

# **ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.**

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

## **NOVÝ LAYOUT PRACOVIŠŤ PRO KONTROLU A OPRAVU NESHODNÉ VÝROBY LAKOVANÝCH DÍLŮ**

**David VOTAVA**

Vedoucí práce: prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.

*Tento list vyjměte a nahrad'te zadáním bakalářské práce*

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 9. 12. 2015

Děkuji prof. Ing. Radimu Lenortovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a poskytování věcných rad. Dále bych rád poděkoval kolegům z firmy Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o. za poskytnutí informačních podkladů. Děkuji také bratru Filipu Votavovi za pomoc s grafickým zpracováním layoutů a Sankeyových diagramů.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	6
Úvod.....	7
1 Logistika výroby .....	8
1.1 Veličiny ovlivňující logistiku výroby .....	9
1.2 Obsah výrobní logistiky.....	10
2 Layout.....	12
2.1 Typy layoutu .....	12
2.2 Rozmístění pracovišť .....	14
3 Analýza současného stavu .....	19
3.1 O společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o. ....	19
3.2 Řešená pracoviště v kontextu výrobního procesu .....	20
3.3 Podmínky pro současný stav .....	20
3.4 Detailní rozbor dnešního stavu .....	23
3.5 Rozbor kapacit a materiálových toků .....	24
4 Návrh nového layoutu .....	35
4.1 Podmínky pro nový layout.....	35
4.2 Vlastní návrh layoutu .....	37
Závěr .....	41
Seznam literatury .....	42
Seznam obrázků a tabulek.....	43
Seznam příloh .....	44

## Seznam použitých zkratek a symbolů

APS	Advanced Planning Systems
BMW	Bayerische Motoren Werke
cca	cirka
CRAFT	Computerized Relative Allocation of Facilities Technique
ČR	Česká republika
ERP	Enterprise Resource Planning
ESVD	Elektronický sběr výrobních dat
hod	hodina
ks	kus
m	metr
MRP	Material Requirments Planning
např.	například
NOK	neshodný, neopravitelný
obr.	obrázek
OK	v pořádku, shodný
OPT	Optimized Production Technology
prům.	průměrně
s	sekunda
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
tab.	tabulka
VW	Volkswagen

## Úvod

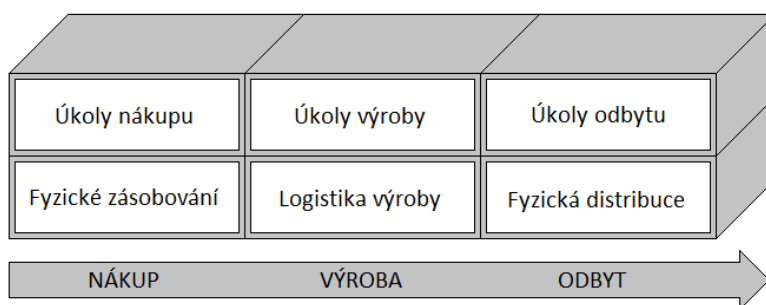
V důsledku rozšíření automatické linky lakovny nymburského závodu společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o. se pracoviště pro kontrolu a opravu neshodné výroby stanou úzkým hrdlem výrobního procesu. Cílem práce je tedy vytvořit nový, vyhovující layout pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby a odstranit tak úzké hrdlo procesu.

Teoretická část je věnována pojmům výrobní logistika (1. kapitola) a layout (2. kapitola). V první kapitole je výrobní logistika zasazena do kontextu ostatních vnitropodnikových disciplín, je představen její obsah, definovány úkoly a cíle. V druhé kapitole jsou uvedeny základní typy layoutu a dále rozčleněny a vysvětleny metody prostorového rozmístování pracovišť a zařízení v rámci výrobních úseků.

V praktické části je provedena analýza stávajícího rozmístění pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby lakovaných dílů v závodě Nymburk firmy Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o. (3. kapitola). Poslední kapitola (4. kapitola) je věnována tvorbě nového layoutu na základě stanovených prostorových a kapacitních požadavků. Na konci kapitoly je pak provedeno srovnání nalezených variantních řešení.

# 1 Logistika výroby

Logistika výroby (též výrobní logistika) je obor silně spojený s dalšími odvětvími podnikové logistiky, především s logistikou nákupu a logistikou distribuce. Nejedná se tedy o izolovaně uchopitelnou a oddělitelnou část logistiky. Vztah logistiky výroby k ostatním složkám podniku naznačuje obrázek 1.



Zdroj: Günther a Tempelmeier, 2005, str. 9

**Obr. 1 Vztah logistiky výroby k ostatním složkám podniku**

Pojem logistika výroby může být podle šíře chápání definován různými způsoby:

„Vycházíme-li z toho, že výroba je brána jako část logistického řetězce, platí následující definice: Logistika výroby, podporována nadřazenou podnikovou logistikou, je soubor úkolů a od nich odvozených opatření k zajištění optimálního toku materiálu, informací a hodnot v transformačním procesu výroby.“ (Ehrmann, 2012, str. 431)

„Logistika výrobního procesu představuje řízení materiálových toků uvnitř podniku. Materiálové toky přitom musí být přímočaré, přehledné, bez vracení, bez problémového křížení a co nejkratší. Jsou vyjádřeny směrem, intenzitou a frekvencí.“ (Jurová, 2013, str. 80-81).

**Hlavním úkolem** logistiky výroby je realizovat ve výrobě zlepšování, zjednodušování a úspory. Konkrétně se jedná o zlepšování výroby směrem k zákazníkovi, zvyšování flexibility výroby, redukci průběžných časů, redukci zásob, optimální průběh transportů ve výrobě, redukci rozmanitosti dílů, šíře sortimentu a počtu variant, vyrovnanost výrobních dávek, harmonizaci kapacit, zlepšování dostupnosti výrobních faktorů, zlepšování layoutu, snižování výrobních nákladů a optimalizování kombinace vlastní a dodavatelské výroby.



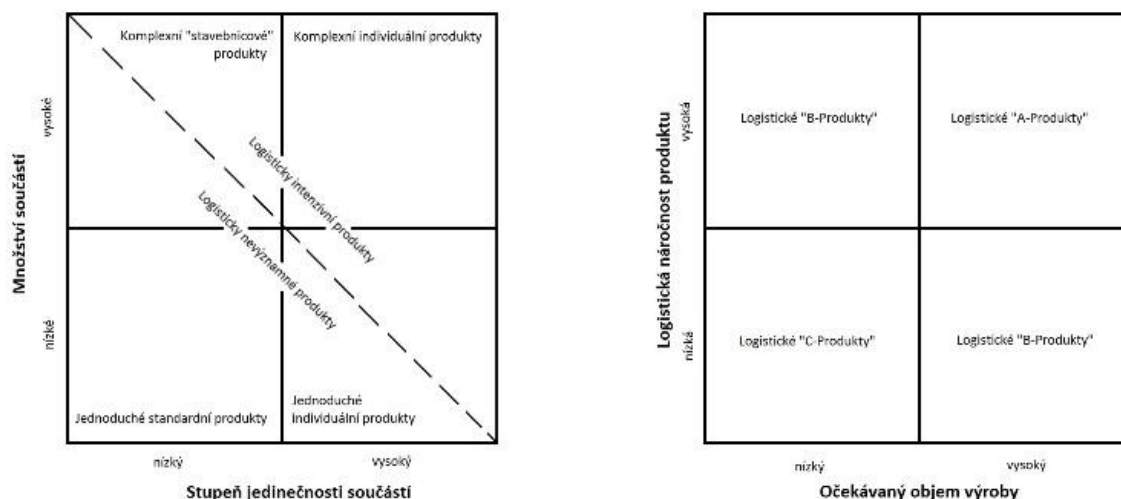
**Hlavním cílem** logistiky výroby je řídit výrobu tak, aby uspokojila potřeby trhu a aby byla v souladu s nadřazenými cíli podniku. Pro dosažení těchto cílů jsou vyvíjeny výrobní strategie, které poskytují rámcové podmínky k tvorbě optimálních procesů plánování a řízení výroby. Důležité oblasti, kterých se výrobní strategie dotýkají, jsou velikost podniku, kapacita, řízení výroby, vlastní provedení výroby, kvalita výrobků, hloubka výroby, zákaznický servis a náklady. (Ehrmann, 2012)

## 1.1 Veličiny ovlivňující logistiku výroby

Mezi hlavní veličiny ovlivňující výrobní logistiku patří vývoj výrobku, výrobová struktura a struktura výroby.

Při **vývoji výrobku** by měl být brán zřetel i na výrobní a logistické aspekty. Tyto aspekty by tedy neměly být řešeny odděleně v druhém kroku po vývoji či technické inovaci výrobku. Jsou-li dodavatelé zapojeni již v raném stádiu inovačního procesu, lze v budoucnu v rámci dodavatelského řetězce očekávat plynulý materiálový tok.

Z hlediska **výrobové struktury** ovlivňují logistiku především kombinace jedinečnosti a komplexity výrobku a kombinace očekávaného vyráběného množství a logistické intenzity výrobku (naznačeno na obrázku 2).



Zdroj: Ehrmann, 2012, str. 434-435

**Obr. 2 Kombinace jedinečnosti a komplexity výrobku, kombinace očekávaného vyráběného množství a logistické intenzity**

**Struktura výroby** je určena především principy výroby. Existuje technologický princip, předmětný princip a buňkový princip. Podle postupu materiálu lze rozlišit dílenskou výrobu, pásovou výrobu, výrobu na staveništi nebo statickou výrobu a kombinované formy výroby. Podle množství vyráběných kusů existuje kusová výroba, sériová výroba a hromadná výroba. Mimo to existují japonské formy štíhlé výroby (uspořádání strojů do „U“, Jidoka, Poka-Yoke a jiné) a novější pohledy na výrobní strukturu jako segmentace výroby (modulární továrna) a fraktální struktura. (Ehrmann, 2012)

## 1.2 Obsah výrobní logistiky

Obsah výrobní logistiky tvoří plánování layoutu, plánování a řízení výroby a návrh organizačních konceptů, přičemž v těchto bodech jsou výrobní logistice ve velké míře nápomocné další disciplíny jako například technické plánování, organizace a příprava práce.

Pojem **plánování layoutu** je potrobně rozveden v kapitole 2.

Pod pojmem **plánování a řízení výroby** se rozumí plánování, realizace a kontrolování průběhu výroby hlediska množství a času. Plánování a řízení výroby zasahuje i mimo oblast výroby, například do materiálového hospodářství a logistiky nákupu. Pro systémy plánování a řízení výroby je charakterický zpravidla heuristický postup, přičemž cílem je najít lehce srozumitelné řešení na základě vstupních dat.

Mezi úkoly plánování a řízení výroby patří plánování výrobního programu a kapacity, správa základních dat (například kmenová data či výstupy z výroby), úkoly materiálového hospodářství a dílenské řízení, termínové plánování a plánování času.

Od té doby, co se do plánování a řízení výroby prosadil logistický způsob myšlení, je na úkor permanentního vytížení kapacit kladen zvýšený důraz na přizpůsobení se trhu, absolutní dodržování termínů a krátké průběžné časy. Dnešní cíle tedy jsou dodržování termínů, minimalizace průběžných časů, minimalizace vázaného kapitálu, nízké skladové zásoby, optimální vytížení kapacit, to vše za minimálních nákladů.

Plánování a řízení výroby, jakož obecně celá logistika, se také podílí na utváření **organizačních konceptů** uvnitř podniku. Znamé organizační koncepty jsou například MRP (Material Requirments Planning), ERP (Enterprise Resource Planning), APS (Advanced Planning Systems), OPT (Optimized Production Technology), Kanban a systém výroby Just-in-Time. (Ehrmann, 2012)

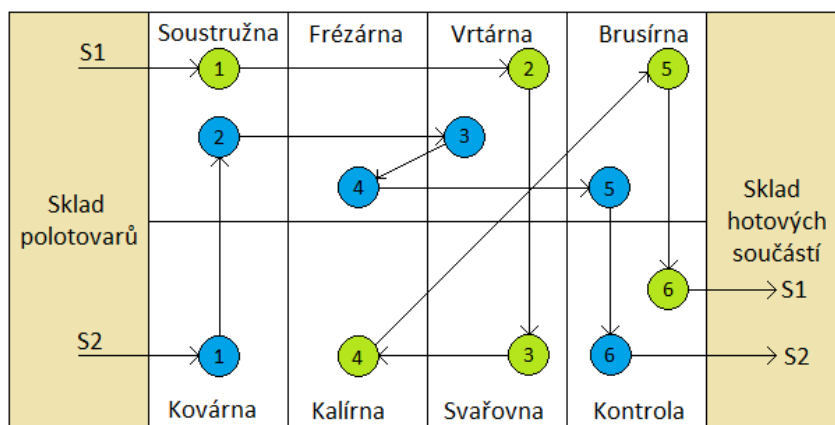
## 2 Layout

„Layout neboli půdorysná dispozice strojů a zařízení je základní součástí výkresové dokumentace. Kromě strojů a zařízení zachycuje i technické prostředky zajišťující manipulaci s materiálovými prvky.“ (Jurová, 2013, str. 81) Popis se dá v rámci výrobní logistiky v nadřazené rovině aplikovat i na rozmístění pracovišť či dílen v rámci celého podniku.

