



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE MONTÁŽNÍ LINKY PŘEDNÍCH SVĚTLOMETŮ AUTOMOBILU VE SPOLEČNOSTI HELLA AUTOTECHNIK NOVA, S.R.O

OPTIMALIZATION OF THE ASSEMBLY LINE OF AUTOMOTIVE HEADLAMPS IN THE HELLA
AUTOTECHNIK NOVA, S.R.O. COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Hoplíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

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

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

Optimalizace montážní linky předních světlometů automobilu ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je vypracovat a navrhnout možné varianty optimalizace montážní linky včetně jejich ekonomického vyhodnocení.

Cíle diplomové práce:

Úvod

1. Analýza současného stavu uspořádání montážní linky, toku materiálu a montážních postupů.
2. Návrh možných variant optimalizace.
3. Technické a ekonomické vyhodnocení variant.
4. Výběr optimální varianty

Závěr

Seznam literatury:

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

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

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


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

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

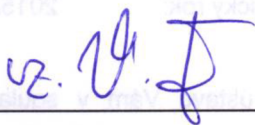
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 24. 11. 2015





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
ředitel ústavu



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

Optimalizace montážní linky předních světlometů automobilu ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci montážní linky předních světlometů automobilu BMW F30 LCI LED ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. Mohelnice. Hlavním záměrem práce je v její první části rozbor současného stavu uspořádání montážní linky, toku materiálu a montážních postupů. Ve druhé části mé diplomové práce jsou navrženy možné varianty optimalizace. V poslední části práce je potom vybrána optimální varianta, která zefektivní celý montážní proces, případně i sníží počet pracovníků na lince a to na základě technického a ekonomického vyhodnocení.

Klíčová slova

optimalizace, montážní linka, přední světlomet automobilu, BMW F30 LCI LED

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on optimizing of the assembly line of automotive headlamps BMW F30 LCI LED in the HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. Mohelnice company. The main intention of this thesis is in her first part the analysis of current status of arrangement assembly line, material flow and assembly procedures. In the second part of my thesis are proposed possible options for optimization. And in the last part of thesis is then selected optimal solution that streamlines the entire assembly process, possibly reducing the number of workers on the line and all based on technical and economic evaluation.

Key words

optimization, assembly line, automotive headlamp, BMW F30 LCI LED

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HOPLÍČEK, O. *Optimalizace montážní linky předních světlometů automobilu ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 70 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Optimalizace montážní linky předních světlometů automobilu ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o.** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Ondřej Hoplíček

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomáhali s tvorbou této diplomové práce, především pak mému vedoucímu panu Ing. Janu Strejčkovi, Ph.D., MBA a panu Ing. Karlu Volčíkovi ze společnosti HELLA Autotechnik Nova, s.r.o. Mohelnice za jejich odborné a cenné rady, ale také za jejich trpělivost.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	10
1 ROZBOR PROBLEMATIKY	11
1.1 Technologické projektování	11
1.2 Základní způsoby rozmístění strojů a pracovišť	11
1.2.1 Volné uspořádání	11
1.2.2 Technologické uspořádání	12
1.2.3 Předmětné uspořádání	12
1.2.4 Modulární uspořádání	13
1.2.5 Buňkové uspořádání	13
1.3 Optimalizace pracoviště.....	13
1.4 Montážní linka	14
1.4.1 Varianty prostorového uspořádání montážních linek	15
1.5 Materiálový tok a zásady manipulace.....	18
1.6 Základní analytické metody prostorového uspořádání	18
1.6.1 Sankeyův diagram.....	18
1.6.2 Šachovnicová tabulka	18
1.6.3 Prostá trojúhelníková metoda	19
1.6.4 Metoda CRAFT	20
1.6.5 Layout pracoviště.....	20
1.7 Kanban	20
1.8 5S	20
1.9 Ekonomické porovnání variant.....	21
1.10 Výběr optimální varianty	21
2 SPOLEČNOST HELLA AUTOTECHNIK NOVA, S.R.O. MOHELNICE	23
2.1 Historie společnosti.....	23
2.2 Výroba	24
2.3 HELLA průmysl	24
2.4 Portfolio zákazníků.....	25

