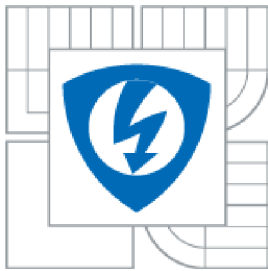




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
TECHNOLOGY

## VÝROBNÍ LOGISTIKA VÝROBY DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ

PRODUCTION LOGISTICS OF PRINTED CIRCUITS BOARDS

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. PETR SUSKO

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ ŠPINKA

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektrotechnická výroba a management**

**Student:** Bc. Petr Susko

**ID:** 70039

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2012/2013

**NÁZEV TÉMATU:**

## Výrobní logistika výroby desek plošných spojů

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte problematiku organizace a výrobní logistiky elektrotechnické firmy zabývající se výrobou desek plošných spojů. Navrhněte ve variantách organizaci výroby, rozmístění výrobních zařízení (layout a řešení výrobních toků, pro výrobu 40 tisíc m<sup>2</sup> oboustranných a vícevrstvých plošných spojů ročně. K navrhovanému řešení vytvořte schematické vyjádření formou výkresů a zpracujte i ekonomické hodnocení Vámi navrhovaných variant.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 30.5.2013

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Špinka

**Konzultanti diplomové práce:**

**prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc.**

Předseda oborové rady

### UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá návrhem nového provozu na výrobu desek plošných spojů s kapacitou 40 000 m<sup>2</sup> ročně. Popisuje základní principy návrhu nové výroby, principy výrobní logistiky a technologického projektování, postup při aplikaci metody S.L.P., rozmisťování pracovišť a kapacitní propočty zaměstnanců a strojů. Dále popisuje technologický proces výroby desek plošných spojů subtraktivní metodou a rozebírá jednotlivé technologické kroky výroby s ohledem na navrhovanou výrobu. V praktické části se zabývá samotnou realizací projektu, tedy výběrem technologií výroby, strojů, návrhem dispozičního řešení budovy, kapacitními propočty, rozmisťováním strojů, praktickou aplikací metody S.L.P, vizualizací výroby v programu Plavis VisTable, nakládáním s odpady a ekonomickým zhodnocením nákladů na realizaci projektu.

## **Abstract**

This thesis describes the design of a new plant for the production of printed circuit boards with a capacity of 40,000 square meters per year. Describes the basic principles of a new production, production logistics principles and technological design, procedure for application of the method SLP, placement of production areas and capacity calculation of employees and machines. It also describes the technological process of production of printed circuit boards with subtractive method and discusses the different steps of production with regard to the proposed production. The practical part deals with the actual realization of the project, a selection of production technology, machinery, design the layout of the building, capacity calculations, deployment tools, practical application of the method SLP, visualization of production in the Plavis VisTable software, waste management and economic evaluation of project costs.

## **Klíčová slova**

Výrobní logistika, S.L.P., rozmisťování výroby, desky plošných spojů, kapacitní propočty, 3D vizualizace, výroba, materiálový tok, náklady, EMS, odpady, ekonomické zhodnocení

## **Key Words**

Production logistics, SLP, deployment of production, printed circuit boards, capacity calculations, 3D visualization, production, material flow, cost, EMS, waste management, economic evaluation

## **Bibliografická citace díla**

SUSKO, P. Výrobní logistika výroby desek plošných spojů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav elektrotechnologie, 2013. 68 s., 14 s. příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: Ing. Jiří Špinka

## **Prohlášení autora o původnosti díla:**

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

## **Poděkování:**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Špinkovi, za metodické a cíleně orientované vedení při plnění úkolů realizovaných v návaznosti na diplomovou práci. Dále děkuji spolupracující firmě Lavimont Brno a.s., za poskytnutí prostoru k získání potřebných dat pro diplomovou práci.

# OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	VIII
SEZNAM TABULEK.....	IX
Úvod.....	1
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	2
1.1 Cíle a úkoly výrobní logistiky.....	2
1.1.1 Cíle výrobní logistiky.....	2
1.1.2 Úkoly výrobní logistiky .....	3
1.2 Technologické projektování.....	4
1.2.1 Postup při sestavování návrhů.....	4
1.2.1.1 Diagnostika .....	4
1.2.1.2 Sběr informací .....	4
1.2.1.3 Návrh.....	4
1.2.2 Kapacitní propočty .....	5
1.2.3 Rozmístování strojů a pracovišť .....	7
1.2.4 Rozmístování technologických zařízení .....	8
1.2.5 Metoda S.L.P.....	10
1.2.6 Metoda vyhodnocování mezidíleňských vztahů .....	12
1.3 Plánování a řízení výroby.....	13
1.3.1 Plánování výrobního programu.....	13
1.3.2 Plánování potřeby.....	14
1.3.3 Systémy používané pro plánování a řízení výroby .....	15
1.3.5 Řízení a rozbor materiálového toku .....	17
1.4 Management údržby.....	19
1.4.1 Charakteristika managementu údržby .....	20
1.4.2 Komplexní produktivní údržba (TPM) .....	21
1.5 Enviromentální management (EMS).....	21
1.5.1 EMS v podniku .....	22
1.6 Výroba desek plošných spojů.....	24
2 PRAKTICKÁ ČÁST.....	25
2.1 Představení společnosti Lavimont a.s .....	25
2.2 Představení projektu.....	26
2.3 Limity technologických parametrů .....	27
2.4 Informačně technologické sítě .....	28
2.5 Procesní diagram a technologický proces .....	29
2.6 Diagram technologického procesu .....	30
2.7 Výrobní operace .....	31
2.7.1 CAM.....	31
2.7.2 Vrtání a frézování.....	31
2.7.3 Galvanizace a leptání .....	33
2.7.4 Fotoprocesy .....	35
2.7.5 Multivrstvy.....	36
2.7.6 Nepájívá maska a servisní potisk .....	37
2.7.7 Hot Ait Levelling (HAL) .....	38
2.7.8 QS - AOI.....	38
2.8 Kapacitní propočty strojů.....	40
2.9 Kompletní seznam výrobních strojů .....	41
2.10 Kapacitní propočty zaměstnanců .....	42
2.10.1 Kapacitní propočty .....	42
2.10.2 Shrnutí počtu pracovníků .....	43
2.11 Schémata toku materiálu .....	44
2.11.1 Schéma materiálového toku pro výrobu jednostranných a oboustranných DPS.....	44

2.11.2	Schéma materiálového toku pro výrobu vícevrstevných DPS .....	45
2.11.3	Schéma materiálového toku pro výrobu prototypových DPS .....	46
2.12	Schémata vzdáleností pracovišť a dopravních cest .....	47
2.13	Šachovnicová tabulka výroby .....	48
2.14	System a počet přepravních vozíků .....	48
2.15	Rozmístění výroby .....	49
2.15.1	Seznam a rozměry a jednotlivých oddělení .....	49
2.15.2	Vztahy mezi jednotlivými výrobami .....	51
2.15.3	Grafické vyjádření vztahů mezi výrobami .....	52
2.15.4	Grafické vyjádření vzájemného umístění a prostorové náročnosti oddělení .....	53
2.15.5	Wireframe uspořádání .....	54
2.15.6	Blokové schéma místností .....	54
2.15.7	Konečný výkres návrhu výroby .....	55
2.16	Vizualizace výroby .....	55
2.17	Energetická náročnost a zpracování odpadu .....	59
2.18	Ekonomické zhodnocení .....	61
2.18.1	Náklady přípravy a zabezpečení výstavby .....	61
2.18.2	Náklady stavební části stavby .....	61
2.18.3	Náklady na strojní vybavení a zařízení a jeho instalaci .....	62
2.18.4	Náklady na nehmotný majetek .....	64
2.18.5	Shrnutí nákladů a konečná cena projektu .....	64
3	ZÁVĚR .....	65
	LITERATURA .....	66
	SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK .....	67
	SEZNAM PŘÍLOH .....	69

# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Řetězec výrobní logistiky [4].....	3
Obr. 2: Možné pracovní plochy stroje [1].....	7
Obr. 3: Metoda S.L.P [15].....	11
Obr. 4: Vzájemné umístění pracovišť [15].....	12
Obr. 5: Příklad schématu mezidíleňských vztahů [15] .....	13
Obr. 6: Příklad grafického znázornění materiálových toků v podniku (Sankeyův diagram) [6] .	18
Obr. 7: P-Q graf výrobků [6] .....	19
Obr. 8: Porovnání trendu údržby po poruše se zavedením preventivního systému údržby [16]..	20
Obr. 9: Příklad technologického postupu výroby dvouvrstvých DPS [11] .....	24
Obr. 10: Logo firmy Lavimont a.s. ....	25
Obr. 11: Mapa Evropy s umístěním plánovaného provozu .....	26
Obr. 12: Procesní diagram výroby DPS ve výrobě .....	29
Obr. 13: Diagram technologického procesu.....	30
Obr. 14: Fototiskárna Miva technologies (vlevo) a vývojka pro film Glunz and Jensen (vpravo) .....	31
Obr. 15: : Vrtačka Schmolli MX1-CCD(vlevo) a vrtačka/obrysová fréza Schmolli MX2(vpravo) .....	32
Obr. 16: Vrtačka Schmolli MX6(vlevo) a rentgenová vrtačka MX1-Xray Schmolli(vpravo).....	32
Obr. 17: Planarizer pro finální čištění firmy Pole e Massa (vlevo) a rýhovačka LHMT (vpravo) .....	33
Obr. 18: Galvanizační automat Metzka (vlevo) a leptací linka pro vnější vrstvy Schmid (vpravo) .....	34
Obr. 19: Systém regenerace CCR Schmid (vlevo) a systém pro dezoxidaci Schmid (vpravo) ....	34
Obr. 20: Vykladač/nakladač Waxco, systém pro aplikaci ENIG Eidschun Engeneering .....	34
Obr. 21: Zařízení pro přímé zobrazování Apollon (vlevo nahoře), ozařovací zařízení ExpomatAEX2 (vpravo nahoře) a laminovačka pro řezané tabule Dynachem (uprostřed dole)	35
Obr. 22: Registrační a pokládací zařízení Printprocess (vlevo nahoře), výrobní buňka Burkle (vpravo nahoře), lis na multivrstvy LAMV125 s automatickým podavačem Burkle .....	36
Obr. 23: Segment zařízení pro nanášení vrstev nepájivé masky MASS LGW 220 (vlevo), tiskárna servisního potisku Printar (vpravo).....	37
Obr. 24: Linka následného čištění a mytí Schmid (vlevo), HAL Penta automatic (vpravo) .....	38
Obr. 25: Systém optické kontroly Camtek Orion (vlevo), systém AOI Camtek DragonPX (vpravo).....	39
Obr. 26: ATG A-6 Flying probe tester (vlevo), rentgenový inspekční systém Phoenix Nanomex (vpravo).....	39
Obr. 27: Schéma materiálového toku pro výrobu jednostranných a oboustranných DPS .....	44
Obr. 28: Schéma materiálového toku pro výrobu vícevrstvých DPS.....	45
Obr. 29: Schéma materiálového toku pro výrobu prototypových DPS.....	46
Obr. 30: Schéma navrhovaného rozvržení strojů pro oddělení vrtání DPS .....	50
Obr. 31: Diagram vztahů mezi jednotlivými výrobami .....	51
Obr. 32: Konečná podoba schématu vzájemného umístění oddělení.....	53
Obr. 33: Schéma vzájemného umístění oddělení s vyjádřením jejich prostorové náročnosti ....	53
Obr. 34: Wireframe uspořádání výroby .....	54
Obr. 35: Pohled na přední stranu haly.....	56
Obr. 36: Frézovna .....	56
Obr. 37: Galvanizační linka .....	56
Obr. 38: Fotoprocesy.....	57
Obr. 39: Finální elektrická kontrola .....	57
Obr. 40: Panoramatický pohled na celou výrobu .....	57
Obr. 41: Vygenerovaný D-I diagram .....	58
Obr. 42: Vytížení přepravních cest .....	58
Obr. 43: Vygenerovaná šachovnicová tabulka.....	58



# SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Důležitost (nutnost) vztahů [7] .....	11
Tab. 2: Úrovně úkolů řízení výroby [7] .....	15
Tab. 3: Kompletní seznam výrobních strojů, jejich počty a umístění .....	41
Tab. 4: Shrnutí počtu pracovníků.....	43
Tab. 5: Seznam strojů oddělení vrtání a jejich rozměry a rozměry obslužných ploch.....	49
Tab. 6: Seznam jednotlivých výrobních oddělení a jejich rozměry .....	50
Tab. 7: Seznam jednotlivých značek důležitosti vztahů mezi výrobami .....	51
Tab. 8: Legenda značení důvodů rozhodnutí .....	52
Tab. 9: Energetická náročnost jednotlivých strojů.....	59
Tab. 10: Zpracování odpadu .....	60
Tab. 11: Ceny jednotlivých strojů.....	63
Tab. 12: Souhrn dílčích nákladů a konečná cena.....	64

# Úvod

Logistika ve výrobě je dnes jednou z nejdůležitějších činností, které se při projektování nové výroby provádějí. Její úspěšné zvládnutí a zavedení staví základní kámen budoucí výroby jelikož po jejím návrhu bývá již problém měnit nastavení výroby. Taková odstávka zapříčiňuje zastavení výroby a s tím spojené vysoké náklady na prodloužení. Zejména při výrobě desek plošných spojů, kdy pro přemístění je nutné výrobu zastavit i na velmi dlouhou dobu, jelikož jednotlivé výrobní stroje mohou vyžadovat speciální přípojky energií a při přemístění stroje je občas nutné provést stavební úpravy výrobní haly.

Proto se již při návrhu snažíme co možná nejvíce dbát na to aby plánovaná výroba byla optimální a za ideálního stavu bezchybná. Je samozřejmé že ideálního stavu není možno dosáhnout nikdy, ale je možné se mu velmi přiblížit. V dnešní době takového plánování již není pouze na schopné ruce projektanta ale mohou mu pomoci mnohé specializované nástroje, jako jsou diagramy, návrhové systémy a 3D simulace speciálně vyvinuté pro návrh výroby. Jelikož je ale každá výroba specifická, ať už z hlediska výrobního sortimentu, požadovaných technologií při výrobě, dostupnosti a velikosti pozemku na kterém má výroba stát, již zmiňované nástroje sice mohou pomoci ale stále je v první řadě na projektantovi, aby se dostatečně seznámil s principem a podmínkami výroby, jako i s dostupností technologií a ekonomickým hlediskem jejich zavedení.

Problematika zavádění různých metod a druhů výrobní logistiky do výroby a služeb dnes představuje velmi aktuální téma, které je vhodné řešit. Zavádění vhodných přístupů a poznatků a zkušeností, které sdružuje obor výrobní logistika, je známé především z oblastí hromadné a velkosériové průmyslové výroby, kde doznalo prokazatelné výsledky ve zvyšování produktivity a konkurenceschopnosti. Nedá se přesně určit od jaké velikosti a objemu výroby je vhodné řešit otázku výrobní logistiky nicméně alespoň základní zavedení pravidel materiálového toku a rozmístování výroby je vhodné aplikovat při každém projektování výroby. V našem případě se jedná o výrobu středně velkou až velkou, tudíž je jasné, že bude potřeba k návrhu výroby přistupovat strukturovaně a metodicky pomocí nástrojů výrobní logistiky.

V našem případě se jedná o návrh výroby desek plošných spojů v ruském městě Dubna. Jedná se o návrh naprosto nové výroby, tzv. "na zelené louce". Zadavatel nemá s vlastním návrhem zkušenosti, proto se rozhodl využít služeb firmy Lavimont a.s se sídlem v Brně, se kterou má již dostatečné zkušenosti z dřívější spolupráce a se kterou jsem se dohodl na spolupráci při vypracování diplomové práce.

Tato práce se v teoretické části zabývá popisem základních pojmů z oblasti výrobní logistiky, jejího plánování, kontrolování, vylepšování, konkretizací cílů logistiky, jejími úkoly a možnostmi použití v praxi. Dalším důležitým bodem je technologické projektování, které má na výrobní logistiku přímou návaznost a funguje jako jeden z prostředků, jak aplikovat principy výrobní logistiky na vlastní výrobu a jak ji co nejlépe využít. V praktické části se řeší již samostatný návrh výroby, půdorys výroby, rozbor zadání výběr a rozmístění strojů, rozměry místností, materiálový tok, možnosti přepravy materiálu, počty pracovníků, způsoby údržby a ekonomické zhodnocení výroby. Výstupy poté budou návrh výroby ve výkresové podobě, kapacitní počty a 3D model navrhované výroby.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Cíle a úkoly výrobní logistiky

### 1.1.1 Cíle výrobní logistiky

Nejvyšším cílem logistického řízení je přemístování zboží, informací, energie, osob a financí v žádaném okamžiku na požadované místo, při optimálních podmínkách, nákladech a s úrovní služeb vyhovujících nárokům odběratele.

Logistická koordinace a synchronizace průtoku materiálu a informací napříč podnikem, je nesnadnou záležitostí, neboť obsahuje určité dílčí cíle, které sledují jednotlivé útvary a tyto cíle jsou často velmi rozmanité a leckdy až protichůdné.

Podle [4] je potřeba si uvědomit:

- pro nákup jsou výhodné velké dávky nakupované od stálých, osvědčených dodavatelů, neboť tak lze dosáhnout výhodné nákupní podmínky i nákladové vztahy,
- výroba potřebuje pracovat ve velkých výrobních dávkách a s malým počtem variant výrobků a pokud možno s co nejmenšími změnami ve výrobním plánu tak, aby byly pokud možno rovnoměrně vytíženy kapacity výrobních zařízení,
- prodej naopak vyžaduje co největší pružnost výroby, maximální rychlost reakce na změny poptávky, rychlé zpracování zakázek, výrobu velkého počtu variant výrobků a vůbec široký sortiment výrobků, možnost vyrobit takovou dávku, jakou požaduje odběratel.

Rozdílné požadavky nákupu, výroby a prodeje se střetávají např. ve skladovém hospodářství. Pro něj jsou výhodné nízké stavy zásob, jednoduchost sortimentu, plynulost v doplňování zásob i v odběru. Financování preferuje minimalizaci prostředků, jež jsou vázány v zásobách, usiluje o nízké výrobní náklady a o malé ztráty.

Obzvláště těžkým úkolem pro logistiku je stanovit správnou velikost a rozmístění zásob hotových výrobků, protože požadavek prodeje na vysokou pohotovost dodávek je v rozporu s požadavkem udržet jen minimální zásoby hotových výrobků.

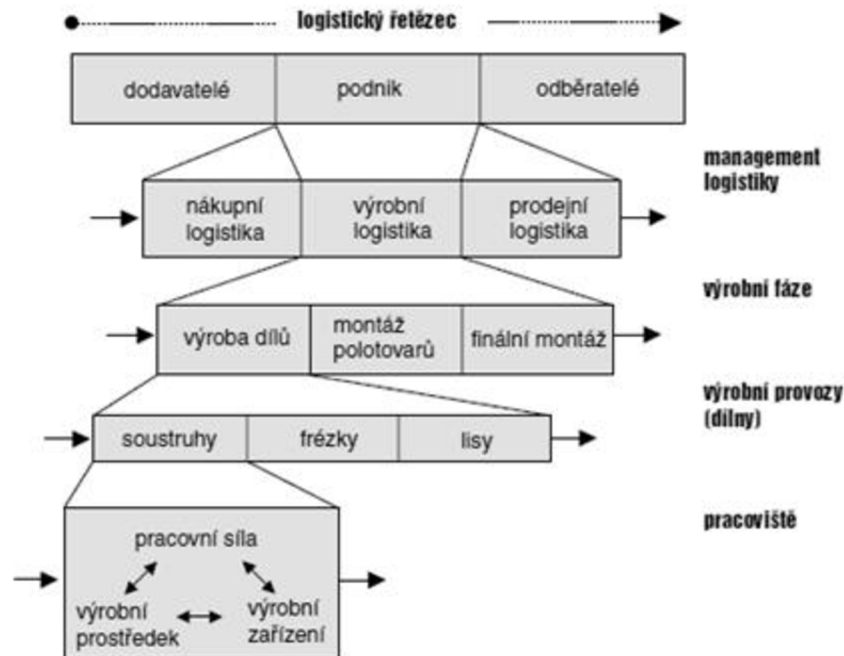
Podobně je obtížné vyhovět požadavku s minimalizací zásob nakupovaného materiálu, jestliže jistota a dodávat láce jsou podmíněny nákupem velkého množství materiálu. Jiné střety zájmu vznikají, chceme-li zkrátit průběžnou dobu výroby a zároveň dosáhnout nízkých nákladů na přípravu výroby, jestliže chceme výrobu přizpůsobit kolísající poptávce a přitom optimálně využívat výrobní kapacity, nebo chceme-li vyrábět široký sortiment výrobků s mnoha individuálními variantami výrobků a zachovat výhody hromadného charakteru výroby. [2]

Harmonizace těchto dílčích cílů v podstatě není možná, dosažitelné jsou pouze určité kompromisy. Posláním logistiky však není zprostředkovávat kompromisy mezi dílčími cíli dvojic či trojic podnikových útvarů. Úloha logistiky spočívá především v nahrazení této tříště dílčích cílů jedním společným, kooperativním cílem pro všechny útvary podniku, a tím je úplné uspokojení potřeb zákazníka, dosažitelném při splnění výkonového cíle a ekonomického cíle.

Výkonový cíl spočívá ve schopnosti pohotově dodávat. Klíčovým momentem z hlediska tohoto cíle je tedy rychlost.

Podstatou ekonomického cíle je zajistit tuto rychlost dodání zboží zákazníkům při přiměřených nákladech, resp. při udržení likvidity podniku. Ekonomický cíl nelze přímočaře spojovat s minimalizací nákladů, neboť platí, že o minimální výši nákladů je možno usilovat jedině v případě, že je zajištěna vysoká úroveň logistických služeb a náklady se stávají nástrojem v konkurenčním boji. Je-li třeba tímto nástrojem učinit zvyšování úrovně logistických služeb, pak nemá smysl usilovat o minimální náklady, ale o náklady optimální.

Stále většího významu nabývají logistické služby. Rozumíme jimi komplex služeb dodavatele nabízených zákazníkům. Tyto služby „obalují“ nabízený výrobek. Jsou to: spolehlivost dodání, úplnost dodávek, krátké dodací lhůty a předprodejní a prodejní služby. K těmto nejvíce ceněným složkám přistupují ještě: kvalita distribuce a poskytování informací zákazníkům, např. o místě, kde se výrobek na cestě právě nachází a o přesné době jejího dodání. [4]



Obr. 1:Řetězec výrobní logistiky [4]

## 1.1.2 Úkoly výrobní logistiky

Základním úkolem výrobní logistiky je tvorba výrobní struktury podniku založené na účelném system hmotných toků (výrobní plánování podniku).

Obecným úkolem je vytvoření podmínek pro zajištění technicky bezporuchového, hospodárného průběhu výrobního procesu při současném zabezpečení příznivých pracovních podmínek. Jeho předmětem může rovněž být rozvojové plánování výrobních pracovišť, jakož i plánování obnovy, přestavby a rozvoje již existujících provozů. [2]

Z obecného vymezení úkolů podnikového výrobního plánování lze stanovit všeobecně platné hlavní cíle:

- plánování předvýrobního skladování materiálů a polotovarů
- manipulaci s materiálem v různých stupních fáze výroby
- mezioperační a operační dopravu
- mezioperační skladování
- manipulaci při montáži celků
- manipulaci s hotovými výrobky
- pracovní podmínky příznivé pro pracovní sílu

## 1.2 Technologické projektování

Tato oblast zahrnuje plánování výrobních kapacit a organizace pracovišť v souladu s materiálovým tokem. Hlavní cíle této oblasti jsou:

- Optimální výrobní a materiálové toky
- Příznivé pracovní podmínky
- Příznivé vytižení ploch a prostorů, strojů a zařízení
- Vysoká flexibilita – pružnost při využití budov, staveb a zařízení

Plánování výrobní struktury také zahrnuje projektování nových výrobních systémů (dílen, pružných výrob, typových pracovišť) či rekonstrukci nebo rozvoj již existujících výrobních systémů. [1]

### 1.2.1 Postup při sestavování návrhů

Metodický postup je důležitým předpokladem pro sestavení dobrého návrhu. Příprava návrhu je cyklická činnost a probíhá v těchto etapách. 6

- Diagnostikace ( orientační průzkum),
- Sběr informací ( shromáždění podkladů ),
- Rozbor stávajícího stavu ( současného stavu ),
- Návrh.

#### 1.2.1.1 Diagnostika

V této etapě se jedná o prvotní, rychlé seznámení s objektem řešení, specifikování hlavních a podstatných problémů, možných projekčních a racionálních přístupů. Diagnostiku obvykle provádí nejzkušenější pracovníci, znalí vzájemných závislostí, jevů a jejich možných řešení.

#### 1.2.1.2 Sběr informací

Sběr informací je potřeba organizovat, aby mohlo dojít k efektivnímu zkrácení průběžné doby. Pokud tak neučiníme, bude to mít za následek značné nevyužití tvůrčích pracovníků, kteří ztratí mnoho času sháněním potřebných podkladů. Existují dvě skupiny informací – informace z evidence a informace z pozorování.

**Informace z evidence** - jsou jednoznačné, ale mnohdy se musí přepočítávat přivádět nebo dále členit do skupin, které jsou vázány na řešený problém.

**Informace z pozorování** - tyto informace se sice získávají obtížně, ale za to jsou aktuální, konkrétně zaměřené a objektivně zobrazují realitu.

#### 1.2.1.3 Návrh

Při návrhu by měl řešitel postupovat samostatně, uplatnit vlastní tvůrčí talent a vhodně využívat dílčích a vzorových řešení, aby byl řešitel schopen, za pomoci nejnovějších poznatků vědy a techniky, rozpracovat jednotlivé směry řešení a vybrat nejvhodnější variantu. Další součástí projektu je ekonomické zhodnocení návrhů, kde provádíme porovnání nákladů a přínosů. [13],[14]

### Metody sestavování návrhů:

V dnešní době existuje řada metod, které projektantovi pomohou sestavit optimální dispozici. V průběhu projektování se kombinuje řada metod, návodů, technik a zvyklostí.

### Pro návrh dispozic se nejčastěji používají metody:

- metoda využívající schématu vícepředmětného sledu činností,
- trojúhelníková metoda,
- kruhová metoda,
- prostá trojúhelníková metoda,
- metoda těžiště,
- metoda S.L.P. ( „ Systematic Layout Planning “ ),
- metoda souřadnic,
- metoda posloupnosti operací,
- metoda vyhodnocování mezidílenkových vztahů,
- metoda CRAFT ( „ Computer Relative Allocation of Facilities Technique “ ),
- experimentální a simulační metoda.

## 1.2.2 Kapacitní propočty

Aby se zabezpečilo plnění plánované výroby v jednotlivých dílnách, provozech a závodech, je potřeba zpracovat kapacitní výpočet.

Kapacitním výpočtem lze stanovit teoretickou potřebu:

- prostředků pro manipulaci,
- strojů a zařízení,
- pracovníků,
- ploch,
- energií dle jednotlivých druhů.

V naší práci se budeme zabývat hlavně manipulací se stroji a zařízeními, pracovníky a prostředky manipulace.

Pomocí kapacitních propočtů lze porovnat vzájemné vztahy mezi požadavky a současnými možnostmi, zjišťujeme nedostatek strojů a zařízení, popřípadě nedostatečné využití strojů. Také je kapacitní propočet podkladem pro určování investičních a provozních nákladů.

Podle podrobnosti zpracování se dá kapacitní propočet rozlišit na:

- **orientační:** - není potřeba mít přesné údaje o počtu a druhů strojů, stačí základní podklady o potřebě ploch, pracovníků, orientační potřebě energie.
- **podrobné:** - pro zpracování kapacitního propočtu se vychází z konkrétních údajů.

### Časové fondy:

Pro určení potřebné množství pracovišť, strojů, zařízení a dělníků je nutno znát, kolik hodin v roce mohou pracovat – tzv. efektivní časové fondy. Při výpočtech přitom vycházíme z kalendářního roku a počtu pracovních dnů. [10]

$E_r$  – Roční fond ručního pracoviště v jedné směně je stejný jako celkový roční počet pracovních hodin ve směně. U ručního pracoviště se nepočítá s odstavením na opravy.

$E_s$  – Efektivní časový fond stroje [ h/rok ] při jedné směně. Z celkového počtu pracovních dnů bývá stroj průměrně 12 dnů odstaven z důvodu plánovaných oprav, údržby a 3 dny z důvodu neplánované opravy ( poruchy ). Z celkového počtu pracovních dnů to činí asi 6%. U velkých strojů pak 10%. [10]

$$E_s = E_r - (0,04 \div 0,08) \cdot E_r \quad (1)$$

**Výpočet strojů a zařízení:** 
$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s} \quad (2)$$

kde:  $P_{th}$  ... teoretický počet strojů [ ks ]  
 $t_k$  ... kusový čas na danou operaci [ Nmin ]  
 $E_s$  ... efektivní fond stroje v jedné směně [ h/rok ]  
 $N$  ... počet vyráběných kusů [ ks ]  
 $S_s$  ... směnnost strojních pracovišť

Vypočtené hodnoty většinou nevyjdou v celých číslech, proto je třeba je zaokrouhlit a následně zkontrolovat využití zvoleného počtu zařízení.