### 2.1 Typy layoutu

Základní typy výrobního layoutu určuje uspořádání pracovišť a zařízení. To je ovlivněno druhem a úrovní specializace výrobního procesu, materiálovým tokem a průběhem výrobního procesu v čase. Rozlišujeme layout technologický (skupinový), předmětný a buňkový.

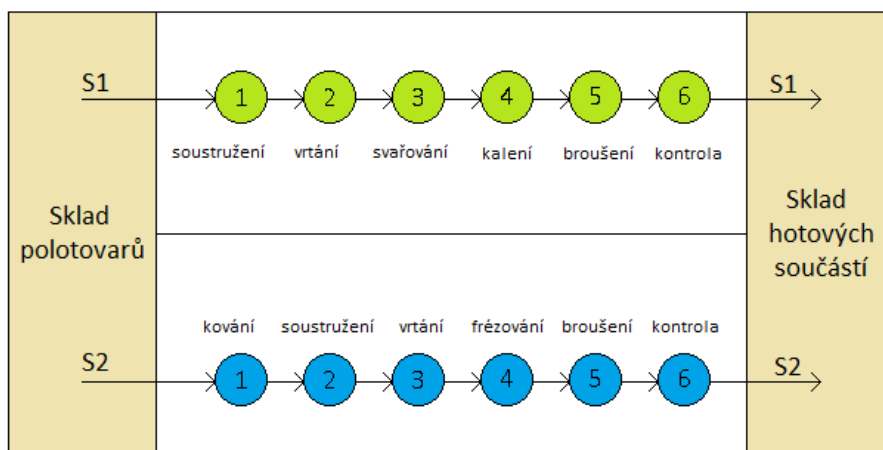
**Technologický layout** (viz obr. 3) charakterizuje soustředěnost pracovišť se stejným druhem činnosti do jedné jednotky. Takto v rámci závodu vzniknou specializované dílny, např. lisovna, kovárna, svařovna, mezi kterými výrobek v jednotlivých fázích výroby putuje. Výhoda tohoto řešení je, že se výrobní jednotka soustředí pouze na jednu činnost a mohou tak vzniknout složitější, především zakázkově vyráběné strojírenské výrobky. Nevýhodami jsou zejména složité plánování řízení výroby a vyvažování kapacit spolu s náročnou přípravou a manipulací. To vede k dlouhým průběžným časům výroby a k častému hromadění zásob. Ve složitém výrobním systému se jen těžko hledají příčiny chyb. Vytížení pracovišť a obsluhy není kvůli kolísavému materiálovému toku ideální.



Zdroj: Tomek a Vávrová, 2000, str. 93

**Obr. 3 Technologický layout**

Zatímco technologický layout je orientován na výrobní proces, **předmětný layout** (viz obr. 4) klade důraz na výrobek. Pracoviště a zařízení jsou rozmístěna tak, aby na sebe navazovala v rámci výrobního procesu daného výrobku nebo jeho části a tvořila tak výrobní linku. Často se tedy stane, že v závodě existuje více pracovišť provádějících stejnou činnost, která nejsou soustředěna do jednoho místa. Předpoklady pro použití tohoto řešení jsou adekvátní dosahovaný objem produkce zajišťující rozumnou vytiženost pracovišť, stabilní poptávka po produktu, standardizace produktu, záměnnost dílů a stálá dodávka materiálu. Proto se tento typ layoutu používá v hromadné či sériové výrobě. Jeho hlavní výhody jsou nízké výrobní náklady, naprosto přehledná a snadno říditelná výrobní struktura, plynulost a předvídatelnost materiálového toku a vysoké vytižení jednotlivých pracovišť. K nevýhodám se řadí složité přizpůsobování jednotlivých pracovišť na pozměněný výrobní program a neexistence zpětných cest v rámci výrobního procesu. Tento typ layoutu se používá například ve výrobě automobilů či domácí elektroniky.



Zdroj: Tomek a Vávrová, 2000, str. 94

#### **Obr. 4 Předmětný layout**

Kombinací obou výše popsaných uspořádání vznikne **buňkový layout**. Při tomto uspořádání jsou okolo výrobní linky rozmístěny technologicky různé stroje, které jsou v rámci této linky schopny vyrábět různé produkty, které však mají některé kroky výrobního postupu shodné. Takové produkty tvoří tzv. výrobkovou rodinu. Pro popis materiálových toků a samotné výroby je zde nutné analyzovat technologické postupy, kusovníky a plány zadávané výroby. (Jurová, 2013, Tomek a Vávrová, 2000, Shim a Siegel, 1999)

Při tvorbě nového layoutu musí být brán zřetel na pravidla rozmísťování pracovišť a zařízení.

## 2.2 Rozmístění pracovišť

Jednotlivá pracoviště a zařízení musí být z logistického hlediska v prostoru rozmístěna tak, aby mezi nimi byla zaručena plynulost materiálového toku v nejvyšší možné míře, aby tento tok byl co nejkratší, minimalizovaly se zbytečné zpětné cesty a nedocházelo k neracionálnímu křížení materiálových toků. (Tomek a Vávrová, 2000, str. 315). Zároveň je nutné vždy zohlednit četné technologické požadavky. Pro nalezení vhodného rozmístění existuje řada metod. Mezi ně patří analytické metody, metoda CRAFT a simulace. Tyto metody však nemusí nutně vést k optimálnímu řešení, jejich výsledky se mohou různit. V takovém případě je vhodné použít heuristický přístup. (Jurová, 2013, str. 82)

### 2.2.1 Analytické metody

Základní analytickou metodou prostorového uspořádání je **šachovnicová tabulka** (viz obr. 5). Spočívá v zaznamenání toků materiálu mezi jednotlivými pracovišti (případně jinými objekty) do tabulky. Tok může být vyjádřen například počtem kusů, celkovou hmotností nebo objemem přepravovaného materiálu za jednotku času. Názvy pracovišť jsou vepsány do prvního sloupce a do prvního řádku tabulky tak, že se každý z nich nachází v prvním řádku právě jednou a v prvním sloupci právě jednou, a zároveň se průsečík shodných názvů nachází vždy na diagonále. Tabulka zachycuje relace mezi pracovišti takové, že pracoviště v prvním sloupci odesílá a pracoviště v prvním řádku odebírá. Poslední řádek a poslední sloupec tabulky tvoří zpravidla shrnutí. Z tabulky lze tedy vyčíst, mezi jakými pracovišti (objekty) a jakým směrem jsou dráhy nejvytíženější, a tudíž jaké dráhy by měly být nejkratší. Tabulka je však pouhým uspořádáním surových dat a často slouží jako podklad pro další již více vypovídající analýzy či optimalizace.

Odesílá \ Odebírá	Odsun z podniku	Ústřední sklad	Provoz 1	Provoz 2	Provoz 3	Provoz 4	Sklad hotových výrobků	Sklad odpadu	Celkem
Přísun do podniku		10 000							10 000
Ústřední sklad			3 000	3 500	1 500	2 000			10 000
Provoz 1				750	1 500	450		300	3 000
Provoz 2					2 000	2 000		250	4 250
Provoz 3						2 500	2 200	300	5 000
Provoz 4							6 550	400	6 950
Sklad hotových výrobků	8 750								8 750
Sklad odpadu	1 250								1 250
<b>Celkem</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>	<b>3 000</b>	<b>4 250</b>	<b>5 000</b>	<b>6 950</b>	<b>8 750</b>	<b>1 250</b>	<b>49 200</b>

Zdroj: Tomek a Vávrová, 2000, str. 302

#### **Obr. 5 Šachovnicová tabulka**

Jedním z dalších postupů může být **trojúhelníková metoda**. Výchozí data z šachovnicové tabulky jsou v prvním kroku shrnuta do pravé horní, nebo levé dolní části tak, že se v této části nachází kumulace materiálového toku (relace odesláno a odebráno). Dalším krokem je seřazení relací dle kumulativních hodnot od nejvytíženější po nejméně vytíženou. Poslední krok představuje rozmístování pracovišť do sítě tvořené rovnoramennými trojúhelníky, přičemž se začíná pracovišti s největším objemem vzájemné přepravy. Tato dvě umístíme do sítě, do libovolných dvou sousedních bodů. Poté ze zbývajících pracovišť vybereme to s největším objemem přepravy s již zanesenými pracovišti a umístíme jej do sítě tak, aby spolu s již zanesenými pracovišti tvořilo rovnoramenný trojúhelník. V rozmístování zbylých pracovišť pokračujeme obdobně. Konečné rozmístění již poskytuje představu o podobě reálného layoutu. V prostém rozdělení do trojúhelníkové sítě však nejsou zohledněny vlastnosti jednotlivých pracovišť jako například velikost či nutnost mezioperační zásoby. Rovněž technologické vlivy a variabilitu výroby metoda nepostihuje. Je tedy vhodná v případě, že je s pracovišti

možno manipulovat s nízkými náklady a není mezi nimi nutnost budovat stálé manipulační prostředky přepravního charakteru. (Tomek a Vávrová, 2000)

Dalším analytickým postupem je **metoda souřadnic**. Tato metoda využívá známé rozmístění části materiálem méně vytěžovaných pracovišť (objektů) v souřadném systému. Pro nalezení polohy centrálního pracoviště (nového pracoviště), je nutné znát souřadnice poloh stávajících pracovišť a vybraný parametr popisující materiálový tok mezi stávajícími pracovišti a centrálním (novým) pracovištěm (například počet ks). Souřadnice (X, Y) centrálního (nového) pracoviště vyplývají z následujících vztahů (CIE, ©2013):

$$X = \frac{\sum x_i \cdot q_i}{\sum q_i} \quad Y = \frac{\sum y_i \cdot q_i}{\sum q_i}$$

kde

X,Y...hledané souřadnice objektu

$x_i, y_i$ ...souřadnice daných objektů

i...číslo objektu

q...váha vztahu mezi daným a hledaným objektem.

Řešení poskytnuté metodou souřadnic velmi závisí na již provedeném rozmístění stávajících pracovišť a konečné rozmístění všech pracovišť tedy nelze považovat za optimální.

Vzhodným nástrojem pro grafické znázornění materiálových toků v prostoru je **Sankeyův diagram**. Pracoviště jsou znázorněna v polohách stávajícího půdorysného uspořádání. Mezi pracovišti vedou čáry, jejichž délka odpovídá vzdálenosti mezi pracovišti a tloušťka velikosti materiálového toku za časovou jednotku. Šipka naznačuje směr toku a šrafovaní druh přepravovaného materiálu. Diagram je tedy vhodný k posouzení současné situace, případně jako podklad pro hledání nového řešení. (Tomek a Vávrová, 2000)

### 2.2.2 Počítačové metody

**Metoda CRAFT** (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) je příbuzná postupům síťové analýzy, avšak k jejímu zpracování slouží pro složitost problému výpočetní technika. Nutnými vstupy jsou obecné pozice pracovišť,



velikosti materiálového toku mezi jednotlivými pracovišti a cena přepravy za jednotku vzdálenosti mezi jednotlivými pracovišti. Samotný problém představuje nalezení takového rozmístění pracovišť v obecných pozicích, že hodnota následující funkce je minimální (Tomek a Vávrová, 2000, str. 307):

$$N = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (c_{ij} \times l_{ij})$$

kde

n...počet pracovišť i a j,

$c_{ij}$ ...náklad na manipulaci mezi pracovišti i a j na jednotkovou vzdálenost,

$l_{i,j}$ ...vzdálenost mezi pracovišti i a j v jednotkách, pro které je stanoven náklad na manipulaci.

O provedení změny rozmístění pracovišť lze potom snadno rozhodnout porovnáním úspory logistických nákladů vzniklé novým rozmístěním pracovišť s náklady na přemístění pracovišť.

Další metodou nápomocnou nejen při rozmisťování pracovišť je **počítačová simulace**. Jako vstupy lze použít všechny informace a data, které jsou o výrobním procesu k dispozici. Čím více vstupů je do modelu zadáno, tím přesněji může být popsána skutečnost. Též záleží na kvalitě a přesnosti vstupů. Existuje i možnost vstupy generovat náhodně podle určitého klíče.

Počítačová simulace se používá zejména tehdy, pokud je vyzkoušení nového uspořádání náročné (např. je nutná výrazná přestavba haly či technologií). Její velkou výhodou je možnost testování velkého počtu scénářů v relativně krátkém čase. Její nevýhodou je zpravidla nutnost použití speciálního software a zároveň velmi vysoká závislost mezi kvalitou a množstvím vstupů a vypovídající hodnotou výstupu. (Ehrmann, 2012).