3	SVĚTLOMET MONTOVANÝ NA LINCE BMW F30 LCI LED	26
3.1	Rozpad světlometu.....	27
4	ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU	28
4.1	Uspořádání montážní linky	28
4.1.1	Pracoviště montážní linky a přeprava světlometů na ohrazeném pracovišti	29
4.1.1.1	Ruční a poloautomatizovaná pracoviště	29
4.1.1.2	Robotická lepicí stanice	30
4.1.1.3	Pásové dopravníky	33
4.1.2	Velikost zastavěné plochy	33
4.2	Montážní postupy	35
4.2.1	Zaměstnanci a výrobnost linky	42
4.2.2	Náklady na pořízení pracovišť a nezbytných zařízení linky.....	42
4.2.3	Provozní náklady	44
4.2.3.1	Náklady na zaměstnance.....	44
4.2.3.2	Náklady na spotřebu elektrické energie.....	45
4.2.4	Celkové náklady	45
4.3	Tok materiálu	46
5	NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT OPTIMALIZACE	50
6	TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ VARIANT	51
6.1	Zdvojení nejužšího místa montážní linky.....	51
6.1.1	Technické vyhodnocení	51
6.1.1.1	Uspořádání optimalizované montážní linky	52
6.1.1.2	Velikost zastavěné plochy po optimalizaci.....	52
6.1.1.3	Postup montáže na zdvojeném pracovišti	53
6.1.1.4	Sankeyův diagram.....	53
6.1.2	Ekonomické vyhodnocení.....	54
6.1.2.1	Náklady na pořízení zdvojeného pracoviště	54
6.1.2.2	Náklady na zaměstnance zdvojeného pracoviště.....	54
6.1.2.3	Náklady na spotřebu elektrické energie zdvojeného pracoviště.....	55
6.1.2.4	Celkové náklady na optimalizaci	55
6.1.3	Ekonomické porovnání varianty po optimalizaci se současným stavem linky ..	56
6.2	Výhodnější substitute za aktuálně používaný typ elektrického šroubováku.....	57
6.2.1	Technické vyhodnocení	57
6.2.2	Ekonomické vyhodnocení.....	59
6.3	Změna dodavatele nejčastěji používaného typu šroubu	59

6.3.1 Technické vyhodnocení	59
6.3.2 Ekonomické vyhodnocení.....	61
7 VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	62
ZÁVĚR	63
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	66
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	69
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	70

ÚVOD

Během posledních deseti let prodělal automobilový průmysl enormní růst v rámci množství vyráběné produkce. S tímto růstem se automaticky zvyšuje potřeba vývoje nových materiálů a technologií používaných ve strojírenském průmyslu. Tento velký rozvoj ovlivnil i přední světlometry automobilů. Nejpoužívanější technologií při výrobě světlometů je proces vstřikování plastových hmot. Díky této technologii je možné vyrábět světlometry různě složitých tvarů při zachování nižších hmotností, do nichž lze dále instalovat různé moderní funkční prvky, které zajišťují vyšší bezpečnost provozu vozidla na pozemních komunikacích. Ve vývoji světelného zdroje světlometu došlo také k výrazným progresivním změnám. Dlouhou dobu standardně užívané halogenové žárovky (H4, H7) jsou už pár let nahrazovány xenonovými výbojkami a nejmodernějšími LED diodami. V současné době přichází na trh nová technologie tzv. laserových světél.

Nyní je na trhu obrovská konkurence a proto je velice důležité ji eliminovat výrobou kvalitních produktů při vynaložení co nejnižších nákladů. Dalším významným kritériem je schopnost rychle a pružně reagovat.

Diplomová práce pojednává o optimalizaci montážní linky předních světlometů automobilu BMW F30 LCI LED na oddělení výroby ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. se sídlem v Mohelnici. Společnost HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. patří mezi přední světové vývojové a výrobní závody světlometů s širokým portfoliem zákazníků.

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout možné varianty optimalizace současného stavu montážní linky, z nichž bude na základě technického a ekonomického vyhodnocení vybrána varianta optimální. Tato vybraná varianta zefektivní celý montážní proces.

Z důvodu ochrany obchodního tajemství budou některé pasáže textu psány v neurčitě tvaru. Bude se jednat zejména o pasáže v kapitole technické a ekonomické vyhodnocení variant.

1 ROZBOR PROBLEMATIKY

1.1 Technologické projektování

Veškeré technické činnosti, jako je vývoj, technická příprava výroby, optimalizační činnost, projektování a jiné, vytvářejí závislý řetězec, ve kterém má samozřejmě technologické projektování důležité místo. A to především v technologické přípravě výroby [1][2].

Cílem této technické přípravy výroby je vytvořit konstrukci výrobku o co možná nejvyšší technické úrovni a užité hodnoty, dále určit jeho hospodárný způsob výroby a to i s technicko-organizačním projektem výroby. Technicko-organizační projekt je vlastně hlavní náplní technologického projektování [1].

Technologické projektování je tedy tvůrčí práce technicko-ekonomického charakteru, jenž se zaměřuje hlavně na zpracování projektů: variant technicko-organizačního uspořádání strojů a zařízení a dále variant technologií výroby a montáže strojních součástí [2].

1.2 Základní způsoby rozmístění strojů a pracovišť

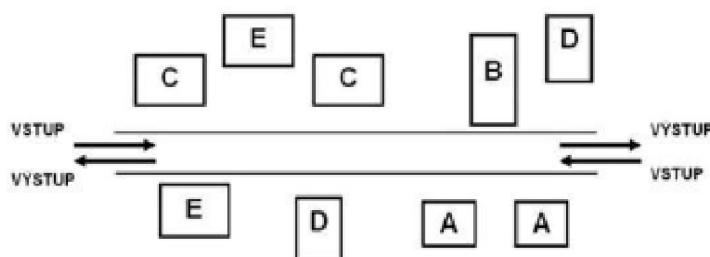
Pro správné určení rozmístění strojů a pracovišť jsou používány například tyto metody: kruhová metoda, metody S. L. P. a CRAFT, metoda těžiště, metoda souřadnic a prostá trojúhelníková metoda. Optimální rozmístění strojů a jiných výrobních zařízení se řeší vzhledem k plynulému a nevratnému toku materiálu, k jednoduchosti, přímočarosti a hospodárnosti výroby. Taktéž je nutné dbát na minimální nároky na manipulaci a potřebný prostor a v neposlední řadě dodržet zásady bezpečnosti práce [1][3].

