maximální počet uskladněných palet	2				
					(Celkový počet výrobků)	74				

Tabulka 4: Volná paletová místa v prostoru laboratoře - varianta 2

Den v měsíci	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nové na změření	4	4	7	6	2	0	0	3	4	8
zbyde mi z minule	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3
Zaplnění v počtu výrobků	4	4	7	8	5	0	0	3	4	8
počet zaplněných paletových míst	2	2	4	4	3	0	0	2	2	4
Volné palety	4	4	2	2	3	6	6	4	4	2
Pracovní den v měsíci	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nové na změření	3	1	6	4	4	0	8	1	5	4
zbyde mi z minule	1	0	1	0	0	0	3	0	0	0
Zaplnění v počtu výrobků	6	2	6	5	4	0	8	4	5	4
počet zaplněných paletových míst	3	1	3	3	2	0	4	2	3	2
Volné palety	3	5	3	3	4	6	2	4	3	4
					Změří se ložisek denně	5				
					Průměrně ks v paletě	2		Vzniknou 0 dny zpoždění		
					Maximální počet uskladněných palet	6				
					(Celkový počet výrobků)	74				

9. Závěr

Práce obsahuje dva základní úkoly: novou výrobní halu Chotíkov a metrologickou laboratoř v Příšově. Proto i v závěru jsou uvedeny zvlášť.

Chotíkov

Cílem diplomové práce byla analýza současného stavu layoutu a navržení variativního řešení. Po uvedení do problematiky logistiky a tvorby layoutů, byl opraven 2D layout současného stavu haly Chotíkov tak, aby kompletně odpovídal skutečnosti. Dále bylo navrženo lehce přes 30 variant řešení. Všechny v souladu s normami a bezpečnostními opatřeními. Některé 2D řešení jsou zkresleny v programu solid edge, jiné pouze 3D v programu Vistable. Klíčové varianty mají zpracování v obou SW. V diplomové práci jsou představeny 3 kompletní řešení s identickým strojním parkem pro věrohodnější analýzu. Všechny řešení popisované v diplomové práci mají bohatší strojní park než výchozí stav. Do každého ze tří řešení byly implementovány očekávané materiálové toky a byla provedena analýza pomocí DI-diagramu. Nakonec bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení.

Technologický layout:

Řešení je cílené primárně na vícestrojovou obsluhu. V diplomové práci slouží jako výchozí stav pro další analýzy, jelikož současný stav má odlišný strojový park. Oproti výchozímu stavu dokáže využít lépe prostory haly v Chotíkově celkem o 65m², což vytváří úsporu cca 3 mil. Kč. Ze všech popsaných variant se jedná o druhé nejlepší řešení. Jelikož možnost vícestrojové obsluhy má větší přínos, než ušetřených 10km ročně v rámci materiálových toků (předmětný layout 1).

Předmětný layout 1:

Řešení se snaží uspořít přepravní vzdálenost v rámci materiálových toků, bez přesunutí stavebních buněk. Vzniklá úspora činí 12,5km ročně a využití plochy uspořilo stejně cca 3mil. Kč. Nicméně u několika pracovišť, ztrácí možnost vícestrojové obsluhy. Tím končí jako nejhorší varianta z představených 3 řešeních.

Předmětný layout 2:

Řešení počítá s přesunutím stavebních buněk mimo halu, tím vznikne další volný prostor a možnosti jak v hale rozmístit pracoviště. Díky tomu, řešení dosáhlo shodou náhod identické úspory km jako předmětný layout 1 a současně neztrácí možnost vícestrojové obsluhy. S novou dispozicí navyšuje úsporu plochy na 119 m², což představuje úsporu cca 5,7 mil. Kč. Z toho celkem 34 m² lze využít na další obráběcí stroj nebo dokonce jako nový vjezd do haly. Jako nový vjezd do haly, lze využít tuto variantu v případě stavby druhé haly, kdy dojde k dočasnému zablokování současných vjezdů. Varianta končí jako nejlepší ze všech představených návrhů.