#### 2.2.4 Heuristický přístup

Pakliže exaktní metody negenerují uspokojivá řešení, například je-li problém příliš specifický, lze aplikovat **heuristický přístup**. Ten spočívá ve sledování vlastního zvoleného postupu, přičemž nelze dokázat, že postup vede ke správnému řešení. Pokud je postup zvolen vhodně, lze najít řešení, které postačuje a je použitelné

(nikoliv optimální). Tento postup je oproti jiným metodám často omezen prostorem, ve kterém hledáme řešení. (Tomek a Vávrová, 2000)

Základní heuristické postupy jsou konstrukční a záměnný. Při konstrukčním postupu jsou známy rozměry jednotlivých pracovišť (či strojů a zařízení) a dispozice plochy, na kterou jsou tato pracoviště umisťována. Je předpokládána existence půdorysného výkresu plochy i pracovišť a preferenčních podmínek. Prvním krokem je vytvoření pořadí, v jakém budou pracoviště přidávána na plochu. Druhý krok spočívá v samotném rozmisťování pracovišť na plochu a zkoušení vhodnosti jednotlivých rozmístění. Pokud je známo výchozí uspořádání, lze použít záměnný postup, který spočívá v záměně pracovišť na daném půdorysném výkresu a porovnáváními nově vzniklých uspořádání. (Ehrmann, 2012)

### **3 Analýza současného stavu**

Praktická část práce je věnována samotné problematice rozmístění pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby lakovaných dílů (dále budou používány též zkrácené názvy „pracoviště kontroly“ a „pracoviště opravy“), konkrétně v závodě Nymburk jednoho z předních dodavatelů v automobilovém průmyslu, firmy Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o.

#### **3.1 O společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o.**

Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o. je česká společnost sídlící v Liberci. Jedná se o jednoho z předních dodavatelů plastových dílů pro automobilový průmysl nejen v rámci ČR, nýbrž také v celoevropském měřítku. Mezi její zákazníky patří mnoho světových automobilových výrobců (např. VW, BMW, Ford či Toyota) i česká Škoda. Ve svých devíti závodech ve střední a východní Evropě dnes zaměstnává okolo 4 000 lidí. Je aktivní nejen v oblasti výroby, ale také na poli vývoje. Výrobky firmy lze rozdělit na exteriérové a interiérové. Exteriérové díly jsou například nárazníky, plastové krytky, ozdobné prahy, zrcátka či masky. Mezi interiérové prvky patří například palubní desky, výplně dveří, ochranné plasty v zavazadlovém prostoru či stropní madla. K technologiím používaným ve výrobě se řadí vstřikování, lakování, svařování plastů vibrací, ultrazvukem a horkým elementem, ořez laserem, vypěňování, lisování, technologie slush či zastřikování textilu a plastových fólií.

Tradice firmy sahá až do roku 1946, kdy byl založen "Plastimat národní podnik " se sídlem v Jablonci nad Nisou. První výlisek pro automobilový průmysl firma vyrobila o deset let později. V roce 1982 byl vyroben první nárazník pro automobilový průmysl a od roku 1991 firma proklamuje orientaci na technicky náročné výrobky pro automobilový průmysl. V posledních dekádách firma vystřídala několik majitelů. Od roku 2009 je součástí světového výrobce automobilových součástí Magna a od té doby podnik také nese jeho jméno. Posledním významným milníkem je otevření závodu v německém Meerane roku 2012. (Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o., ©2011)

### **3.2 Řešená pracoviště v kontextu výrobního procesu**

V závodě Nymburk firma produkuje plastové díly pro interiér a exteriér automobilů různých výrobců. Základními provozmi závodu jsou montáž, vstřikovna a lakovna.

Výrobní proces provozu lakovna se skládá ze tří základních fází: očištění a navěšení surových dílů; lakování automatickou linkou Dürr; finální zpracování lakovaných dílů (svěšení nalakovaných dílů, jejich kontrola, případné vyřazení, oprava či repase neshodných dílů a umístění do obalu).

Skupina pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby lakovaných dílů se tedy nachází v provozu lakovna na konci výrobního procesu v úseku finálního zpracování lakované výroby. Úkolem těchto pracovišť je účinné odhalení a vytřídění neshodné výroby po automatickém lakování a oprava neshodných kusů formou povrchové úpravy (dále jen „oprava“) či jejich repase. V rámci úseku rovněž probíhá konečné uložení dílů do obalu.

Požadavky na výkon pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby lakovaných dílů v Nymburce jsou určeny parametry a výkony automatické lakovací linky a jejím výrobním programem. Prostorové uspořádání pracovišť je dáno velikostí haly a jejími specifiky (umístění vrat a technologií pro kabiny lokálních oprav), dobou a rozsahem výkonu na konkrétních pracovištích, velikostí lakovaných dílů, použitou technologií (lože pro kontrolu a opravu nejsou zcela univerzální), počtem typů lakovaných dílů, vlastnostmi obalů (velikost, kusový objem, způsob a logika plnění) a snahou o minimalizaci času, který díl stráví mimo obal, a minimalizaci manipulace s dílem v tomto čase.

### **3.3 Podmínky pro současný stav**

Současné vstupní podmínky pro pracoviště pro kontrolu a opravu neshodné výroby vyplývající z parametrů lakovací linky jsou následující: takt linky 60 sekund, tj. teoretická kapacita 60 skidů za hodinu, 5 výměn barev za hodinu. Další technologické prostoje lakovací linky nejsou kvůli jejich nestálosti uvažovány. Každá výměna barev vyžaduje technologický prostoje 60 sekund, což má za následek ztrátu kapacity 1 skidu. Kapacita lakovací linky je tedy 55 skidů za hodinu. Skidy jsou kovové konstrukce, na kterých jsou navěšeny nárazníky po celou dobu průběhu automatického lakování.

Podíl neshodné produkce po fázi automatického lakování činí 36,5% (z toho jsou průměrně 7,5% neopravitelná (NOK), 4% nutno repasovat (repase probíhá pouze u nárazníků) a 25% nutno povrchově opravit. U všech svěšených dílů probíhá kontrola.

Vyráběné díly lze rozdělit do čtyř kategorií – malé díly (např. krytka vlečného oka), střední díly (maska), malé nárazníky a velké nárazníky. V současné době je sériově lakováno 17 typů dílů, tedy asi 200 barvotypů. Důležitý je počet skupin dílů, přičemž skupinu lze vždy zpracovávat na jednom typu pracoviště. Průměrný výrobní program je znázorněn v tabulce 1. Na jednom skidu je navěšen vždy pouze jeden typ dílu. Typickou výrobní dávku tvoří 10 skidů nesoucí malé či velké nárazníky (nebo také střední díly typu „TMC ext. přední a TMC ext. zadní“). Těchto 10 skidů může být doplněno podle potřeby až 5 skidy nesoucími malé či střední díly (výjimku tvoří střední díly typu „TMC ext. zadní“ a „TMC ext. přední“) stejné barvy, jako mělo předchozích 10 skidů. Sekce haly, kde se nachází úsek finálního zpracování lakovaných dílů, je 52 metrů dlouhá, 32 metrů široká a 10 metrů vysoká. Z celkové plochy  $52 \times 32 = 1\,664 \text{ m}^2$  však cca  $667 \text{ m}^2$  zabírají technologické plochy a plochy pro skladování. Důležitými vlastnostmi prostoru jsou dále polohy svěšovacích ramp, umístění kabin lokálních oprav (pracoviště repase) a hlavních vrat, jimiž se přivážejí prázdné obaly a odváží obaly s veškerou OK produkcí. Do téže sekce haly je dále situován prostor pro obaly s dočasně zaskladněnou rozpracovanou výrobou a pro ne zcela plné obaly.

**Tab. 1 Průměrný výrobní program**

	počet ks/skid	prům. počet skidů/hod	prům. počet ks/hod	prům. počet ks/den
AP přední	3	5,9	17,8	427,4
AP zadní	4	4,5	17,8	427,4
AC přední	3	5,9	17,8	427,4
AC zadní	4	4,5	17,8	427,4
TMC přední	3	6,8	20,5	491,3
TMC zadní	4	5,1	20,5	491,3
<b>malé nárazníky</b>	<b>3,4</b>	<b>32,7</b>	<b>112,2</b>	<b>2692,1</b>
<b>celkem dráhy 1,2,3</b>	<b>3,4</b>	<b>32,7</b>	<b>112,2</b>	<b>2692,1</b>
VW T5 přední	3	5,5	16,4	393,0
VW T5 zadní	4	4,1	16,4	393,0
Opel přední	2	1,1	2,3	54,0
Opel zadní	3	2,2	6,6	157,2
<b>velké nárazníky</b>	<b>3,2</b>	<b>12,9</b>	<b>41,6</b>	<b>997,2</b>
Opel grill	12	0,1	1,8	42,2
<b>střední díly</b>	<b>12,0</b>	<b>0,1</b>	<b>1,8</b>	<b>42,2</b>
T5 Blende	22	1,5	32,8	786,0
<b>malé díly</b>	<b>22,0</b>	<b>1,5</b>	<b>32,8</b>	<b>786,0</b>
<b>celkem dráha 4</b>	<b>5,2</b>	<b>14,5</b>	<b>76,1</b>	<b>1825,5</b>
TMC ext. přední	4	3,1	12,3	294,8
TMC ext. zadní	5	2,5	12,3	294,8
AC ext. přední	9	0,5	4,9	117,9
AC grill	12	1,3	15,1	363,5
<b>střední díly</b>	<b>6,1</b>	<b>7,3</b>	<b>44,6</b>	<b>1070,9</b>
AP krytka vlečného oka	80	0,2	17,8	427,4
AC krytka vlečného oka	80	0,1	4,9	117,9
TMC krytka vlečného oka	80	0,2	13,5	324,2
<b>malé díly</b>	<b>80,0</b>	<b>0,5</b>	<b>36,2</b>	<b>869,5</b>
<b>celkem dráha 5</b>	<b>10,4</b>	<b>7,8</b>	<b>80,9</b>	<b>1940,4</b>

Zdroj: Vlastní zpracování dle interních údajů Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o.

Nezbytné úkony probíhající v úseku finálního zpracování lakované výroby jsou svěšení, označení štítkem, manipulace dílů mezi úkony, kontrola, oprava, repase, záznam do evidence ESVD a uložení dílu do obalu. Potřebné časy provedení úkonu jsou uváděny v případě provádění úkonu jedním člověkem. Průměrný čas pro kontrolu jednoho nárazníku či středního dílu činí 50 s, pro kontrolu středního dílu 40 s, pro kontrolu malého dílu 15 s, pro povrchovou opravu nárazníku 180 s,

pro povrchovou opravu středního dílu 150 s a pro povrchovou opravu malého dílu 60 s.

Na pracovišti jsou v současnosti pro manipulaci použity pojízdné dopravníky (vozíky) s manuální obsluhou. Pro lepší manipulaci se vozíky pohybují ve stanovených dráhách. Lože na pracovištích kontroly a opravy nejsou zcela univerzální – na jednom typu lože lze v současnosti zpracovávat pouze vybranou skupinu dílů, takové skupiny jsou v současnosti 3.

Jako obaly slouží kovové klece. Tyto klece nejsou zcela univerzální a podle typu dílu pojmu různý počet dílů. Zároveň musí být splněna podmínka, že v jednom obalu může být uskladněn pouze jeden barvotyp.

Teoretické horní meze rozměrů největších dílů – velkých nárazníků jsou 2 m na šířku, 0,7 m na výšku a 0,7 m na hloubku.

### **3.4 Detailní rozbor dnešního stavu**

Dnešní layout pracoviště je zachycen v příloze 1. Materiál do prostoru úseku vstupuje primárně přes pracoviště **svěšování**. Na tomto pracovišti pracují 2 operátoři, přičemž jeden z nich provádí samotné svěšování a druhý díly označuje štítkem a zavěšuje na bradlový dopravník. Tento dopravník manipulát odváží vždy, když je plný, nebo změnil-li se barvotyp.

Tyto dopravníky jsou přemisťovány do jednotlivých drah vedoucích k pracovištím kontroly a opravy neshodné výroby tak, aby jeden typ dílů z dané výrobní dávky skončil v právě jedné dráze. Existuje 5 drah určených různým typům dílů. V první, druhé a třetí dráze jsou zpracovávány výhradně malé nárazníky, ve čtvrté dráze velké nárazníky, střední díly a malé díly projektů Opel a T5 a v páté dráze střední díly a malé díly projektu TPCA.

Z těchto drah jsou poté díly odebírány pracovníky **kontroly**. Prvním krokem je záznam do ESVD o přijetí dílu. Následně je provedena kontrola, při které je zjištěn stav dílu – v pořádku (OK), na repasi, na opravu nebo neshodný (NOK). OK díly jsou neprodleně ukládány do obalů (ve vybraných případech předtím ještě obaleny ochranným náplekem), díly na repasi jsou manipulovány do prostoru pracovišť lokálních oprav, NOK díly (označené) jsou umístěny zpět na dopravník a díly určené k povrchové opravě jsou předány na pracoviště opravy neshodné výroby.