Pro zajištění možných přesunů a jiná opatření a hodnocení nám slouží rozbor využití operace:

$$\eta_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \quad (3)$$

kde:  $\eta_{op}$  ... využití strojů dané operace [ % ]  
 $P_{th}$  ... teoreticky vypočtený počet strojů [ ks ]  
 $P_{sk}$  ... skutečný počet strojů [ ks ]

Tento výpočet se velice často převádí do grafického znázornění, kdy za pomoci např. sloupcových grafů získáme přehled o časovém využití strojů. [10]

### Výpočet dělníků:

**A) Strojní:** 
$$D_{vs1} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} \quad (4)$$

$$D_{vs2} = (S_s - 1) \cdot D_{vs1} \quad (5)$$

**B) Ruční:** 
$$D_{vr1} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} \quad (6)$$

**Rozdělení do směn:** 
$$D_{vs2} = D_{vr1} + D_{vr2} \quad (7)$$

**Celkový počet výrobních dělníků:** 
$$D_v = D_{vs} + D_{vr} \quad (8)$$

kde:  $D_{vs1}, D_{vs2}$  ... počet výrobních strojních dělníků v 1. a 2. směně  
 $S_s, S_r$  ... směnnost strojních a ručních dělníků  
 $D_{vr1}, D_{vr2}$  ... počet výrobních dělníků ručních v 1. a 2. směně  
 $D_v$  ... celkový počet výrobních dělníků

### Výpočet ploch:

Plocha výrobní: 
$$F_v = F_s + F_r \quad (9)$$

$$F_s = f_s \cdot P_{sk} \quad (10)$$

$$F_r = f_r \cdot P_r \quad (11)$$

kde:  $F_v$  ... výrobní plocha [ m<sup>2</sup> ]  
 $F_s$  ... výrobní plocha strojních pracovišť [ m<sup>2</sup> ]  
 $F_r$  ... výrobní plocha ručních pracovišť [ m<sup>2</sup> ]

$f_r$  ... měrná plocha ručního pracoviště [ m<sup>2</sup> / ruční pracoviště ]  
 $f_s$  ... měrná plocha strojního pracoviště [ m<sup>2</sup> / stroj ]

Plocha pomocná:  $F_r = F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pdc} + F_{pk} = (0,4 \div 0,6)F_v$  (12)

Strukturální rozložení je následující:

$F_{phn} = (14 \div 16)\% \cdot F_p$  ... pomocná plocha pro hospodaření s náradím (13)

$F_{pú} = (14 \div 16)\% \cdot F_p$  ... pomocná plocha údržby (14)

$F_{pskl} = (27 \div 30)\% \cdot F_p$  ... pomocná plocha skladová (15)

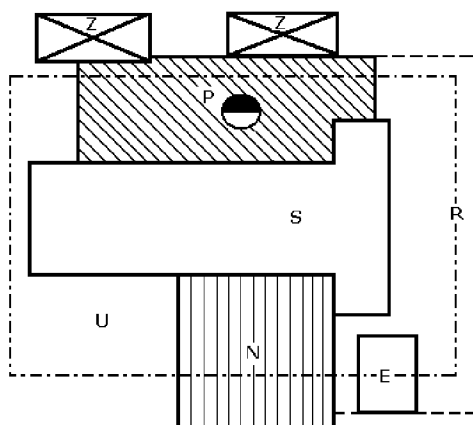
$F_{pdc} = (32 \div 35)\% \cdot F_p$  ... pomocná plocha vnitřních dopravních cest (16)

$F_{pk} = (7 \div 9)\% \cdot F_p$  ... pomocná plocha kontroly (17)

### 1.2.3 Rozmíst'ování strojů a pracovišť

#### Výrobní plochy

Při umístění stroje do výroby je také nutné znát jeho jednotlivé plochy pro operace, které se na stroji musí průběžně provádět. Podle toho poté musíme volit jeho umístění vzhledem k ostatním strojům ve výrobě, aby nedošlo k jejich vzájemnému nežádoucímu rušení, či překrývání pracovních ploch. Typové rozdělení pracovních ploch stroje je uvedeno na obrázku níže.



**Plochu potřebnou pro stroj lze rozdělit na plochy:**  
 S – půdorys stroje  
 P – pracovní plocha dělníka  
 R – plocha nutná pro opravy  
 U – plocha nutná pro údržbu  
 Z – odkládací a manipulační plocha pro polotovary a hotové výrobky, příp. nářadí  
 N – nebezpečná plocha (odletující třísky apod.)

Obr. 2: Možné pracovní plochy stroje [1]

Z obrázku je patrné, že některé z těchto ploch se pro daný stroj překrývají, protože jednotlivé činnosti, pro které jsou nutné, neprobíhají současně (doprava, provoz, údržba). Umístění strojů v daném půdorysu objektu se obvykle provádí tak, že se na plánu rozmisťují podle daných zásad dvojrozměrné nebo plastické makety zařízení a hledá se optimum.

Optimální rozmístění strojů, zařízení a pracovišť je nejhlavnější činnost technologického projektování. [1]

#### Správné uspořádání pracoviště by mělo zabezpečovat:

- efektivnost výroby,
- minimální mezioperační přepravu,
- jednoduché řízení,
- bezpečnostní předpisy,
- šetření výrobní plochy,
- kulturu a hygienu pracovního prostředí.



### **Pracoviště základní a pomocné výroby dělíme na:**

- **strojn**í pracoviště – zahrnuje plochu stroje, plochu pro obsluhu stroje a plochu potřebnou pro skládku hotových výrobků a materiálů.
- **ručn**í pracoviště – plocha, kterou potřebuje dělník, aby mohl vykonávat svoji práci.

Při rozmisťování jednotlivých strojů je nutno dodržet základní projektanské zvyklosti a normy, které jsou stanoveny na základě bezpečnosti a hygieny práce. Podle těchto zvyklostí je dobré rozmístit jednotlivé stroje tak, aby zabraly co možná nejmenší plochu. Pokud se budou na stroji upínat těžké

předměty, je potřeba ke stroji situovat sloupový jeřáb, balancér, atd. Kromě samotných strojů se do dispozice zakreslují taktéž příslušenství jako rozváděcí skříně, skřínky na nářadí, odkládací prostory, regály a pracoviště dělníka.

Podle počtu dělníků, kteří na stroji pracují, se může strojn

- A) normáln**í – jeden pracovník obsluhuje jeden stroj
- B) s víceobsluhou** - jeden pracovník obsluhuje několik strojů.
- C) s méněobsluhou** – několik pracovníků obsluhuje jeden stroj nebo pracoviště

## **1.2.4 Rozmísťování technologických zařízení**

### **Obecný postup při sestavování návrhů:**

Nejčastějším úkolem v praxi je úkol racionalizovat stávající výrobu a poté případně navrhnout novou výrobu. Mezi důležité předpoklady sestavení takového návrhu je samozřejmě správný metodický postup. Příprava návrhu je práce cyklická, probíhající obvykle v těchto etapách:

- diagnostika (orientační průzkum)
- sběr informací (shromáždění podkladů)
- rozbor stávajícího (současného) stavu
- návrh
- (realizace a sledování funkce po realizaci již není součástí přípravy návrhů)

### **Diagnostika**

V etapě diagnostiky jde především o rychlé prvotní seznámení s objektem řešení. Je nezbytná k usměrňování pozornosti na hlavní články problematiky a zároveň představuje etapu, která zabezpečuje racionální přístup k řešení problému. Diagnostiku (orientační průzkum) provádějí obvykle nejzkušenější pracovníci, kteří znají vzájemné závislosti jevů a jejich příčin. [15]

### **Sběr informací**

Práce související se shromážděním informací jsou někdy opomíjeny a charakterizovány jako pomocné. Ať je však nazýváme jakkoliv, je to práce, která nemůže být vynechána, neboť bez ní není možno provádět další práci, tj. rozbor (při rozboru jde přece o rozbor informací). V zájmu zkrácení průběžné doby (sestavení návrhu) je nutno sběr informací organizovat. Samovolný průběh má za následek značné nevyužívání tvůrčích pracovníků, kteří ztratí mnoho hodin neplodným sháněním potřebných podkladů. Z diagnostiky vyplyne jak potřeba všech informací, tak i termíny jejich potřeby. Sběr informací je tedy nutno zorganizovat tak, aby vytypované podklady byly ve stanovené době k dispozici pro rozbor. V zásadě existují dvě skupiny informací. Informace z evidence a informace z pozorování.

Informace z pozorování se mnohdy obtížně získávají. Zato však jsou čerstvé, konkrétně zaměřené na daný objekt řešení a objektivně zobrazují realitu. Získané informace je pak nutno před rozбором ještě zpracovat (vymezení chyb, matematické zpracování-výpočet průměrů a směrodatných odchylek, zpracování číselných informací do grafů). [15]

### **Rozbor**

Teprve po uskutečnění výše uvedených prací je možno přistoupit k rozboru. Z dobře provedeného rozboru vyplynou varianty možného řešení dané problematiky. Víme však, že komplexní projekt řeší všechny faktory výrobního organizmu. Proto tedy i rozborová příprava se dotýká široké oblasti (výrobku, výrobního programu, organizace výrobního procesu, řízení). Ze základních rozborů prováděných před sestavením návrhů si vyjmenujme alespoň:

- rozbor standardizace
- rozbor vybavenosti výroby stroji a zařízeními a jejich využití
- rozbor technického stavu základních prostředků
- rozbor vybavenosti výroby speciálním nářadím
- rozbor úrovně mechanizace a automatizace výrobního procesu
- rozbor toku materiálu a manipulačních prostředků
- časové rozborů výroby a manipulace
- rozbor stávajícího dispozičního řešení, stavu výrobních hal
- rozbor ergonomických vlivů
- rozbor věkové, kvalifikační struktury pracovních sil
- rozbor úrovně řízení a použité řídicí techniky
- atd.

Rozbor by měli provádět vysoce kvalifikovaní pracovníci s odpovídajícími morálními vlastnostmi. V rozboru bilancujeme, hodnotíme, posuzujeme zkoumaný jev všestranně, tzn. z různých hledisek (např. z hlediska technického, ekonomického, psychologického, sociologického, ergonomického atd.). [15]

### **Návrh**

V návrhové etapě je možno v maximální míře uplatnit vlastní tvůrčí talent řešitelů. Ze zkušenosti víme, že téměř žádný projekt není v plné míře opakovatelný. Řešitel musí postupovat samostatně a vhodně využívat vzorových řešení i dílčích aplikací. Nesmí však zapomínat, že každá práce by měla začínat zpracováním řešení a důkladným studiem literatury a informací. Jedině tak je pak možno za pomoci nejnovějších poznatků vědy a techniky rozpracovat jednotlivé směry řešení (které vyplynuly z důkladného rozboru), vybrat nejlepší variantu a na ni propracovat technickou dokumentaci. I když projektant ve svém návrhu řeší část většího celku (např. provoz závodu), nesmí zapomínat na respektování a řešení styčných vazeb s vyšším celkem (vstupní a výstupní vztahy systému).

V této etapě je nutno rovněž připravit návrh náběhu výroby, který může podstatně ovlivnit efektivnost akce a dobu návratnosti podnětných nákladů. Důležitou součástí každého projektu je ekonomické zhodnocení návrhů, v němž porovnáváme náklady a přínosy. Do závěrečných projektových prací patří i vypracování časového plánu realizace, který se obvykle zpracovává ve formě síťového grafu. [15]

### **Realizace**

Realizace akce je dovršením celého přípravného procesu a zároveň zkušebním kamenem projektové práce. Nedostatky projektové přípravy se projeví v průběhu realizace a vady v koncepci a ekonomické hodnocení se neúprosně ozvou již v počátečním období provozu. Vlastní práce realizační etapy spočívá v instalaci a zavedení navrhovaného projektu.

Realizaci akce je možno zabezpečit:

- ⇒ dodavatelsky
- ⇒ vlastními silami
- ⇒ kombinovaně

Průběžná doba realizace i zpracování projektů má být co nejkratší, aby nepříznivé vlivy tohoto období minimálně ovlivnily původní záměr a ekonomii akce. Po zkušebním provozu a předvedení zařízení (provozu apod.) by mělo následovat oficiální předání uživateli. Dobrá forma předání je tzv. předávací protokol. Podepsáním protokolu stvrzuje uživatel, že zařízení odpovídá požadavkům a že přebírá systém do své ochrany. U větších jednotek probíhá předávání formou kolaudace.

Tímto aktem však nemá být úkol ještě ukončen. Je nutno i nadále po určitou dobu sledovat provoz a z tohoto sledování pak zpracovat závěrečné vyhodnocení projektu a vybrat prvky vhodné k zobecnění. [15]

## 1.2.5 Metoda S.L.P

Metodu sestavil Richard Muther a nazval ji „Systematic Layout Planning“, což v překladu znamená „systematické projektování (u nás se používá zkratky S.L.P.). Metoda je založená na principu, že místa s největším vzájemným vztahem musí ležet co nejblíže. Vyjádření vztahu však může být různé. Např:

1. Hodnotíme pouze jediný nedůležitější vztah, kterým je zpravidla množství přepravovaného materiálu nebo technologická návaznost.

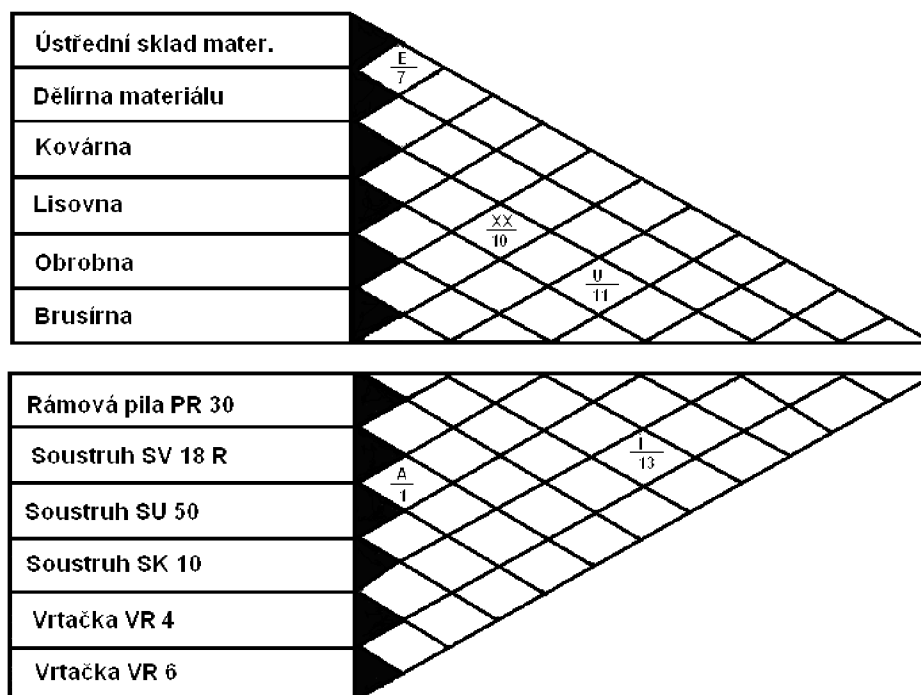
2. Hodnotíme podle více kritérií najednou. Kritéria mohou být:

- materiálový tok
- příbuznost technologických procesů
- manipulační vztahy
- vztahy organizace a řízení
- sociálně hygienická kritéria

Hodnotitel musí na základě rozboru rozhodnout podle všech kritérií a určit souborně znak důležitosti.

3. Hodnotíme podle více kritérií, znak důležitosti píšeme vždy podle toho nejdůležitější kritéria.

Postup zpracování metody je následující:  
 Hodnocená pracoviště (objekty) vypíšeme do trojúhelníkové tabulky buď jmenovitě jejich názvy, nebo kódované značkami nebo čísly.



Obr. 3: Metoda S.L.P [15]

Určíme si značky, barvy a grafické spojení pro vyjádření velikosti vztahů

Tab. 1: Důležitost (nutnost) vztahů [7]

Značka	Velikost vztahu(blízkost)	barva	počet čar	graficky
A	(Absolutely necessary)	červená	4 čáry	
E	(Especially important)	žlutá	3 čáry	
I	(Important)	zelená	2 čáry	
O	(Ordinary closeness)	modrá	1 čára	
U	(Unimportant)		0	
X	(Not desirable)	hnědá	1 vlnovka	
XX	(Extremely undesirable)	černá	2 vlnovky	

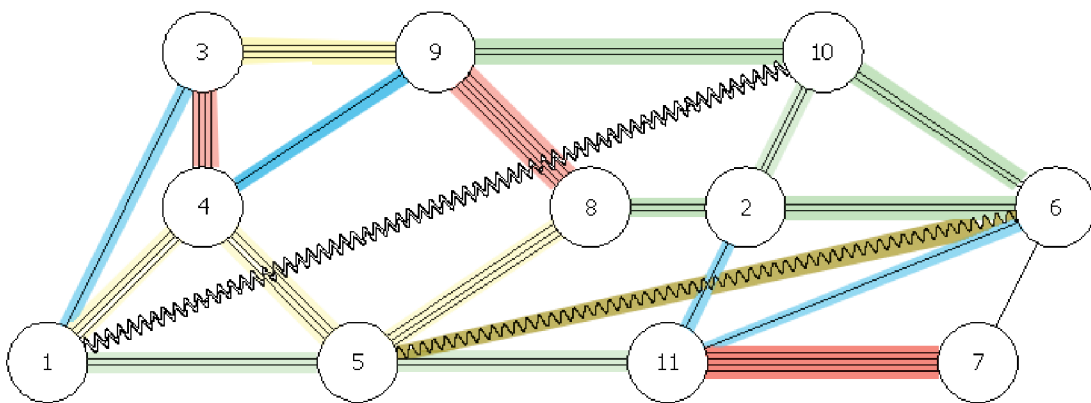
Na základě hodnocení vztahů vyplníme trojúhelníkovou tabulku tak, že do příslušného políčka zapíšeme zlomek, v němž číselník je značka hodnotící vztah a jmenovatel označuje důvod, proč jsme se rozhodli pro toto hodnocení.

Zároveň si navrhne čísla důvodů hodnocení, např.:

1. používání stejného zařízení
2. vícestrojová obsluha
3. využívání prostoru s velkou únosností podlahy
4. přímá technologická návaznost
5. důvody organizace a řízení
6. práce podobného charakteru
7. důležitost osobního styku
8. využívání upraveného (např. klimatizovaného) prostoru
9. prašné a hlučné prostředí, či značné otřesy
10. a podobně....

Soupis důvodů nám slouží ke zdůvodnění daného hodnocení vztahů při oponenturách. V zájmu objektivizace hodnocení je dobré provádět vyplnění trojúhelníkové tabulky více lidmi a na základě tohoto souboru individuálních hodnocení zpracovat výslednou tabulku.

Graficky sestavíme vzájemné umístění pracovišť (objektů) tak, aby pracoviště s nejsilnějšími vztahy (spojené čtyřmi čarami) byla co nejbližee a naopak pracoviště s nežádoucím kontaktem co nejdále. Dispozici kreslíme nejprve (teoreticky) bez prostorového omezení a pak provádíme úpravu rozmístění do daného konkrétního plošného vymezení. [15]

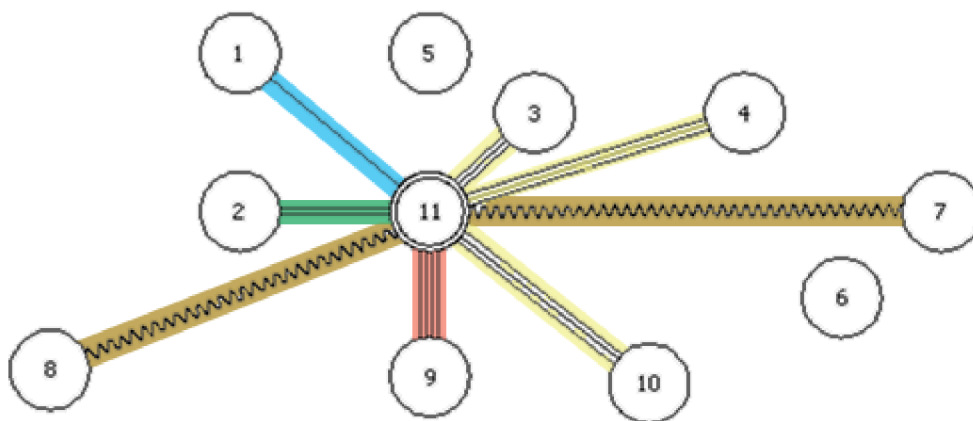


Obr. 4: Vzájemné umístění pracovišť [15]

## 1.2.6 Metoda vyhodnocování mezidíleňských vztahů

Metoda se používá většinou při rozhodování o tom, zda navrhnout jednu centrální dílnu, nebo více menších detašovaných úseků a dává při tom i odpověď na jejich umístění v souboru dílen.

Základní pomůckou metody je šachovnicová tabulka vztahů (kolik vztahů bereme v úvahu a které vztahy budeme hodnotit záleží na konkrétní situaci). Např. když máme v závodě 10 dílen (středisek) hlavní výroby a pomocného a obslužného hospodářství. Úkolem je rozhodnout, zda jedenáctá dílna - lakovna - bude navržena jako jedna centrální dílna, nebo zda bude vhodnější počítat s detašovaným rozmístěním lakovacích pracovišť. Z tabulky vztahů si sestavíme schéma mezidíleňské vazby.



Obr. 5: Příklad schématu mezidíleňských vztahů [15]

Z rozboru schématu vazeb vidíme, že:

- 11 má silné vztahy s dílnami 3, 4, 9, 10, (bývá to např. obrobna, montáž, expedice, kompresorovna atd.)
- 11 má nežádoucí vztahy s objekty 7 a 8 (bývají to např. zdroje znečištění )
- 11 má malou vazbu na objekty 1 a 2 a žádnou vazbu s objekty 5 a 6

Vzhledem k tomu, že provoz 11 má silný vztah ke třem dílnám a úplné vybavení tří dílen se všemi stroji a technologiemi (např. vzduchotechniky, vrtačky, frézy atp.) a bezpečnostními nároky by bylo velmi nákladné, jeví se jako optimální vybudovat jeden centrální provoz pro a situovat jej zároveň v blízkosti expedice. Takovou provozovnu či dílnu lze vybavit potřebnou technikou. [15]

## 1.3 Plánování a řízení výroby

### 1.3.1 Plánování výrobního programu

Plánování výrobního programu je výchozí krok pro každé plánování průběhu výroby. Zde se stanovuje jak druh a množství materiálů či polotovarů, které budou potřeba k výrobě, tak i termín výroby. Všechno toto plánování musí probíhat v těsném kontaktu s oddělením odbytu.

Prognóza předpokládaných zakázek je založena na:

- odhadu prodeje
- prodejních prognózách
- extrapolaci z minulých období

Pro minimalizaci prodejního rizika musí skutečné dispozice probíhat tak pozdě, jak jen je možné, pokud možno na základě skutečného přijetí zakázek. Tímto se minimalizuje odbytové riziko a vázaný kapitál.

Při dlouhodobém a střednědobém plánování se podnik perspektivně rozhoduje o dalším ekonomicko-technickém rozvoji, o základní struktuře výrobního a odbytového programu včetně vývoje nových výrobků, jakož i o výrobních postupech, které je nutno použít, o druhu a rozsahu hmotného majetku, o potřebě a stavu pracovních sil. Krátkodobé plánování výrobního programu vychází z dostupného hmotného majetku a pracovních sil. Základní struktura sortimentu podniku je již určena dlouhodobým plánováním rozšíření výrobního programu o zcela nové druhy výrobků.

## 1.3.2 Plánování potřeby

Plánování potřeby má jako hlavní úkol určit, jaká bude materiálová potřeba na výrobu potřebného počtu výrobků, které si objednal zadavatel. Materiálovou potřebu zjišťujeme např. podle:

- A) **Dokumentace a výrobního stupně** - využívá se např. kusovník. Zde rozlišujeme:
- Primární potřebu - očekávaná potřeba finálních výrobků
  - Sekundární potřebu - potřeba surovin, součástí, polotovarů k výrobě primárních potřeb
  - Terciální potřebu - potřeba provozních a pomocných materiálů
- B) **Stavu zásob ve skladech** - zjišťuje se brutto a netto potřeba, zde se používají různé metody zjišťování potřeb:
- Programově orientované - analytické, např. s využitím kusovníku
  - Spotřebně orientované - stálá potřeba, trendová, sezónní
  - Subjektivně orientované - znalecké hodnocení, intuitivní

**Kusovník** - seznam všech surovin, dílů a sestav, které jsou potřeba pro výrobu jedné jednotky výrobku. V závislosti na výstavbě se kusovník rozlišuje na několik typů:

A) **Souhrnný kusovník** - jinak také kusovník s přehledem množství, je nejjednodušší forma znázornění kusovníků. Obsahuje všechny materiály, které vstupují do výrobku, přičemž u všech výrobních stupňů jsou uvedeny údaje o množství. Nedostatkem je chybějící struktura přehledu množství tj. není patrné jak vstupují jednotlivé komponenty do finálního výrobku. Na základě souhrnných kusovníků se stanovuje brutto potřeba sestav a jednotlivých dílů pro určité období a to tak, že vynásobíme data o množství, které je uvedeno v kusovníku pro primární potřebu finálních výrobků. Tímto získáme sekundární potřebu materiálů. Souhrnné kusovníky ovšem neberou v úvahu časové lhůty.

B) **Strukturní kusovník** - obsahuje materiály nutné pro výrobek ve strukturním uspořádání. Tím je vyjasněna skladba výrobků. Vyskytuje se ve formě:

- Kusovník podle výrobních stupňů - ukazuje skladbu ze všech jeho dílů, surovin, sestav všech výrobních stupňů. Odpovídá technickému postupu výrobků.
- Dispoziční kusovník - každý díl uveden vždy na tom stupni, kde poprvé do výrobku vstupuje.
- Stavebnicový kusovník - obsahuje suroviny, díly, sestavy, které vstupují přímo do vyšší nadřazené sestavy.

### 1.3.3 Systémy používané pro plánování a řízení výroby

Aby se v podniku daly dodržet všechny naplánované procedury a operace ve stanovených časech a množstvích, je dnes již v podstatě nutné zavést určitý systém pro plánování a řízení výroby. Průkopníkem v používání těchto systémů a jejich neustálého vylepšování se stalo Japonsko, které začalo ve svých podnicích (nejvíce v automobilovém průmyslu, odkud jej začali poté přejímat ostatní) tyto systémy zavádět.

Tab. 2: Úrovně úkolů řízení výroby [7]

Úroveň	Úkoly
<b>strategické plánování výroby</b> (hledání konkurenční výhody)	koncepce výrobek - trh
	koncepce zdrojů
	konkurenční pozice
<b>taktické plánování výroby</b> (obsah koncepce)	výrobní program
	kapacity (stroje, lidé)
	organizace
<b>operativní plánování výroby</b> (realizace)	zajištění zdrojů
	lhůty a kapacity
	sledování a evidence

Pro toto plánování a řízení můžeme využít celou řadu systémů, které využívají softwarové programy pod názvem PPC (Product planning and control). O propojení PPC a výrobní logistiky bude pojednávat samostatná kapitola dále v této práci, zde si uvedeme hlavní charakteristiky nejpoužívanějších systémů pro plánování a řízení výroby.

**Dnes nejpoužívanějšími systémy jsou:**

- MRP - Manufacturing Resource Planning
- JIT - Just In Time
- KANBAN
- OPT - Optimized Production Technology
- TCM - Total Capacity Management
- APS - Advanced Planning and Scheduling
- BOA - Belastungsorientierte Auftragsfreigabe - uvolňování zakázek podle vytížení
- OPT - Optimized Production Technology - řízení úzkých míst

**Dále bych rád podrobněji rozebral hlavní tři, a to jsou MRP, JIT a KANBAN.**

**A) MRP** - Informační systém pro řízení výroby založený na řízení zakázek a rozvrhování zásob svázaných s výrobou. Jeho zakladatelem je Joseph Orlicky a byl založen v roce 1975.

**Prvotními vstupy pro MRP jsou:**



- Plán materiálových požadavků (tzv. BOM - Bill Of Material), což je seznam všech použitých materiálů, dílů, skupin a podobně, které tvoří finální produkt.
- Hlavní plán výroby (tzv. MPS - Master Production Schedule), což je rozvrh, který nám říká, kolik výrobků je požadováno a kdy tento plán vzniká na základě požadavků zákazníků, předpovědi poptávky nebo přijatých objednávek, určuje položky výroby, čas dokončení či množství materiálu. Hlavní plán nám také zavádí termín **Celková průběžná doba výroby**, což je součet průběžných dob následných fází výroby od objednání surovin po kompletaci konečného produktu.
- Stav zásob (IR - Inventory Records), což je rozsah skladových zásob. Ten poskytuje informace o každé položce výrobního sortimentu v čase. [3]

**Výstupy systému MRP** - zadání všech potřebných vstupů a aktualizací na základě potřeb výroby nám MRP systém dá výstupy, podle kterých budeme naši výrobu řídit. Těmito výstupy jsou:

- Pracovní příkazy - indikují načasování zakázek
- Přejímky příkazů - autorizují vykonání plánovaných příkazů
- Změny plánovaných příkazů - týkají se změn dat
- Výrobní přehledy - měří odchylky od plánů
- Plánovací přehledy - využívají se pro prognózování materiálových požadavků
- Přehledy výjimek - zaměřeny na neočekávané disproporce (zdržení, přebytky, závady atd.)