Příšov

Jelikož haly v Příšově neměly digitální podobu, proběhlo přeměření laboratoře a části dvou hal v Příšově. Následně byl vytvořen layout současného stavu. Do dispozic byli implementovány materiálové toky představující nový a repasovaný produkt. Kvůli velmi omezeným dispozičním možnostem byli navrženy 2 řešení. První, nízkonákladové řešení a druhé, které uvažuje s přesunutím celé laboratoře.

Varianta 1:

Varianta nepočítá s přesunem laboratoře. Jedná se tedy o nízkonákladové řešení. Cílem řešení je objednání kancelářského stolu na míru, čímž dojde ke sjednocení výšek stolů. Pracoviště tak nabízí lepší pracovní podmínky. Nicméně nevyřeší se malé rozměry laboratoře a s tím spojené nežádoucí prodlužování měření. Zpoždění z důvodu čekání je každý měsíc cca 4 dny. Varianta je lepší než výchozí stav, ale horší než varianta 2.

Varianta 2:

Toto dispoziční řešení využívá možnost, kdy se přesouvá velká frézka DBC110S do haly v Chotíkově, čímž vznikne nový prostor pro dispozici laboratoře přímo vedle hlavního pracoviště technické kontroly. Přesunem laboratoře vznikne úspora cca 10km ročně. Hlavním přínosem řešení je ovšem možnost větší laboratoře. Díky tomu, lze do laboratoře umístit průměrnou desku a kruhoměr. Navíc se do nové laboratoře vejde i regál pro produkty, jenž se teprve budou měřit. Regál odstraňuje zpoždění měření z důvodu čekání na srovnání teplot. Kapacita regálu je dostačující, i kdyby klesla výkonost laboratoře o 20%. Jedná se o nejlepší variantu z představených .