V každém případě pracovník nakonec provede záznam do ESVD o stavu dílu, případně zapíše typ vady.

Tok dílů určených k **repasi** poté pokračuje následujícím způsobem: Díly určené k repasi jsou manipulantem odebrány z dopravníků a umístěny na stojany vyhrazené pro díly určené k repasi. Zde jsou díly repasovány a následně umístěny na stojany určené pro OK díly, ze kterých jsou poté uskladněny do obalů.

Tok **NOK dílů** poté pokračuje následujícím způsobem: Díly jsou manipulantem odebrány z dopravníků a umístěny na paletu určenou pro NOK díly. Konečné vyřazení NOK dílů provede vedoucí směny. Pokud je nějaký díl vedoucím směny shledán OK, následuje operativní přemístění dílu na pracoviště opravy či repase.

Tok dílů určených k povrchové úpravě poté pokračuje následujícím způsobem: Díly jsou přijaty **pracovištěm opravy** neshodné výroby, přichyceny k loži a opraveny. Po opravě jsou ihned ukládány do příslušných obalů. V případě neúspěšné opravy jsou díly označeny jako NOK, případně k repasi a uloženy zpět na vozíky.

Poslední fází procesu je **ukládání dílů** do obalů. Zde jsou díly ukládány tak, aby se v jednom obalu vyskytoval právě jeden barvotyp.

Pokud podíl neshodné výroby produkované automatickou lakovací linkou dosáhne kritické meze a pracoviště pro opravu neshodné výroby nestíhají neshodné díly opravovat, je přikročeno k režimu zaskladňování rozpracované výroby a probíhá pouze kontrola a následná selekce NOK dílů na pracovištích kontroly. Zbylé díly jsou poté manipulovány do obalů, které jsou náležitě označeny, aby bylo patrné, že neobsahují OK díly, nýbrž rozpracovanou výrobu. Tato rozpracovaná výroba je následně zpracovávána v období s menším podílem neshodné výroby či v čase, kdy automatická lakovací linka není v chodu.

### **3.5 Rozbor kapacit a materiálových toků**

Materiálové toky jsou znázorněny pomocí Sankeyova diagramu (příloha 2). Ze znázornění je patrné, že největší toky materiálu probíhají na drahách mezi svěšovací rampou a pracovišti kontroly neshodné výroby.

Na první pohled je patrná velká délka drah mezi svěšovací rampou a pracovišti kontroly vůči velikosti materiálového toku. Nevhodná je zejména část dráhy mezi



vozíky a pracovišti kontroly, kde je materiál manipulován ručně. Většina vzdálenosti mezi svěšovací rampou je dána systémem rozdělování svěšené výroby, kdy jsou do jedné dráhy manipulovány vždy všechny díly shodného typu jedné výrobní dávky (tj. až 40 nárazníků), což je vhodné z hlediska pozdějšího ukládání dílů do obalů za daných podmínek zaskladňování.

Dráhy mezi svěšovací rampou a pracovišti kontroly tedy slouží jako vyrovnávací zásobník. Předpokládejme, že by zásobník neexistoval a pracoviště kontroly neshodné výroby by byla umístěna bezprostředně u svěšovací rampy. Například v případě velkých nárazníků existuje jedno pracoviště kontroly. Minimální počet velkých nárazníků na skidu jsou tři kusy. Zkontrolovat na jednom pracovišti skid trvá nejméně 150 s (pokud jsou na skidu čtyři nárazníky je časová náročnost jednoho skidu dokonce 200 s) a vzhledem k taktu linky 60 s se pracoviště začínají zahlcovat. K bezproblémovému chodu procesu je tedy nutný operativní zásobník, který se bude plnit po dobu svěšování daného barvotypu a naopak vyprazdňovat po dobu, kdy se budou svěšovat jiné výrobní dávky a plnit jimi jiné dráhy. S potřebou zásobníku souvisí potřeba prostoru, a tím i délka drah zmíněná v předchozím odstavci.

V současné době jsou zásobníky v první, druhé a třetí dráze prostorově dimenzovány pro 9 vozíků. Na jeden vozík lze umístit 6 malých nárazníků. Kapacita zásobníku je tedy 56 dílů. Zásobník ve čtvrté dráze je prostorově dimenzován pro 16 vozíků. Na jeden vozík lze umístit 4 velké nárazníky nebo 24 příslušných středních dílů nebo 22 příslušných malých dílů. Zásobník v páté dráze je prostorově dimenzován pro 5 vozíků. Na jeden vozík lze umístit 24 příslušných středních dílů nebo 80 příslušných malých dílů.

Z hlediska systému rozdělování do drah se jako nejvhodnější pro úsek finálního zpracování lakované výroby jeví výrobní plán, kdy každých 5 za sebou jdoucích výrobních dávek je manipulováno do právě 5 drah. Z hlediska naplnění výrobního programu (viz tabulka 1) se tento plán jeví jako možný s mírnými odchylkami. Kapacita zásobníků je v takovém případě plně dostačující.

Uvažujeme-li kritický případ – skidy o 4 dílech (výrobní dávka 40 ks) a dráhy pro malé nárazníky s jedním pracovištěm kontroly s dvěma pracovišti opravy neshodné výroby, pak svěšení dávky trvá 600 s, její kontrola  $40 \times 50 = 2000$  s a

její zpracování při 25% produkce k opravě  $(40 \times 0,25 \times 180) / 2 = 900$  s. Po svěšení výrobní dávky je tedy pro zachování dlouhodobě vyrovnaného běhu nutné dalších 1400 s nechat skupinu pracovišť v dané dráze zpracovávat (kontrolovat) tuto výrobní dávku. Pokud pracoviště zpracovávala n-tou výrobní dávku, mohou tedy jako další zpracovávat až n+4. výrobní dávku (s rezervou 400 s). V případě, že n+4. směřuje k diskutovaným pracovištím, jsou nevyužita pracoviště v dráze, do které nesměřovala žádná ze čtyř předchozích výrobních dávek, v opačném případě jsou nevyužita diskutovaná pracoviště.

Již z této jednoduché úvahy lze vyvodit, že dnešní layout pracovišť má kapacitní rezervy, a dovoluje tedy jistou míru variability výrobního programu, delší dobu pro zpracování dílu nebo opravu vyššího podílu produkce. Zároveň z odstavce výše vyplývá velká časová disproporce mezi operacemi kontrola a oprava. Následuje podrobný rozbor, ve kterém je navíc zohledněn další parametr – ztrátové časy pracovišť kontroly a opravy. Tyto prostoje byly stanoveny na 5% celkového času běhu, tj. při nepřetržitém provozu 180 s/hod neboli 4 320 s/den. Efektivní čas pracoviště kontroly či opravy lze tedy stanovit na 82 080 s/den.

Časový fond pracovišť v **dráhách 1, 2 a 3** při současném uspořádání vyplývá ze vztahu:

$$\begin{aligned} \text{časový fond kontroly} &= \text{efektivní čas} \times \text{počet pracovišť kontroly} = 82\,080 \times 3 \\ &= 246\,240 \text{ s/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{časový fond opravy} &= \text{efektivní čas} \times \text{počet pracovišť opravy} = 82\,080 \times 6 \\ &= 492\,480 \text{ s/den} \end{aligned}$$

Teoretická denní kapacita současného uspořádání (výhradně malé nárazníky) při optimálním výrobním programu vyplývá ze vztahu:

$$\text{kapacita kontroly} = \frac{\text{časový fond kontroly}}{\text{čas kontroly}} = \frac{246\,240}{50} = 4\,925 \text{ ks/den}$$

$$\text{kapacita opravy} = \frac{\text{časový fond opravy}}{\text{čas opravy}} = \frac{492\,480}{180} = 2\,736 \text{ ks/den}$$

Současná průměrná denní produkce malých nárazníků činí 2 692 ks. Průměrný denní počet malých nárazníků k opravě tedy činí  $2\,692 \times 0,25 = 673$  ks. Nevyužitá denní kapacita pracovišť kontroly je tedy  $4\,925 - 2\,692 = 2\,233$  ks. Nevyužitá denní kapacita pracovišť opravy je potom  $2\,736 - 673 = 2\,063$  ks.

Nevyužité časy pracovišť lze spočítat jako:

$$\text{nevyužitý čas kontroly} = 2\,233 \times 50 = 111\,650 \text{ s/den}$$

$$\text{nevyužitý čas opravy} = 2\,063 \times 180 = 371\,340 \text{ s/den}$$

Vytíženosti pracovišť vychází:

$$\text{vytíženost kontroly} = \frac{\text{časový fond kontroly} - \text{nevyužitý čas kontroly}}{\text{časový fond kontroly}}$$

$$= \frac{246\,240 - 111\,650}{246\,240} = 54,7 \%$$

$$\text{vytíženost opravy} = \frac{\text{časový fond opravy} - \text{nevyužitý čas opravy}}{\text{časový fond opravy}}$$

$$= \frac{492\,480 - 371\,340}{492\,480} = 24,6 \%$$

Lze také vyčíslit maximální možný podíl malých nárazníků k opravě, který pracoviště opravy mohou při stávající průměrné produkci zpracovat:

$$\text{podíl k opravě} = \frac{\text{kapacita opravy}}{\text{počet malých nárazníků}} = \frac{2\,736}{2\,692} = 102,0 \%$$

Časový fond pracovišť v **dráze 4** při současném uspořádání vyplývá ze vztahů:

*čas spotřebovaný na kontrolu velkých nárazníků*

$$\begin{aligned} &= \text{počet velkých nárazníků} \times \text{čas kontroly} = 41,6 \times 50 \\ &= 2\,078 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*čas spotřebovaný na kontrolu středních dílů*

$$\begin{aligned} &= \text{počet středních dílů} \times \text{čas kontroly} = 1,8 \times 40 \\ &= 70 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*čas spotřebovaný na kontrolu malých dílů*

$$\begin{aligned} &= \text{počet malých dílů} \times \text{čas kontroly} = 32,8 \times 15 \\ &= 491 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*celkový spotřebovaný čas na kontrolu*

$$\begin{aligned} &= \text{čas spotřebovaný na kontrolu velkých nárazníků} \\ &+ \text{čas spotřebovaný na kontrolu středních dílů} \\ &+ \text{čas spotřebovaný na kontrolu malých dílů} = 2\,078 + 70 + 491 \\ &= 2\,639 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*čas spotřebovaný na opravu velkých nárazníků*

$$\begin{aligned} &= \text{počet velkých nárazníků} \times \text{čas opravy} = 10,4 \times 180 \\ &= 1\,870 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*čas spotřebovaný na opravu středních dílů*

$$\begin{aligned} &= \text{počet středních dílů} \times \text{čas opravy} = 0,4 \times 150 \\ &= 66 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*čas spotřebovaný na opravu malých dílů*

$$\begin{aligned} &= \text{počet malých dílů} \times \text{čas opravy} = 8,2 \times 60 \\ &= 491 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*celkový spotřebovaný čas na opravu*

$$\begin{aligned} &= \text{čas spotřebovaný na opravu velkých nárazníků} \\ &+ \text{čas spotřebovaný na opravu středních dílů} \\ &+ \text{čas spotřebovaný na opravu malých dílů} = 1\,870 + 66 + 491 \\ &= 2\,427 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*časový fond kontroly velké nárazníky*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na kontrolu velkých nárazníků}}{\text{celkový spotřebovaný čas na kontrolu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť kontroly} = \frac{2\,078}{2\,639} \times 82\,080 \times 1 = 64\,631 \text{ s/den} \end{aligned}$$

*časový fond kontroly střední díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na kontrolu středních dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na kontrolu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť kontroly} = \frac{70}{2\,639} \times 82\,080 \times 1 = 2\,177 \text{ s/den} \end{aligned}$$

*časový fond kontroly malé díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na kontrolu malých dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na kontrolu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť kontroly} = \frac{491}{2\,639} \times 82\,080 \times 1 = 15\,271 \text{ s/den} \end{aligned}$$

*časový fond opravy velké nárazníky*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na opravu velkých nárazníků}}{\text{celkový spotřebovaný čas na opravu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť opravy} = \frac{1\,870}{2\,427} \times 82\,080 \times 3 = 189\,728 \text{ s/den} \end{aligned}$$

*časový fond opravy střední díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na opravu středních dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na opravu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť opravy} = \frac{66}{2\,427} \times 82\,080 \times 3 = 6\,696 \text{ s/den} \end{aligned}$$

*časový fond opravy malé díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na opravu malých dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na opravu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť opravy} = \frac{491}{2\,427} \times 82\,080 \times 3 = 49\,816 \text{ s/den} \end{aligned}$$