**MRP II** - Manufacturing resource planning - je koncepce, která definuje jednotlivé úrovně plánování nejen ve výrobě, ale v podniku jako celku. Je výhodnější pro použití s nástroji PPC. [3]

**B) KANBAN** - Koncepce Kanban byla vypracována v Japonsku v polovině 20. století. Kanban v překladu znamená list papíru. Základní princip je založen na vizualizaci materiálového toku v podnicích. Důležité je tedy řízení zásob, v důsledku čehož lze dosáhnout celkového vyskladnění zásob. S ohledem na to, že materiál je dodáván na čas, dochází ke zkrácení takových kroků jako předvýrobní, mezioperační a povýrobní uskladnění na minimum. Je založen na principu "vzít si" místo "přines". Hlavními cíli jsou tedy minimalizace zásob ve výrobě, zjednodušené řízení a plnění termínů.

Existují dva typy "kanbanových" karet:

- Pohybové (přesunové) karty - avizují začátek spotřeby kontejneru
- Výrobní karty - avizují výrobcům (pracovníkům) zahájit výrobu dílů

**Princip fungování** je takový, že začne-li používat díly z kontejneru, pohybová karta připojená ke kontejneru se odebere a pošle do střediska které zabezpečuje dodávku dílů. To je signál, že se má poslat další kontejner. Nový kontejner má připojenou „Výrobní kartu“, která se před odesláním nahradí „pohybovou kartou“. Výrobní karta se odešle výrobními střediskům. Tím se avizuje zahájení výroby nového kontejneru

Oblasti použití tohoto systému zahrnují jak sériovou a velkosériovou výrobu, tak dílenskou nebo linkovou výrobu. Je také užitečný pro výrobu s jednoduchou strukturou výrobků. [3]

**C) JIT** - propojuje nákup, výrobu a logistiku. JIT můžeme definovat jako strategii spočívající v tom, že se má vyrábět v co největším časovém souladu s poptávkou prostřednictvím synchronizace zásobování s výrobou a zjednodušením vnitropodnikových a mimopodnikových oběhových procesů. Primárními cíli jsou minimalizovat zásoby, zlepšit kvalitu výrobků, maximalizovat efektivnost výroby a poskytovat optimální úroveň zákaznického servisu. Hlavními přínosy zavedení je potom snížení stavu materiálu a hotových výrobků, zkrácení doby cyklu výroby, zlepšení produktivity práce, zlepšení obrátu zásob a možnost pružně reagovat na změny výroby. [3]

Aby bylo možno systém JIT použít, musíme splňovat určité předpoklady:

- Vysoká úroveň kvality – surovin hotových výrobků
- Jednosměrné a hladké materiálové toky
- Nízké zásoby
- Malé výrobní dávky-snižují vázanost kapitálů
- Integrace všech logistických činností
- Rychlé a pružné seřizování strojů
- Preventivní opravy a údržby strojů
- Výpadek nespolehlivých dodavatelů
- Tažný systém výrobního toku je zboží

### 1.3.5 Řízení a rozbor materiálového toku

**A) Řízení materiálového toku** - je velmi důležitou částí výrobní logistiky, Zahrnuje správu surovin, součástek, vyrobených dílů, balících materiálů a zásob ve výrobě Pokud se nezabezpečí efektivní a účinné řízení toku vstupních materiálů, výrobní proces nebude schopen vyrábět produkty za požadovanou cenu, a v době, kdy jsou tyto produkty požadovány pro distribuci zákazníkům.

Nedostatek správných materiálů ve správné době má za následek zpomalení výroby či dokonce jejího výpadku, vyčerpání hotových výrobků u producenta nebo vyčerpání zásob u zákazníka. Jendou z nejdůležitějších činností v oblasti řízení toku materiálu je řízení ve spolupráci s logistickou funkcí dopravy materiálu směrem do podniku a v rámci podniku.

Abychom mohli efektivně řídit materiálový tok ve výrobě je nutné provést tzv. rozbor materiálového toku. [6]

**B) Rozbor materiálového toku** - Rozbor toku materiálu je důležitý především tam, kde náklady na dopravu a manipulaci s materiálem jsou vysoké ve srovnání s náklady na výrobní operace, skladování a kontrolu. Rozboru toku materiálu zkoumá nejefektivnější sled materiálu různými fázemi výrobního procesu a intenzitu těchto pohybů. Efektivní tok vyžaduje, aby materiál postupoval výrobním procesem progresivně bez zbytečných oklik a protisměrných pohybů.

Dopravní vzdálenosti pohybu materiálu jsou předem dány v souladu s navrhováním manipulace s materiálem. Uspořádání je vhodné změnit ukáže-li se, že to bude mít pozitivní vliv na úsporu prostředků pro manipulaci. Při zpracování projektů manipulace materiálem je potřeba tudíž znát:

- místo nakládky a vykládky,
- trasy, popř. již používané metody na těchto trasách,
- velikosti předpokládané plochy pro jednotlivé činnosti (zatížení, resp. podlahový tlak, modul sloupů, výška podlaží a podobně).

Modifikace těchto tří druhů dispozičního uspořádání závodů je pak kruhový, resp. klikatý tok materiálu. Nejcharakterističtější dominantní veličinou dispozičního uspořádání je

- intenzita toku materiálu  $Q_m$ ,  $Q_v$ ,  $Q_z$  na trase
- manipulační výkon  $C_m$ ,  $C_v$ ,  $C_z$ .

Typické jednotky měření intenzity toku materiálu nebývají srovnatelné (například váha značného množství sypkého materiálu není z hlediska přepravitelnosti srovnatelná s tuhým materiálem stejné hmoty, karoserie vozu s jeho motorem) Proto při řešení obtížných manipulačních problémů používáme veličinového počtu **MAG**.

MAG udává základní hodnotu velikosti předmětu A, kterou zvyšujeme nebo snižujeme s přihlédnutím k následujícím činitelům ovlivňující přepravitelnost:

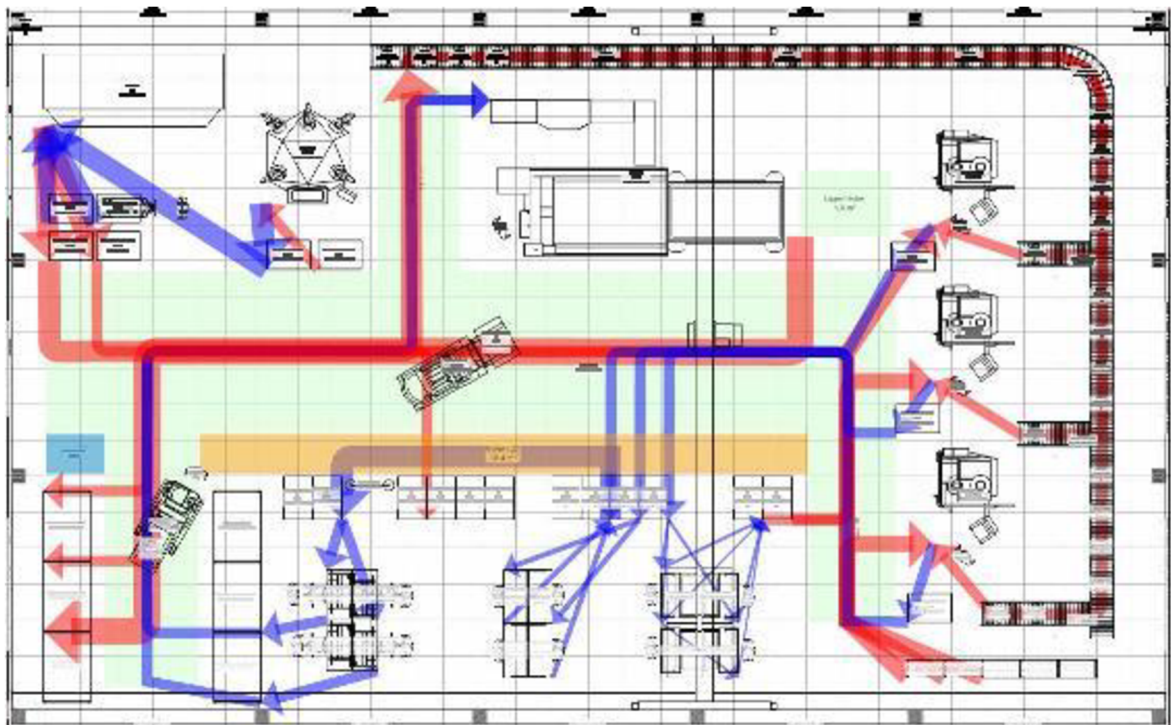
- A-rozměry,
- B-hmotnost,
- C-tvar,
- D-nebezpečí poškození,
- E-stav materiálu,
- F-hodnota (cena) materiálu.

Hodnota 1 MAG odpovídá materiálu, který lze pohodlně držet v ruce, je dostatečně pevný, má kompaktní tvar, dá se stohovat, nepodléhá poškození, je dostatečně čistý, tuhý a stálý (typickým příkladem je kostka suchého dřeva s objemem 10 palců kubických (16,4 cm<sup>3</sup>)). Hodnota přepravitelnosti se vypočítá z rovnice udávající velikosti činitelů přepravitelnosti B,C,D, E, F.

$$\text{MAG} = A + [0,25 \cdot A \cdot (B + C + D + E + F)] \quad (18)$$

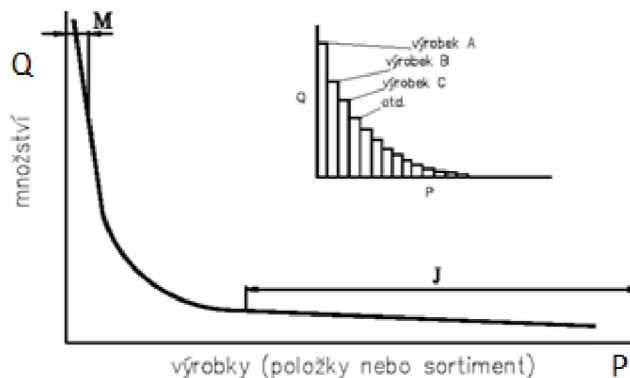
MAG tedy umožňuje porovnávat intenzitu toků různých druhů materiálu nebo intenzitu toku materiálu po různých trasách

Materiálové toky se obvykle a znázorňují materiálového do **Sankeyova diagramu**, kde intenzita materiálového toku se přímo zakresluje do situačního plánu. Šířka jednotlivých proudů je úměrná intenzitě materiálového toku.



Obr. 6: Příklad grafického znázornění materiálových toků v podniku (Sankeyův diagram) [6]

**P-Q graf** - Pro analýzu a optimalizaci materiálových toků je důležitý rozbor různých druhů výrobků (nebo materiálu či součástí) ve srovnání s vyráběným množstvím každého jednotlivého druhu. Z tohoto rozboru vychází většina projektů manipulace s materiálem a dopravy, skladování nebo plánování výroby. Tento rozbor má charakter grafického rozdělení různých výrobků či položek nebo výpočtu množství každého seskupení nebo každého výrobku.



**Obr. 7:** P-Q graf výrobků [6]

Graf P-Q ukazuje typické druhy výrobků s velkým obratem a s malým obratem.

Položky v oblasti M jsou často vhodné pro metody hromadné výroby (velká množství poměrně malého počtu výrobků nebo modifikací), kdežto položky v oblasti J se musí vyrábět individuálně (zakázková nebo kusová výroba velkého množství různých výrobků v malých množstvích-objemech). U výrob s pestrým sortimentem je možné dosáhnout efektivního řešení rozdělením výrobků a jejich výrob do dvou odlišných dispozic. Jednotlivé řešení dispozice, stejné pro všechny výrobky by mohlo být méně efektivním kompromisem.

Pro „mělkou“ křivku P-Q je vhodné použít univerzálního systému manipulace a jednotného typu dispozičního uspořádání pro všechny výrobky. Pro „hlubokou“ křivku je potřeba rozdělit výrobky resp. výrobní plochy do dvou odlišných dispozic a systémů manipulace i dopravy.

## 1.4 Management údržby

V moderních provozech je tendence přecházet od starých způsobů údržby, kdy se uplatňovaly často postupy typu opravy po poruše, kdy byla údržba stroje provedena až poté, co došlo k přerušení provozu. Dokud stroj pracoval jak měl, prováděla se pouze základní údržba, což může být třeba doplnění provozních kapalin, doplnění maziv na určitých místech. Takové přerušení výroby má ovšem za následek neplánované prostoje a může ohrozit celou výrobu, dojde-li k poruše stroje, který vyrábí díly nebo polotovary důležité pro další výrobu a nejsou na skladě. Nemluvě o výrobě, která nepočítá se skladováním a má zavedený systém JIT, jako je právě třeba naše výroba.

Používá se např. systém PPO, tedy plánované preventivní opravy, kdy se po určité době provozu stroj plánovaně odstavil a kompletně zkontroloval, byly vyměněny důležité nebo opotřebované díly a provoz pokračoval dále s tím, že byla provedena údržba na dalším stroji a takto to šlo jednotlivě po výrobě stroj od stroje. Výhodou tohoto systému bylo, že odstávky byly plánované, tedy, že se s nimi počítalo při plánování výroby a daly se předvídat.

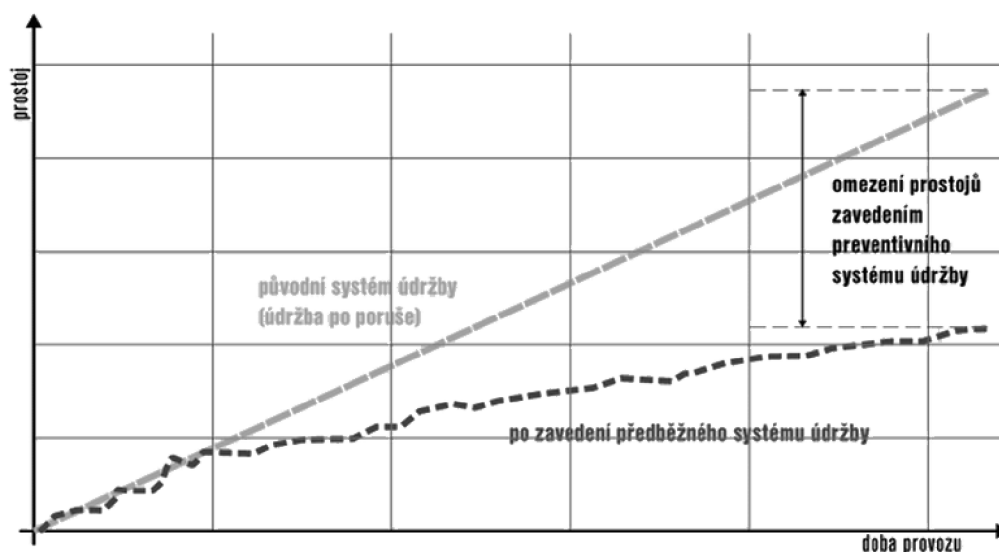
Posledním trendem je zavádění tzv. managementů údržby.

## 1.4.1 Charakteristika managementu údržby

Dlouhodobým trendem v managementu údržby je efektivní správa výrobních zařízení a technologických celků s minimalizací vynaložených nákladů a využitím všech současných diagnostických zařízení a metod. Optimalizace výrobního procesu a jeho spolehlivost se tak výrazně promítá nejen do postavení jednotlivých hospodářských subjektů na trhu, ale přináší také velmi významné úspory vlastních nákladů. Tyto úspory mohou být ještě navýšeny v případě outsourcingu údržby výrobních zařízení od externího dodavatele, a to buď v rámci komplexního facility managementu, či samostatně. Rozhodnutí o outsourcingu těchto podpůrných činností je pro výrobní společnost velmi závažné a vždy je potřeba je důkladně zvážit.

V průběhu posledních let se značně mění přístup k péči o technicky náročné prostředky údržby podle toho, jak roste nabídka různých diagnostických podpůrných zařízení. Cílem údržby je především zachování funkčnosti zařízení, tj. stavu, ve kterém dané zařízení plní funkci, jež se od něho očekává, včetně sledování návratnosti vložených investic. U složitých sofistikovaných technických celků již nestačí využívat pouze běžné postupy operativní údržby. Je nutné zahrnout i takové jevy, které počítají s analýzou na principu předpokládaného stavu. Posledním trendem v oboru se tak stala zejména kombinace prediktivní údržby a preventivní údržby, vycházející z provozních podmínek daného zařízení. Prediktivní údržba využívá pro plánování činností spojených s údržbou přímé sledování aktuálního stavu zařízení, jeho provozních podmínek, efektivitu a další ukazatele pro eliminaci poruch nebo ztrát účinnosti výrobních zařízení. Zahnutí prediktivní údržby do komplexního programu řízení údržby tak umožňuje optimalizovat dostupnost provozních zařízení, značně snižuje celkové náklady na údržbu, a naopak zvyšuje jakost a produktivitu práce. Významným faktorem tohoto trendu je v neposlední řadě také minimalizace neplánovaných výpadků a havárií veškerého zařízení v závodě.

Prediktivní a preventivní přístup, který v současné době nahrazuje klasickou údržbu po poruše, je tedy rozhodující pro vyloučení a odstranění následků možných selhání, pro plynulý chod zařízení a udržení jejich vysoké provozuschopnosti, a pro efektivitu nákladů na údržbu. Mluvíme-li o výsledcích zavedení prediktivního přístupu v údržbě, pak se v podnicích s dosud tradičním pojetím preventivní údržby potenciál úspor pohybuje mezi dvaceti až třiceti procenty nákladů. Nahrazením systému údržby po poruše je možné dosáhnout až čtyřicetiprocentních úspor současných nákladů a v podnicích, kde dosud nejsou zavedeny žádné systémy údržby, je možné dosáhnout úspor ve výši až padesát pět procent. Jako konkrétní příklad z praxe lze využít nejmenované výrobní zařízení, kde byly systémy preventivní a prediktivní údržby zavedeny ve sledovaném období dvou let. [16]



Obr. 8: Porovnání trendu údržby po poruše se zavedením preventivního systému údržby [16]

## 1.4.2 Komplexní produktivní údržba (TPM)

V poslední době i u nás sílí trend uplatňování tzv. komplexní produktivní údržby (TPM – total productive maintenance) jako metody zvyšování efektivity výrobního zařízení.

Tato metoda byla vyvinuta Seiichim Nakajimou v Japonsku a spojuje japonské koncepte komplexního řízení a managementu jakosti (TQC/TQM) s komplexním zapojením všech zaměstnanců (TEI – total employee involvement) a s praktikováním preventivní údržby. TPM je charakterizována především zapojením obsluhy do výkonu preventivní údržby výrobního zařízení formou podnikem vedených aktivit malých skupin (týmů), což umožňuje zvyšování efektivity výrobního zařízení, produktivity údržby, snižování zmetkovitosti (počtu neshodných výrobků) a nákladů na údržbu, a také zvýšení bezpečnosti práce. Do náplně práce obsluhy výrobního zařízení přecházejí činnosti jako například seřizování, čištění, inspekce, mazání a základní údržba (udržování).

Další specifickou charakteristikou TPM je zlepšování udržovatelnosti, představitelnosti a seřizování výrobního zařízení pod vedením odborného technika v rámci údržbářského týmu a také výcvik obsluhy výrobních zařízení v oblasti údržby. Přínosy TPM pro zvýšení efektivity výrobního zařízení, zlepšení bezpečnosti práce, životního prostředí a podnikové kultury jsou ve světě jednoznačně prokázány a není důvod váhat s uplatňováním tohoto nástroje pro optimalizaci údržby.

Dalším významným faktorem pro zvyšování efektivity managementu údržby je strategicky cílené měření výkonnosti, tj. přesná evidence, správa a údržba majetku, díky čemuž lze lépe využívat existující zdroje a plánovat. Stále více společností v oblasti údržby výrobních zařízení proto využívá specializované informační systémy pro správu majetku, řízení a optimalizaci týmů údržby. Aby byla komplexně posouzena výkonnost údržby, je potřeba analyzovat její vnitřní postupy, procesy a nástroje. Na základě této analýzy pak lze stanovit efektivní požadavky na preventivní a prediktivní údržbu s využitím nejnovějších optimalizačních metod pro údržbu. [16]

## 1.5 Enviromentální management (EMS)

V současnosti sílí tendence projektovat stále více ekologicky efektivní výroby. Se zvyšujícími požadavky na ekologickou výrobu ovšem přichází také zvyšující se náklady na technologie, které zajišťují právě ekologickou výrobu. Ať jsou to výrobní stroje, které mají nízkou spotřebu energií, vody, chemikálií, sníženou hlučnost, prašnost a jiné škodlivé efekty, či filtrační zařízení na zplodiny vypouštěné do ovzduší, půdy nebo vody. Vystává tedy poté otázka, zda-li se vůbec vyplatí zavádět do provozu aspekty enviromentálního managementu. V naší výrobě bylo dohodnuto, že enviromentální management bude zaveden. Jeden z popudů jsou požadavky vlády a obecné normy v Ruské federaci, které se stále zpřísňují, takže je velmi pravděpodobné, že by se výroba časem musela tak jako tak přizpůsobit zvyšujícím nárokům na ekologickou efektivitu. Proto je lepší počítat s ekologickou výrobou již při návrhu a minimalizovat tak následné náklady, kdy by muselo dojít k a implementaci opatření zabezpečujících plnění ekologických norem později.

Co se týče naší výroby, jedná se především o systém filtrace vody a jejího zpracování, který je navržen tak, aby byl energeticky co nejméně náročný a zároveň velice efektivní. Jelikož je voda hlavním odpadním prvkem při výrobě DPS, byl obzvláště na tuto oblast kladen velký důraz. Dalšími odpadními produkty jsou použité chemikálie, které budou skladovány ve speciálně upravených skladech s odvětráváním a zabezpečením pro případ havárie tak, aby nedošlo k úniku těchto chemikálií do půdy, vody či ovzduší. O likvidaci použitých chemikálií se bude následně starat specializovaná firma s certifikáty a oprávněním pro nakládání s nebezpečnými látkami. Co se týče odpadních látek vypouštěných do ovzduší, tak zde není velké riziko, jen v některých procesech (při leptání atp.) plyny, které budou odváděny speciální ventilací mimo objekt přes speciální filtrační místnost.

## 1.5.1 EMS v podniku

Základním cílem, který obvykle vedení podniku při zavádění EMS sleduje, je zavedení pořádku, dosažení úplného souladu s právními požadavky, zlepšení vztahů s veřejností a veřejnou správou, získání obchodně využitelné vizitky (certifikátu ISO 14001, registrace v programu EMAS).

Podniky dnes posuzují nejen finanční přínosy environmentálního managementu (úspory, zvýšení efektivity výroby, rozšíření tržního potenciálu), ale hodnotí i rizika plynoucí z nedostatečného ošetření organizačních a technických prvků ochrany životního prostředí (havárie, neschopnost získat bankovní úvěr a další finanční investice, ztráta trhů a zákazníků).

Cílem je prezentovat soubor činností, které je nutné realizovat, a řídicích postupů, které je nezbytné zavést, aby EMS správně fungoval. Podnik musí především identifikovat a kontrolovat environmentální aspekty, vlivy a rizika, formulovat a realizovat svou environmentální politiku, cíle a programy v souladu s požadavky environmentální legislativy, vyčlenit prostřednictvím programů potřebné zdroje k dosažení těchto cílů a přidělit odpovědnosti, definovat a dokumentovat řídicí přístupy v environmentální oblasti, dokumentovat specifické postupy zajišťující, aby se každý zaměstnanec během své každodenní práce choval tak, aby pomáhal minimalizovat nebo odstraňovat negativní environmentální dopady, komunikovat ve věci odpovědnosti a instrukci v rámci celého podniku a vyškolit zaměstnance tak, aby své povinnosti plnili efektivně, měřit a pravidelně přezkoumávat své chování podle předem stanovených norem a cílových hodnot a v případě neshody uplatňovat nápravná opatření a prezentovat dosažené výsledky veřejnosti.

Podle sledování a podle stanovených a vyhlášených Cílů a cílových hodnot EMS a při jejich splnění lze přínosy zavedeného systému EMS očekávat v těchto oblastech:

- Snížení spotřeby energie ve výrobním procesu
- Snížení spotřeb vstupních surovin
- Snížení spotřeb ropných látek (tuky, oleje)
- Snížení spotřeby vodních zdrojů
- Snížení výskytu odpadů, za jejichž likvidaci, recyklaci, popř. uskladnění jsou placeny poplatky,
- Snížení výskytu emisí
- Zajištění trvalého zlepšování pracovního prostředí
- Výchova zaměstnanců k ekologicky pozitivnímu chování nejen ve výrobním procesu ale i v jejich běžném občanském životě.

Zavedením systému EMS do výrobního procesu je zajištěn postup, který zaručuje trvalé snižování zátěží životního prostředí a trvalé zlepšování pracovního prostředí, znamenají také zvýšení image společnosti a do budoucna zvýšení prodejnosti výrobků.

### **Dosažené výsledky při fungování systému EMS**

Zavedením systému ochrany životního prostředí je v závodě vnesen řád do všech výrobních, technologických a obslužných procesů ovlivňujících životní prostředí. Jsou jednoznačně stanoveny odpovědnosti za tyto činnosti. Seznámením zaměstnanců na všech úrovních s požadavky normy ISO 14001 jsou zajištěny právní jistoty a většinou jsou odkryty další možnosti úspor spotřeb energie, vody a materiálových vstupů, snížení emisí a zlepšení separace odpadů, Tyto všechny vlivy na činnosti závodu.

**Zavedení EMS/EMAS přineslo jednoznačně kladné přínosy nemateriální povahy u značného podílu sledovaných podniků a to:**

- Zlepšený vztah k zainteresovaným stranám ( odběratelům, dodavatelům, veřejnosti, úřadům a konkurenci)

- Zlepšení komunikace se zainteresovanými stranami u 70 % podniků
- Změny v řízení u 70 % podniků

**Významným výsledkem zavedení EMS/EMAS u sledovaných podniků jsou přínosy materiální povahy, vyjádřeny následovně:**

- Snížení spotřeby vstupních materiálů a surovin u 75 % podniků,
- Snížení emisí do životního prostředí u 60 % podniků,
- Snížení pokut a poplatků u 55 % podniků,
- Snížení provozních nákladů u 35 % podniků,
- Zvýšení tržeb a zisků u 15 % podniků, číselně nevyjádřeno (1 podnik uvádí zvýšení o 20 %)

**Nejvýznamnější uváděné důvody pro zavedení EMS:**

- Trvalý zájem firmy o ochranu životního prostředí (40 %)
- Zlepšení důvěryhodnosti a image firmy (40 %)
- Zlepšení postavení firmy na trhu (30 %)
- Zlepšení vztahů k veřejnosti a koexistence s okolím (25 %)
- Vliv koncernu (25 %)
- Vastní iniciativa (20 %)
- Zdokonalování řízení firmy jako pokračování ISO 9000 (20 %)
- Zavádění EMS jako součást dodavatelsko-odběratelských vztahů (20 %)

**Očekávání, se kterými firmy přistupovaly k zavádění EMS/EMAS byla splněna takto: jako nejvýznamnější uvádějí firmy tato:**

- Zkvalitnění práce v oblasti péče o životní prostředí (70 %)
- Zlepšení postavení firmy na trhu (55 %)
- Zvýšení prestiže a image firmy (45 %)
- Snížení nákladů, úspora surovin a energií (40 %)
- Uvědomění a odpovědnost, řízení environmentálních aspektů (30 %)
- Dodržování environmentálních zákonů a předpisů (20 %)

**Vyhodnocení očekávaných výsledků a předpokladů:**

Celkem 80 % firem vyjádřilo úplnou nebo částečnou spokojenost s tím, jak zavedení nového systému řízení splnilo jejich očekávání.

**V případech vyjádřené nespokojenosti ( 20 %) se firmám nesplnilo očekávání v :**

- Nedocnění u státní správy a veřejnosti,
- Nedocnění u zákazníků,
- Nedocnění při jednáních s bankami a pojišťovnami.

Shrnutí výsledků dokládá, že 90 % firem působí pozitivně na environmentální chování svých dodavatelských partnerů. Nejčastější formou působení (v 60 % případů) je zařazování kritérií ochrany životního prostředí jako součást výběrových řízení, které firmy provádějí.