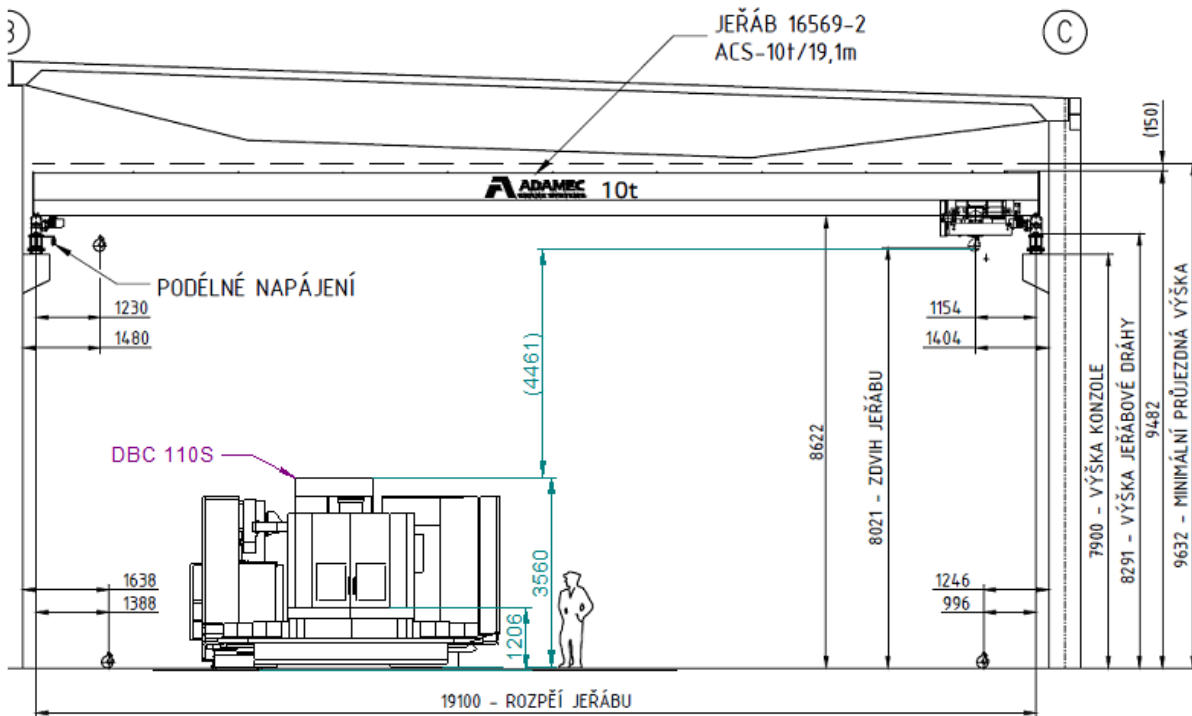
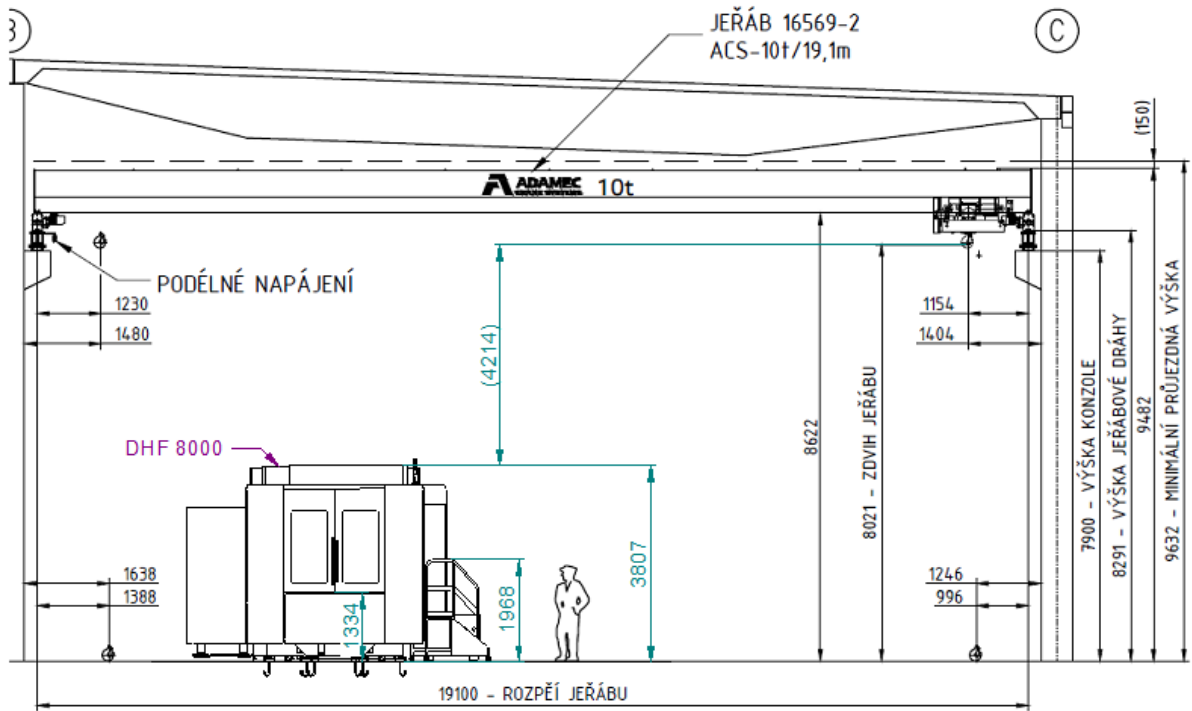
10. Seznam použitých zdrojů