Druh a úroveň zaměření výrobního procesu, materiálový tok a průběh výrobního procesu v čase ovlivňují formy rozmístění pracovišť [3]:

- volné,
- technologické,
- předmětné,
- kombinace technologické a předmětné,
- modulární,
- buňkové.

1.2.1 Volné uspořádání

Volné uspořádání (viz obr. 1.1) je nejméně používané uspořádání neboť stroje a pracoviště jsou umísťovány zcela náhodně. Z toho je patrné, že nebyly určeny materiálové toky či jakékoliv jiné řídicí vztahy. Využívá se v prototypových a opravárenských dílnách s kusovým charakterem výroby. V dnešní době je toto uspořádání zcela nedostačující [1][3].

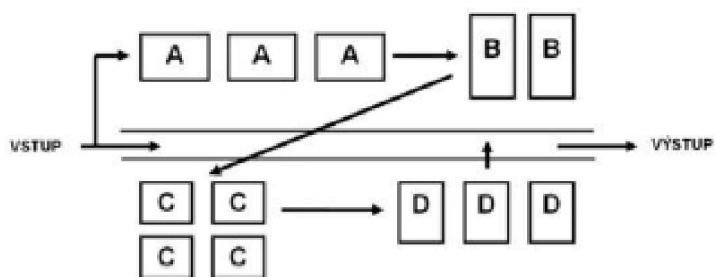


Obr. 1.1 Schéma volného uspořádání pracovišť [3].

1.2.2 Technologické uspořádání

Technologické uspořádání (viz obr. 1.2) se vyznačuje zařazováním pracovišť se shodnou nebo velmi blízkou technologickou charakteristikou do výrobních úseků. Z toho pak resultují výrobní úseky, které již svým názvem nebo označením prozrazují druh technologie, která je v nich realizována. Předností uspořádání je malá citlivost na změnu výrobního programu, snadná možnost využití volné kapacity pracovišť přijetím kooperačních prací, podpora růstu kvalifikace operátorů, malá citlivost na poruchy strojů a vhodné podmínky pro údržbu a opravu stejných nebo podobných strojů. Nevýhodou tohoto uspořádání je složité plánování a řízení výroby a vyvažování kapacit, potřeba meziskladů, dlouhé dopravní cesty při dopravě dílů mezi pracovišti, dlouhá průběžná doba výroby, nerovnoměrnost materiálového toku a využití obsluhy [4][5].

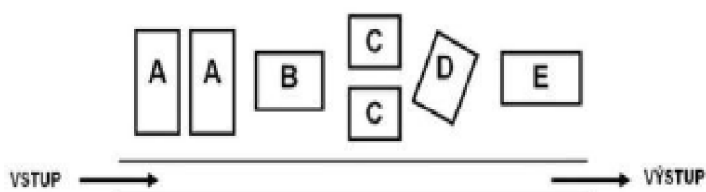
Používá se nejčastěji v kusové nebo malosériové výrobě středního až těžkého strojírenství. Rovněž se ale také používá v prototypových nebo opravárenských dílnách [1].



Obr. 1.2 Schéma technologického uspořádání pracovišť [3].

1.2.3 Předmětné uspořádání

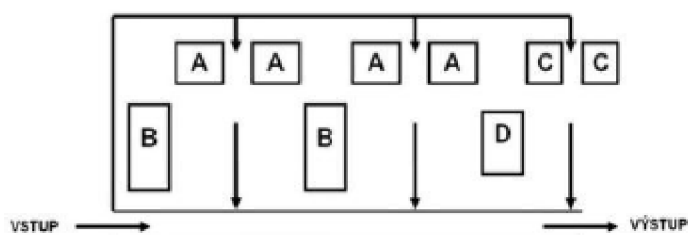
Předmětné uspořádání (viz obr. 1.3) je typické svou orientací na výrobek (předmět) a vytvořením menších výrobních jednotek pro kompletní zpracování částí výrobku. Výsledkem poté jsou výrobní úseky (provozy), které prozrazují předmět své výroby již svým názvem nebo označením. Výrobky se zde pohybují ve stejném směru a vzniká výrobní proud, viz obr. 1.3. Mezi výhody předmětného uspořádání patří krátké a přehledné dopravní cesty mezi pracovišti, krátké průběžné doby výroby, nižší náročnost řízení výroby a nižší počet meziskladů. Negativem je náročnost údržby a oprav speciálních jednoúčelových strojů, nemožnost využití volné kapacity pracovišť a velká citlivost na změny výrobního programu. Ve větší míře se toto uspořádání využívá ve všeobecném a středně těžkém strojírenství a ve velkosériové a hromadné výrobě [1][4][5].



Obr. 1.3 Schéma předmětného uspořádání pracovišť [3].