Ze všech výše uvedených informací a vývodů vyplývá, že zavádění systému EMS/EMAS má jednoznačně pozitivní vliv na lepší a aktivnější přístup firem k ochraně životního prostředí. Potvrzuje se také, že výsledky zavedení se projevují pozitivně na ekonomice podniku a mají i pozitivní důsledek ve zlepšení pověsti firem při jejich působení na trhu. [17]



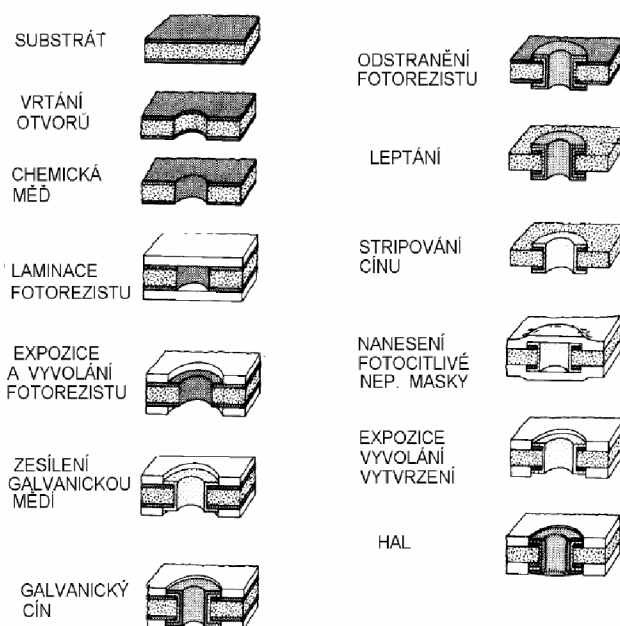
## 1.6 Výroba desek plošných spojů

Pro výrobu desek plošných spojů (DPS) byla vybrána subtraktivní technologie. Tato technologie je již dlouhodobě nepoužívanější technologií výroby DPS, výrobci po celém světě s ní mají veliké zkušenosti a oproti jiným technologiím, jako je např. aditivní technologie má mnoho výhod pro hromadnou výrobu. Jednou z největších výhod je znalost a ovládnutí procesu, jednoduchá možnost zajištění dodržení požadovaného technologického postupu a zajištění požadované kvality konečného výrobku.

V praxi jsou nepoužívanější dva způsoby zhotovování DPS pomocí subtraktivní technologie. Je jím panel plating, kdy coby leptuodolná vrstva při procesu leptání mědi slouží samotný fotorezist a pattern plating, kdy coby leptuodolná vrstva slouží nanesený cín, který se odstraní v další fázi technologického procesu.

Pro naši výrobu byla vybrána technologie pattern plating pro vnější vrstvy a panel plating pro vnitřní, jelikož jsou to nejrozšířenější a nejznámější technologie a zákazník si nepřál žádné problémy s výrobním procesem a žádné experimenty.

Výchozím bodem subtraktivní techniky je nakupovaný základní materiál (laminát) potažený vrstvou mědi. Po mechanickém opracování (vrtání) se vrtané otvory chemicky ošetří tak, aby bylo možné provést následné pokovení plastového materiálu (Directplating = přímé pokovení). Na takto připravený materiál je následně aplikována světlocitlivá vrstva a probíhá aplikace UV-záření podle požadavků zákazníka (prostorové rozložení). Tak vzniká negativní obraz požadovaného prostorového rozložení. Tento obraz slouží jako maska pro následující galvanické nanášení mědi a cínu. Po odstranění světlocitlivého materiálu se odstraňuje přebytečná měď a následně cín procesem alkalického leptání. Takto se přenesou prostorové rozložení zákazníka na laminát a následuje kontrola kvality prostřednictvím optické inspekce (AOI), aby byla zajištěna bezvadnost přípravného procesu. Následuje oboustranné nanášení nevodivého laku, který zapeče elektrické struktury, metodou rozprašování. Bude provedeno i fototechnické strukturování. Proces pokračuje selektivní aplikací konečného povrchu, a to buď metodou metalurgického pocínování (Hot Air Leveling) nebo selektivního chemického nanášení niklu / zlata (ENIG). Následuje kontrola kvality pomocí elektrického funkčního testu elektrického obvodu



Obr. 9: Příklad technologického postupu výroby dvouvrstevných DPS [11]

## 2 PRAKTICKÁ ČÁST

### 2.1 Představení společnosti Lavimont a.s



Na své diplomové práci jsem spolupracoval s firmou Lavimont a.s, jmenovitě s Ing. Jiřím Katolickým, který má na starosti vedení týmu, který se zabývá problematikou řešení projektu.

Obr. 10: Logo firmy Lavimont a.s.

Firma Lavimont a.s se sídlem v Brně vznikla v roce 1991, jako bývalá část podniku Královopolské strojírny. Od té doby se specializuje na dodavatelsko inženýrskou činnost. Předmětem podnikání firmy jsou převážně dodávky a montáž technologických zařízení pro energetický, elektrotechnický, chemický a petrochemický průmysl v tuzemsku i v zahraničí.

Firma má mnoho oprávnění pro provádění výrob mnohého druhu mnoha oblastech jako jsou montáže strojních zařízení, výroba strojních zařízení, stavební činnost a co nás bude asi nejvíce zajímat tak z oblasti engineeringu, kde provádí úvodní studie, zadání staveb, realizační projekty, projekty pro stavební povolení, projektové a ekonomické studie, autorské dozory, řízení projektů, inspekce, montáže a uvedení do provozu, proškolení obsluh a předávání zařízení, zakreslování skutečného stavu.

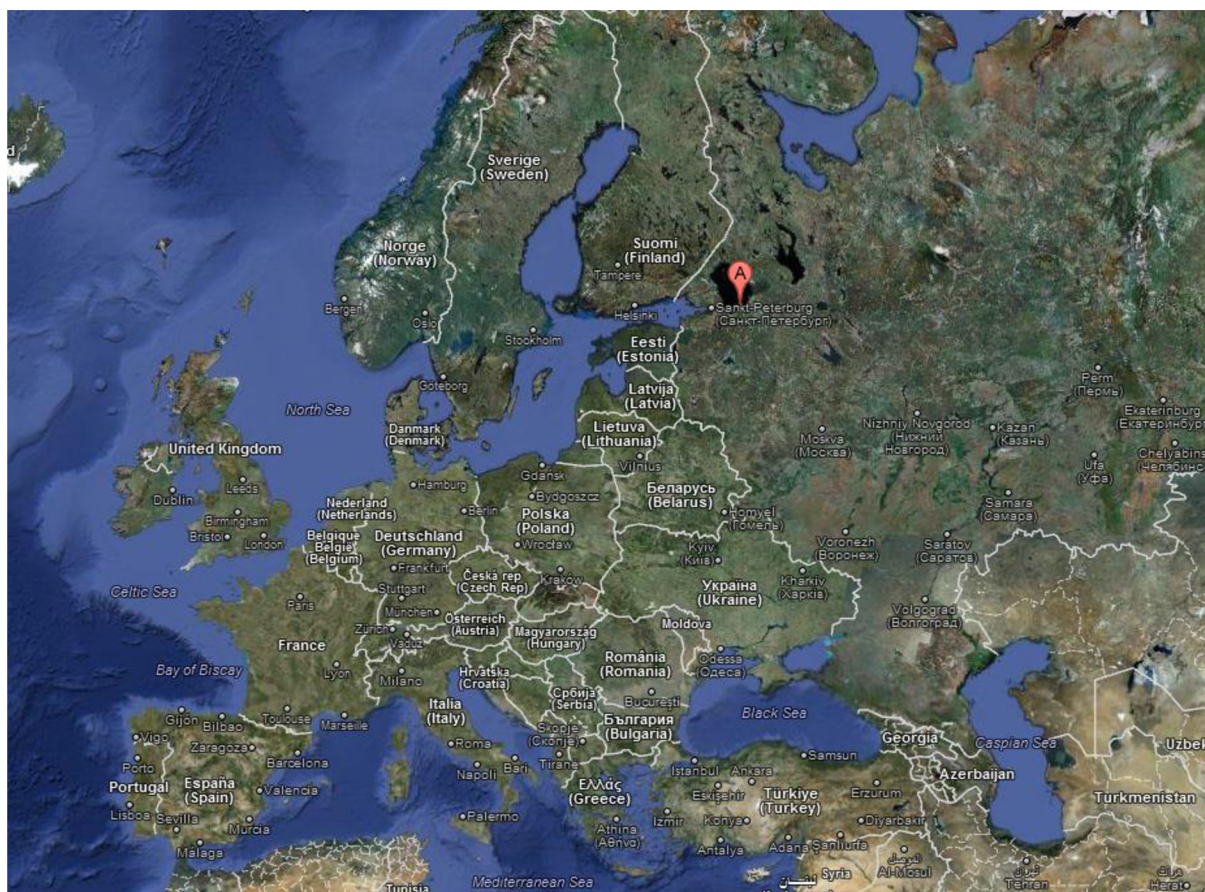
Firma se dále vnitřně dělí na tři sekce. Tou první je Lavimont Design, která má na starosti projektování jednotlivých zakázek, projektové studie a záměry, jednotlivé výpočty a projekty. V této podsekcí se budu pohybovat nejčastěji. Druhou sekci je Lavimont Electric. Zde se provádí hlavně projektování ak onstrukce elektrických zařízení, zajišťování kompletních technologických celků, výroba, dodávka a montáž elektrických zařízení. Poslední částí je Lavimont Modelárna. Tato sekce má na starosti zhotovování modelových zařízení pro kusovou i sériovou výrobu z řeziva i plošných materiálů, výrobu modelových zařízení z polystyrenu, dřeva, kovů, kombinací různých materiálů, výrobu maket pro kopírování, výrobu forem atp.

V současné době má firma rozpracováno několik zakázek pro mnoho velkých společností v ČR a Ruské federaci.

V plánu je výstavba a uvedení do provozu podniku na výrobu a osazování plošných spojů taktéž v Rusku, kterého bych se měl zúčastnit a v rámci návrhu výroby tohoto podniku zpracovat diplomovou práci.

## 2.2 Představení projektu

Zamýšlený provoz bude vybudován poblíž města Dubno, nedaleko Sankt-Petrburgu v Leningradské oblasti, v tamější průmyslové zóně, která byla čerstvě vybudována a neustále se rozrůstá. Na obrázku níže můžeme vidět umístění plánovaného provozu na mapě Evropy. (pod ukazatelem s písmenem A). Lokace byla zvolena především kvůli vhodnému zázemí, které průmyslový komplex poskytuje, dobré a přístupné infrastruktúře a blízkosti vhodného zdroje vody, která bude potřeba k některým technologickým procesům.



Obr. 11: Mapa Evropy s umístěním plánovaného provozu

Jedná se o stavbu v podstatě "na klíč", kdy zadavatel předloží své požadavky jako je kapacita výroby, umístění a zhotovovatel vypracuje kompletní návrh výroby a postará se o fyzickou komplekaci a uvedení do provozu. V rámci diplomové práce budu řešit popis jednotlivých technologických kroků, výběr strojů, jejich rozmístění, stavební řešení, kapacitní propočty výroby, lidské zdroje, diagramy materiálového toku, technické vybavení, možnosti a kapacitu výroby a konečnou vizualizaci výroby.

## 2.3 Limity technologických parametrů

- Požadavek na projekt je vyrábět ročně 40000m<sup>2</sup> DPS ročně,.
- Vyráběny mohou být jednovrstvé, dvouvrstvé a vícevrstvé DPS až do 10 vrstev. Počítá se s velikostí zakázek od prototypů (jednotlivé ks) až po středně velké (stovky až tisíce ks).
- Byla zvolena metoda just-in-time, což znamená, že nebude vyráběno na sklad, ale výrobky budou expedovány zákazníkovi přesně, když je potřebuje a kam je potřebuje. Bude samozřejmě využit expediční sklad na konci výroby, odkud budou expedovány produkty zákazníkům, nicméně i v tomto skladě bude snaha o co nejmenší počet materiálu. Další skladování budou vyrovnávací zásobníky v podobě vozíků mezi jednotlivými pracovišti pro kompenzaci výkyvů výroby jednotlivých pracovišť.
- Výroba bude dimenzována na dvousměnný provoz.

### Limity technologických parametrů

- Typy desek plošných spojů: jednostranné, oboustranné, multivrstvy až do 10 vrstev
- Velikosti dávek: prototypy (ks) ,až středně velké série (stovky až tis. ks)
- Formát laminátu: 608mm x 456mm a 535mm x 385mm
- Laminát s vrstvou mědi 18μm - 105μm (standard), 210μm - 400μm (tlustá vrstva mědi)
- Materiál laminátu FR4 do Tg 170°C,
- Tloušťka laminátového materiálu: 0,3mm - 3,2mm (standard), max. 4,0mm

### Specifikace vnější vrstvy

- Min. šířka vodivé cesty: 0,1 mm, vztaženo na vrstvu mědi 18μm
- Min. odstup vodivých cest: 0,1 mm. vztaženo na vrstvu mědi 18μm
- Rozteč vodivých cest: 0,2mm, vztaženo na vrstvu mědi 18μm
- Pokovení mědí min. 20-25μm, příp. podle specifikace zákazníka
- Pokovení cínem: min. 5μm, příp. podle specifikace zákazníka (S nárůstem tloušťky měděné vrstvy se tyto hodnoty zvětšují)
- Povrch HAL: 2 - 30μm cínu, bezolovnatý
- Povrch ENIG: 3-5μm niklu a 0,04-0,1μm zlata

### Specifikace vnitřní vrstvy

- Min. tloušťka jádra pro vnitřní vrstvu multivrstvy: 0,1 mm
- Měděná vrstva na laminátu 12μm - 210μm
- Min. šířka vodivé cesty: 0,075mm, vztaženo na vrstvu mědi 12μm
- Min. odstup vodivé cesty: 0,075mm, vztaženo na vrstvu mědi 12μm
- Rozteč vodivých cest: 0,14mm, vztaženo na vrstvu mědi 12μm

### Specifikace mechanických procesů (vrtání / frézování)

- Průměr vrtané díry: 0,2mm - 6,35mm, dále frézování
- min. průměr vrtané díry: 0,2mm, min. tolerance + 25μm
- min. odstup jednotlivých vrtaných děr: 0,3mm
- min. odstup vrtané díry od vnějšího obrysu: 0,3mm
- min. tolerance frézování: + 50μm
- Úhel škrábání: 30°
- Tolerance škrábání k vodivému obrazu: + 100μm
- Tolerance škrábání od horního okraje ke spodnímu :+ 50μ

### Specifikace vrstvy laku

- min. tloušťka laku: 25 $\mu$ m
- min. pokrytí hran nevodivým lakem: 8 $\mu$ m
- min. otvor (uvolnění) k podložce a pájecí oka: 50 $\mu$ m rotačně
- min. zbytkový můstek mezi podložkami :75 $\mu$ m
- min. tloušťka nátěru pro tisk legendy: 100 $\mu$ m
- min. tolerance zápisu pro tisk legendy k vodivému obrazu: 100 $\mu$ m

## 2.4 Informačně technologické sítě

Zajištění IT technologií je nezbytnou součástí v moderní výrobě. Většina zadání nových zakázek od zákazníku přichází v elektronické podobě a je proto vhodné zařídit výrobu tak, aby tyto data byla okamžitě použitelná pro výrobu. V plánu je zavést dva typy IT sítí.

**První** bude sloužit k dohledu nad fakturami, kontrolou, materiálovým hospodářstvím, přiřazováním nákladů a související s kontrolou a řízením systému jakosti a plánováním výroby. tento systém bude realizován tak, že v každém hlavním oddělení výroby budou instalovány stanice se čtečkou čárových kódů, který slouží k přihlášení a odhlášení zakázky personálem, který k tomu bude oprávněn. Další stanice budou umístěny v ekonomickém oddělení pro účely kontroly, fakturace a řízení. Tyto stanice budou napojeny na databázový server, kde se budou ukládat informace o zakázkách. Jedná se tedy o síť PPS.

### Plánované umístění stanic:

- Galvanizace / Leptání
- HAL
- QS - AOI
- QS - eTest
- Vrtání
- Frézování
- CAM
- Fotoprocesy
- Nevodivý lak
- Multivrstvy
- Sklad chemikálií
- Sklad laminátu
- Expedice

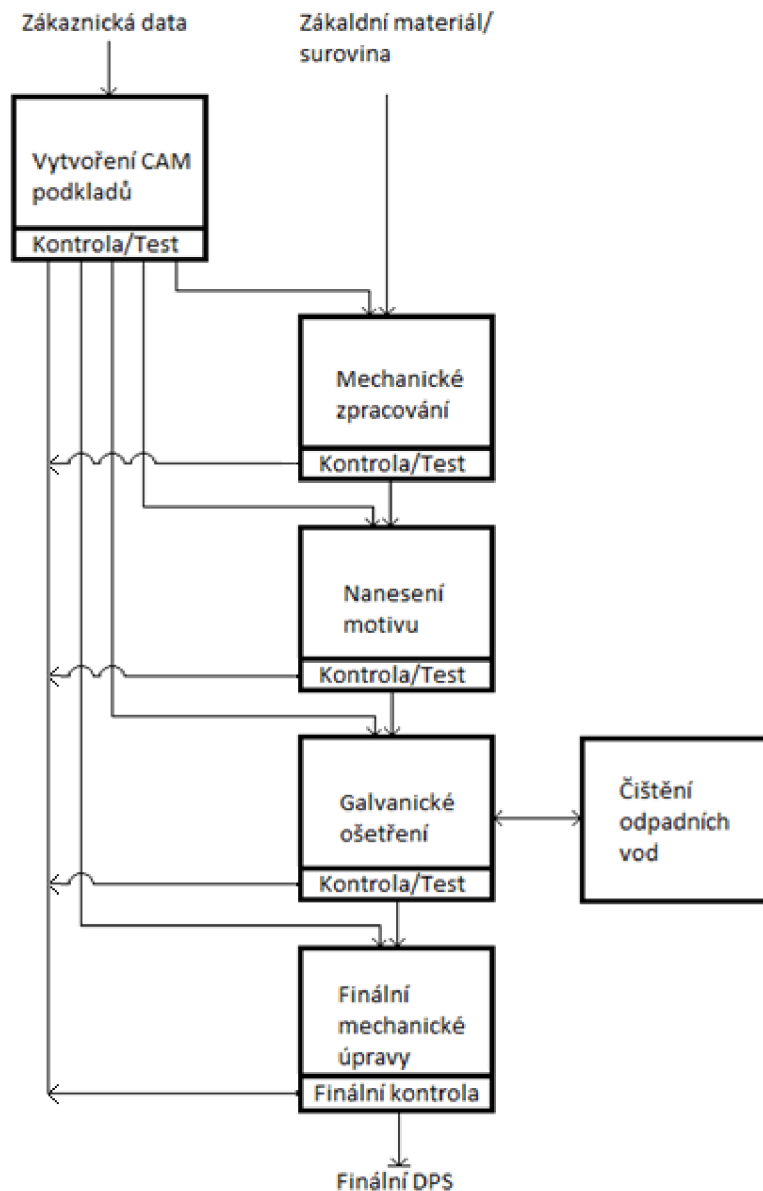
**Druhá** síť je pro propojení oddělení CAM (Computer aided manufacturing), kde dochází ke generování výrobních dat s výrobními stroji a testovacími automaty, řízenými počítačem. Do strojů jsou pomocí této sítě posílána nezbytná výrobní data (CIM- Computer integrated manufacturing). Tato síť bude realizována tak, že po příjmu dat od zákazníka budou zpracovány pracovníky v oddělení CAM. Po zpracování budou přeměněna na výrobní data, která jsou řídicími daty pro výrobní stroje a zkušební automaty a dále prostorového rozložení pro vytváření fotografických předloh. Data budou uložena na zálohovaném centrálním serveru, odkud si je budou jednotlivé stroje stahovat.

### Plánované stroje připojené k síti CIM:

- Vrtačka MX6
- Vrtačka MX2
- Vrtačka MX1-CCD
- Rentgenová vrtačka
- Vrtačka a obrysová fréza MX2
- Rýhovačka
- Přímé zobrazování Apollon
- Fototiskárna (plotter)
- Tiskárna pro legendu
- Systém AOI Orion
- eTestATGA-6

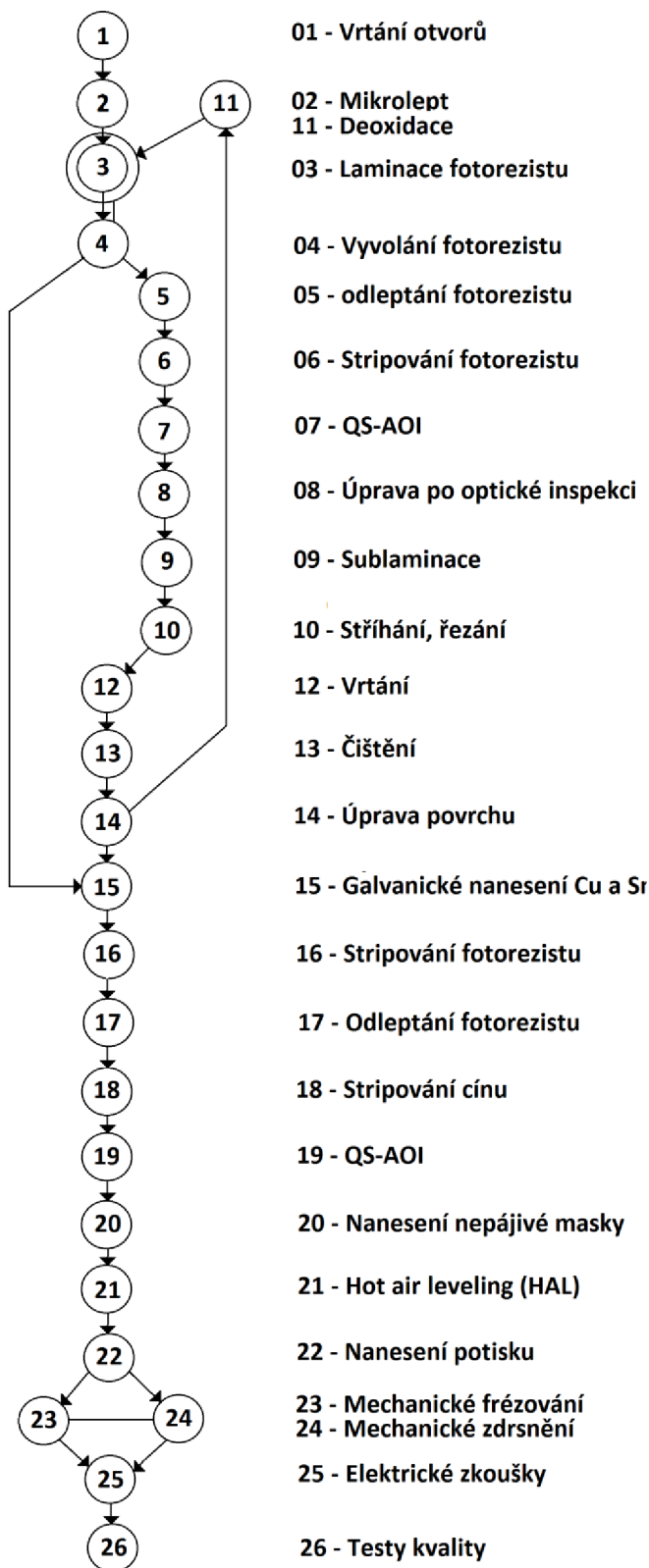
## 2.5 Procesní diagram a technologický proces

Na následujících diagramech je znázorněn nejdříve procesní diagram, který zároveň znázorňuje postupné zpracování a místa kontroly výrobku (DPS) ve výrobě. Pro vytvoření vlastních dat v CAM dojde k jejich rozeslání do jednotlivých výrobních operací. Po každé operaci probíhá některá z forem kontrol. Je-li nalezena jakákoliv neshoda nebo vada, je okamžitě odeslán report zpět do střediska CAM, kde dojde k analýze a nápravě. Tak je zaručena minimální zmetkovitost a okamžitá náprava chyb ve výrobě.



Obr. 12: Procesní diagram výroby DPS ve výrobě

## 2.6 Diagram technologického procesu



Na obrázku č.13 vlevo je znázorněn diagram technologického procesu tak, jak bude probíhat. Znárodnuje jednotlivé technologické operace tak, jak jdou za sebou ve výrobě. Je zde naznačen proces výroby jedno a dvouvrstevných desek, který je znázorněn skokem z bodu 4 do bodu 15, kdy je vynechána operace výroby stavební DPS a jejich sublaminace a přejde z vyvolání fotorezistu rovnou na galvanické nanesení mědi a cínu. Operace výroby vícevrstevných DPS je znázorněna v bodech 5 až 14, kdy je znázorněna výroba mezivrstev-stavebních DPS-a jejich sublaminace. Tuto větev diagramu je možno opakovat tolikrát, kolik je vrstev DPS, z důvodů limitace výrobní technologie však maximálně 10x.

Obr. 13: Diagram technologického procesu

## 2.7 Výrobní operace

### 2.7.1 CAM

V oddělení pro přípravné práce se vedle prací, jako je vytváření provozní dokumentace, stanovení požadovaných pracovních postupů pro jednotlivé zakázky, také generují výrobní parametry z původního zadání zákazníka. Tyto činnosti zahrnují mezi jinými parametry vrtání a frézování, zkušební parametry, údaje o prostorovém rozložení pro tiskárnu (plotter), přímé osvětlení a inkoustovou tiskárnu. Dále pak budou vytvořeny, tzn. vytištěny předlohy na fotografický film.

Vytváření dat se provádí na pracovní stanici s počítačem pomocí softwaru Genesis. Jak původní data (záloha), tak i výrobní data se ukládají na server, aby byly neustále k dispozici např. pro opakování zakázky.

Pro zásobování výrobních strojů nezbytnými daty je v továrně nainstalovaná síť CIM. Po zadání čísla zakázky mohou výrobní stroje samostatně vyvolávat data ze souborového serveru. Přimo uvnitř CAM jsou data pro fotografické filmy (nezbytná pro osvětlení světlocitlivé vrstvy) přiváděna do ploché laserové tiskárny. Tiskárna je umístěna v temné komoře a osvětluje fotografický materiál s vysokým rozlišením. Po osvětlení jsou filmy automaticky přivedeny do vývojky. Tiskárna s vysokým rozlišením je nezbytná k tomu, aby bylo možné znázornit ty nejjemnější struktury s požadovaným rozlišením hran.



Obr. 14: Fototiskárna Miva technologies (vlevo) a vývojka pro film Glunz and Jensen (vpravo)

### 2.7.2 Vrtání a frézování

Ve vrtárně jsou mechanicky vytvářeny potřebné vrtané díry pomocí stroje firmy Schmoll řízeného počítačem. Vrtané díry jsou nezbytné pro elektrické propojení jednotlivých měděných vrstev a upevnění dílců.

Kvůli velmi jemným strukturám je potřeba vysoké přesnosti a kvality vrtání (vrtaný průměr od 0,2mm).

Otřepy z vrtání, nečisté stěny vrtu, zablokované stěny vrtu vedou v následujících procesech nezbytně k výrobě zmetku. Aby bylo možné takovou kvalitu zajistit, jsou stroje vybaveny systémem odsávání špon, kontrolou zalomení vrtáku, měření vystředěného chodu, měření průměru vrtáku, automatickou výměnou vrtáku a částečnou kontrolou a sledováním souřadnic pomocí kamery.

Zvláštní požadavky na přesnost jsou kladeny na vrtání pro lisované multivrstvy. Zde je nutné vrtat přesně „naslepo“, pomocí souřadnicového navádění vrtáku, skrz měděnou vrstvu prostorové struktury vnitřních vrstev. K tomu jsou nezbytné speciální metody kontroly.

Byly vybrány stroje firmy Schmoll. Splňují všechny požadavky a jde o nejmodernější technologii. To, že byly vybrány stroje pouze jediného výrobce, poskytuje výhody z hlediska



údržby, zásobení náhradními díly a kvalifikace personálu pro údržbu. Nicméně se nedalo vyhnout zavedení strojů jiných výrobců pro následné operace.

Pro střední a větší zakázky budou používány stroje se 6 vřeteny (MX6) s větší kapacitou. Pro prototypy a malé série budou používány flexibilní stroje s 1 vřetenem (MX2), stroje s rentgenovým měřicím zařízením (MX1-Xray) pro vrtání vodících děr pro multivrstvy stroje s registrací pomocí kamery (MX1-CCD). Dále bude použit systém rentgenové inspekce, který umožní kontrolu kvality vrtání u multivrstev.

Ve frézovně bude podle potřeby provedeno další vrtání desek plošných spojů (otvory pro mechanické upevnění) a deska bude vyfrézována (oddělena) z výrobního formátu. Pro tyto pracovní kroky platí podobné požadavky, jaké jsou kladeny na mechanické vrtání. I zde je nezbytná vysoká přesnost a kvalita. Proto se používají stroje firmy Schmolz řízené počítačem. Tyto stroje jsou srovnatelné s vrtačkami, ale mají jiné počítačové řízení a jiná vřetena pro nástroj. Následně bude použita rýhovačka firmy LHMT. Pomocí tohoto stroje lze vyrobit vylamovací otvory. Tato technika se využívá při výrobě malých desek plošných spojů, protože umožňuje dodat zákazníkovi desky plošných spojů pohromadě ve velkém formátu a oddělovat je teprve při následném zpracování. Přináší tedy efekt racionalizace do procesu osazování.