Teoretická denní kapacita pracovišť při optimálním výrobním programu vyplývá ze vztahu:

$$\begin{aligned} \text{kapacita kontroly velké nárazníky} &= \frac{\text{časový fond kontroly velké nárazníky}}{\text{čas kontroly velkého nárazníku}} \\ &= \frac{64\,631}{50} = 1\,293 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapacita kontroly střední díly} &= \frac{\text{časový fond kontroly střední díly}}{\text{čas kontroly středního dílu}} \\ &= \frac{2\,177}{40} = 54 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapacita kontroly malé díly} &= \frac{\text{časový fond kontroly malé díly}}{\text{čas kontroly malého dílu}} \\ &= \frac{15\,271}{15} = 1\,018 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapacita opravy velké nárazníky} &= \frac{\text{časový fond opravy velké nárazníky}}{\text{čas opravy velkého nárazníku}} \\ &= \frac{189\,728}{180} = 1\,054 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapacita opravy střední díly} &= \frac{\text{časový fond opravy střední díly}}{\text{čas opravy středního dílu}} \\ &= \frac{6\,696}{150} = 45 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapacita opravy malé díly} &= \frac{\text{časový fond opravy malé díly}}{\text{čas opravy malého dílu}} \\ &= \frac{49\,816}{60} = 830 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

Současná průměrná denní produkce velkých nárazníků činí 997 ks. Průměrný denní počet velkých nárazníků k opravě tedy činí  $997 \times 0,25 = 249$  ks. Současná průměrná denní produkce příslušných středních dílů činí 42 ks. Průměrný denní počet příslušných středních dílů k opravě tedy činí  $42 \times 0,25 = 11$  ks. Současná průměrná denní produkce příslušných malých dílů činí 786 ks. Průměrný denní počet příslušných malých dílů k opravě tedy činí  $786 \times 0,25 = 197$  ks. Nevyužitá denní kapacita pracoviště kontroly je tedy  $1\,293 - 997 = 296$  ks velkých nárazníků,  $54 - 42 = 12$  ks středních dílů a  $1\,018 - 786 = 232$  ks malých dílů. Nevyužitá denní kapacita pracovišť opravy je potom  $1\,054 - 249 = 805$  ks velkých nárazníků,  $45 - 11 = 34$  ks středních dílů a  $830 - 197 = 633$  ks malých dílů.

Nevyužití časy pracovišť lze spočítat jako:

*nevyužitý čas kontrola*

$$\begin{aligned} &= \text{časový fond kontroly celkem} - \text{čas spotřebovaný na kontrolu} \\ &= 82\,080 \times 1 - 2639 \times 24 = 18\,744 \text{ s/den} \end{aligned}$$

*nevyužitý čas oprava*

$$\begin{aligned} &= \text{časový fond opravy celkem} - \text{čas spotřebovaný na opravu} \\ &= 82\,080 \times 3 - 2427 \times 24 = 187\,992 \text{ s/den} \end{aligned}$$

Z čehož lze vyjádřit vytíženost pracovišť:

$$\begin{aligned} \text{vytíženost kontroly} &= \frac{\text{časový fond kontroly celkem} - \text{nevyužitý čas kontroly}}{\text{časový fond kontroly celkem}} \\ &= \frac{82\,080 - 18\,744}{82\,080} = 77,2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{vytíženost opravy} &= \frac{\text{časový fond opravy celkem} - \text{nevyužitý čas opravy}}{\text{časový fond opravy celkem}} \\ &= \frac{246\,240 - 187\,992}{246\,240} = 23,7\% \end{aligned}$$

Lze také vyčíslit maximální možný podíl dílů k opravě, který pracoviště opravy mohou při dnešní průměrné produkci zpracovat:

$$\begin{aligned} \text{podíl k opravě} &= \frac{\text{kapacita opravy}}{\text{počet velkých nárazníků} + \text{počet středních dílů} + \text{počet malých dílů}} \\ &= \frac{1\,054 + 45 + 830}{997 + 42 + 786} = 105,7\% \end{aligned}$$

Časový fond pracovišť v **dráze 5** při současném uspořádání vyplývá ze vztahů:

$$\begin{aligned} \text{čas spotřebovaný na kontrolu středních dílů} &= \text{počet středních dílů} \times \text{čas kontroly} = 44,6 \times 40 \\ &= 1\,785 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{čas spotřebovaný na kontrolu malých dílů} &= \text{počet malých dílů} \times \text{čas kontroly} = 36,2 \times 15 \\ &= 543 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{celkový spotřebovaný čas na kontrolu} &= \text{čas spotřebovaný na kontrolu středních dílů} \\ &+ \text{čas spotřebovaný na kontrolu malých dílů} = 1\,785 + 543 \\ &= 2\,328 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{čas spotřebovaný na opravu středních dílů} &= \text{počet středních dílů} \times \text{čas opravy} = 11,2 \times 150 \\ &= 1\,673 \text{ s/hod} \end{aligned}$$

*čas spotřebovaný na opravu malých dílů*

$$\begin{aligned} &= \text{počet malých dílů} \times \text{čas opravy} = 9,1 \times 60 \\ &= 543 \text{ }^s/\text{hod} \end{aligned}$$

*celkový spotřebovaný čas na opravu*

$$\begin{aligned} &= \text{čas spotřebovaný na opravu středních dílů} \\ &+ \text{čas spotřebovaný na opravu malých dílů} = 1\,673 + 543 \\ &= 2\,216 \text{ }^s/\text{hod} \end{aligned}$$

*časový fond kontroly střední díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na kontrolu středních dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na kontrolu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť kontroly} = \frac{1\,785}{2\,328} \times 82\,080 \times 1 = 62\,935 \text{ }^s/\text{den} \end{aligned}$$

*časový fond kontroly malé díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na kontrolu malých dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na kontrolu}} \times \text{efektivní čas} \\ &\times \text{počet pracovišť kontroly} = \frac{543}{2\,328} \times 82\,080 \times 1 = 19\,145 \text{ }^s/\text{den} \end{aligned}$$

*časový fond opravy střední díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na opravu středních dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na opravu}} \times \text{čas} \\ &\times \text{počet pracovišť opravy} = \frac{1\,673}{2\,216} \times 82\,080 \times 2 = 123\,935 \text{ }^s/\text{den} \end{aligned}$$

*časový fond opravy malé díly*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{čas spotřebovaný na opravu malých dílů}}{\text{celkový spotřebovaný čas na opravu}} \times \text{čas} \\ &\times \text{počet pracovišť opravy} = \frac{543}{2\,216} \times 82\,080 \times 2 = 40\,225 \text{ }^s/\text{den} \end{aligned}$$

Teoretická denní kapacita pracovišť při optimálním výrobním programu vyplývá ze vztahu:

$$\begin{aligned} \text{kapacita kontroly střední díly} &= \frac{\text{časový fond kontroly střední díly}}{\text{čas kontroly středního dílu}} \\ &= \frac{62\,935}{40} = 1\,573 \text{ } ks/\text{den} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{kapacita kontroly malé díly} &= \frac{\text{časový fond kontroly malé díly}}{\text{čas kontroly malého dílu}} \\ &= \frac{19\,145}{15} = 1\,276 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapacita opravy střední díly} &= \frac{\text{časový fond opravy střední díly}}{\text{čas opravy středního dílu}} \\ &= \frac{123\,935}{150} = 826 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kapacita opravy malé díly} &= \frac{\text{časový fond opravy malé díly}}{\text{čas opravy malého dílu}} \\ &= \frac{40\,225}{60} = 670 \text{ ks/den} \end{aligned}$$

Současná průměrná denní produkce příslušných středních dílů činí 1 071 ks. Průměrný denní počet příslušných středních dílů k opravě tedy činí  $1\,071 \times 0,25 = 268$  ks. Současná průměrná denní produkce příslušných malých dílů činí 870 kusů. Průměrný denní počet příslušných malých dílů k opravě tedy činí  $870 \times 0,25 = 217$  ks. Nevyužitá denní kapacita pracoviště kontroly je tedy  $1\,573 - 1\,071 = 502$  kusů příslušných středních dílů a  $1\,276 - 870 = 406$  ks příslušných malých dílů. Nevyužitá denní kapacita pracovišť opravy je potom  $826 - 268 = 558$  ks příslušných středních dílů a  $670 - 474 = 196$  ks příslušných malých dílů.

Nevyužitě časy pracovišť lze spočítat jako:

*nevyužitý čas kontrola*

$$\begin{aligned} &= \text{časový fond kontroly celkem} - \text{čas spotřebovaný na kontrolu} \\ &= 82\,080 \times 1 - 2\,328 \times 24 = 26\,208 \text{ s/den} \end{aligned}$$

*nevyužitý čas oprava*

$$\begin{aligned} &= \text{časový fond opravy celkem} - \text{čas spotřebovaný na opravu} \\ &= 82\,080 \times 2 - 2\,216 \times 24 = 110\,976 \text{ s/den} \end{aligned}$$

Z čehož lze vyjádřit vytíženost pracovišť:

$$\begin{aligned} \text{vytíženost kontroly} &= \frac{\text{časový fond kontroly celkem} - \text{nevyužitý čas kontroly}}{\text{časový fond kontroly celkem}} \\ &= \frac{82\,080 - 26\,208}{82\,080} = 68,1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{vytíženost opravy} &= \frac{\text{časový fond opravy celkem} - \text{nevyužitý čas opravy}}{\text{časový fond opravy celkem}} \\ &= \frac{164\,160 - 110\,976}{164\,160} = 32,4\% \end{aligned}$$

Lze také vyčíslit maximální možný podíl dílů k opravě, který pracoviště opravy mohou při dnešní průměrné produkci zpracovat:

$$\text{podíl k opravě} = \frac{\text{kapacita opravy}}{\text{počet středních dílů} + \text{počet malých dílů}} = \frac{826 + 670}{1\,071 + 870} = 77,1\%$$

Z předchozích výpočtů vyplývá, že současné uspořádání pracoviště má značné kapacitní rezervy, a to zejména v rámci pracovišť opravy. Tyto kapacitní rezervy je možné využít v případě nárůstu podílu dílů určených k opravě, případně k větší variabilitě výrobního programu. Rovněž lze některá pracoviště operativně ponechat bez obsluhy, či nechat obsluhu pracovat postupně na různých pracovištích. Tím lze realizovat úsporu personálních nákladů, avšak náklady kapitálu vázaného v pracovištích a prostoru zůstávají nezměněny. Tyto náklady ovšem minimalizují riziko zastavení provozu automatické lakovací linky v důsledku zahlcení úseku finálního zpracování lakovaných dílů.

## 4 Návrh nového layoutu

V předchozí kapitole byly zjištěny nedostatky související s nevyužitou kapacitou pracovišť a dlouhými dráhami významných materiálových toků. K těmto zjištěním se dále přidává zvýšení výkonu automatické lakovací linky v souvislosti s jejím technologickým rozšířením.

### 4.1 Podmínky pro nový layout

Návrh nového layoutu pracoviště musí splňovat pozměněné kapacitní požadavky, vycházející z plánovaného rozšíření lakovací linky. Jeden skid nyní pojme dvojnásobný počet dílů, což při nezměněném taktu znamená dvojnásobný průměrný výkon. Skladbu nového výrobního programu nelze predikovat. Pro další výpočty bude využito stávající rozdělení produkce při dvojnásobném výkonu (tabulka 2). Lze předpokládat i úměrný nárůst počtu typů lakovaných dílů. Svěšování bude nově realizováno na 2 různých místech. Ostatní požadavky se nemění.

Tab. 2: Nový průměrný výrobní program

	počet ks/skid	prům. počet skidů/hod	prům. počet ks/hod	prům. počet ks/den
malé nárazníky	6,9	32,7	224,3	5384,1
<b>celkem pracoviště 1. typu</b>	<b>6,9</b>	<b>32,7</b>	<b>224,3</b>	<b>5384,1</b>
velké nárazníky	6,5	12,9	83,1	1994,5
střední díly	24,0	0,1	3,5	84,5
malé díly	44,0	1,5	65,5	1572,0
<b>celkem pracoviště 2. typu</b>	<b>10,5</b>	<b>14,5</b>	<b>152,1</b>	<b>3651,0</b>
střední díly	12,2	7,3	89,2	2141,9
malé díly	160,0	0,5	72,5	1739,0
<b>celkem pracoviště 3. typu</b>	<b>20,8</b>	<b>7,8</b>	<b>161,7</b>	<b>3880,9</b>

Zdroj: Vlastní zpracování dle interních materiálů Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o.

Výše popsané navýšení objemu produkce s sebou přináší zvýšené nároky na pracoviště pro kontrolu a opravu neshodné výroby.

Pro minimální počty pracovišť kontroly a opravy je uvažován průměrně rozložený výrobní program, tj. je uvažován průměrný počet dílů zpracovávaných na jednotlivých typech pracovišť. Je-li zachován koncept 3 typů pracovišť kontroly a 3 typů pracovišť opravy s 5 % prostožů, jsou počty následující.