1.2.4 Modulární uspořádání

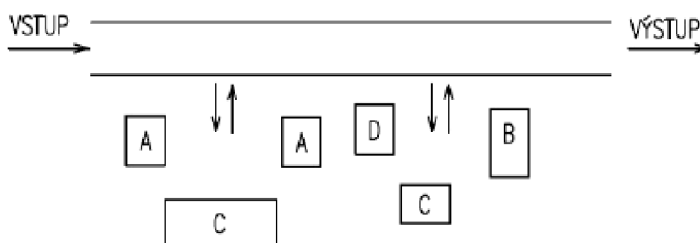
Tento způsob uspořádání je charakteristický seskupováním technologických bloků, z nichž každý je schopen vykonávat více technologických funkcí. Celý provoz je většinou sestaven ze stejných nebo podobných modulů. Modulárním uspořádáním (viz obr. 1.4) lze dosáhnout vysoké produktivity práce a je výhodné ho využívat ve vícesměnných provozech. Dalšími výhodami jsou zkrácení mezioperačních časů a průběžné doby výroby, menší manipulační dráhy a lepší organizace práce. Nevýhodou jsou větší náklady na pořízení strojů [3].



Obr. 1.4 Schéma modulárního uspořádání pracovišť [3].

1.2.5 Buňkové uspořádání

Buňkové uspořádání (viz obr. 1.5) je podobné modulárnímu. Odlišným znakem a základem je buňka, kterou tvoří výkonný stroj a mechanizované nebo automatizované prostředí. Často se jedná o plně automatizované a robotizované pracoviště. Při projektování tohoto uspořádání je důležitá předprojektová rozborová příprava, zavedení standardizace a zpracování skupinových technologických postupů. Výhody a nevýhody jsou totožné jako při modulárním uspořádání [1][3].



Obr. 1.5 Schéma buňkového uspořádání pracovišť [1].

1.3 Optimalizace pracoviště

Optimalizace pracoviště znamená zlepšení podmínek na pracovišti a odstranění veškerého plýtvání a nedostatků. V případě optimalizace montážní linky jde o systematický proces [6].

Při optimalizaci je potřeba se zaměřit na tyto faktory [6]:

- snížení nákladů odstraněním plýtvání,
- zrychlení výrobního času a tudíž zvýšení výkonu,

- zavedení prvků ergonomie, abychom eliminovali úrazovost a zatěžování organismu,
- lepší kvalitu a standardizaci postupů,
- zvýšení autonomnosti a možnosti vícestrojové obsluhy,
- úsporu plochy.

1.4 Montážní linka

Montážní linku lze charakterizovat jako soubor pracovišť uspořádaných podle technologického postupu. Jednotlivá pracoviště jsou propojena mezioperační dopravou a jsou určena k provádění stanovených operací při montáži celého výrobku nebo jeho částí [1][7].

Montážní linky jsou nejčastěji děleny podle hledisek [7]:

- použití mechanizace a zapojení člověka do montáže:
 - ruční linky,
 - poloautomatizované (mechanizované) linky,
 - automatizované linky.
- stupně synchronizace:
 - synchronizované linky,
 - nesynchronizované linky.
- počtu montovaných typů výrobků na lince:
 - jednopředmětné linky,
 - víceřadové linky.
- způsobu prostorového uspořádání:
 - jednoduché linky,
 - rozvětvené linky.
- montážního taktu:
 - linky s pevným montážním taktem,
 - linky s volným montážním taktem.

- způsobu pohybu výrobku při montáži:
 - stacionární linky,
 - linky s pohybujícím se výrobkem,
 - výrobek se pohybuje až po zhotovení operace,
 - výrobek se pohybuje nepřetržitě.

1.4.1 Varianty prostorového uspořádání montážních linek

Základní prostorové uspořádání montážních linek jednoduchých a rozvětvených lze ještě rozšířit o další členění [7].

Z hlediska prostorového uspořádání lze dále montážní linky rozdělit podle [7]:

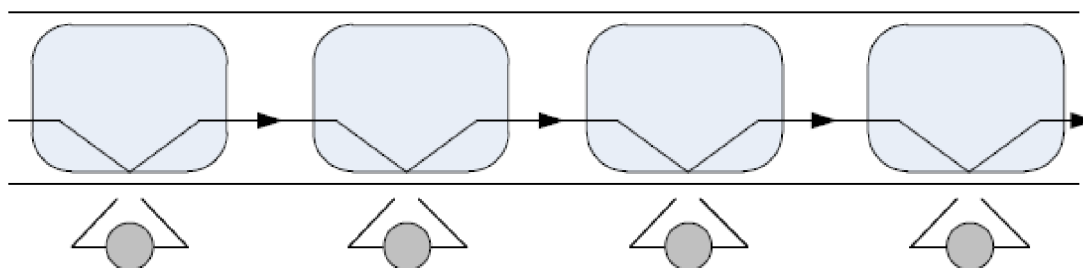
- obsazení stran montážní linky:
 - jednostranné,
 - oboustranné.

- umístění montážních pracovišť k lince:
 - čelní postavení,
 - boční postavení.