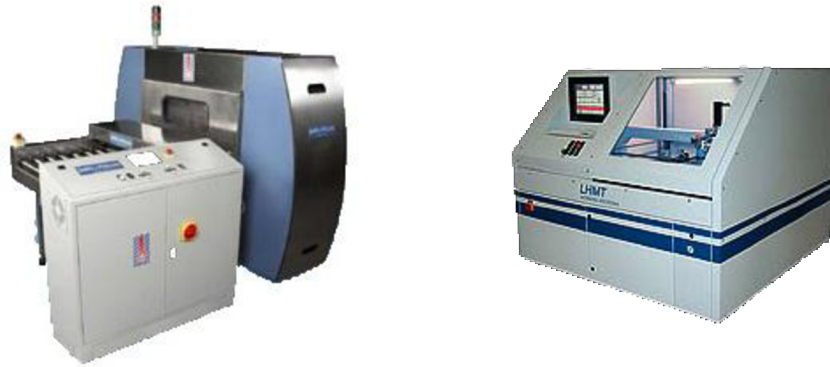
Po mechanickém opracování je potřeba desky plošných spojů očistit od špon a otrěpů z frézování. K tomuto účelu slouží zařízení pro finální čištění (Finál Cleaning) firmy Pola e Massa.



**Obr. 15:** : Vrtačka Schmolz MX1-CCD(vlevo) a vrtačka/obrysová fréza Schmolz MX2(vpravo)



**Obr. 16:** Vrtačka Schmolz MX6(vlevo) a rentgenová vrtačka MX1-Xray Schmolz(vpravo)



**Obr. 17:** Planarizer pro finální čištění firmy Pole e Massa (vlevo) a rýhovačka LHMT (vpravo)

### 2.7.3 Galvanizace a leptání

V tomto oddělení se provádí chemické a galvanické opracování vnitřních vrstev i vnějších vrstev. Desky (vnější vrstvy) jsou po vrtání nejprve mechanicky očištěny od ořepů, dezoxidovány a zdrsňeny v kartáčovacím zařízení firmy Pola e Masse. Tento proces slouží ke zlepšení kvality následného chemického opracování. Zařízení Pola e Masse je plně automatizované, včetně regulace tlaku kartáče, a zajišťuje tu nejvyšší kvalitu.

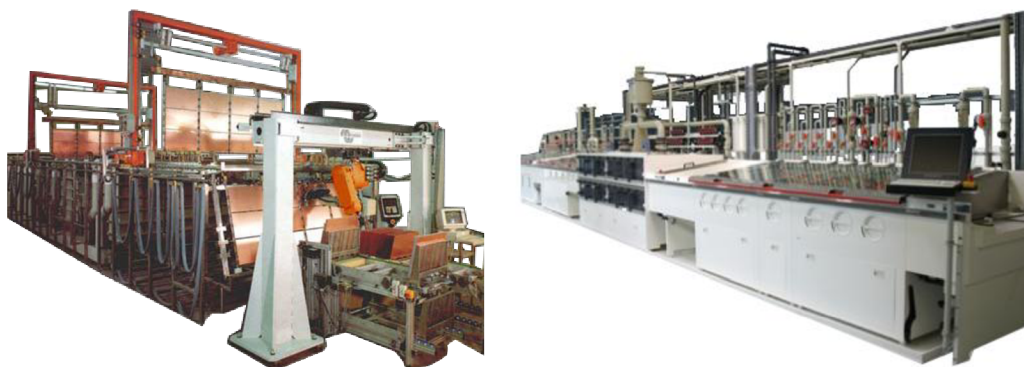
Následné chemické /galvanické opracování zajišťuje galvanizační automat firmy Metzka tvořený dvěma částmi - v první části (pokovení) jsou automaticky provedeny tři procesy: Desmearing (chemické čištění děr), aktivování děr (metoda Neopact firmy Atotech) a galvanické pomědění. V druhé části probíhá galvanické pomědění a galvanické pocínování metodou nanášení vzoru. Pro měď a cín se používají vysokovýkonové elektrody firmy Atotech, které splňují požadavky na vysokou kvalitu.

Pro speciální aplikace, u nichž není chemické čištění děr (Desmearing) postačující, je navíc k dispozici plazmový systém, který umožňuje podstatně lepší odstraňování epoxidové pryskyřice (Etch Back).

Dále jsou k dispozici dvě samostatné leptací linky (vnitřní vrstvy a vnější vrstvy) firmy Schmid s jednou centrální soupravou na regeneraci leptacího roztoku (Copper Recovery System). Tento systém umožňuje použití uzavřeného okruhu pro leptací prostředek, protože použitý leptací roztok bude elektrolyticky zbaven mědi a po regeneraci jej lze opět použít pro leptání. Důvodem tohoto řešení je, že na trhu je čerstvý leptací prostředek dostupný jen se značnými vícenáklady, jelikož není v Rusku standardně dostupný a musel by se pravidelně dovážet ve zbytečně velkých množstvích.

Průchodové systémy jsou opět kompletní sestavy od jednoho dodavatele, aby bylo zjednodušeno zásobení náhradními díly a údržba. Leptací linky se skládají z procesně specifických, sestavených, modulárních průchodových systémů: Procesní kroky pro vnější vrstvy zahrnují odstraňování rezistu / leptání / odstraňování cínu a u vnitřních vrstev leptání / odstraňování rezistu.

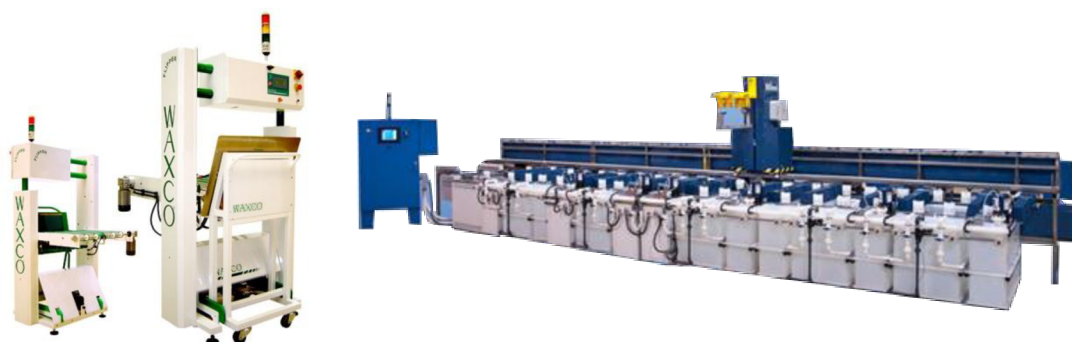
Následně bude na galvanizaci chemicky vyroben ještě horní povrch z niklu / zlata. Jde o manuálně obsluhovaný proces, který je tvořen v podstatě aktivací palladia, chemickou niklovou lázní a redukční zlatou lázní. K tomuto účelu slouží ponorný systém s technologií košíků firmy Eidschun a chemikálie Atotech.



**Obr. 18:** Galvanizační automat Metzka (vlevo) a leptací linka pro vnější vrstvy Schmid (vpravo)



**Obr. 19:** Systém regenerace CCR Schmid (vlevo) a systém pro dezoxidaci Schmid (vpravo)



**Obr. 20:** Vykladač/nakladač Waxco (vlevo) systém pro aplikaci ENIG Eidschun Engineering (vpravo)

## 2.7.4 Fotoprocesy

V tomto oddělení se přenáší prostorové rozložení desky plošných spojů podle konkrétních požadavků zákazníka na materiál (laminát). K tomu se používá fototechnika, protože metoda síťotisku nedokáže zajistit požadovanou přesnost pro výrobu multivrstev. Pro fototechniku se používá emulze citlivá na UV záření (fotorezist).

Negativy se dostávají přes čisticí soupravu (odmaštění / dezoxidace) do fotooblasti (po jednom komplexu společnosti Schmid pro vnitřní a vnější vrstvy), kde je při kontrolované teplotě a tlaku nanesen fotorezist. Tento krok se provádí pomocí manuální laminovačky (rezerva a pro zvláštní materiály a prototypy) a standardně pomocí automatické laminovačky Dynachem pro řezané desky. Tento stroj poskytuje reprodukovatelnou a výbornou kvalitu, protože okraje laminátu nejsou kontaminovány fotorezistem.

Ve druhém pracovním kroku se povrstvené negativy osvětlují UV zářením přes přiloženou a polohově vyrovnanou fotografickou předlohu. Proběhne polymerace osvětlených oblastí a zakryté oblasti zůstávají v nezměněném stavu. Podle výrobního postupu je takto vytvořena maska pro leptání (vnitřní vrstvy) nebo galvanizační maska (vnější vrstvy). V tomto oddělení ještě následuje osvětlení masky pro pájení stejným postupem. Osvětlování zajišťují dva automatické osvětlovací Expomaty. Tato zařízení umožňují automatický průběh přepravy materiálu, procesu registrace a procesu osvětlování ve stroji a jsou vhodná pro střední a větší série.

Navíc je k dispozici přímé osvětlovací zařízení Apollon, které osvětluje fotorezist přímo podle dat CAM, tedy bez vložené fotografické předlohy. Tento stroj pokrývá prototypy a zakázky malých sérií tak, že nejsou potřeba žádné nástroje a speciálně vytvořené filmy.

Posledním procesním krokem je vyvíjení. V tomto kroku se provádí narušení a umytí fotorezistu v neosvětlených oblastech povrchu pomocí roztoku uhličitanu sodného. Používají se tři vývojky pro procesní krok výroby vnitřních vrstev, výroby vnějších vrstev a výroby pájecí masky, protože smíchání látek obsažených ve strojích může vést k nežádoucí reakci a problémům s kvalitou. Negativ je přes vývojku přiveden zpět na galvanizaci.

Toto oddělení musí být udržováno jako čisté prostory, tzn. musí být opatřeno klimatizací, bezprašné a bez UV složky v osvětlení



**Obr. 21:** Zařízení pro přímé zobrazování Apollon (vlevo nahoře), ozařovací zařízení Expomat AEX2 (vpravo nahoře) a laminovačka pro řezané tabule Dynachem (uprostřed dole)

## 2.7.5 Multivrstvy

V tomto oddělení jsou sestavovány jednotlivé výchozí materiály pro multivrstvy. Jádra se specifickým rozložením měděných struktur, laminát a měděná fólie jsou zalisovány tak, aby tvořily pevnou vazbu.

Leptaná jádra přicházejí na toto oddělení z kontroly kvality a nejprve jsou připraveny na vazbu v průchodovém zařízení firmy Schmid. Při tomto procesu je prováděno čištění měděného povrchu a povrch je zvětšen pro zajištění dobré vazby s pryskyřicí v laminátu.

V pokládací stanici firmy Printprocess jsou pak výchozí materiály navrstvený jeden na druhý podle požadované konstrukce multivrstvy. Jádra jsou vzájemně vyrovnána a zajištěna proti posunutí, vznikají lisovací balíčky.

Při následujícím vlastním procesu lisování se za podtlaku při kontrolované teplotě a tlaku laminát zkapalní a vytvrdí. Tento proces (lisovací cyklus) zahrnuje rozehtívání, vyčerpání vzduchu, dobu reakce, chlazení a provádí se automaticky s počítačovým řízením.

Zalisování je možno provést prostřednictvím dvou lisů na multivrstvy LAMV125 firmy Burkle. U jednoho je materiál posouván manuálně, druhý má automatický posuv materiálu (Working Cell).



**Obr. 22:** Registrační a pokládací zařízení Printprocess (vlevo nahoře), výrobní buňka Burkle (vpravo nahoře), lis na multivrstvy LAMV125 s automatickým podavačem Burkle (uprostřed dole)

## 2.7.6 Nepájivá maska a servisní potisk

Nevodivý lak zajišťuje elektrické odizolování desky plošných spojů, zakonzervování proti vlhkosti a slouží jako pomocný prostředek pro dosažení lepší kvality pájení při osazování. Aby bylo možné splnit tyto požadavky, je nezbytné dobré rozpuštění laku, rovnoměrná tloušťka vrstvy, dobré zakrytí vodivých cestiček, atd.

Přicházejí v úvahu pouze fotocitlivé nevodivé laky, pro nanášení byl vybrán rozprašovací systém firmy Mass (LGW 220) s integrovaným předsušením.

Pro přípravu před lakováním jsou desky ošetřovány metodou MEC Etch Bond v modulárním průchodovém systému firmy Schmidt. Tím dochází k očištění povrchu a vyleptání malých otvorů do mědi, takže dochází ke zvětšení měděného povrchu, což umožňuje zajištění optimální přilnavosti nevodivého laku. Pro přípravu se nejlépe osvědčily chemické procesy. Po přípravě přicházejí desky do rozprašovacího systému Mass, kde je na ně aplikováno definované množství laku. Následně jsou desky přivedeny do pece pro předsušení. Tento proces je vždy prováděn pro jednu stranu, což znamená, že desky musejí projít dvakrát.

Po následném osvětlení a vyvíjení probíhá vytvrzování (vypalování) nepájivé masky ve vertikální peci (VDH200) tak, aby lak získal požadovanou odolnost pro následné pájecí procesy. Systém firmy Mass zaručuje ty nejmodernější technologie a plně vyhovuje technologickým požadavkům.

K oblasti přípravy laku patří i servisní potisk, což je tisk symbolů součástek, které slouží jako pomoc při osazování nebo při opravách hotových skupin. Pro tento účel byl vybrán inkoustový systém pro tisk firmy Printar. Jeho předností je vysoké rozlišení a nevyžaduje žádné pomůcky jako film nebo rám pro sítotisk. Pro tisk jsou potřeba jen příslušná data. Navíc je systém velmi rychlý a flexibilní a je velmi vhodný pro prototypy a malé série. Tisk probíhá přímo z datového souboru. Přímou po vytištění je lak uvnitř stroje vytvrzen UV zářením, takže desky opouštějí stroj kompletně zpracované.



**Obr. 23:** Segment zařízení pro nanášení vrstev nepájivé masky MASS LGW 220 (vlevo), tiskárna servisního potisku Printar (vpravo)

## 2.7.7 Hot Ait Levelling (HAL)

V tomto kroku bude vytvořen finální povrch metodou „horkovzdušného cínování“. Proces se skládá ze dvou speciálně sestavených modulárních průchodových systémů firmy Schmid a soupravy pro cínování „Penta Automatic“ firmy Pentagal.

Nejprve probíhá dezoxidace a aktivace mědi na deskách při předčištění, následuje nanesení tavidla. Pak jsou desky automaticky přesunuty do soupravy pro cínování, kde jsou ponořeny do lázně s tekutým cínem a při vytahování ofukovány horkých vzduchem. Tímto postupem bude vytvořen velmi rovnoměrný, planární cínový povrch. Při následném čištění jsou desky ochlazeny a intenzivně omývány, aby došlo k odstranění tavidla.

Stroje Penta Automatic byly vybrány, protože poskytují vysokou produktivitu, velmi dobrou kvalitu a dlouhou životnost (provedení z nerezové oceli).



Obr. 24: Linka následného čištění a mytí Schmid (vlevo), HAL Penta automatic (vpravo)

## 2.7.8 QS - AOI

Při mezikontrolě kvality jsou vyleptané vnitřní vrstvy a vyleptané vnější vrstvy podrobeny kontrole kvality. Používá se převážně optická metoda „automatické optické inspekce“ (AOI).

Rozložení mědi na povrchu desky je naskenováno kamerovým systémem a získaný obraz je srovnáván s obrazem referenční desky (zlatý kus) nebo parametry prostorového rozložení z CAM. Takto je možné určit odchylky, jako např. přerušeni nebo zkrat v měděném obrazu. Souřadnice odchylek jsou uloženy a předány na stanoviště pro opravy. Odchylka se zobrazí pracovníkovi na monitoru a je-li to možné, provede pracovník opravu. Pokud ne, je deska označena jako zmetek.

Pro provedení této kontroly se používají při skenery AOI Orion a při stanoviště pro opravy firmy Camtek.

Při takzvané finální kontrole je proveden elektrický test funkce vyrobené desky plošných spojů. Budou proměřeny a zjišťovány požadované vazby a jejich přítomnost, výskyt přerušovaných spojů, výskyt nežádoucích spojů, výskyt zkratu. Pro testování bylo vybráno 7 kusů zařízení ATG A-6 Flying Probe Tester. Všechny sítě jsou sériově testovány a srovnávány s požadovanými parametry podle dat CAM. Chybné souřadnice budou opět uloženy a odeslány na stanoviště pro opravy, kde bude chyba manuálně ověřena a případně opravena.

Testovací systém Flying Probe byl vybrán proto, že pracuje bez zkušebního adaptéru a umožňuje tedy velmi flexibilní použití, což je obrovská výhoda pro výrobu prototypů a malých sérií.



**Obr. 25:** Systém optické kontroly Camtek Orion (vlevo), systém AOI Camtek DragonPX (vpravo)



**Obr. 26:** ATG A-6 Flying probe tester (vlevo), rentgenový inspekční systém Phoenix Nanomex (vpravo)



## 2.8 Kapacitní propočty strojů

Při návrhu počtu strojů vycházíme ze zadání, které znělo vyrobit 40000m<sup>2</sup> ročně. Při samotném výběru strojů se dbalo hlavně na to, aby dokázaly splnit parametry pro výrobu DPS, které plynou ze zadání. Jako druhý aspekt volby byla brána kapacita a spolehlivost stroje. Sám výrobce pochopitelně žádné oficiální údaje neudává a když už, je potřeba je brát s rezervou. Nicméně se dá zjistit od současných majitelů výše zmíněných strojů, jaké mají se stroji zkušenosti. Bere se v potaz spolehlivost, jednoduchost obsluhy, spotřeba energie, servis a hygienické aspekty (hlučnost, prašnost, tvorba odpadu a nebezpečných látek atp.).

Na základě těchto aspektů byly vybrány stroje uvedené výše. Nyní si provedeme propočty jejich kapacit a zjistíme potřebné počty.

Při výpočtech budeme uvažovat základní velikost vyráběné desky 40x50cm, což nám dává velikost základní desky 0,2m<sup>2</sup>. Dále při výrobě 40 000m<sup>2</sup> to znamená potřebu 200 000ks DPS ročně. My budeme počítat s měsíčními fondy, proto 200 000 / 12 = 16 666 ks/měs (3333m<sup>2</sup> / měs.)

**Příklad pro výpočet počtu vrtaček MX2 v oddělení vrtání:**

N = 16 666 ks  
t<sub>k</sub> = 9,8 min  
E<sub>s</sub> = 176 hod/měs  
S<sub>s</sub> = 2  
E<sub>Sdov</sub> = 1,25 hod/měs  
E<sub>Sudrž</sub> = 0,58 hod/měs

Vypočteme efektivní časový fond stroje po odečtu časů na dovolenou zaměstnanců, který byl zvolen 15 dní/rok a časů na plánovanou údržbu, který je zvolen 7 dní/rok

E<sub>Sefektivní</sub> = E<sub>s</sub> - (E<sub>Sdov</sub> + E<sub>Sudrž</sub>) = 176 - (1,25+0,58) = 174,17 hod/měs

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s} = \frac{9,8 \cdot 16\,666}{60 \cdot 174,17 \cdot 2} = 7,81 \Rightarrow 8 \text{ strojů} \quad (19)$$

kde: P<sub>th</sub> ... teoretický počet strojů [ ks ]  
t<sub>k</sub> ... kusový čas na danou operaci [ Nmin ]  
E<sub>s</sub> ... efektivní fond stroje v jedné směně [ h/rok ]  
N ... počet vyráběných kusů [ ks ]  
S<sub>s</sub> ... směnnost pracovišť

Z výpočtu plyne, že abychom dokázali měsíčně vyrobit zadaný počet kusů DPS budeme potřebovat minimálně 7,81 ks vrtaček MX2, zaokrouhlíme směrem nahoru a dostaneme finální počet **8 ks vrtaček MX2**.

Nyní spočítáme **procentuální využití stroje v porovnání s vypočtenou hodnotou**

$$\eta_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 = \frac{7,81}{8} \cdot 100 = 97,7 \% \quad (20)$$

kde: η<sub>op</sub> ... využití strojů dané operace [ % ]  
P<sub>th</sub> ... teoreticky vypočtený počet strojů [ ks ]  
P<sub>sk</sub> ... skutečný počet strojů [ ks ]

Obdobný postup byl použit i při stanovení počtu ostatních strojů ve výrobě.

## 2.9 Kompletní seznam výrobních strojů

Tab. 3: Kompletní seznam výrobních strojů, jejich počty a umístění

Oddělení	Číslo stroje	Počet strojů	Stroj	Dodavatel
<b>CAM</b>				
	1	1	Fototiskárna (plotter)	Miva technologies
	2	1	Vývojka pro film	Glunz and Jensen
<b>Vrtárna</b>				
	3	8	Vrtačka MX2	Schmoll
	4	2	Vrtačka MX6	Schmoll
	5	2	Vrtačka MX1-CCD	Schmoll
	6	1	Vrtačka rentgenová MX1-Xray	Schmoll
	7	1	Stroj na osazování pinů	Moderna
	8	1	Stroj na odstraňování pinů	Moderna
	9	1	Zařízení na broušení vrtáků	Kimer
<b>Frézovna</b>				
	10	7	Vrtačka/obrysová fréza MX2	Schmoll
	11	1	Finální čištění	Pola e Massa
	12	1	Rýhovačka	LHMT
<b>Galvanizace / Leptání</b>				
	13	1	Zařízení pro nanášení mědi a cínu	Metzka
	14	1	Nanášení Mědi+Desmear+Neopact	Metzka
	15	1	Alkalické leptání vnitřních vrstev	Schmid
	16	1	Odstraňování fotorezistu vnitřních vrstev	Schmid
	17	1	Vývojka pro vnitřní vrstvy	Schmid
	18	1	Systém regenerace CCR	Schmid
	19	1	Dezoxidace vnějších vrstev	Schmid
	20	1	Dezoxidace vnitřních vrstev	Schmid
	21	1	Vývojka pro vnější vrstvy	Schmid
	22	1	Odstraňování fotorezistu vnějších vrstev	Schmid
	23	1	Alkalické leptání vnějších vrstev	Schmid
	24	1	Odstraňování cínu vnějších vrstev	Schmid
	25	1	Dezoxidace / Zajištění vazby Mec-Etch Bond	Schmid
	26	1	Vývojka pro nepájivou masku	Schmid
	27	1	Plasmový systém	Europlasma
	28	1	Povrch ENIG	Eidschun Enge.
	29	1	Sušicí pec pro dávky	Votsch
	30	1	Kartáčování	Pola e Massa
	31	7	Nakladač	Waxco
	32	7	Vykladač	Waxco
<b>Fotoprocesy</b>				
	33	1	Přímé zobrazování Apollon	Printprocess
	34	2	Ozařovací zařízení ExpomatAEX2	Printprocess
	35	2	Laminovačka pro řezané tabule	Dynachem
	36	1	Manuální laminovačka	Dynachem
	37	2	Odstraňování krycí vrstvy	Dynachem
<b>Multivrstvy</b>				
	38	1	Tvorba vazby multivrstev	Schmid
	39	1	Pokládací zařízení	Printprocess
	40	1	Lis na multivrstvy	Burkle
	41	1	Výrobní buňka	Burkle
<b>Nepájivá maska / Servisní potisk</b>				
	42	2	Rozprašovací nanášení vrstev a sušení	Systronic-MASS
	43	1	Tisk servisního potisku	Printar
	44	1	Sušicí pec pro dávky	Votsch
<b>HAL</b>				
	45	1	Dezoxidace (příprava)	Schmid
	46	1	Následné čištění	Schmid
	47	1	Zařízení pro nanášení HAL Penta automatic	Pentagal
<b>QS - AOI</b>				
	48	3	Systém optické kontroly Orion	Camtek
	49	3	Systém AOI DragonPX	Camtek
	50	7	Automatická elektrická kontrola A-6 ATG	Camtek
	51	1	RTG inspekční systém	Phoenix Nanomex

## 2.10 Kapacitní propočty zaměstnanců

### 2.10.1 Kapacitní propočty

Počty výrobních pracovníků pro jednotlivé stroje ve výrobě jsou stanoveny podle náročnosti obsluhy a doporučeného počtu pracovníků. Celkový počet výrobních pracovníků je stanoven na 57 a značíme je  $P_v$  a je již evidenční, přičemž 27 je obyčejných pracovníků, na něž jsou kladeny standardní nároky a požadovány standardní znalosti a 29 je pracovníků odborných, u kterých se předpokládá vyšší stupeň znalostí a odbornost při práci se stroji a zařízeními.

Aby jsme ale měli celkový přehled o počtu pracovníků, musíme k nim také připočítat pomocné pracovníky, obslužný personál, kontrolory kvality atp. Provedeme proto teoretické kapacitní propočty.

Teoretický počet nevýrobního personálu stanovíme jako procentuální podíl z počtu výrobních dělníků a patřičně rozdělíme. Všechny výpočty budeme provádět pro jednu směnu, jelikož poměr budeme počítat také z počtu pracovníků jedné směny. Pomocní pracovníci se volí obvykle jako 35% z počtu pracovníků výrobních.

**Pomocní pracovníci:**  $P_p = P_v * 0,35 = 57 * 0,35 = 19,95 \Rightarrow 20$  (21)

Počty pracovníků zaokrouhlujeme směrem nahoru, tudíž nám vyjde, že doporučený počet pomocných pracovníků je 20. V námi uvažované výrobě jako pomocné pracovníky označujeme ty, kteří se starají převážně o dopravu materiálu (skladníci atp.). S ohledem na plánovanou absenci, jako je dovolená nebo průměrná nemocnost, zavádí se tzv. Počet evidenčních pracovníků  $P_{ev}$ , který je o 10% vyšší, než počet vypočtený.

**Evidenční počet  $P_p$ :**  $P_{pev} = P_p * 1,1 = 19,95 * 1,1 = 21,95 \Rightarrow 22$  (22)

**Budeme potřebovat 22 pomocných pracovníků.**

Nyní vypočteme počty obslužných pracovníků. Obslužný personál jsou pracovníci, kteří se přímo nepodílejí na výrobě, ale starají se o služby související s pobytem ostatních pracovníků. V našem případě se jedná především o uklízečky.

**Obslužný personál:**  $P_{ob} = P_v * 0,2 = 57 * 0,2 = 11,4$ . (23)

**Evidenční počet  $P_{ob}$ :**  $P_{obe} = P_{ob} * 1,1 = 12,54 \Rightarrow 13$ . (24)

**Budeme potřebovat 13 obslužných pracovníků.**

Dále by měl následovat výpočet pracovníků kontroly. V našem případě není ne potřeba jejich propočtů, jelikož kontrola výrobků je zahrnuta přímo v technologickém postupu výroby DPS v oddělení AOI a elektrické kontroly 2. Tito pracovníci jsou již započítáni do počtu výrobních pracovníků, jelikož obsluhují kontrolní stroje Orion (3 pracovníci), AOI DragonPX (3 pracovníci) a elektrické kontroly A-6 ATG (5 pracovníků) a RTG inspekční systém (1 pracovník), což je  $3+3+5+1 = 12$ .

**Celkový počet kontrolních pracovníků je tedy 12.**

Poslední skupinou jsou technicko-hospodářští pracovníci. Ovykle se volí, že počet THP pracovníků je 25% z pracovníků výrobních. Mezi ně řadíme administrativní pracovníky, laboranty, konstruktéry, CAM operátory a tzv. operativní řízení (mistři a technologové). Z celkového počtu THP pracovníků pak 30% tvoří administrativa, 20% konstruktéři a 50% operativní řízení.

$$\text{THP pracovníci.} \quad P_{\text{THP}} = 0,25 * (P_v + P_{\text{obev}}) = 0,25 * (57 + 13) = 17,5 \quad (25)$$

$$\text{Evidenční počet } P_{\text{THP}}: P_{\text{THPev}} = P_{\text{THP}} * 1,1 = 17,5 * 1,1 = 19,25 \Rightarrow 20 \quad (26)$$

$$\text{Administrativa:} \quad P_{\text{THPevA}}: P_{\text{THPev}} * 0,3 = 20 * 0,3 = 6 \quad (27)$$

$$\text{Konstruktéři:} \quad P_{\text{THPevK}}: P_{\text{THPev}} * 0,2 = 20 * 0,2 = 4 \quad (28)$$

$$\text{Operativní řízení:} \quad P_{\text{THPevO}}: P_{\text{THPev}} * 0,5 = 20 * 0,5 = 10 \quad (29)$$

**Budeme potřebovat 20 technicko-hospodářských pracovníků.**

**Celkový počet pracovníků** se následně určí jednoduchým součtem všech pracovníků jednotlivých skupin.

$$\begin{aligned} \text{Celkový počet pracovníků:} \quad P_c &= P_{\text{vev}} + P_{\text{pev}} + P_{\text{pomev}} + P_{\text{THPev}} = \\ P_c &= 57 + 22 + 13 + 20 = 112 \end{aligned}$$

**Celkový počet pracovníků pro jednu směnu pro projektovanou výrobu bude tedy 112.**

Obecně se nepočítá s tím, že administrativa a konstruktéři budou přítomni obě směny. Jejich pracovní náplň bude organizována tak, aby jejich přítomnost zasahovala do obou směn, kvůli řešení problémů a záležitostí obou směn, konzultací s mistry atp. Započteme je jen do jedné směny.

$$\begin{aligned} \text{Celkový počet pracovníků pro obě směny:} \quad P_{c2s} &= (P_c * 2) - (P_{\text{THPevA}} + P_{\text{THPevK}}) \\ P_{c2s} &= 112 * 2 - (4 + 6) = 214 \end{aligned}$$

**Celkový počet pracovníků pro obě směny tedy bude 214.**

Kompletní seznam pracovníků a jejich zařazení je v příloze č.1.