- [1] GTW BEARINGS s.r.o. rejstrik-firem.kurzy.cz [online]. [cit. 6.11.2023]. Dostupné z: <https://rejstrik-firem.kurzy.cz/25205242/gtw-bearings-sro/>
- [2] GTW.s.r.o [online]. [cit. 06.11.2023]. Dostupné z: <https://www.gtw.cz/produkty/>
- [3] HORVÁTH, Gejza, 2007. Logistika ve výrobním podniku. V Plzni: Západočeská univerzita. ISBN 978-80-7043-634-9
- [4] JUROVÁ, Marie, 2016. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [5] DUCHEK, Vladimír, 2011. Optimalizace nakládání s odpady ve výrobních systémech pro obrábění [ONLINE]. Plzeň. Dostupné také z: <https://courseware.zcu.cz/portal/studium/courseware/kto/pmm/prednasky.html>
- [6] TBAplastcz: TBAplastovéobaly, c2023. TBAplastovéobaly [online]. [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.tbaplast.cz>
- [7] HRABOVSKÝ, Leopold. Manipulační a přepravní jednotky [online]. In: . s. 51 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: http://www.342.vsb.cz/hra42/TLSO_2.pdf
- [8] Skladování a manipulace s materiálem. In: Slideserve.com [online]. s. 44 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/cathleen-guerrero/skladov-n-a-manipulace-s-materi-lem>
- [9] Manipulační a přepravní prostředky 2, c2023. In: Vysoká škola logistiky [online]. [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://vlc.vslg.cz/Teorie/Item/10056>
- [10] Spaghetti Diagram (+ tips van een consultant), 2023. In: Bureautromp [online]. [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://bureautromp.nl/spaghetti-diagram>
- [11] Poka-yoke, b.r. In: Ikvalita.cz [online]. [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=139>
- [12] Sankey diagram, b.r. In: Sankey diagrams [online]. [cit. 2023-11-05]. Dostupné z: <https://www.sankey-diagrams.com/swiss-biomass-sankey-diagrams/>
- [13] Value stream mapping, c2023. In: Learntransformation.com [online]. [cit. 2023-11-05]. Dostupné z: <https://learntransformation.com/vsm-value-stream-mapping-non-manufacturing/>
- [14] BEJČKOVÁ, Jana, 2017. Zmapujte hodnotový tok pomocí metody VSM. E-api.cz [online]. [cit. 2023-11-05]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25849n-zmapujte-hodnotovy-tok-pomoci-metody-vsm>
- [15] Plytvání, c2012. In: Svět produktivity [online]. [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [16] 5S metoda, c2012. In: ROI - LEAN FAB [online]. [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/5s-metoda>
- [17] BEJČKOVÁ, Jana, 2016. Metoda 5S – předpoklad pro další zlepšování. API [online]. [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25814n-zacnete-s-nami-metoda-5s-predpoklad-pro-dalsi-zlepsovani>
- [18] Kaizen, c. In: ROI - LEAN FAB [online]. [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/kaizen#.XfEVnTDQiM8>
- [19] TVRDOŇ, Leo a Jaroslav BAZALA, 2018. 7.3.2 Metoda CRAFT. Logistika v praxi [online]. [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: https://www.dlprofi.cz/log/?uniqueid=mRRWSbk196FNf8-jVUh4EkKpRnC_SJUxt_ewfx1ZZw§ion=33
- [20] VAVRUŠKA, Jan, 2012. Layout pracoviště a řízení Rozvrhování pracovníků [online]. Liberec [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/10961865->