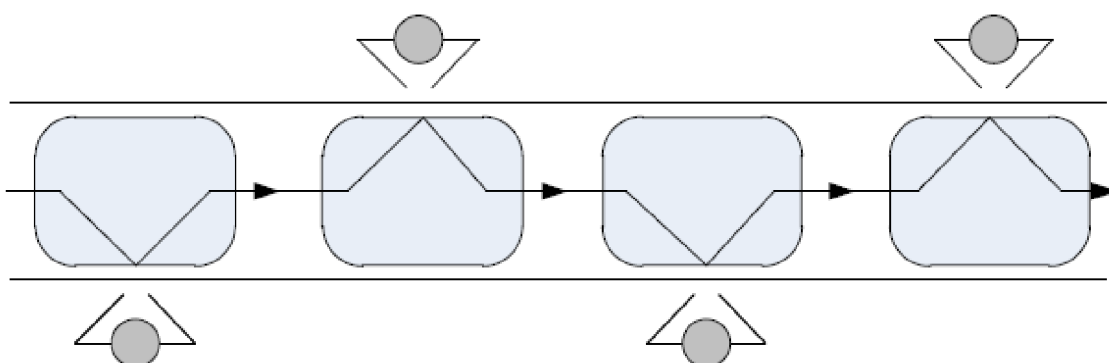
- směru pohybu linky:
 - jednosměrné,
 - obousměrné.

Montážní linky s bočním umístěním pracovišť poskytují lepší možnosti využití strojů a rozměrných přípravků při montáži. Montážní linky s čelním postavením vyžadují zpravidla menší požadavky na pracovní prostor a umožňují manipulovat se součástí oběma rukama. Nevýhodou těchto linek však je, že lze na pracovištích využít pouze malé přípravky a ručně ovládané pracovní nástroje [7].

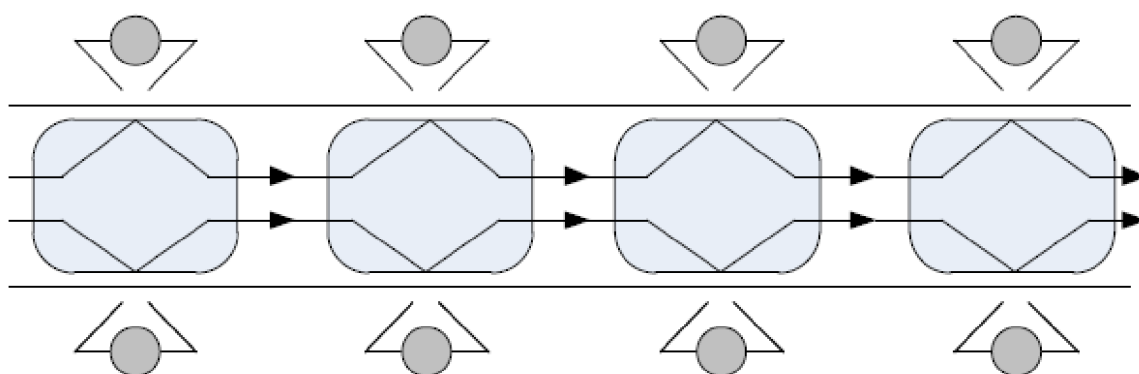
Při využití jednostranného (jednoduchého) uspořádání montážní linky vznikají větší nároky na prostor, často jsou realizovány dlouhými dráhami dopravníků. Naopak oboustranné uspořádání významně šetří prostor. Na obr. 1.6 až 1.12 jsou schematicky znázorněny jednotlivé možnosti a kombinace uspořádání [7].



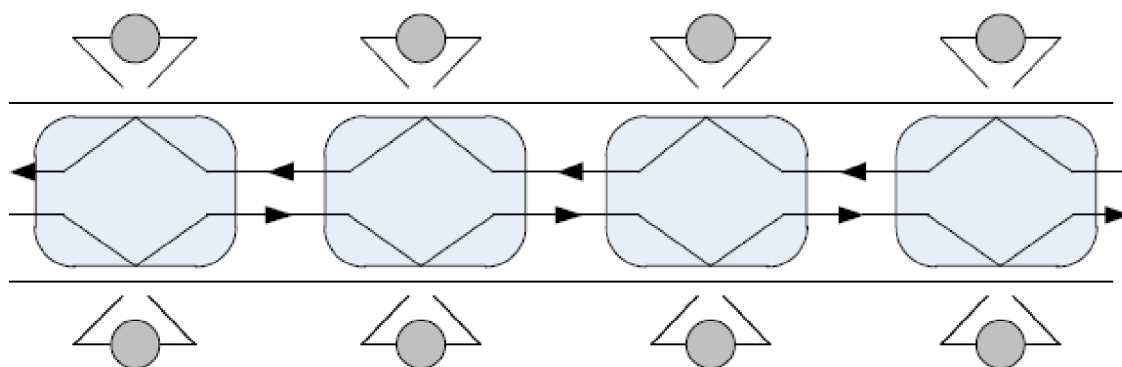
Obr. 1.6 Schéma jednostranné jednosměrné montážní linky [7].