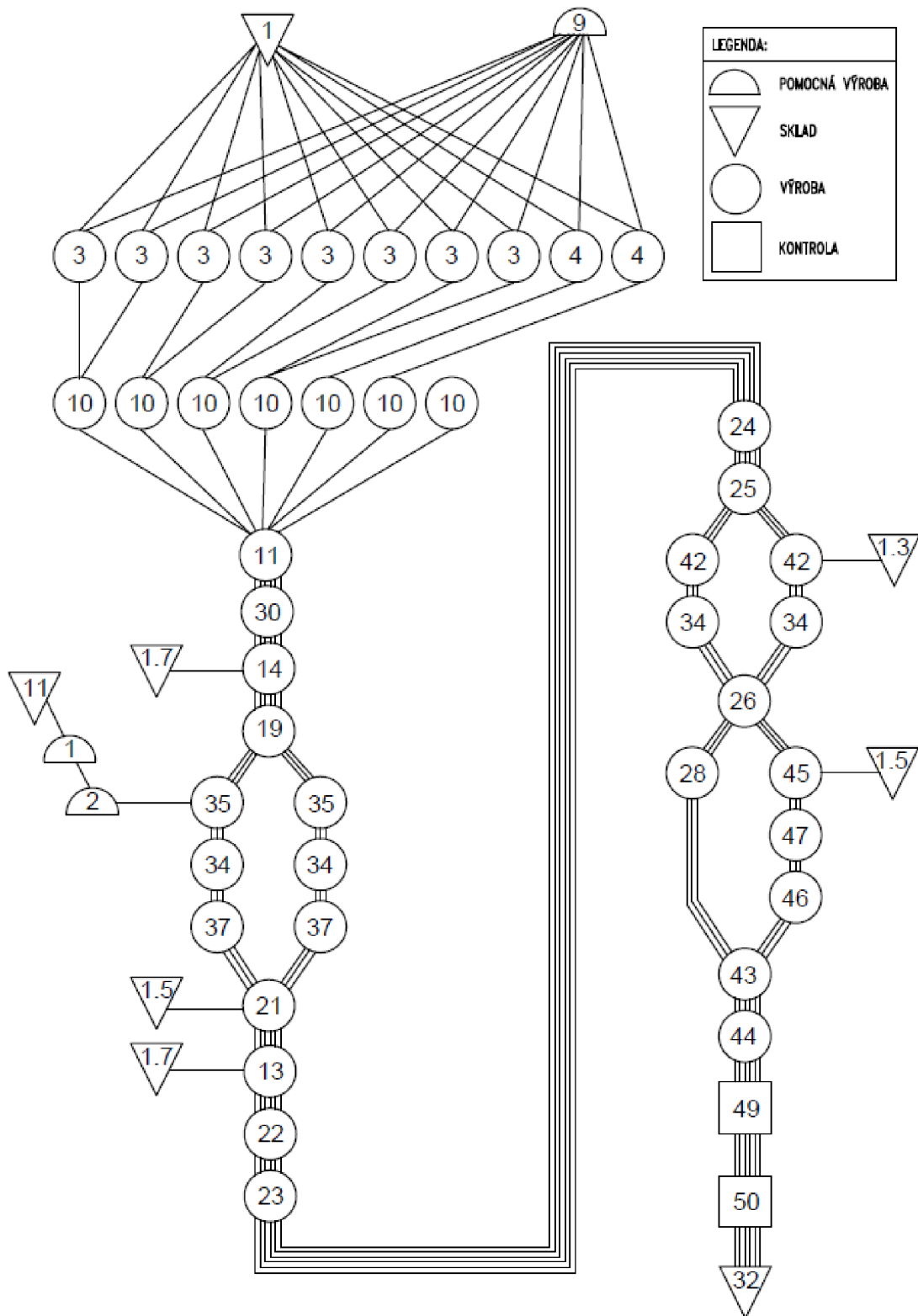
## 2.10.2 Shrnutí počtu pracovníků

**Tab. 4:** Shrnutí počtu pracovníků

Typ dělníků	Teoretický počet pomocných pracovníků ve výrobě
-	[osob]
Výrobní pracovníci	45 + 12 = 57
Pomocní dělníci	22
Obslužný personál:	13
THP pracovníci	20
<b>Celkem</b>	<b>112</b>

## 2.11 Schémata toku materiálu

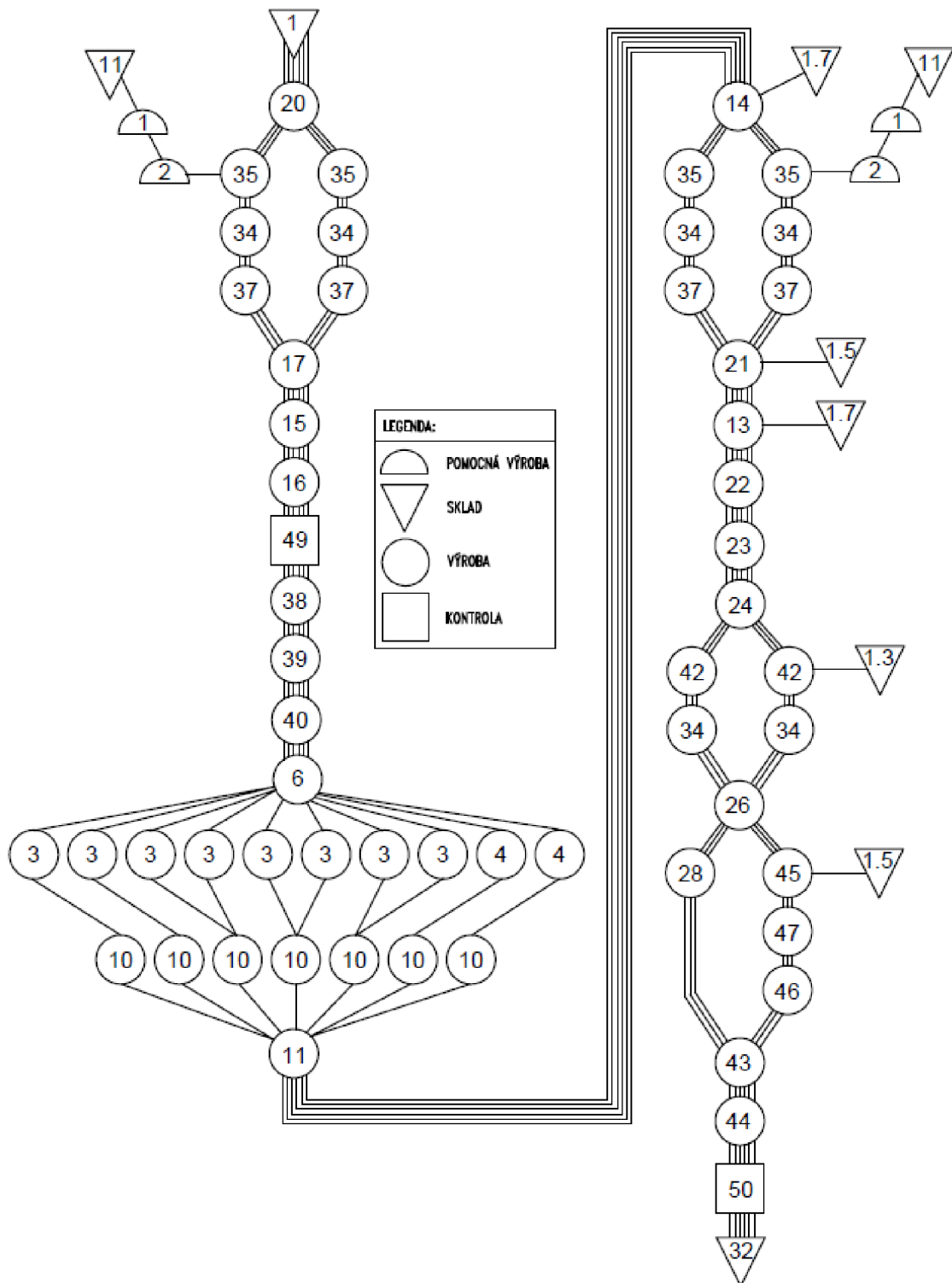
### 2.11.1 Schéma materiálového toku pro výrobu jednostranných a oboustranných DPS



Obr. 27: Schéma materiálového toku pro výrobu jednostranných a oboustranných DPS

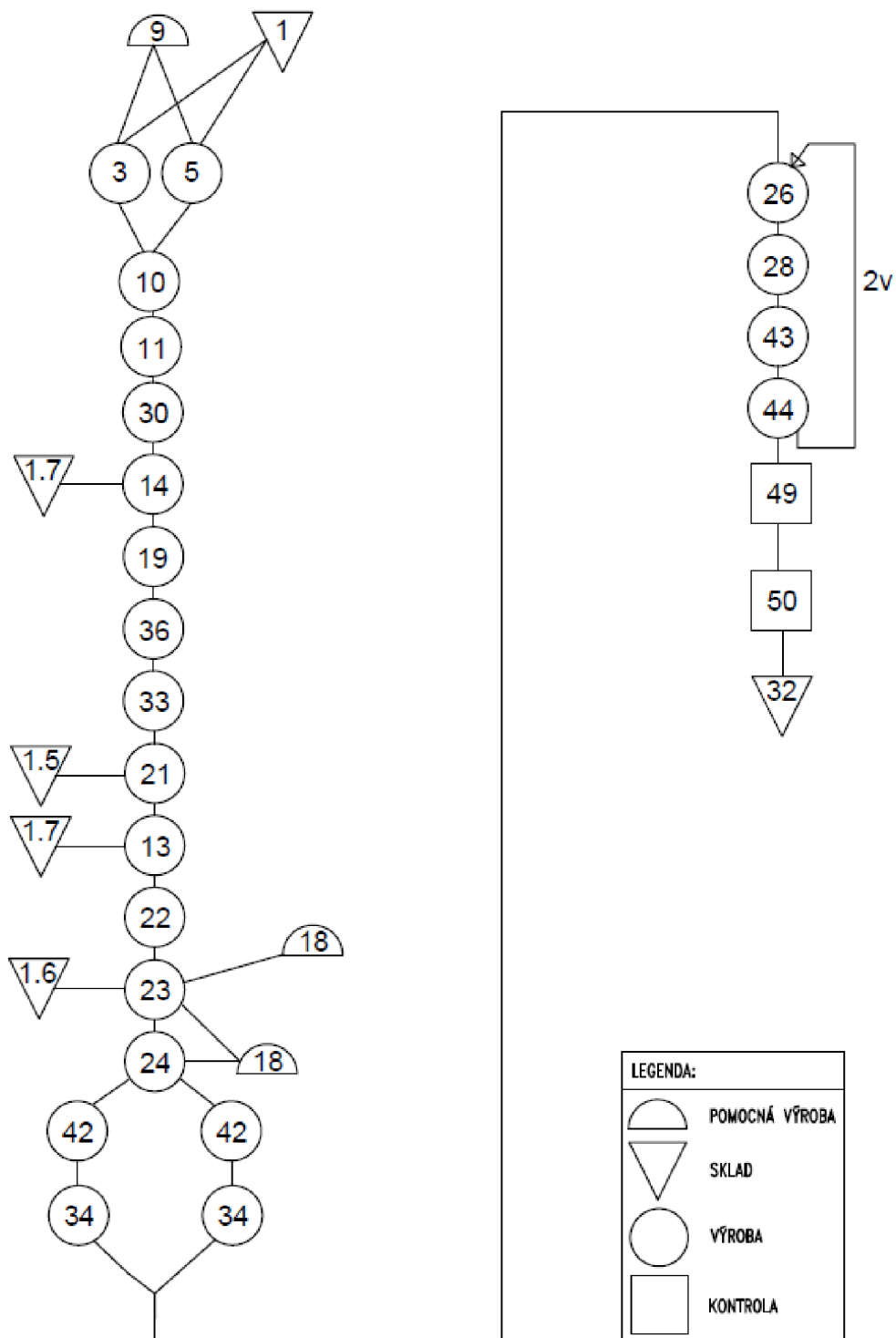
## 2.11.2

## Schéma materiálového toku pro výrobu vícevrstvých DPS



Obr. 28: Schéma materiálového toku pro výrobu vícevrstvých DPS

### 2.11.3 Schéma materiálového toku pro výrobu prototypových DPS



Obr. 29: Schéma materiálového toku pro výrobu prototypových DPS

Na obrázcích 27, 28 a 29 je grafické znázornění materiálových toků mezi jednotlivými stroji. V našem případě jedna čára reprezentuje materiálový tok 555 m<sup>2</sup> za měsíc. Pouze pro schéma prototypové výroby je jedna čára materiálový tok 200m<sup>2</sup>, což je výkon jedné vrtačky MX2 měsíčně. Schéma nám dává představu o vztazích jednotlivých strojů a o velikosti materiálového toku mezi nimi. Vzhledem k technologickému procesu výroby DPS, kdy jde o předemtné uspořádání výroby do linky, je schéma relativně přímé. Jen málo strojů vybočuje z hlavní linie a jednotlivé operace na sebe přímo navazují. Platí, že větší množství čar reprezentuje větší materiálový tok (větší množství materiálu transportovaného a zpracovávaného jednotlivými stroji).

Z obrázků 27, 28 a 29 je zřejmé, že materiálové toky pro různé typy DPS se liší. Je to logické vzhledem k technologickému postupu, který je potřeba dodržet při výrobě jednotlivých typů DPS. Nejnáročnější a nejdelší materiálový tok má výroba vícevrstvých DPS, kdy postup mezi stroji 19 až 30 se může opakovat až 10x, při výrobě desetivrstvé desky. Od stroje č.30 je postup shodný s výrobou jednostranné nebo oboustranné DPS. Nejmenší materiálový tok bude při výrobě prototypových DPS, kdy dojde ke snížení počtu využití vrtaček MX2 a fréz MX2 a testovacích zařízení na jediný kus, stejně tak přijde na řadu využití manuální laminovačky fotorezistu. Rozdíl je i při nanášení fotorezistu, kdy není potřeba vyrábět speciální fotografickou předlohu a bude použito zařízení Apollon bez použití fotografické předlohy, zařízení používá data přímo z CAM. Uspoří se tak mnoho času při přípravě předlohy, která je časově náročná na výrobu.

## 2.12 Schémata vzdáleností pracovišť a dopravních cest

V přílohách č.2 až 4 je znázorněn tok materiálu mezi jednotlivými stroji. Na rozdíl od schématu materiálového toku nám dává jasnou představu o tom, kolik materiálu putuje mezi jednotlivými stroji a jaké jsou transportní vzdálenosti mezi stroji. Stejně jako u schématu materiálového toku máme tři odlišné varianty. První pro výrobu jednostranných a oboustranných DPS, kde je vidět, že frézy MX2 mají větší výkon, než vrtačky MX2, bude proto nutné přizpůsobit zásobování fréz tak, aby nedocházelo k prostojům. Stejně tak vrtačky MX6, které se svými osmi vřeteny dokáží vyvrtat přibližně 4x více materiálu než vrtačky MX2. Tento stav je znázorněn na cestách mezi vrtačkami a frézami, kdy ne každá vrtačka zásobuje každou frézu stejným množstvím materiálu. To stejné platí pro testování na konci výrobního procesu, kdy AOI dokáže zkontrolovat větší množství DPS za kratší dobu než systémy pro elektrické testování.

Co se týče schématu pro výrobu vícevrstvých DPS, platí pro něj to stejné, až na to, že vícevrstvy vyžadují při výrobě jedno vrtání navíc po sesouhlasení a slisování jednotlivých vrstev. Také se v oddělení vrtání používají CCD vrtačky MX2 a x-ray vrtačky pro přesné vrtání vícevrstvých DPS. Tyto je možné využít i pro normální vrtání, proto se nám snížilo využití všech vrtaček. Obecně je však potřeba brát tyto schémata jako modelové situace, protože výroba jednotlivých DPS může být velmi různorodá. Schémata počítají s plným využitím výrobních kapacit.

Schéma pro výrobu prototypových sérií obsahuje pak pouze jednu vrtačku a frézu, jelikož se nepočítá s výrobou více jak několik ks za měsíc. Stejně tak je místo automatické laminovačky využita manuální a osvětlování fotorezistu probíhá ne přes šablonu, kterou by bylo potřeba pracně zhotovovat a nanášet, ale přímým zobrazovacím systémem Apollon, který osvětluje přímo podle dat z CAM, nicméně se nehodí pro velkosériovou výrobu, jelikož nedokáže odbavit velký počet DPS za ráz. Stejně tak posléze na testování stačí jedna stanice AOI a jedna stanice elektrické kontroly.



## 2.13 Šachovnicová tabulka výroby

Šachovnicová tabulka je důležitou součástí znázornění pohybu materiálu ve výrobě. Dává nám dobrý přehled o materiálovém toku a jeho velikosti mezi jednotlivými pracovišti. Můžeme z ní vysledovat odkud a kam materiálový tok směřuje a v jakém množství. V našem případě je značně rozsáhlá, což je zapříčiněno velkým množstvím stanovišť ve výrobě, ale také tím, že výroba není sdružena do technologických souborů. Šachovnicová tabulka pro současné rozvržení výroby je v příloze č.5 až 7. Stejně jako u předchozích schémat máme i zde tři různé tabulky, pro jednotlivé typy výrob.

## 2.14 Systém a počet přepravních vozíků

Jelikož systém regálů a ukládání zásilek způsobuje chaos a nepřehlednost ve stavu a lokaci zásilek, bude lepší použít systém přepravních vozíků coby zásobníků pro vyrovnávání výkyvů ve výrobě mezi jednotlivými pracovišti. Byl jsem svědkem v jiných výroбах, že regály vedly k tomu, že se na mnoho zakázek zapomínalo, bylo těžké je dohledat a takto zapomenuté zakázky se časem hromadily a nakonec už se ani nevědělo, proč jsou regály zaplněny, obzvláště, když regály nebyly v jednom centrálním skladu, ale jednotlivě u různých pracovišť.

Aby nevznikal stejný problém i s vozíky, musí být vždy známo, kde se nacházejí a jaký mají náklad. Toto se bude řídit pomocí zvoleného systému PPS a to tak, že každé zakázce bude přiřazeno číslo přepravního vozíku, které se zadává při přihlašování a odhlašování pracovních zakázek pomocí systému PPS. Takto bude hned v případě potřeby zjistitelné, kde se která zakázka nachází a na kterém vozíku je právě uložena. Jelikož se bude materiál nacházet nejvíce času na vozících, bude znalost jeho polohy velmi důležitá, aby nedocházelo ke ztrátám času zbytečným hledáním zakázek po výrobě.

Budeme-li uvažovat výrobu  $V_{DPS} = 40000 \text{ m}^2 \text{ DPS}$  ročně a průměrný rozměr DPS  $0,4 \times 0,5 \text{ m}$ , tudíž  $R_{DPS} = 0,2 \text{ m}^2$ , můžeme spočítat přibližný počet vozíků potřebných ve výrobě.

$$\text{Počet DPS ročně:} \quad P_{DPSR} = V_{DPS} / R_{DPS} = 40000 / 0,2 = 200000 \text{ ks} \quad (30)$$

$$\text{Vyrobené DPS za den:} \quad V_{DPSD} = P_{DPSR} / R_f = 200000 / 252 = 794 \text{ DPS/den} \quad (31)$$

$$\text{Počet DPS ve výrobě:} \quad P_{DPSV} = V_{DPSD} * P_D = 794 * 8 = 6352 \text{ DPS} \quad (32)$$

$$\text{Přibližný počet vozíků:} \quad P_{PV} = P_{DPSV} / P_{DV} = 6352 / 30 = 212 \text{ Vozíků} \quad (33)$$

kde:  $V_{DPS}$  ... plocha desek vyrobených za rok  
 $R_{DPS}$  ...odhadovaný průměrný rozměr vyráběných DPS  
 $R_f$  ...počet pracovních dní v kalendářním roce 2013  
 $P_{DPSR}$  ...počet DPS vyrobených ročně  
 $V_{DPSD}$  ...počet DPS vyrobených za den  
 $P_{DPSV}$  ...počet DPS ve výrobě  
 $P_D$  ...pracovní doba jedné směny  
 $P_{PV}$  ...přibližný počet potřebných vozíků  
 $P_{DV}$  ...počet DPS, které se vejdou průměrně na vozík

## 2.15 Rozmíst'ování výroby

Pro samotné rozmíst'ování výroby a jednotlivých oddělení jsem vybral metodu S.L.P. (Systematic Layout Planning). Tuto metodu jsem vybral, protože je vhodná pro návrh nové výroby, zatímco ostatní metody jsou vhodné spíše pro racionalizaci a vyhodnocení stávajících výrob nebo v případech, kdy je potřeba přidat do stávající výroby nový výrobní stroj nebo místnost nebo oddělení. Metoda spočívá ve vyhodnocování důležitosti vztahů mezi jednotlivými odděleními výroby.

Základním cílem projektanta je analyzovat nejdůležitější vztahy mezi odděleními, co se týče materiálového toku, technologické návaznosti, používání stejných prostor či stejného řízení. Takovéto oddělení je vhodné mít co nejblíže u sebe, aby časy transportu materiálu a vzdálenosti dopravy co nejmenší. Naopak provozny, které by si mohly vzájemně škodit (přílišným hlukem, nečistotami, vibracemi atp.) je potřeba analyzovat a umístit tak, aby si škodily co nejméně.

### 2.15.1 Seznam a rozměry a jednotlivých oddělení

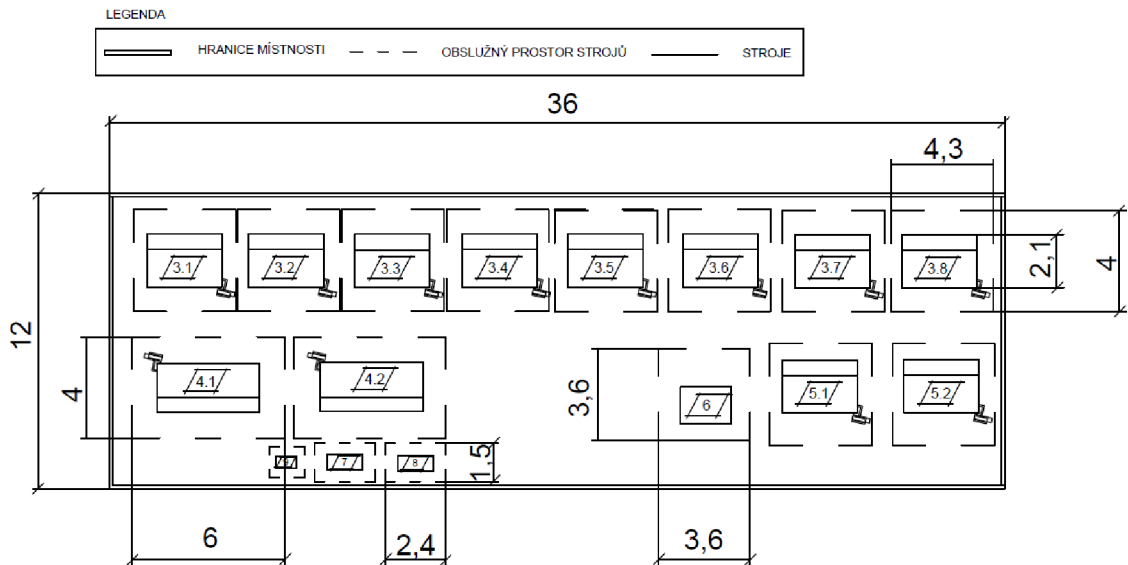
V první fázi si sestavíme tabulku oddělení výrob a určíme jejich rozměry. Rozměry jednotlivých oddělení byly určeny podle rozměrů strojů. Např. při určování velikosti oddělení vrtání se postupovalo takto:

Vypíšeme si rozměry jednotlivých strojů a určíme jejich obslužné prostory. To jsou takové prostory kolem strojů, které zabezpečují bezproblémovou možnost obsluhy a údržby strojů a nesmí do těchto prostor zasahovat další stroje, ani by se neměly překrývat s dalšími obslužnými prostory ostatních strojů.

Tab. 5: Seznam strojů oddělení vrtání a jejich rozměry a rozměry obslužných ploch

Název stroje	Šířka	Délka	Šířka obslužného prostoru	Délka obslužného prostoru
-	[m]	[m]	[m]	[m]
<b>MX6</b>	4,05	1,9	6	4
<b>MX2</b>	2,9	1,9	4	4
<b>MX1 - CCD</b>	2,9	1,9	4	4
<b>MX1 - Xray</b>	2	1,5	3,6	3,6
<b>Stroj na osazování pinů</b>	1,4	0,6	2,4	1,5
<b>Stroj na odstraňování pinů</b>	1,4	0,6	2,4	1,5
<b>Broušení vrtáků</b>	0,8	0,5	1,4	1,2

Za použití těchto rozměrů si zakreslíme jejich velikosti ve skutečném měřítku a poměru. Následně zkusíme možné varianty s ohledem na pravděpodobnou polohu obsluhy, toku materiálu, odstraňování odpadu atp. V našem případě bylo potřeba brát v potaz hlavně tok materiálu mezi jednotlivými vrtačkami, jelikož ty tvoří největší a nejpočetnější stroje v oddělení. Bylo proto zvoleno následující rozvržení:



Obr. 30: Schéma navrhovaného rozvržení strojů pro oddělení vrtání DPS

Navrhují 8 vrtaček MX2 vedle sebe, musíme tedy vynásobit šířku obslužného prostoru osmi. Vyjde nám  $8 * 4 = 32\text{m}$ . Přidáme 10% místa na krajích a dostaneme  $32 * 1,1 = 35,2 \Rightarrow 35\text{m}$ . Oddělení vrtání má být široké minimálně 35m, modul staveb je 6m zvolím tedy 36 m. Stejně tak pro délku, kdy musíme sečíst rozměry vrtaček MX2, MX6 a zařízení pro odstraňování pinů. Dostaneme teda  $4 + 4 + 1,5 = 9,5\text{m}$ . Po přidání mezer dostaneme výsledných 11,5m, zvolím 12m. Oddělení vrtání tedy bude mít rozměry 36 x 12 m.

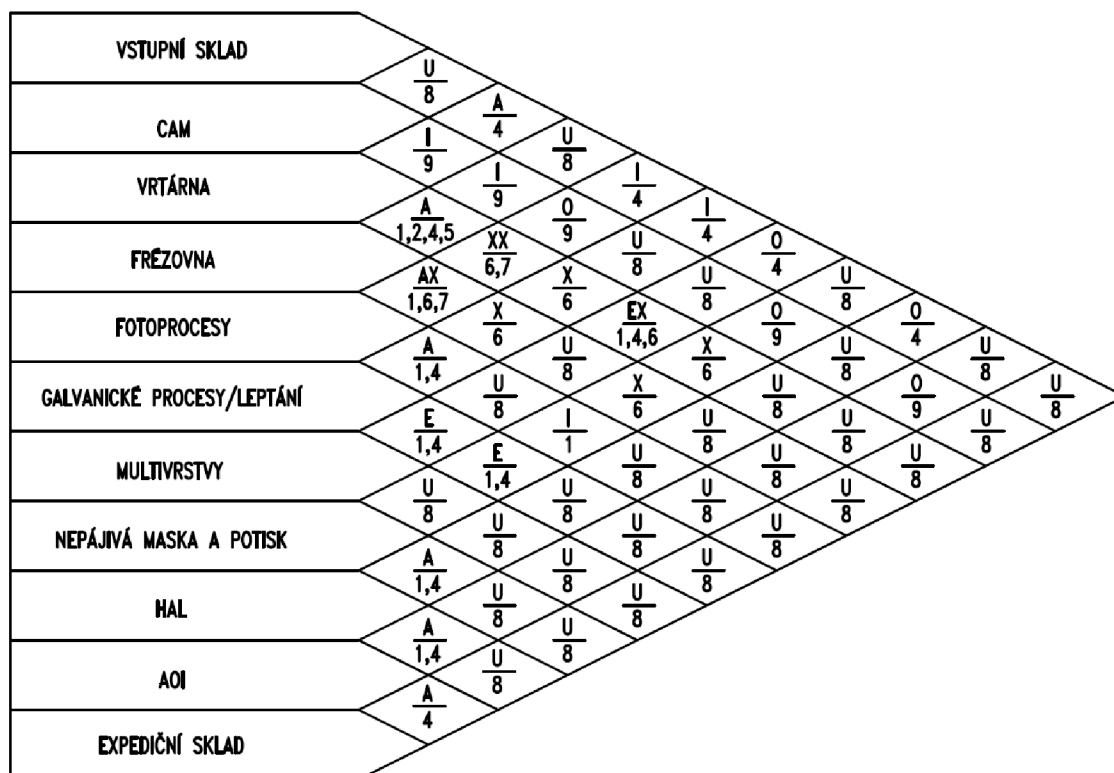
Stejný postup byl použit také pro určení rozměrů ostatních oddělení. Jejich kompletní seznam je na následující tabulce.