- Layout-pracoviste-a-rizeni-rozvrhovani-pracovniku.html. Technická univerzita v Liberci.
- [21] Pracoviště, b.r. In: EBOZP [online]. [cit. 2023-11-06]. Dostupné z: <https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Pracovi%20a%20t%20c4%9b>
- [22] KOČÍ, Pavla. 2012. *Optimalizace prostorového uspořádání pracovišť výrobního podniku*. Zlín. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Rašner, CSC
- [23] MILLER, Antonín, Michal ZOUBEK a Pavel VRÁNEK, 2018. *Průmyslové inženýrství: 5. cvičení* [PDF]. Plzeň.
- [24] Dopravník 2x lomený, c2010. In: *Broxtec.cz* [online]. [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: www.broxtec.cz/page/67953.dopravniky-trisek-vylisku-vykovku-hotovych-vyroby-kovoveho-odpadu-poptavka/
- [25] FEDERÁLNÍ ÚŘAD PRO NORMALIZACI A MĚŘENÍ, c1993. *Šířky a výšky cest a uliček*. Praha.
- [26] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, c1993. *Výrobní a průmyslové budovy*.
- [27] TVRDOŇ, Leo, Jaroslav BAZALA a kolektiv autorů, 2021. *Uspořádání materiálového toku. Logistika v praxi* [online]. 8.5.3 [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/log/33/usporadani-materialoveho-toku-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EoSF6RcLfOnJzBpXw40skY/>
- [28] Automation Bending Work Cell, c2024. In: *YLM global* [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: https://www.ylm.com.tw/Templates/pic/automation_bending_work_cell.jpg
- [29] GAIN, Nathan, c2023. Chantiers de l'Atlantique. In: *Naval News* [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: <https://www.navalnews.com/naval-news/2022/03/french-navys-new-brf-supply-ships-assembled-in-record-time/>
- [30] ZOUBEK, Michal a Pavel VRÁNEK, 2018. *Průmyslové inženýrství: 7. cvičení* [PDF]. Plzeň.
- [31] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno. ISBN 80-214-2871-6.
- [32] Typy AGV, 2023. In: KORINGA, Akash. *Medium.com* [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://medium.com/@akashkoringa/automatic-guided-vehicle-agv-types-282ff88669ec>
- [33] Structure of AS/RS, c2024. In: *Ihi-logistics* [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://ihi-logistics.com/en/product/cate?id=1>
- [34] TVRDOŇ, Leo, Jaroslav BAZALA a a kol., 2021. *Dynamické skladové systémy. Doprava Logistika* [online]. 1.(1.), - [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/33/dynamicke-skladove-systemy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EoSF6RcLfOnlbhnC-pnPLh8/>
- [35] *VisTABLE.com* [online], c2020. [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://doc.vistable.com/help/vtt3/en/konzept.html>
- [36] KEENAN, Michael. *What is RFID Technology and How Does It Work? A Guide for Retail (2024)*. In: *Shopify.com* [online]. [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.shopify.com/retail/rfid-technology#>
- [37] ROSER, Christoph, c2024. *Determining the Size of Your FiFo Lane – The FiFo Formula*. In: *Allaboutlean.com* [online]. [cit. 2024-05-08]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/2017/07/28/fifo-urceni-velikosti-fifo-fronty/>

Příloha I

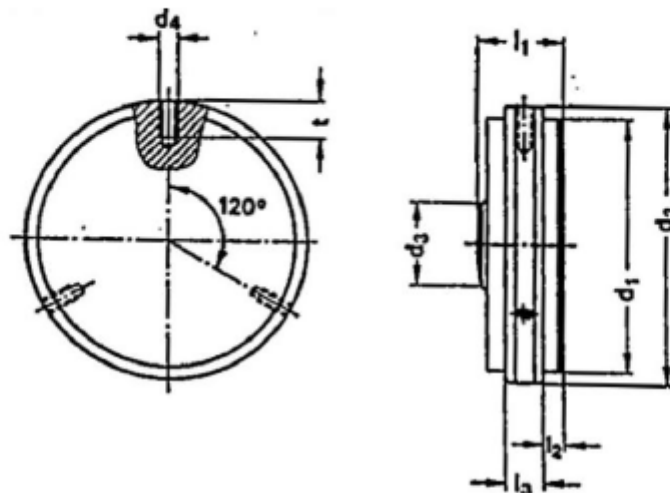
Řez halou Chotíkov



Příloha II

Rozměry segmentů WA

Dimensions of the WA-sliding Components



Size WA	Dimensions in mm							max. permitted load		Weight [kg]	
	d_1	d_2	d_3	d_4	l_1	l_2	l_3	t	at the start F_A [N]		during the operation F_B [N]
20	20										0,035
25	25										0,06
28	28										0,06
31	31,5										0,1
35	35,5										0,13
40	40										0,2
45	45										0,3
50	50										0,4
56	56										0,5
63	63										0,6
71	71										0,9
80	80										1,2
90	90										1,8
100	100										2,2
110	110										3,1
125	125										4,3
140	140										6
160	160										8,5
180	180										12
200	200										17
225	225										24
250	250										33
280	280										46
315	315										65
355	355										97
400	400										121
450	450										173
500	500										246
560	560										345
630	630										492

Technical information for special versions upon request