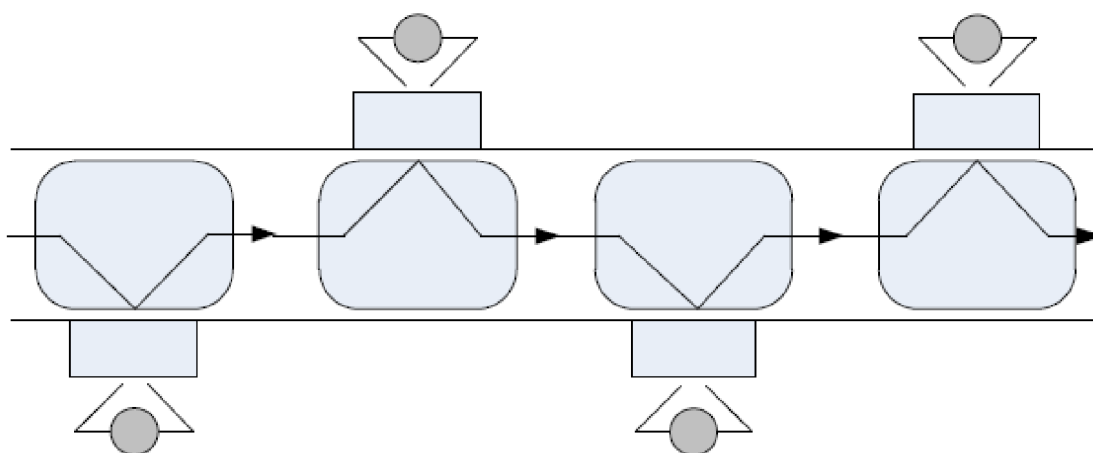
Obr. 1.7 Schéma oboustranné jednosměrné montážní linky [7].



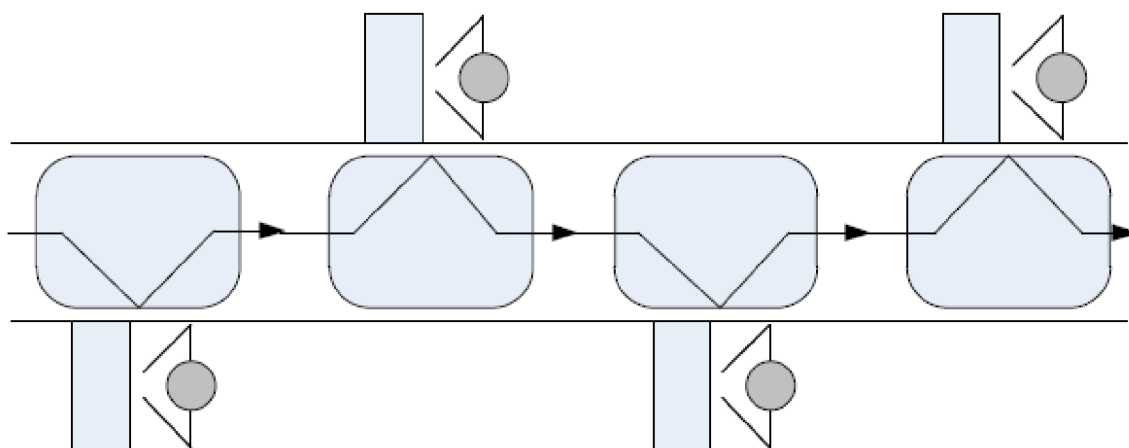
Obr. 1.8 Schéma oboustranné jednosměrné montážní linky [7].



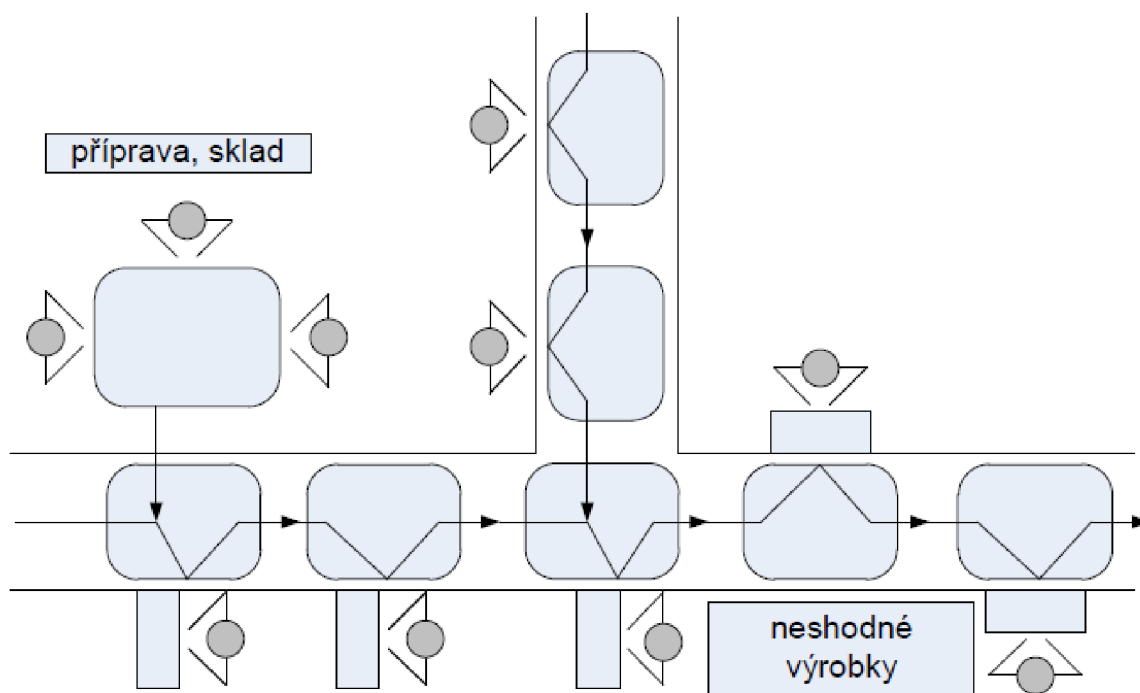
Obr. 1.9 Schéma oboustranné obousměrné montážní linky [7].