Minimální počet pracovišť kontroly prvního typu (dosud v první, druhé a třetí dráze) činí:

$$\frac{224 \times 50}{(3600 - 180)} \cong 4$$

Minimální počet pracovišť kontroly druhého typu (dosud ve čtvrté dráze) činí:

$$\frac{83 \times 50 + 4 \times 40 + 66 \times 15}{(3600 - 180)} \cong 2$$

Minimální počet pracovišť kontroly třetího typu (dosud v páté dráze) činí:

$$\frac{89 \times 40 + 72 \times 15}{(3600 - 180)} \cong 2$$

Minimální počet pracovišť opravy prvního typu (dosud v první, druhé a třetí dráze) činí:

$$\frac{0,25 \times 224 \times 180}{(3600 - 180)} \cong 3$$

Minimální počet pracovišť opravy druhého typu (dosud ve čtvrté dráze) činí:

$$\frac{0,25 \times (83 \times 180 + 4 \times 150 + 66 \times 60)}{(3600 - 180)} \cong 2$$

Minimální počet pracovišť opravy třetího typu činí:

$$\frac{0,25 \times (89 \times 150 + 72 \times 60)}{(3600 - 180)} \cong 2$$

Není-li zachován koncept 3 typů pracovišť kontroly a 3 typů pracovišť opravy, tj. počítá-li se s univerzálními pracovišti pro nárazníky (velké i malé) a pro malé a střední díly, jsou počty následující.

Minimální počet pracovišť kontroly pro nárazníky činí:

$$\frac{83 \times 50 + 224 \times 50}{(3600 - 180)} \cong 5$$

Minimální počet pracovišť kontroly pro malé a střední díly činí:

$$\frac{93 \times 40 + 138 \times 15}{(3600 - 180)} \cong 2$$

Minimální počet pracovišť opravy pro nárazníky činí:

$$\frac{0,25 \times (83 \times 180 + 224 \times 180)}{(3600 - 180)} \cong 5$$

Minimální počet pracovišť opravy pro malé a střední díly činí:

$$\frac{0,25 \times (93 \times 150 + 138 \times 60)}{(3600 - 180)} \cong 2$$

Minimální počet pracovišť závisí také na variabilitě výrobního programu. Je vhodné počítat s kapacitní rezervou, aby pracoviště stačila pojmout případné výkyvy ve výkonu lakovací linky a provoz linky se kvůli pracovištím kontroly a opravy neshodné výroby nemusel omezovat.

## 4.2 Vlastní návrh layoutu

Jelikož stávající počet pracovišť kontroly je 5 a vyžadovaný minimální počet pracovišť kontroly 7, je zřejmé, že současný layout nevyhovuje novým požadavkům. V následujících podkapitolách bude navrženo několik variantních řešení, která plní dané požadavky a jsou dostatečně univerzální.

V případě návrhu nového layoutu pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby je možnost efektivního využití analytických metod velmi omezená, neboť pro rozmístění existuje celá řada podmínek omezeným prostorem počínaje, nutností neprodleně uskladnit OK díly do obalů konče. Jako nejvhodnější způsob řešení problému byl tedy zvolen heuristický přístup v kombinaci se znázorněním pomocí Sankeyova diagramu. Pro vhodné dimenzování zásobníků lze rovněž použít metody počítačové simulace.

### 4.2.1 Minimalistická varianta

Minimalistická varianta si klade za cíl umístit do prostoru 3 nová pracoviště kontroly tak, aby pracoviště kontroly netvořila úzké hrdlo výrobního procesu, a pokud možno zachovat současný počet pracovišť opravy (přestože se v některých případech jeví současný počet pracovišť opravy jako předdimenzovaný). Před samotným rozmístováním je nutno zdůraznit, že v současném layoutu existuje 5

drah, v každé z prvních 3 je umístěno jedno pracoviště kontroly. Každé toto pracoviště kontroly má potenciální kapacitní problém. Při zachování současných 3 diskrétních drah by se přidáním jednoho pracoviště kontroly do jedné dráhy vyřešil problém pouze jednoho pracoviště. Ve zbylých 2 drahách by kapacitní problém pracovišť kontroly trval. Řešení tohoto problému je rozšířit úsek finální úpravy lakovaných dílů o jednu dráhu s pracovišti kontroly a opravy prvního typu, nebo přidání nového pracoviště kontroly do každé stávající dráhy, anebo reorganizace současných tří drah do dvou drah s 2 pracovišti kontroly či jedné dráhy se 4 pracovišti kontroly. První dva postupy jsou velmi prostorově náročné, v dalším textu proto bude rozvíjena poslední možnost s redukcí první, druhé a třetí dráhy do 2 drah.

V první představované variantě zachycené v příloze 3 tedy existují celkem 4 dráhy. Sankeyův diagram (příloha 4) ukazuje, že byl odstraněn problém toku materiálu v dosavadních drahách 1,2 a 3, tj. dlouhé vzdálenosti mezi vozíky a pracovišti kontroly, kde probíhala ruční manipulace dílů. Nyní se dráhy vozíků nachází v bezprostřední blízkosti pracovišť kontroly. Samotný proces nakládání s díly zůstává stejný jako při současném uspořádání.

Z hlediska takto dimenzovaného úseku finálního zpracování lakované výroby v kombinaci s daným výrobním programem je optimálním výrobním plánem relace deseti výrobních dávek poskládaných vždy tak, aby díly z těchto dávek byly manipulovány po řadě do drah 1, 2, 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4.

#### **4.2.2 Varianta s technologickými změnami**

Pro realizaci varianty zachycené v příloze 5 jsou nutné větší investice do technologických změn. Varianta počítá s univerzálními pracovišti kontroly a opravy dvou typů - pro nárazníky (malé i velké) a pro malé a střední díly. Zároveň se předpokládá použití automatického dopravníku v okruhu nárazníků pro manipulaci nárazníků mezi pracovišti kontroly a následnými destinacemi dílů v procesu. K dopravě svěšených nárazníků k pracovištím kontroly slouží v popisované variantě vozíky (alternativně mohou být nahrazeny druhým automatickým dopravníkem). V okruhu malých a středních dílů zůstanou coby transportní prostředky zachovány rovněž vozíky.

Tok materiálu je znázorněn pomocí Sankeyova diagramu (příloha 6). Díly do prostoru úseku finálního zpracování lakovaných dílů vstupují primárně přes pracoviště svěšování, kde jsou svěšeny ze skidu, opatřeny štítkem a usazeny na vozík. Pokud se jedná o nárazníky, jsou dále díly manipulovány do okruhu nárazníků, jedná-li se o malé či střední díly, jsou dále manipulovány do okruhu malých a středních dílů.

Funkce okruhu malých a středních dílů je již známa ze současného uspořádání. V okruhu nárazníků jsou díly na vozících dopraveny k pracovišti kontroly. Zde pracovník sejme díl a určí, zda je OK, NOK, k opravě či repasi a náležitě jej označí. Nárazníky určené k opravě jsou uloženy zpět na bradla vozíku. Zbylé nárazníky jsou uloženy na bradla automatického dopravníku. Z automatického dopravníku jsou díly snímány manipulanty, kteří OK díly následně uloží do obalu a NOK díly dopraví na vyhrazené místo. Díly na repasi jsou manipulovány pracovníky nejbližší pracovištěm repase a následně odkládány na stojany určené pro díly před repasí. Tok nárazníků určených k opravě pokračuje pomocí vozíků k pracovištěm opravy. Zde jsou díly opraveny, náležitě označeny a uloženy na bradla automatického dopravníku.

Varianta je velmi robustní, obsahuje 8 pracovišť kontroly a 8 pracovišť opravy.

Výkon osmi pracovišť kontroly odpovídá:

$$\frac{(3\,600 - 180) \times 8}{50} = 547 \text{ ks/hod}$$

Výkon osmi pracovišť opravy odpovídá:

$$\frac{(3\,600 - 180) \times 8}{180} = 152 \text{ ks/hod}$$

Varianta je tudíž schopna pojmout i maximální teoretický výkon lakovací linky  $55 \times 8 = 440$  nárazníků za hodinu, při maximálním podílu dílů určených k opravě:

$$\frac{(3600 - 180) \times 8}{180 \times 440} = 34,5 \%$$

Okruh malých a středních dílů disponuje stejným výkonem jako v předchozí variantě.

### **4.2.3 Srovnání variant**

Hlavními výhodami minimalistické varianty jsou nízké náklady spojené s přestavbou a velmi podobný organizační koncept jako doposud. Jejimi nevýhodami oproti druhé navrhované variantě jsou větší prostorová náročnost, menší výkon a nutnost většího počtu pracovníků – manipulantů.

Hlavními výhodami varianty s technologickými změnami jsou efektivní využití prostoru při vysokém výkonu, vyšší pravděpodobnost použitelnosti po rozšíření výrobního programu a omezení manipulace dílů pracovníky. Nevýhody tvoří větší technologická náročnost spojená s nutností údržby, vysoké náklady spojené s přestavbou a možnost výskytu problémů spojených s přechodem na nový systém. Kvalitativní problémy může rovněž působit nepřímá dráha mezi pracovištěm kontroly a ukládáním dílů do obalů.



## Závěr

V teoretické části byla nastíněna problematika výrobní logistiky s důrazem na plánování layoutu, byly také uvedeny dnes známé metody rozmístování pracovišť.

V praktické části byla představena společnost Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o. a současné uspořádání pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby. Poté byly definovány nové požadavky na layout těchto pracovišť a následně byl řešen problém jejich rozmístění. Při řešení byla zjištěna nevyužitelnost některých metod rozmístování popsanych v teoretické části. Aplikován byl heuristický přístup v kombinaci se Sankeyovým diagramem. Nalezeno bylo několik variant řešení, z nichž dvě byly vybrány a uvedeny. Obě uvedené varianty splňují nové požadavky a oproti původnímu uspořádání minimalizují materiálový tok manipulovaný ručně. Konečně byly varianty srovnány mezi sebou.

Další prostor k rozšiřování layoutu pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby skýtá výška haly, která nabízí prostor k vybudování patra a rozšíření úseku finálního zpracování lakované výroby do těchto nově vzniklých prostorů. Obě v práci předkládané varianty jsou nákladově přijatelnější, alespoň v teoretické rovině funkční a dokazují, že za daných parametrů lze zpracovávat dvojnásobný objem produkce na stávající ploše.

## Seznam literatury

### Odborná literatura

GÜNTHER, H. O., TEMPELMEIER, H. *Produktion und Logistik*. 6. vyd. Berlin Heidelberg: Springer, 2005. ISBN 3-540-23246-X.

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-7169-955-1.

EHRMANN, H. *Logistik*. 7. vyd. Herne: NWB Verlag, 2012. ISBN 978-3-470-47597-4.

JUROVÁ, M. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.

SHIM, J. K., SIEGEL J. G. *Operations management*. New York: Barron's Educational Series, 1999. ISBN 0-7641-0510-8.

### Interní materiály

Interní materiály Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o.