Tab. 6: Seznam jednotlivých výrobních oddělení a jejich rozměry

Název pracoviště	Číslo	Plocha	Rozměry
-	-	[m <sup>2</sup> ]	délka [m] x šířka [m]
Vstupní sklad	1	432	24 x 18
CAM	2p	72	6 x 12
Vrtárna	10	432	12 x 36
Frézovna	22	432	12 x 36
Fotoprocesy	15	216	6 x 36
Galvanické procesy / leptání	19	1980	30 x 66
Multivrstvy	21	192	12 x 16
Nepájivá maska / servisní potisk	30	144	24 x 6
HAL	29	108	18 x 6
AOI	33	576	24 x 24
Expediční sklad	32	72	6 x 12

## 2.15.2 Vztahy mezi jednotlivými výrobami

Nyní když známe rozměry jednotlivých oddělení si určíme vztahy mezi nimi. Tyto vztahy se zapisují do speciálního diagramu pro metodu SLP. Vztahy se zapisují do průsečíku sloupců mezi jednotlivými výrobami ve formě zlomku, kde v čitateli se zapisuje značka hodnotící vztah mezi výrobami a ve jmenovateli je uveden důvod, proč jsme se rozhodli pro udělení tohoto vztahu. Jednotlivé vztahy a čísla důvodů rozhodnutí se zapisují zvlášť do samostatných tabulek.



Obr. 31: Diagram vztahů mezi jednotlivými výrobami

V následující tabulkách jsou uvedeny popisy důležitosti jednotlivých značek v čitateli a důvody rozhodnutí o důležitosti vztahů mezi výrobami.

Tab. 7: Seznam jednotlivých značek důležitosti vztahů mezi výrobami

Značka	Vztah	Počet čar	Barva	Graficky
A	Absolutně důležité	4	Červená	
E	Obzvláště důležité	3	Žlutá	
I	Důležité	2	Zelená	
O	Obyčejný vztah	1	Modrá	
U	Nedůležité	0	-	
X	Nežádoucí	1	Hnědá	
XX	Absolutně nežádoucí	2	Černá	

**Tab. 8:** Legenda značení důvodů rozhodnutí

Číslo	Vztah
1	Přímá technologická návaznost
2	Práce podobného charakteru
3	Využívání zvláštních prostor
4	Tok materiálu
5	Stejně řízení
6	Prach a nečistoty
7	Hluk
8	Žádné působení
9	Tok výrobních dat

Pomocí diagramu z obr.31 ,můžeme tedy jednoduše určit vztahy mezi jednotlivými výrobami. Např. vztah mezi frézovnou a fotoprocesy má v čitateli značku AX, což znamená vztah A - absolutně nutné a X - nežádoucí a jmenovatel nám určí důvody, 1 - Přímá technologická návaznost, 6 - Prach a nečistoty a 7 - Hluk. Je to tedy vztah, který je absolutně nutný, jelikož tok materiálu bude mezi těmito odděleními značný, ale zároveň může frézovna znečišťovat oddělení fotoprocesů, což je nežádoucí. Vidíme tedy, že je nutné zajistit jejich vzájemnou blízkost kvůli dopravě materiálu, ale také zajistit, aby byly buď eliminovány nebo alespoň sníženy na přijatelnou hodnotu nežádoucí vlivy (nečistoty a hluk).

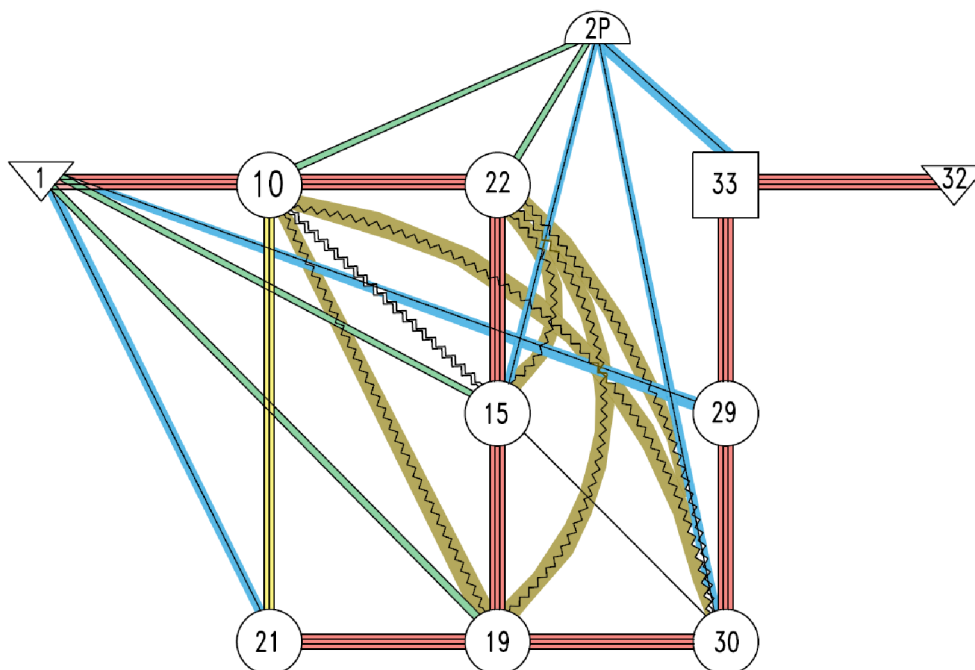
### 2.15.3 Grafické vyjádření vztahů mezi výrobami

Z diagramu vztahů mezi výrobami si nyní můžeme vytvořit jejich grafické vyjádření, které nám pomůže lépe si uvědomit a graficky zmapovat jednotlivé vztahy podle jejich důležitosti. Obecně platí, že oddělení s nutným vztahem mezi sebou, by měly být co nejbližší u sebe a nežádoucí co nejdále. Postupujeme přesně podle diagramu. Nejdříve vyznačíme nejnutnější vztahy čtyřmi čarami, poté obzvláště důležité atd. Na konci dostaneme schéma vzájemných umístění pracovišť. Prvotní schéma zpravidla není ideální a je potřeba jej několikrát upravit, než dostaneme konečnou podobu. Tato část je velmi závislá na představivosti a tvořivosti projektanta, který musí znát technologický proces výroby a brát v potaz jednotlivé aspekty a charakteristiky technologie výroby, kterou navrhuje.

V mém případě jsem si navrhl několik možných uspořádání, ze kterých jsem posléze podle svého uvážení vybral nejlepší a nejpřijatelnější co se týče zachování vztahů, ale i s přihlédnutím na to, že výrobu bude potřeba posléze doopravdy zrealizovat se skutečnými stroji a ve skutečných prostorech. Musí se brát v potaz, že některé prostory vyžadují speciální úpravy, jako odvětrávání, klimatizaci, speciální osvětlení či čisté prostory.

Oddělení CAM značené 2p se může zdát umístěné příliš daleko od ostatních pracovišť, ale je potřeba brát v úvahu, že mezi CAM a ostatními odděleními neprobíhá hmotný tok materiálu, ale pouze tok dat, zajištěný elektroinstalací, Délka cest tedy není rozhodující. Nicméně nelze jej zcela zanedbat, jelikož tvoří důležitou část výrobního procesu.

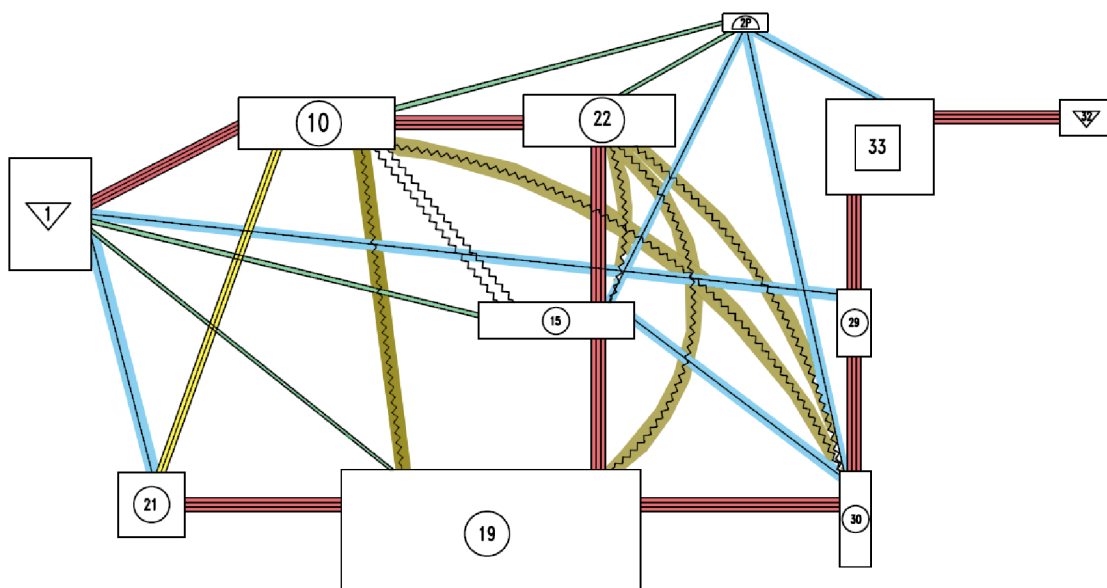
Konečné navržené uspořádání je na následujícím obrázku.



Obr. 32: Konečná podoba schématu vzájemného umístění oddělení

## 2.15.4 Grafické vyjádření vzájemného umístění a prostorové náročnosti oddělení

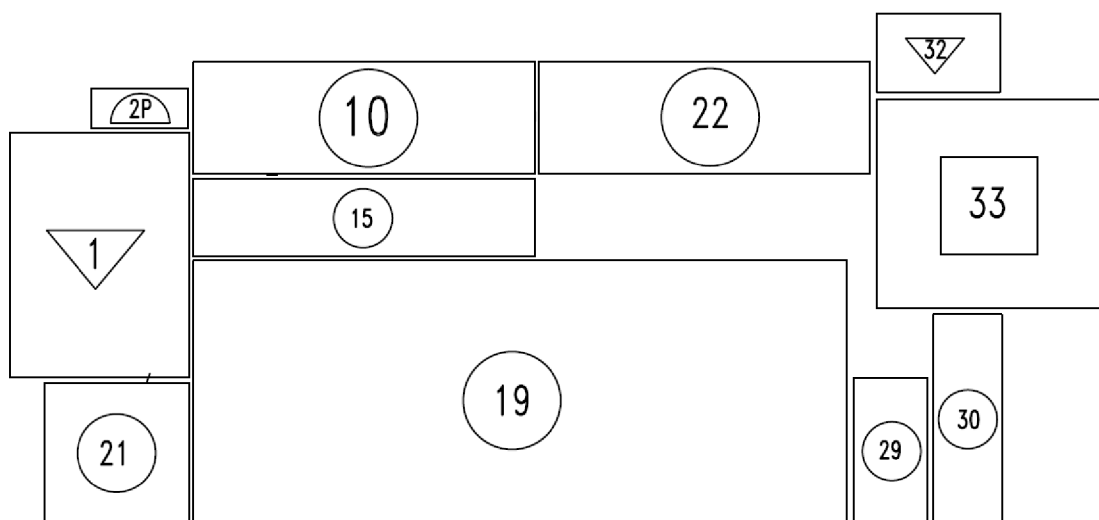
Nyní si můžeme z rozměrů jednotlivých výrobních jednotek, které jsme vypočítali již dříve sestavit schéma vzájemného umístění společně s grafickým zobrazením prostorové náročnosti jednotlivých oddělení. Toto schéma nám dá již jasnější představu o velikosti každého oddělení. Velikosti jsou zaneseny v měřítku, takže je hned jasné jak moc je které oddělení prostorově náročné a my máme možnost upravit schéma s ohledem na velikosti jednotlivých oddělení. V našem případě nebylo nutné nijak výrazně do schématu zasahovat.



Obr. 33: Schéma vzájemného umístění oddělení s vyjádřením jejich prostorové náročnosti

## 2.15.5 Wireframe uspořádání

Grafické vyjádření vzájemného umístění a prostorové náročnosti oddělení nám dalo prvotní představu o tom, jak by naše výroba mohla vypadat. V dalším kroku se sestaví tzv. wireframe uspořádání, kdy jednotlivé oddělení sestavíme k sobě již bez vyjádření nutnosti vztahů, které jsou již jasné. Takto dostaneme prvotní návrh uspořádání jednotlivých oddělení tak, jak by mohla (a měla) být ve finální výrobě. Wireframe již připomíná hrubý model rozvržení výroby a můžeme na něj také tak pohlížet, neobsahuje ale transportní cesty, vchody, ani žádné stroje. Tyto budou doplněny v dalších krocích. Pomáhá nám ujasnit si, zda se jednotlivé oddělení vedle sebe rozměrově vejdou či jestli netvoří tvar, který by nebyl stavebně vhodný či neřešitelný (koule, kříž atp.). V našem případě je vidět, že souhrn výrob tvoří tvar vyhovující stavebnímu řešení ve tvaru obdélníku.



Obr. 34: Wireframe uspořádání výroby

## 2.15.6 Blokové schéma místností

Předposlední krok v návrhu zahrnuje tvorbu návrhu rozložení místností v podobě blokového schématu do reálné velikosti budovy. V tomto návrhu jsou již zakresleny cesty, chodby a dveře, udává vstup a výstup materiálu a osob. Návrh vychází přímo z wireframe uspořádání a má za cíl se co nejvíce přiblížit finálnímu návrhu. Můžeme si z něj udělat již dost reálnou představu o tom, jak bude vypadat konečný návrh výroby. Nejsou zde ještě zakresleny konečné lokace jednotlivých strojů, ty budou doplněny až do finálního výkresu, ale vidíme již kudy bude materiál vcházet do výroby a kudy vycházet.

Blokové schéma místností je v příloze č.8.

## 2.15.7 Konečný výkres návrhu výroby

Konečný výkres návrhu výroby obsahuje již kompletní dokumentaci a kompletní umístění strojů tak jak se předpokládá jejich umístění v konečné výrobě. Bere v úvahu všechny finální materiálové toky, ovlivňování jednotlivých výrob a strojů, nutnost speciálních prostor pro některé oddělení, velikost transportních cest. Dále zahrnuje sociální zařízení, všechny sklady, místnosti pro zaměstnance, šatny, kanceláře a schodiště, místnosti technologií (čištění vody, klimatizace atp.). Finální návrh výroby je nejkomplikovanější částí návrhu, jelikož je potřeba v něm brát v úvahu všechny výše zmíněné provozy a zařízení. Ve finálním návrhu také došlo k několika změnám oproti blokovému schématu místností, nejmarkantnější bylo rozdělení místnosti č.33, kde se nacházela AOI. Z nedostatku prostoru bylo toto oddělení rozděleno na dva samostatné celky, a to na optickou a elektrickou kontrolu. Další výrazné změny provedeny nebyly. Vzhledem k rozměrům dostupného pozemku byla zvoleno jednopodlažní nedělené stavební řešení.

Výkres konečného návrhu výroby se nachází v příloze č.9 (přízemí) a příloze č.10 (1.patro - kanceláře). Byl zvolen formát výkresu A2, jelikož obsahuje značné množství podrobností, které by v menším formátu nebyly patrné a které jsou důležité.

## 2.16 Vizualizace výroby

3D vizualizace výroby je dnes již běžnou součástí konečného návrhu výroby. Dává nám lepší pohled na konečný návrh než 2D výkresy, jelikož je možné vidět výrobu tak, jak doopravdy bude vypadat, získáme tak přehled o všech vzdálenostech, velikostech, umístěních a poloze strojů, pracovišť a dílen. Modelem výroby je možné se neomezeně pohybovat a zkontrolovat si tak všechny oblasti, které nás zajímají nebo jsme měli obavy, zda nebudou problematické. Na základě informací získaných kontrolou 3D layoutu můžeme provést další korekce tak, aby byly minimalizovány potřebné změny v reálné výrobě.

Pro vizualizaci výroby jsem použil program firmy Plavis VisTable Touch, který umožňuje tvorbu 3D prostředí. Jeho hlavní výhodou je intuitivní ovládání a integrovaná knihovna 3D objektů. Jelikož ale knihovna neobsahuje vše potřebné pro naši výrobu, bylo potřeba některé modely přidat. To je možné díky integrovanému importéru 3D objektů přímo v programu VisTable. Ne všechny modely strojů, použitých ve výrobě, bylo možné sehnat, byly použity modely jiných zařízení, ovšem velikostně přizpůsobené tak, aby odpovídaly velikosti reálných strojů použitých ve výrobě, což je nejdůležitější vlastnost a prvek vizualizace.

Díky programu je také možné vygenerovat konečný Sankeyův diagram výroby. Výhody konečného zobrazení pomocí 3D technologie jsou opravdu nesporné, šetří čas i náklady na výrobu skutečných modelů a dovolují nám provádět změny v reálném čase dle přání zákazníka.

Konečné Sankeyovy diagramy jsou v příloze č.11 až 13.

Program nám také dává možnost zobrazit D-I diagram, kompletní seznam všech zařízení použitých ve výrobě, vytížení přepravních cest, jejich délky a poměr objemu materiálu a délek, šachovnicovou tabulku, efektivnost tras, provádí automatickou kontrolu bezpečných vzdáleností strojů nebo provede kalkulaci ploch výroby.

Příklady výstupů z programu VisTable:





**Obr. 35:** Pohled na přední stranu haly



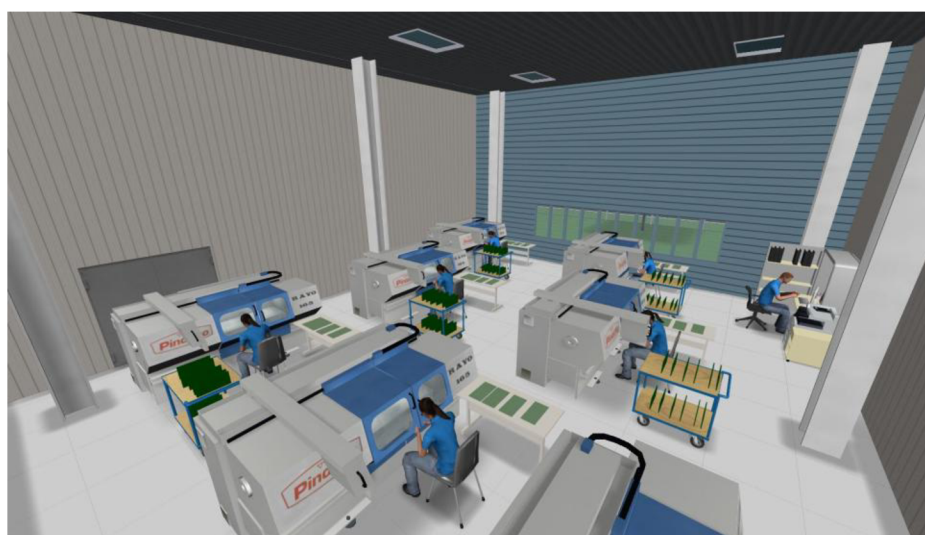
**Obr. 36:** Frézovna



**Obr. 37:** Galvanizační linka



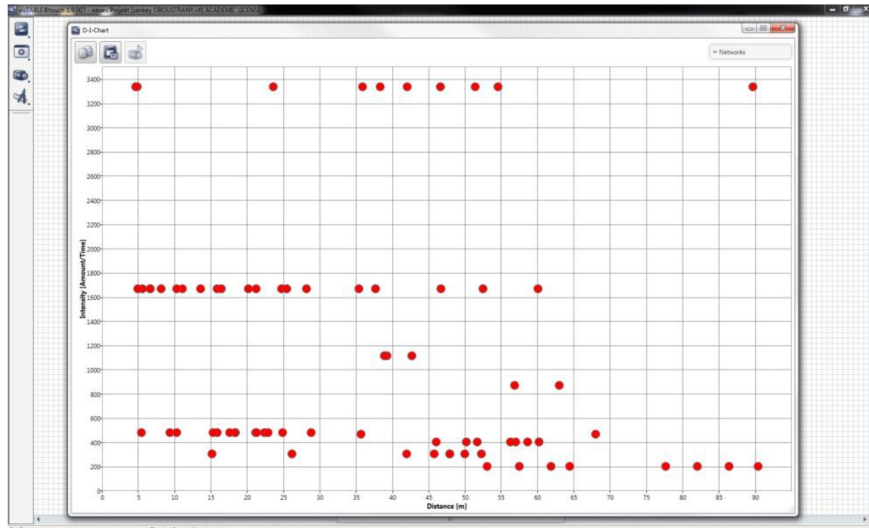
**Obr. 38:** Fotoprocesy



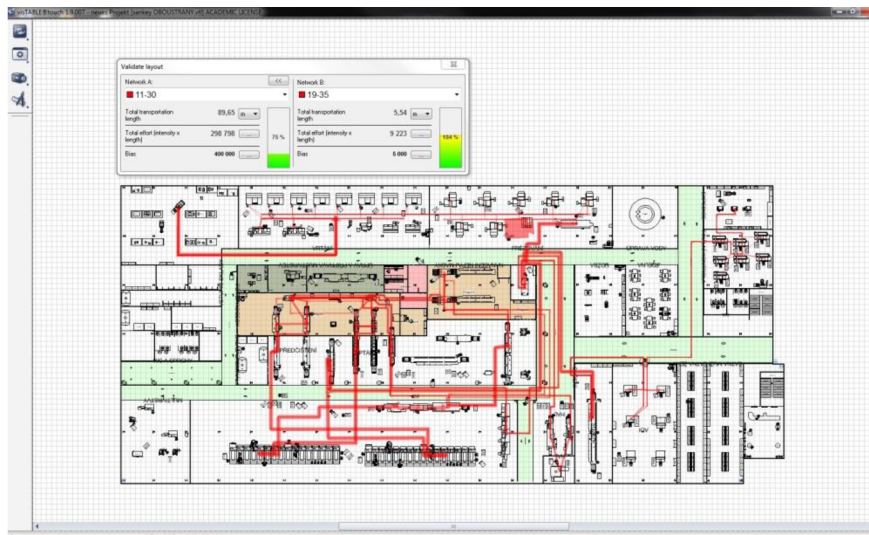
**Obr. 39:** Finální elektrická kontrola



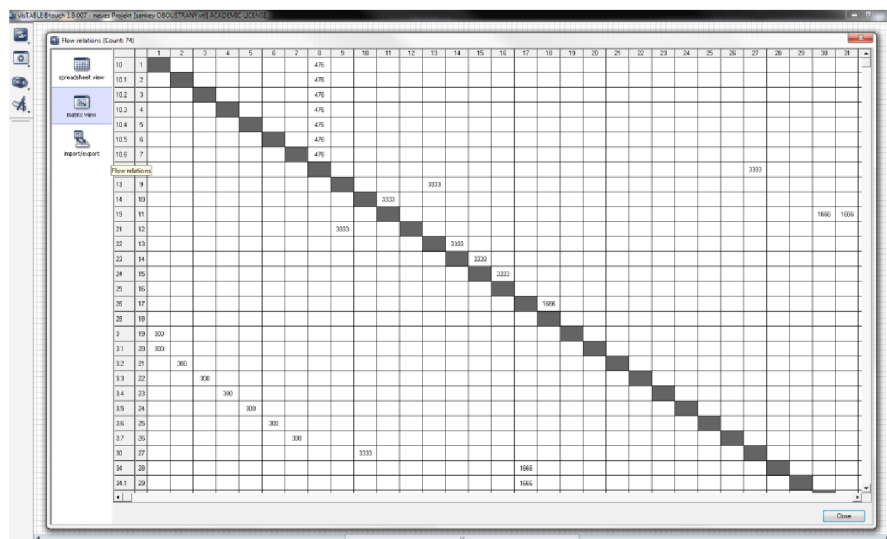
**Obr. 40:** Panoramatický pohled na celou výrobu



Obr. 41: Vygenerovaný D-I diagram



Obr. 42: Vytížení přepravních cest



Obr. 43: Vygenerovaná šachovnicová tabulka

## 2.17 Energetická náročnost a zpracování odpadu

Tab. 9: Energetická náročnost jednotlivých strojů

Číslo stroje	Počet strojů	Stroj	Napětí	Spotřeba stroje (kW)	Celková spotřeba (kW)
1	1	Fototiskárna (plotter)	240	1,25	1,25
2	1	Vývojka pro film	240	5	5
3	2	Vrtačka MX6	400	23	46
4	8	Vrtačka MX2	400	10	80
5	2	Vrtačka MX1-CCD	400	10	20
6	1	Vrtačka rentgenová MX1-Xray	400	10	10
7	1	Stroj na osazování pinů	400	3,5	3,5
8	1	Stroj na odstraňování pinů	400	3,5	3,5
9	1	Zařízení na broušení vrtáků	240	1,5	1,5
10	7	Vrtačka/obrysová fréza MX2	400	10	70
11	1	Finální čištění	400	16	16
12	1	Rýhovačka	400	7,5	7,5
13	1	Nanášení leptuodol.vrstvy Sn	400	200	200
14	1	Nanášení Mědi+Desmear+Neopact	400	170	170
15	1	Alkalické leptání vnitřních vrstev	400	17,5	17,5
16	1	Stripování fotorezistu vnitřních vrstev	400	90	90
17	1	Vývojka pro vnitřní vrstvy	400	17,5	17,5
18	1	Systém regenerace CCR	400	75	75
19	1	Dezoxidace vnějších vrstev	400	46	46
20	1	Dezoxidace vnitřních vrstev	400	30	30
21	1	Vývojka pro vnější vrstvy	400	32	32
22	1	Stripování fotorezistu vnějších vrstev	400	46	46
23	1	Alkalické leptání vnějších vrstev	400	14	14
24	1	Odstraňování cínu vnějších vrstev	400	38	38
25	1	Dezoxidace / Zajištění vazby Mec-Etch Bond	400	50	50
26	1	Vývojka pro pájecí masku	400	46	46
27	1	Plasmový systém	400	12	12
28	1	Povrch ENIG	400	120	120
29	1	Sušicí pec pro dávky	400	2	2
30	1	Kartáčování	400	32	32
31	10	Nakladač	240	1,5	15
32	10	Vykladač	240	1,5	15
33	1	Přímé zobrazování Apollon	400	4	4
34	2	Ozařovací zařízení ExpomatAEX2	400	16	32
35	2	Laminovačka pro řezané tabule	400	6,5	13
36	1	Manuální laminovačka	230	2,5	2,5
37	2	Odstraňování krycí vrstvy	400	2,5	5
38	1	Zpracování vazební vrstvy	400	62	62
39	1	Pokládací zařízení	400	10	10
40	1	Lis na multivrstvy	400	103,5	103,5
41	1	Výrobní buňka	400	103,5	103,5
42	2	Rozprašovací nanášení vrstev a sušení	400	199	398
43	1	Tisk servisního potisku	400	10	10
44	1	Sušicí pec pro dávky	400	20	20
45	1	Dezoxidace (příprava)	400	18	18
46	1	Následné čištění	400	35	35
47	1	Zařízení pro nanášení HAL Penta automatic	400	53	53
48	3	Systém optické kontroly Orion	240	4	12
49	3	Systém AOI DragonPX	240	4	12
50	7	Automatická elektrická kontrola A-6 ATG	400	3	21
51	1	RTG inspekční systém	240	2	2

**Tab. 10: Zpracování odpadu**

Technologický proces	Odpad	Nádoba	Zodpovědná osoba	Likvidace odpadu
Vrtání otvorů	Špony, prach	Filtry odsávacího zařízení	Mistr, údržba	Výměna filtrů
Dezoxidace	Chemikálie, odpadní voda	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody	Specializovaná firma, mistr	Vývoz chemikálií
Laminace fotorezistu	-	-	-	-
Vyvolání fotorezistu	Chemikálie, odpadní voda	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody	Specializovaná firma, mistr	Vývoz chemikálií
Odleptání fotorezistu	Chemikálie, odpadní voda	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody, systém CCR	Specializovaná firma, mistr, údržba	Vývoz chemikálií
Stripování fotorezistu	Chemikálie, odpadní voda	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody	Specializovaná firma, mistr	Vývoz chemikálií
AOI	-	-	-	-
Sublaminace	Teplo	Prostor	Operátor	-
Stříhání, řezání	Prach, kusy základního materiálu	Filtry odsávacího zařízení, odpadní nádoby	Mistr, pracovník stroje, údržba	Výměna filtru, vývoz odpadních nádob
Vrtání otvorů	Špony, prach	Filtry odsávacího zařízení, odpadní nádoby	Mistr, pracovník stroje, údržba	Výměna filtru, vývoz odpadních nádob
Čištění	Chemikálie, odpadní voda, pevné částice	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody, filtry odsávacího zařízení	Specializovaná firma, mistr, údržba	Vývoz chemikálií, výměna filtrů
Úprava povrchu	Chemikálie	Cisterna na odpadní chemikálie	Specializovaná firma, mistr, údržba	Vývoz chemikálií
Nanesení Cu a Sn	Chemikálie, zbytková měď a cín	Cisterna na odpadní chemikálie	Specializovaná firma, mistr, údržba	Vývoz chemikálií
Stripování fotorezistu	Chemikálie, odpadní voda	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody, systém CCR	Specializovaná firma, mistr, údržba	Vývoz chemikálií
Odleptání mědi	Chemikálie, zbytková měď	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody, systém CCR	Specializovaná firma, mistr, údržba	Vývoz chemikálií
Stripování cínu	Chemikálie, zbytkový cín	Cisterna na odpadní chemikálie, čistička vody, systém CCR	Specializovaná firma, mistr, údržba	Vývoz chemikálií
AOI	-	-	-	-
Nepájivá maska	Nečistoty z naprašovaného materiálu, teplo	Stroj na nanášení nepájivé masky, prostor	Mistr, pracovník stroje	Čištění stroje a odvoz s odpadem
HAL	Zbytky pájky	Regenerační nádoba na pájku v rámci stroje	Pracovník stroje, mistr	-
Nanesení potisku	Tonerové kazety	Odpadní nádoba pro recyklace	Pracovník stroje	Odvoz s odpadem
Frézování	Prach, pevné částice	Filtry odsávacího zařízení, odpadní nádoby	Mistr, údržba	
Elektrické zkoušky	-	-	-	-

V tabulce č.9 je uvedena spotřeba elektrické energie jednotlivých strojů ve výrobě. Všechny údaje vycházejí z parametrů strojů, udaných výrobcem. Jedná se o přípojovací výkon strojů. Tyto údaje je vhodné znát, kvůli konečnému ekonomickému hodnocení a při hodnocení energetické náročnosti výroby.