Obr. 1.10 Schéma montážní linky s čelními montážními pracovišti [7].



Obr. 1.11 Schéma montážní linky s bočními montážními pracovišti [7].



Obr. 1.12 Schéma rozvětvené montážní linky [7].

1.5 Materiálový tok a zásady manipulace

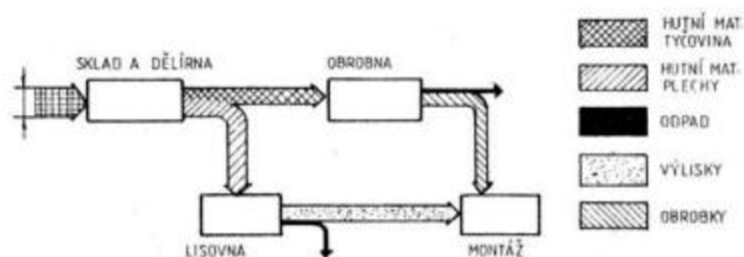
Materiálový tok představuje řízený pohyb materiálu, spojující výrobní operace nebo výrobní fáze. Vytváří se především podle technologického postupu. Je ovlivňován technologickou složitostí výrobků, rozsahem vyráběného sortimentu a sériovostí. Na manipulaci s materiálem je potřeba se dívat komplexně z časových, prostorových a funkčních potřeb výrobního systému. Pro zajištění optimálního materiálového toku jsou stanoveny tyto zásady manipulace [8]:

- přímé a nejkratší dopravní cesty bez křížování a zpětných kroků,
- rytmičnost, nepřetržitost a plynulost materiálového toku,
- vyloučení zbytečných manipulací s materiálem,
- zvýšení podílu mechanizované manipulace [8].

1.6 Základní analytické metody prostorového uspořádání

1.6.1 Sankeyův diagram

Sankeyův diagram (viz obr. 1.13) je metoda, která nám umožňuje na základě půdorysného plánu objektu (závodu) a šachovnicové tabulky graficky znázornit průběh materiálových toků v závodě nebo na pracovišti. Pro přehledné grafické znázornění je účelné využít maticovou tabulku s popisem vstupu a výstupu, která ve zvolených jednotkách udává přepočtené množství přepravovaného materiálu mezi jednotlivými pracovišti. Tímto způsobem zjištěné množství manipulovaného materiálu za určitou časovou jednotku vyjadřuje v Sankeyově diagramu tloušťka čar, délka čáry znázorňuje vzdálenost přepravy a šipka směr materiálového toku. K diagramu je nutné uvést legendu a pro větší přehlednost a názornost je možné rozlišit pohyb jednotlivých druhů materiálu pomocí barev nebo šrafováním [3][5].



Obr. 1.13 Sankeyův diagram [3].

1.6.2 Šachovnicová tabulka

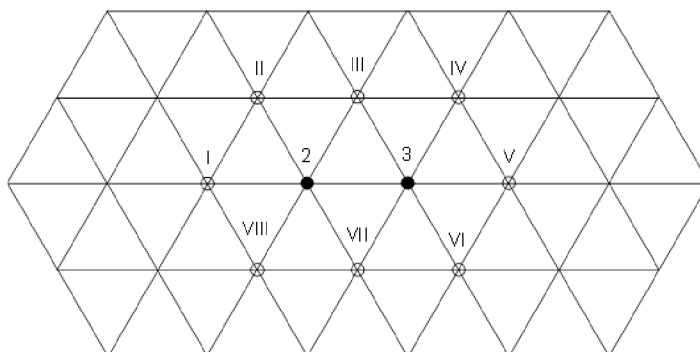
Šachovnicová tabulka (viz tab. 1.1) patří mezi tzv. rozmisťovací metody. Tyto metody se zabývají rozmístěním objektů v předem vymezeném prostoru tak, aby vzdálenosti drah hmotného toku materiálu mezi objekty byly co nejkratší. Tímto způsobem se metody snaží snižovat náklady na přemísťování materiálu a časy dopravy mezi objekty. Jedná se o optimalizační metody [9].

Tab. 1.1 Šachovnicová tabulka (údaje – hmotnosti jsou v tunách za rok) [10].