### Internetové zdroje

*Trojúhelníková metoda a metoda CRAFT* [online]. Plzeň: CIE, 2013 [cit. 2015-07-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/trojuhelnikova-metoda-a-metoda-craft>>

*Šachovnicová tabulka a metoda souřadnic* [online]. Plzeň: CIE, 2013 [cit. 2015-07-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/sachovnicova-tabulka-a-metoda-souradnic>>

Sankeyův diagram [online]. Plzeň: CIE, 2013 [cit. 2015-07-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/sankeyuv-diagram>>

*Historie společnosti* [online]. Liberec: Magna Exteriors & Interiors (Bohemia) s.r.o., 2011 [cit. 2015-07-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.magnabohemia.cz/O-nas/historie-spolecnosti>>

## **Seznam obrázků a tabulek**

### **Seznam obrázků**

Obr. 1 Vztah logistiky výroby k ostatním složkám podniku .....	8
Obr. 2 Kombinace jedinečnosti a komplexity výrobku, kombinace očekávaného vyráběného množství a logistické intenzity.....	9
Obr. 3 Technologický layout.....	12
Obr. 4 Předmětný layout .....	13
Obr. 5 Šachovnicová tabulka.....	15

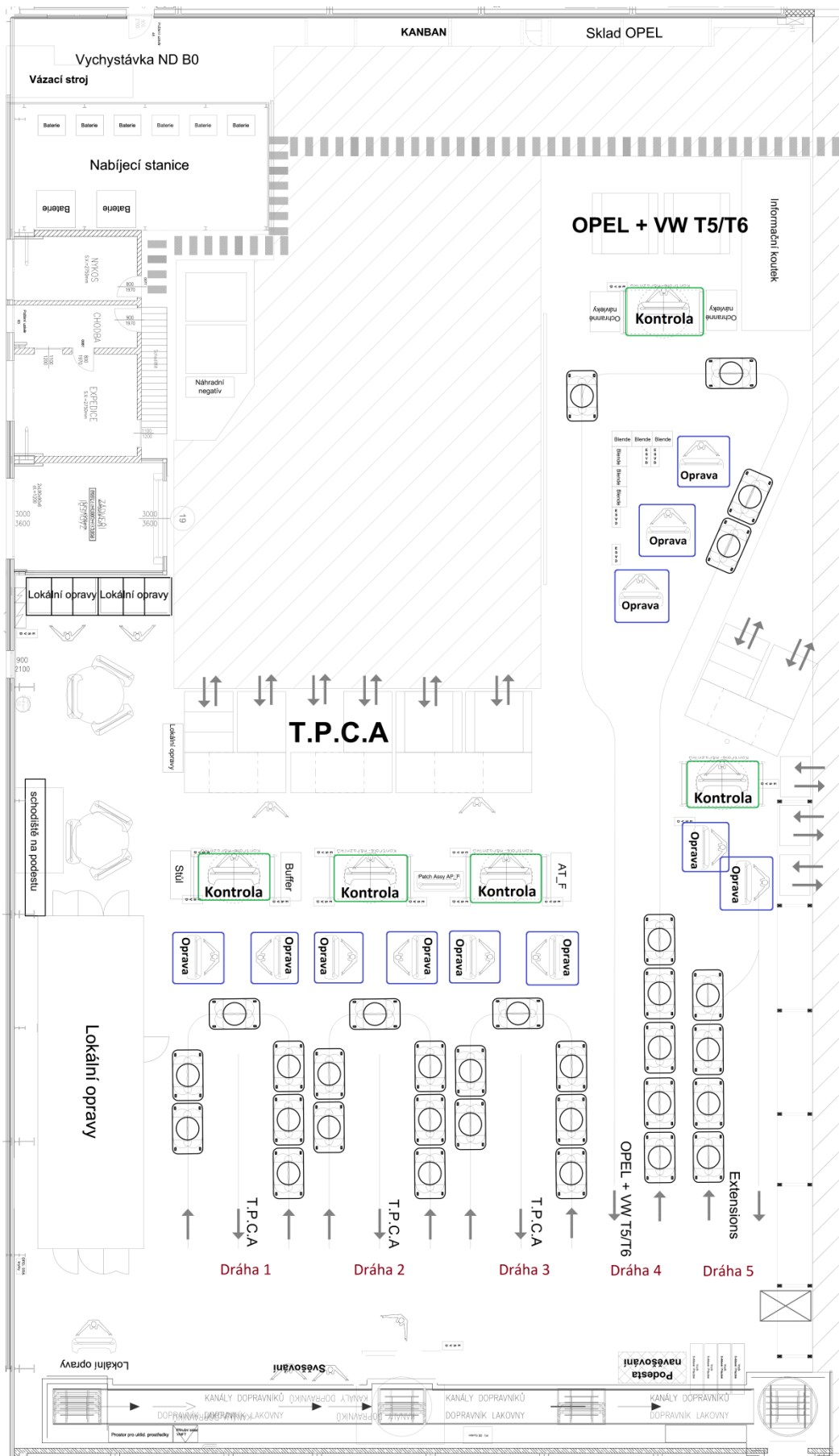
### **Seznam tabulek**

Tab. 1 Průměrný výrobní program.....	22
Tab. 2: Nový průměrný výrobní program.....	35

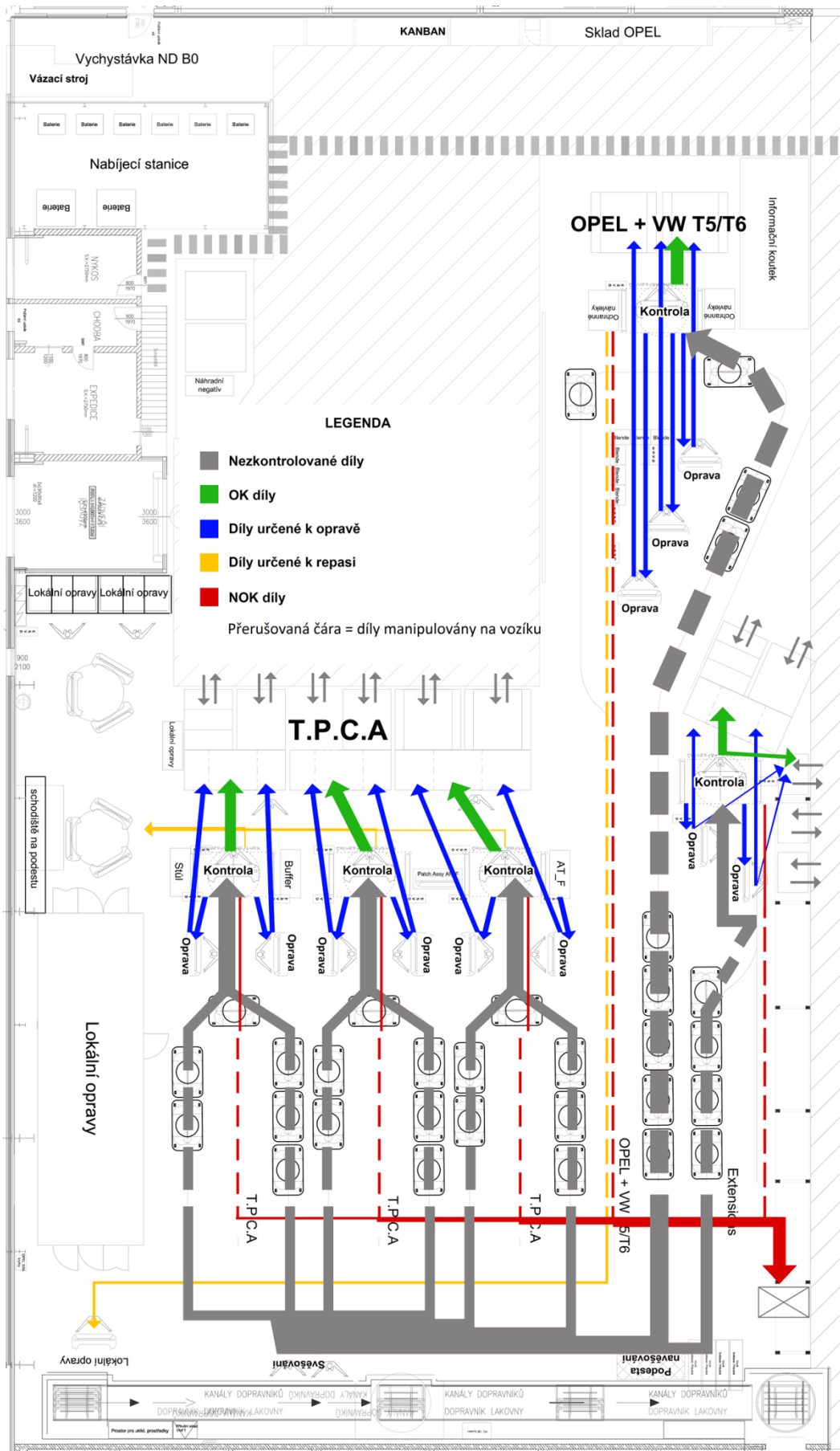
## Seznam příloh

Příloha č. 1 Dnešní stav – layout.....	45
Příloha č. 2 Dnešní stav – Sankeyův diagram.....	46
Příloha č. 3 Minimalistická varianta – layout.....	47
Příloha č. 4 Minimalistická varianta – Sankeyův diagram.....	48
Příloha č. 5 Varianta s technologickými změnami – layout.....	49
Příloha č. 6 Varianta s technologickými změnami – Sankeyův diagram.....	50