Tabulka č.10 udává, jaké odpady produkují jednotlivé technologické procesy při výrobě DPS a jak s nimi bude zacházeno. Udává typ odpadu, odpovědnou osobu a způsob likvidace. Tyto údaje je dobré znát pro základní představu generace škodlivých a odpadních látek při technologickém procesu v rámci EMAS. O běžný odpad, jako je prach, kusy DPS a pevné částice větších rozměrů se starají sami pracovníci stroje. O vzduchové filtry a systém CCR se musí starat již specializovaná údržba budovy. O chemikálie používané při leptání a vyvíjení fotorezistu atp. se musí starat specializovaná firma s certifikáty na nakládání s látkami zdraví škodlivými.

## 2.18 Ekonomické zhodnocení

Úkolem projektanta při návrhu výroby také bývá ekonomické hodnocení. V našem případě se jedná hlavně o celkové náklady stavby, aby zadavatel měl konečnou představu, kolik bude výstavba projektu stát. V této části si tedy provedeme kompletní hodnocení nákladů. Výpočty a vzorce kapitoly 2.18 vychází z literatury [19].

### 2.18.1 Náklady přípravy a zabezpečení výstavby

**Projektová dokumentace** - zpracování projektu, tvorba výkresů, návrhů, propočetů a zpracování zadaného projektu. V našem případě je tato položka zdarma, jelikož základní projektová dokumentace byla zpracována v rámci diplomové práce. Obecně se tato položka počítá jako 3-5% ze základních rozpočtových nákladů, což jsou náklady na stavební a montážní práce. V našem případě by se tedy jednalo o částku

**Výkupy pozemků určených k zástavbě** - jelikož zadavatel je již vlastníkem pozemku určeného pro výstavbu haly a provozu, nebudeme tuto položku připočítávat k nákladům.

**Výkupy nemovitostí podmiňujících výstavbu** - na pozemku uvažovaném pro výstavbu se nenachází žádné nemovitosti nebo jiné překážky, které by byly potřeba odstranit nebo upravit, proto je tato položka nulová.

Jiné náklady přípravy a zabezpečení výstavby - jiné náklady na zabezpečení stavby nejsou známy, na pozemku se nenachází žádné věcné břemeno, ani jiná známá překážka, která by si vynutila použití financí na odstranění.

### 2.18.2 Náklady stavební části stavby

**ZRN (základní rozpočtové náklady)** - spolu s položkou za nákup strojů nejvýraznější položka. Zahrnuje stavební práce (budování základů, stavební desky, terénní práce atp.) a montážní práce (montáž ocelového skeletu, pláště haly, vnitřních příček, podlah, všech technologických zdrojů, jako je voda a elektřina, vzduchotechnika, klimatizace, odsávání, speciální prostory, osvětlení, topení, sociální zařízení atp.)

V našem případě byla cena určena na základě aktuální nabídky stávajících firem na českém trhu. Musíme uvažovat, že v lokalitě, kde se bude výroba nacházet se v zimě mohou vyskytovat teploty až  $-30^{\circ}\text{C}$  a také velké množství sněhových srážek, je proto třeba brát v úvahu, že bude nutné použít opláštění budovy s nejvyšším stupněm izolace a střechu s vysokou nosností. Dalším aspektem je, že v naší výrobě nebudou použity halové jeřáby, což by si vyžadovalo další zpevnění konstrukce a tím i další náklady.

Při určení ceny za  $\text{m}^2$  jsem vycházel z údajů firmy Lavimont, jelikož má za sebou již několik podobných projektů výstavby výrobních hal, ale také pro objektivnost z nabídek firem v ČR, jmenovitě firem Gametall, Dítom, Vítkovice Revmont či Konstrukje Żywiec.

Z výkresu v příloze č.8 je patrné, že naše výroba bude mít rozměry  $122 \times 55\text{m}$ , což je  $6710\text{m}^2$ . Cena jednoho metru čtverečního výrobní haly, výšky 6m, bez terénních nerovností či komplikací se pohybuje okolo průměrné částky  $15250\text{ Kč}$  za  $\text{m}^2$ . Vyjde nám tedy, že cena haly pro naši výrobu by měla být:

$$C_H = 6710 * 15250 = 102\,327\,500\text{ Kč} \quad (\text{bez DPH}) \quad (34)$$

V této ceně jsou již započítány podlahy (jelikož není potřeba speciálních podlah pro náš provoz, jsou již částí stavebního řešení haly), okna, dveře a vrata. jedná se tedy o náklady na základní stavební práce a montáž. Výsledkem bude postavená prázdná hala dle našich požadavků.

Dále je potřeba určit cenu vnitřního vybavení a technologických zdrojů. Toto se netýká cen strojů a zařízení, ty budou řešeny později. Jedná se tedy o elektroinstalace, rozvody vody, chemikálií, vzduchotechniku, klimatizace atp. Tato položka se obecně dopočítá jako procentuální podíl z ceny samotné haly. Obvykle se volí 70%. Dostaneme tedy, že cena za zařízení haly, bez vybavení se dostane na částku:

$$\text{ZRN} = (102\,327\,500 * 0,7) + (102\,327\,500) = \mathbf{173\,956\,750\,Kč.} \quad (\text{bez DPH}) \quad (35)$$

**Náklady na umístění stavby a územní vlivy** - do této položky se počítá zařízení stavenišť (vlastní povolení, hlídání, obytné buňky, stavební stroje atp.) a vliv území na průběh stavby (dopravní omezení, zásobování, nákladní vozy atp.). Náklady na zařízení stavenišť se vypočítají jako procentuální částka ze ZRN. Obvykle se volí podle náročnosti terénu a podnebí. Spodní hranice se udává 5%, zatímco v extrémně náročném terénu se může tato částka vyšplhat klidně až na cenu ZRN. Vzhledem k tomu, že v námi uvažované lokalitě nejsou žádné výrazné terénní nerovnosti a problémy, zvolil jsem 8% kvůli možným komplikacím při transportu materiálu v zimním období. Náklady na zařízení stavenišť se tedy vypočítají jako:

$$\text{N}_{\text{ZS}} = \text{ZRN} * 0,08 = 173\,956\,750 * 0,08 = \mathbf{13\,916\,540\,Kč} \quad (\text{bez DPH}) \quad (36)$$

### 2.18.3 Náklady na strojní vybavení a zařízení a jeho instalaci

**Náklady na stroje, přístroje a zařízení** - do této položky se započítávají náklady na vlastní výrobní stroje, dopravní prostředky, výpočetní techniku a vnitřní zařízení. Nejvýraznější položkou jsou jistě výrobní stroje. Jejich ceny jsou uvedeny v tabulce níže. Celková cena strojů byla stanovena na:

$$\text{C}_{\text{CS}} = \mathbf{144\,598\,000\,Kč} \quad (\text{bez DPH}).$$

Dále je potřeba připočítat náklady na vnitřní zařízení a výpočetní techniku. Na tyto náklady nejsou žádné doporučené vzorce a byly tedy stanoveny na základě odhadu. Co se týče vnitřního vybavení jedná se především o nábytek, vybavení šaten a sociálních zařízení. Vezmeme-li v úvahu počty všech položek nábytku, daly by se náklady na vnitřní vybavení stanovit jako 1% ze ZRN.

$$\text{N}_{\text{VZ}} = \text{ZRN} * 0,01 = 102\,327\,500 * 0,01 = \mathbf{1\,023\,275\,Kč} \quad (\text{bez DPH}) \quad (37)$$

Nyní stanovíme náklady na výpočetní techniku. Stejně jako u nákladů na vnitřní zařízení není stanovena pevná hodnota, vzhledem k rozmanitosti různých výrob. Opět proto stanovíme náklady odhadem. Jelikož bude potřeba velké množství počítačů, některých s velkým výkonem (pro oddělení CAM) a také množství serverů pro ukládání firemních dat, zvolil jsem náklady na tuto položku 2% ze ZRN.

$$\text{N}_{\text{VT}} = \text{ZRN} * 0,02 = 102\,327\,500 * 0,02 = \mathbf{2\,046\,550\,Kč} \quad (\text{bez DPH}) \quad (38)$$

**Náklady technologické části** - jedná se převážně o náklady na montáž a dodávku zařízení. Vypočítá se jako procentuální podíl z Nákladů na stroje. Obvykle se volí 10%.

$$\text{N}_{\text{TC}} = \text{C}_{\text{CS}} * 0,1 = 144\,598\,000 * 0,1 = \mathbf{14\,459\,800\,Kč} \quad (\text{bez DPH}) \quad (39)$$

**Tab. 11: Ceny jednotlivých strojů**

Číslo stroje	Počet strojů	Stroj	Cena za jeden stroj (Kč)	Celková cena za všechny stroje (Kč)
1	1	Fototiskárna (plotter)	150 000	150 000
2	1	Vývojka pro film	220 000	220 000
3	2	Vrtačka MX6	840 000	1 680 000
4	8	Vrtačka MX2	345 000	2 760 000
5	2	Vrtačka MX1-CCD	440 000	880 000
6	1	Vrtačka rentgenová MX1-Xray	450 000	450 000
7	1	Stroj na osazování pinů	20 000	20 000
8	1	Stroj na odstraňování pinů	20 000	20 000
9	1	Zařízení na broušení vrtáků	12 000	12 000
10	7	Vrtačka/obrysová fréza MX2	365 000	2 555 000
11	1	Finální čištění	2 150 000	2 150 000
12	1	Rýhovačka	450 000	450 000
13	1	Nanášení leptuodol.vrstvy Sn	16 000 000	16 000 000
14	1	Nanášení Mědi+Desmear+Neopact	17 500 000	17 500 000
15	1	Alkalické leptání vnitřních vrstev	8 220 000	8 220 000
16	1	Stripování fotorezistu vnitřních vrstev	3 200 000	3 200 000
17	1	Vývojka pro vnitřní vrstvy	4 256 000	4 256 000
18	1	Systém regenerace CCR	1 250 000	1 250 000
19	1	Dezoxidace vnějších vrstev	4 500 000	4 500 000
20	1	Dezoxidace vnitřních vrstev	4 500 000	4 500 000
21	1	Vývojka pro vnější vrstvy	4 256 000	4 256 000
22	1	Stripování fotorezistu vnějších vrstev	2 755 000	2 755 000
23	1	Alkalické leptání vnějších vrstev	8 220 000	8 220 000
24	1	Odstraňování cínu vnějších vrstev	4 560 000	4 560 000
25	1	Dezoxidace / Zajištění vazby Mec-Etch Bond	3 250 000	3 250 000
26	1	Vývojka pro pájecí masku	2 320 000	2 320 000
27	1	Plasmový systém	650 000	650 000
28	1	Povrch ENIG	8 450 000	8 450 000
29	1	Sušicí pec pro dávky	254 000	254 000
30	1	Kartáčování	1 248 000	1 248 000
31	10	Nakladač	135 000	1 350 000
32	10	Vykladač	135 000	1 350 000
33	1	Přímé zobrazování Apollon	365 000	365 000
34	2	Ozařovací zařízení ExpomatAEX2	1 100 000	2 200 000
35	2	Laminovačka pro řezané tabule	1 254 000	2 508 000
36	1	Manuální laminovačka	65 000	65 000
37	2	Odstraňování krycí vrstvy	890 000	1 780 000
38	1	Zpracování vazební vrstvy	3 568 000	3 568 000
39	1	Pokládací zařízení	950 000	950 000
40	1	Lis na multivrstvy	987 000	987 000
41	1	Výrobní buňka	1 350 000	1 350 000
42	2	Rozprašovací nanášení vrstev a sušení	3 698 000	7 396 000
43	1	Tisk servisního potisku	560 000	560 000
44	1	Sušicí pec pro dávky	254 000	254 000
45	1	Dezoxidace (příprava)	1 247 000	1 247 000
46	1	Následné čištění	1 247 000	1 247 000
47	1	Zařízení pro nanášení HAL Penta automatic	2 245 000	2 245 000
48	3	Systém optické kontroly Orion	451 000	1 353 000
49	3	Systém AOI DragonPX	450 000	1 350 000
50	7	Automatická elektrická kontrola A-6 ATG	754 000	5 278 000
51	1	RTG inspekční systém	459 000	459 000
<b>Celkem:</b>	<b>98</b>	-	<b>123 015 000</b>	<b>144 598 000</b>



## 2.18.4 Náklady na nehmotný majetek

**Náklady na nehmotný majetek** - jsou obvykle náklady na programové vybavení, nákup ocenitelných práv či ostatní náklady na nehmotné ocenitelné položky. V našem případě se jedná hlavně o náklady na zavedení informačního a firemního PLC systému Genesis 2000. Tyto byly stanoveny podle ceníku firmy Amtech na:

$$N_{NM} = 300\,000 \text{ Kč (bez DPH).}$$

**Rezerva** - poslední položkou při stanovování nákladů je rezerva, jak již název napovídá, slouží pro případy nečekaných událostí, průtahů, stávek, živelných událostí nebo jiných nečekaných událostí, které mohou způsobit prostoje a tím i navýšení ceny projektu. U novostaveb se obvykle tato rezerva vypočítá jako 10% ze ZRN.

$$R = ZRN * 0,1 = 102\,327\,500 * 0,1 = 10\,232\,750 \text{ Kč (bez DPH)} \quad (40)$$

## 2.18.5 Shrnutí nákladů a konečná cena projektu

Konečnou cenu projektu stanovíme jako součet dílčích nákladů.

Tab. 12: Souhrn dílčích nákladů a konečná cena

<b>Cena haly</b>	102 327 500,00
<b>ZRN</b>	173 956 750,00
<b>Cena zařízení staveniště</b>	13 916 540,00
<b>Náklady na stroje</b>	14 459 800,00
<b>Náklady na vnitřní zařízení</b>	1 023 275,00
<b>Náklady na výpočetní techniku</b>	2 046 550,00
<b>Náklady technologické části</b>	14 459 800,00
<b>Náklady na nehmotný majetek</b>	300 000,00
<b>Rezerva</b>	10 232 750,00
<b>Celkem</b>	<b>332 722 965,00</b>

Konečná cena projektu byla tedy stanovena na 332 722 965,00 Kč bez DPH.

### 3 ZÁVĚR

V práci bylo předloženo kompletní řešení návrhu nové výroby desek plošných spojů. V teoretické části byly popsány základní principy výrobní logistiky a její cíle, základy technologického projektování, nejpoužívanější metody řízení v podniku, principy rozmístování strojů a princip metody návrhu výroby pomocí S.L.P., EMS systém a systém managementu údržby. V dnešní době je otázka řešení projektování nových výrob stále velmi aktuální. Projektujeme-li výrobu malé velikosti, není potřeba se otázkou výrobní logistiky výrazněji zabývat a stačí, když projektant vychází z vlastních zkušeností popřípadě ze zkušeností pracovníků či mistrů. Jedná-li se ale o středně velkou až velkou výrobu, neobejdeme se v dnešní době bez nástrojů výrobní logistiky. Projektant musí dbát na celou řadu faktorů tak, aby výsledná výroba probíhala co nejplynuleji a bez zbytečných zdržení či poruch. Navržená výroba musí být efektivní z několika hledisek, musí být dobře navrženy prostory i stroje tak, aby splňovaly požadavky zadavatele a dokázaly vyrábět produkt v dostatečné kvalitě a dostatečném množství. Projektant má pro řešení těchto problémů k dispozici řadu metod, jak navrhnout efektivní výrobu. Jedná se hlavně o již vyvinuté metody a postupy osvědčené při navrhování jiných výrob a provozů. Těchto metod je ale velké množství z toho důvodu, že existuje velké množství typů výrob. Je proto potřeba se v těchto metodách orientovat a vybrat tu správnou, což byl problém i při návrhu naší výroby, kde se jako nejideálnější ukázala metoda S.L.P. Další výborný nástroj při návrhu představují softwarové nástroje pro vizualizaci a propočty výroby, kdy je možné celou výrobu vytvořit virtuálně a poté provádět nutné změny bez nutnosti stavby modelu nebo v horším případě změny již rozestavěné výroby.

V praktické části pak byly řešeny všechny hlavní aspekty návrhu výroby dle zadání, které je uvedeno na začátku praktické části. Bylo potřeba zvolit technologické řešení výroby desek plošných spojů, vybrat stroje, které jsou schopny vyrobit desky podle požadavků zadavatele a určit jejich správné množství. Bylo potřeba rozebrat každý technologický krok a zabezpečit, aby byly do výroby zajištěny všechny stroje potřebné v dané výrobní operaci. Dále bylo potřeba spočítat počty zaměstnanců a jejich rozdělení do jednotlivých oddělení tak, aby nedošlo ke zpomalení výroby, ale zároveň aby nebylo zaměstnanců příliš mnoho a nedocházelo pak ke zbytečným výdajům. Důležitou částí návrhu je poté zpracování schémat toku materiálu, aby bylo jasné, jak probíhá samotná výroba krok po kroku a které stroje jsou potřeba při výrobě jiného typu desky plošných spojů, jelikož technologické kroky jsou odlišné při výrobě oboustranných, vícevrstvých a prototypových desek plošných spojů. Součástí těchto schémat je i určení vzdálenosti jednotlivých transportních tras a množství materiálu transportovaného na těchto trasách. taktéž bylo potřeba spočítat a určit jaký způsob dopravy bude nejlepší v naší výrobě. Pro naši výrobu se ukázalo jako nejideálnější řešení transport pomocí speciálních vozíků. Poté bylo nutno spočítat velikosti jednotlivých oddělení tak, aby byly schopny pojmout všechny potřebné stroje a ještě zajistili možnost plynulé dopravy materiálu. Tyto oddělení posléze byly pomocí metody S.L.P. rozmístěny do nejideálnějšího tvaru a vzdáleností dle jejich vztahů a nutností vztahů mezi nimi. Jako hlavní dokument pak byl zpracován kompletní výkres výroby, provedena vizualizace výroby pomocí programu VisTable a zobrazení materiálových toků pomocí Sankeyových diagramů. V posledním kroku bylo zpracováno ekonomické hodnocení ve formě nákladů na realizace kompletní výroby.

Z dokumentace je vidět, že se podařilo sestavit výrobu tak, aby byla možná co nejplynulejší a nedocházelo ke ztrátám kvůli transportu materiálu. Výroba je sestavena tak, aby jednotlivé oddělení, které na sebe navazují technologickými operacemi byly co možná nejbližší u sebe, ale zároveň tak, aby se negativně neovlivňovaly. Postup materiálu výrobou je zredukován na co nejmenší míru a tím i redukovány náklady na přepravu a zaměstnance.

Myslím si, že z práce je dobře patrné, jak se postupuje při návrhu nové výroby i jaké prvky a metody je možno při jejím návrhu použít. Postup je samozřejmě velmi individuální pro každou výrobu, proto nemusí pro jinou výrobu platit to, co bylo řečeno v této práci. Obecně je mým názorem, že návrh výroby vždy z velké části závislý na zkušenostech a schopnostech projektanta bez ohledu na nástroje (ať už softwarové nebo matematické) které má k dispozici.

# LITERATURA

- [1] ŠPINKA, Jiří ; ŠIMEK, J. *Technologické projektování*. Brno : Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992. 80s
- [2] VLADIMÍR, Lukšů. *Logistika 1*. Praha : VŠE, Fakulta managementu, 2001. 102 s.
- [3] MATUSZEK, Stanislav; SMETANA, Marek. *Metody využívané ve výrobní logistice*. Ostrava : VŠB, 2004. 56 s.
- [4] DUBRAVCOVÁ, Jitka; DUBRAVEC, Petr. *Dubravec* [online]. 1998 [cit. 2010-12-09]. Výrobní Logistika. Dostupné z WWW: <<http://www.dubravec.cz/dubravicovi/cl000002.htm#a14>>
- [6] PÁNEK, Pavel. *Výrobní Logistika* [online]. Praha : Provozně ekonomická fakulta, 2009. 53 s. Referát. ČZU. Dostupné z WWW: <[pef.czu.cz/~panek/Logistika\\_09/Logistika\\_8.ppt](http://pef.czu.cz/~panek/Logistika_09/Logistika_8.ppt)>
- [7] ŠILER, Jiří. *Odbornecasopisy* [online]. 2001 [cit. 2010-12-09]. Výrobní logistika v systémech aplikačního softwaru. Dostupné z WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/download/au040141.pdf>>
- [10] HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů Technologické projekty I*. 3 vydání Brno PC-DIR Real s.r.o. 1999 197s ISBN 80-214-1472-3
- [11] STARÝ, Jiří, Miroslav ZATLOUKAL a Petr STEJSKAL. *Montážní a propojovací technologie: MMOT*. Brno: VUT FEKT, 2010.
- [13] NEJEDLÝ, J. *Technologický projekt výrobní linky na výrobu plastových oken*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 75 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Rumišek, CSc.
- [14] HENZL, D. *Technologický projekt výroby nerotačních (deskových) součástí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 90 s. Vedoucí práce. doc. Ing. Pavel Rumišek, CSc.
- [15] ŠPINKA, Jiří. *BPPV: Rozmístování technologických zařízení a souborů*. Brno: VUT, 2008, s. 1-4.
- [16] PUCHMELTR, Ivan. Trendy v managementu údržby. In: [online]. 2008 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/trendy-v-managementu-udrzby.htm>
- [17] ŠPINKA, Jiří. *Skripta MTPL: EMS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007. 102 s.
- [18] MUTHER, Richard. *Systematické projektování (S.L.P.)*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970. 198 s.
- [19] HANZALA, Petr. *Ekonomie staveb a sídel: Ekonomie ve výstavbovém procesu*. [online]. 2002, s. 24 [cit. 2013-05-25]. Dostupné z: [www.spa-fa.cz/filedl.php?ids=640](http://www.spa-fa.cz/filedl.php?ids=640)

# SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

S.L.P.	Systematic layout planning
CRAFT	Computer relative allocation of facilities technique
$P_{th}$	Teoretický počet strojů [ ks ]
$t_k$	Kusový čas na danou operaci [ Nmin ]
$E_s$	Efektivní fond stroje v jedné směně [ h/rok ]
N	Počet vyráběných kusů [ ks ]
$S_s$	Směnnost strojních pracovišť
$\eta_{op}$	Využití strojů dané operace [ % ]
$P_{th}$	Teoreticky vypočtený počet strojů [ ks ]
$P_{sk}$	Skutečný počet strojů [ ks ]
$D_{vs1}, D_{vs2}$	Počet výrobních strojních dělníků v 1. a 2. směně
$S_s, S_r$	Směnnost strojních a ručních dělníků
$D_{vr1}, D_{vr2}$	Počet výrobních dělníků ručních v 1. a 2. směně
$D_v$	Celkový počet výrobních dělníků
$F_v$	Výrobní plocha [ m <sup>2</sup> ]
$F_s$	Výrobní plocha strojních pracovišť [ m <sup>2</sup> ]
$F_r$	Výrobní plocha ručních pracovišť [ m <sup>2</sup> ]
$f_r$	Měrná plocha ručního pracoviště [ m <sup>2</sup> / ruční pracoviště ]
$f_s$	Měrná plocha strojního pracoviště [ m <sup>2</sup> / stroj ]
$F_{phm}$	Pomocná plocha pro hospodaření s náradím
$F_{pú}$	Pomocná plocha údržby
$F_{pskl}$	Pomocná plocha skladová
$F_{pdc}$	Pomocná plocha vnitřních dopravních cest
$F_{pk}$	Pomocná plocha kontroly
MRP	Manufacturing Resource Planning
JIT	Just In Time
OPT	Optimized Production Technology
TCM	Total Capacity Management
APS	Advanced Planning and Scheduling
BOA	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe - uvolňování zakázek podle vytížení
OPT	Optimized Production Technology - řízení úzkých míst
PPO	Preventivní plánované opravy
TPM	Total productive maintenance
TEI	Total employee involvement
EMS	Emnviromentální management
AOI	Automatic optical inspection
HAL	Hot air levelling
DPS	Deska plošných spojů
QS	Quality system
CAM	Computer aid manufacturing
CIM	Computer integrated manufacturing
N	Počet vyrobených kusů za měsíc
$t_k$	Kusový čas
$E_s$	Pracovní fond za měsíc
$E_{sdov}$	Časový fond dovolené a nemoci
$E_{sudrž}$	Časový fond údržby
$E_{sefektivní}$	Efektivní časový fond
$P_v$	Výrobní pracovníci
$P_{vev}$	Evidenční počet výrobních pracovníků
$P_{ob}$	Obslužní pracovníci

$P_{obeV}$	Evidenční počet obslužných pracovníků
$P_{THP}$	Technicko-hospodářští pracovníci
$P_{THPeV}$	Evidenční počet technicko-hospodářských pracovníků
$P_{THPeVA}$	Technicko-hospodářští pracovníci - Administrativa
$P_{THPeVK}$	Technicko-hospodářští pracovníci - Konstrukteři
$P_{THPeVO}$	Technicko-hospodářští pracovníci - Operativní řízení
$P_c$	Celkový počet pracovníků
$P_{c2s}$	Celkový počet pracovníků pro obě směny
$V_{DPS}$	Plocha desek vyrobených za rok
$R_{DPS}$	Odhadovaný průměrný rozměr vyráběných DPS
$R_f$	Počet pracovních dní v kalendářním roce 2013
$P_{DPSR}$	Počet DPS vyrobených ročně
$V_{DPSD}$	Počet DPS vyrobených za den
$P_{DPSV}$	Počet DPS ve výrobě
$P_D$	Pracovní doba jedné směny
$P_{pV}$	Přibližný počet potřebných vozíků
$P_{DV}$	Počet DPS, které se vejdou průměrně na vozík
$C_H$	Cena haly
$ZRN$	Základní rozpočtové náklady
$N_{ZS}$	Náklady na zařízení staveniště
$C_{CS}$	Celková cena strojů
$N_{VZ}$	Náklady na vnitřní zařízení
$N_{VT}$	Náklady na výpočetní techniku
$N_{TČ}$	Náklady technologické části
$N_{NIM}$	Náklady na nehmotný majetek
$R$	Rezerva

# SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.1.....Tabulka požadavků na personál  
Příloha č.2.....Schéma materiálového toku a vzdáleností jednostranných a oboustranných DPS  
Příloha č.3.....Schéma materiálového toku a vzdáleností vícevrstvých DPS  
Příloha č.4.....Schéma materiálového toku a vzdáleností prototypových DPS  
Příloha č.5.....Redukovaná šachovnicová tabulka výroby jednostranných a oboustranných  
DPS  
Příloha č.6.....Redukovaná šachovnicová tabulka výroby vícevrstvých DPS  
Příloha č.7.....Redukovaná šachovnicová tabulka výroby prototypových DPS  
Příloha č.8.....Navrhované rozvržení místností v rámci metody S.L.P.  
Příloha č.9.....Kompletní výkres navrhované výroby přízemí  
Příloha č.10.....Kompletní výkres navrhované výroby 1.patro  
Příloha č.11.....Sankeyův diagram materiálových toků výroby jednostranných a oboustranných  
DPS  
Příloha č.12.....Sankeyův diagram materiálových toků výroby vícevrstvých DPS  
Příloha č.13.....Sankeyův diagram materiálových toků výroby prototypových DPS  
Příloha č.14.....Kompletní výkres výroby generovaný z programu VisTable