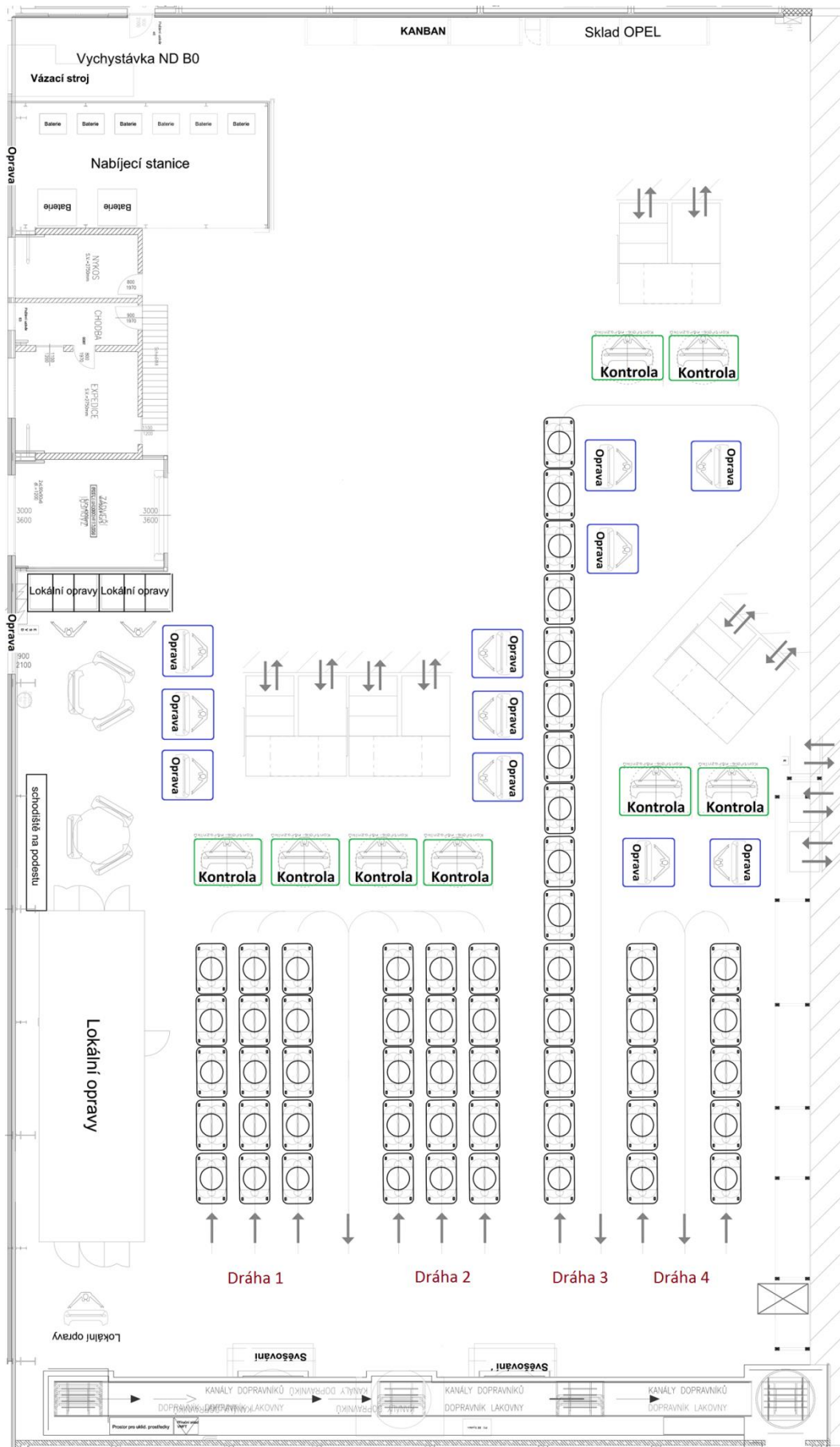
# Příloha č. 1 Dnešní stav – layout



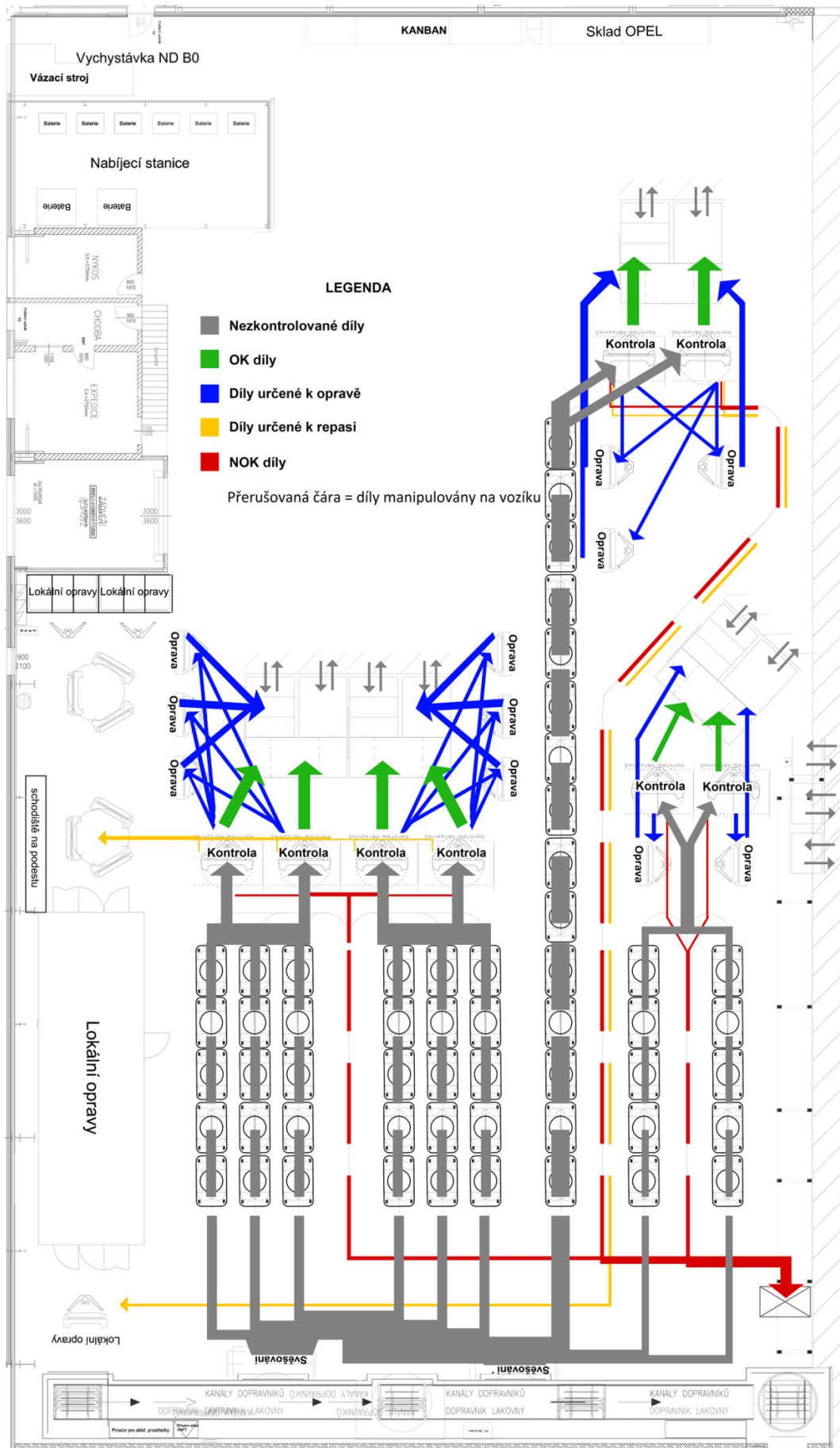
## Příloha č. 2 Dnešní stav – Sankeyův diagram



# Příloha č. 3 Minimalistická varianta – layout

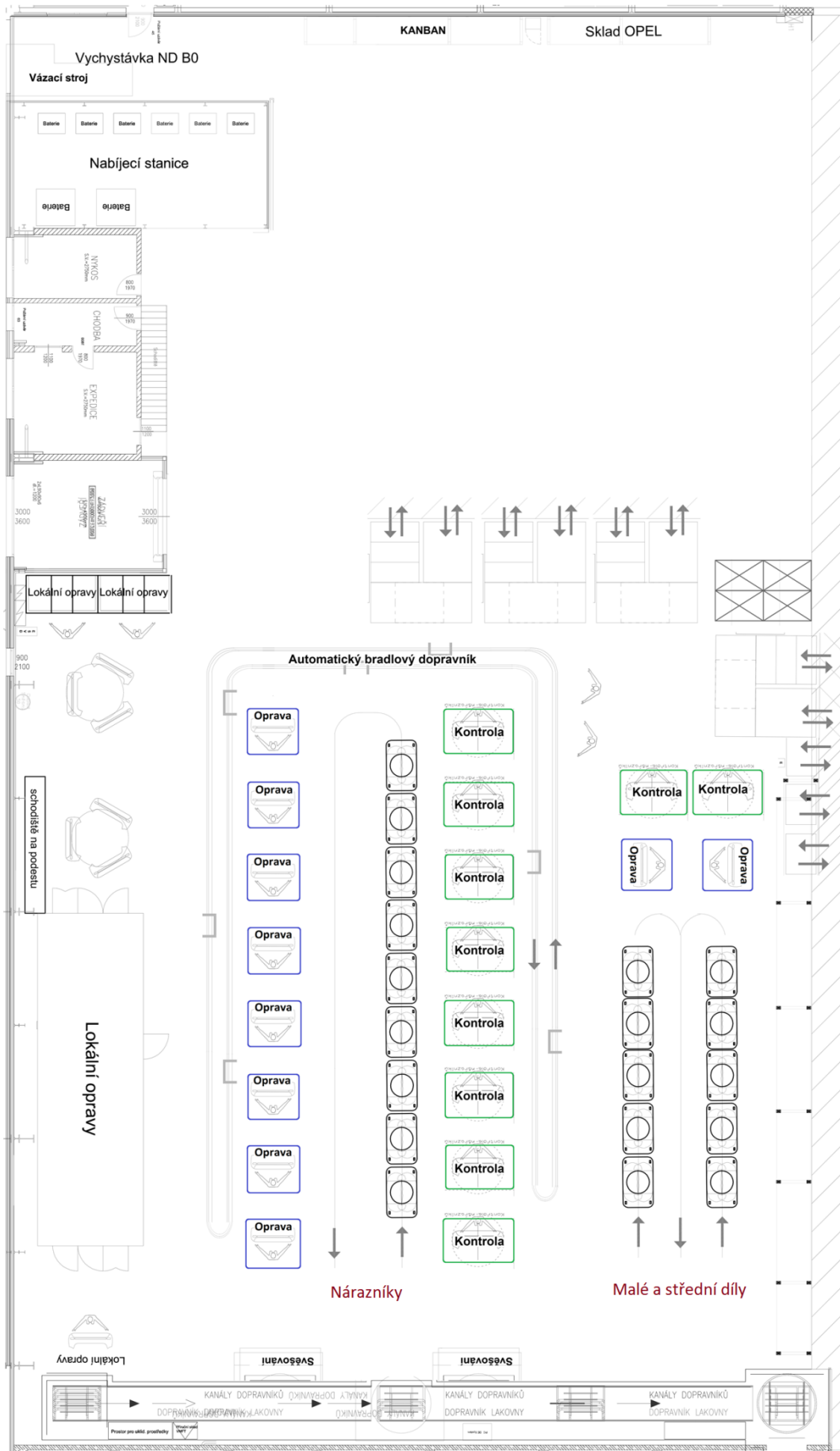


# Příloha č. 4 Minimalistická varianta – Sankeyův diagram

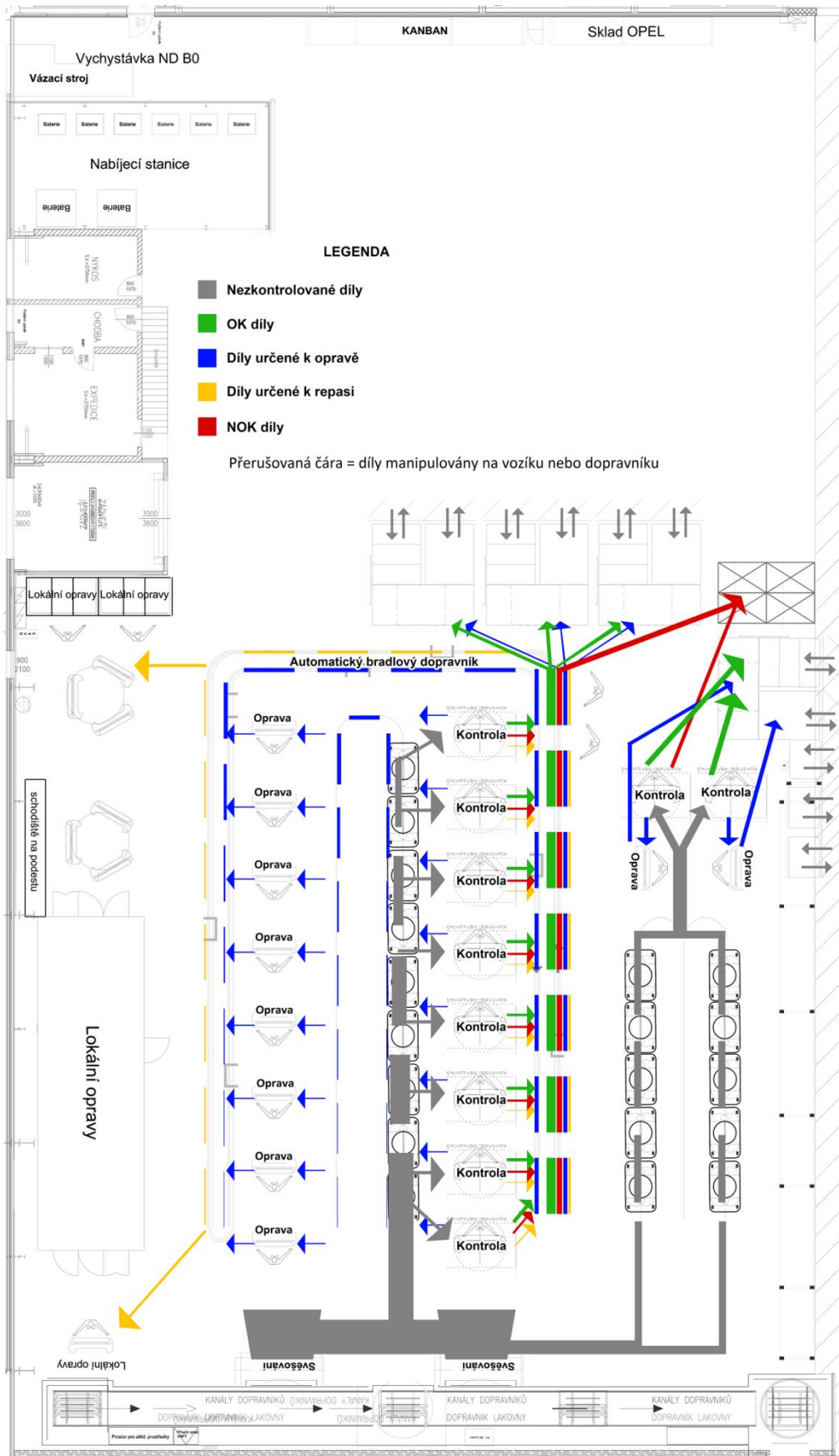




# Příloha č. 5 Varianta s technologickými změnami – layout



# Příloha č. 6 Varianta s technologickými změnami – Sankeyův diagram



## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	David Votava		
STUDIJNÍ OBOR	6208R088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Nový layout pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby lakovaných dílů		
VEDOUCÍ PRÁCE	prof. Ing. Radim Lenort, PhD.		
KATEDRA	KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2015
POČET STRAN	50		
POČET OBRÁZKŮ	5		
POČET TABULEK	2		
POČET PŘÍLOH	6		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tato bakalářská práce je zaměřena na téma logistika výroby s důrazem na tvorbu layoutu a problematiku rozmíst'ování pracovišť. Cílem je navrhnout nový layout pracovišť pro kontrolu a opravu neshodné výroby lakovaných dílů nymburského závodu společnosti Magna Exteriors &amp; Interiors (Bohemia) s.r.o. Teoretická část práce předkládá nástroje a postupy využívané při rozmíst'ování pracovišť. V praktické části je podrobně analyzován současný layout a následně jsou zvoleny vhodné postupy a metody z teoretické části s cílem navrhnout nový layout. Výsledkem jsou dvě nalezené funkční varianty řešení. Závěrem jsou diskutovány jejich výhody a nevýhody.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Logistika výroby, layout, Sankeyův diagram, lakovna, tok materiálu		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne			

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	David Votava		
<b>FIELD</b>	6208R088 Business Management and Production		
<b>THESIS TITLE</b>	A New Layout of Workplaces for Checking and Repairing the Production Nonconformity of Painted Parts		
<b>SUPERVISOR</b>	prof. Ing. Radim Lenort, PhD.		
<b>DEPARTMENT</b>	KLRK - Department of Logistics and Quality Management	<b>YEAR</b>	2015
<b>NUMBER OF PAGES</b>	50		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>	5		
<b>NUMBER OF TABLES</b>	2		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>	6		
<b>SUMMARY</b>	<p>This bachelor work is focused on topic of production logistics with emphasis on layout-creation and problems of arranging workplaces. Purpose of the work is to design a new layout of workplaces for checking and repairing of the nonconforming painted parts in the factory Nymburk by the company Magna Exteriors &amp; Interiors (Bohemia) s.r.o. The theoretical part introduces tools and methods applied by the positioning of workplaces. In the practical part there is the current layout properly analysed and subsequently the suitable procedures and methods are chosen. As the result of the work two full functional solutions are discovered and discussed.</p>		
<b>KEY WORDS</b>	Production logistics, layout, Sankey-diagramm, paintshop, material flow		
<b>THIS IS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No</b>			