Ze/Do	Okolí	Depal.	Obro.	Kalír.	Mont.	Kontr.	Šrotiš.	Exp.	Suma
Okolí	-----	70							70
Depaletizace		-----	30	15	25				70
Obrobna			-----			22	8		30
Kalírna				-----	15				15
Montáž					-----	40			40
Kontrola						-----		62	62
Šrotišťe	8						-----		8
Expedice	62							-----	62
Suma	70	70	30	15	40	62	8	62	

1.6.3 Prostá trojúhelníková metoda

Přídavek „prostá“ má metoda s ohledem na její odlišení od trojúhelníkové metody hodnocení vztahů. Metoda je založena na principu minimalizace vzdáleností mezi pracovišti s největším materiálovým tokem – největší intenzitou vztahu. Intenzita vztahu bývá nejčastěji vyjádřena v tunách přepraveného materiálu za rok. Základní postup při sestavování této metody vypadá následovně (viz obr. 1.14). Do sítě rovnostranných trojúhelníků je umístěna na pozice uzlů nejdříve dvojice pracovišť s maximální intenzitou vztahu. Tato dvě pracoviště tvoří krajní body jedné strany trojúhelníku. Následně je hledáno pracoviště, které má největší počet kontaktů nebo největší intenzitu vztahu k již umístěné dvojici. Nalezené pracoviště je poté zakresleno do takového uzlu trojúhelníkové sítě, ve kterém je minimální přepravní výkon mezi umístěným pracovištěm a všemi již umístěnými pracovišti. Přepravní výkon se obvykle vyjadřuje v tunokilometrech, tunometrech a podobně. V našem případě je vyjádřen přepravní výkon mezi určitou dvojicí pracovišť součinem intenzity vztahu a minimálního počtu hran v trojúhelníkové síti, přes který se může mezi těmito dvěma pracovišti přecházet. Na délku hrany lze pohlížet jako na jednotkovou vzdálenost. Následně je hledáno další pracoviště s maximální intenzitou vztahu k již umístěným pracovištím. Postup je opakován tak dlouho, až jsou do sítě umístěna všechna pracoviště. Výsledkem bude relativní poloha pracovišť vůči sobě. Nejblíže se budou vůči sobě nacházet pracoviště, mezi nimiž je největší materiálový tok. Toto teoretické relativní rozmístění pak musí být upraveno podle skutečného půdorysu dílny, haly nebo provozu a příp. dalších kritérií [5][10].



Obr. 1.14 Rozmístování pracovišť do trojúhelníkové sítě [10].

1.6.4 Metoda CRAFT

Metodu CRAFT lze obecně použít k určení optimální polohy dvou různých prvků při uspořádání celku z pohledu minimalizace celkových nákladů na manipulaci s materiálem [11].

Před aplikováním metody se nejdříve vybere libovolné uspořádání pracovišť a poté se v dalších navazujících krocích provádějí vzájemné výměny pracovišť, provádějí se tak dlouho, dokud nejsou náklady na manipulaci s materiálem nejnižší. Metoda CRAFT bere při propočtu v potaz i ty možnosti, že některá pracoviště mají pevné neměnné místo nebo že potřebují být co nejbližší u sebe. Metodu je možné aplikovat pouze v případě, pokud je zaručen postup výrobku určitým pořadím pracovišť podle technologického postupu. Matematicky je možné problém optimalizace vzájemné polohy prvků při uspořádání celku definovat jako součin nákladů a počet hmotnostních jednotek [1][5][11].

1.6.5 Layout pracoviště

Metoda layoutu je založena na zhotovení půdorysného plánu daného pracoviště se všemi nezbytnými výrobními prostředky, skladovacími prostory, obslužnými a dopravními cestami. Plánek se zhotovuje ve vhodném měřítku. Do takto vypracovaného plánu se poté zakreslí tok materiálu i s možnými variantami, které souvisí s možnostmi různého uspořádání některých strojů. Sankeyova diagramu, v němž je zobrazena hustota toku materiálu, je možné s výhodou využít při hledání optimálního řešení prostorového uspořádání. Z layoutu procesního uspořádání je jasně viditelný nesouvislý materiálový tok. Dochází k nežádoucímu křížení dopravních cest, které plyne z rozmístění strojů a technologického postupu. Layout s orientací na výrobek působí uspořádaným dojmem s plynulým materiálovým tokem. Plynulý tok materiálu má za následek zkracování průběžných výrobních časů. Případné nedostatky, které se mohou objevit, jsou snadno napravitelné [5].

1.7 Kanban

Kanban je japonský systém dílenského řízení výroby, který využívá karty a slouží pro signalizaci stavu zásob a rozpracované výroby. Jeho podstatou je "tahání" součástek výrobním procesem tak, jak požaduje montáž, bez zbytečné rozpracovanosti a zbytečných meziskladů. Snahou tohoto systému je postupná eliminace všech skladů. Mezi základní typy systémů řízení patří jednokartový a dvoukartový systém [6].

1.8 5S

Metoda 5S vznikla v Japonsku, je rozšířena po celém světě a uplatňuje se při zavádění štíhlé výroby. Primárně se metoda zaměřuje na vytvoření a udržování organizovaného, čistého a vysoce výkonného pracovního prostředí jak v administrativních tak především ve výrobních prostorách [12].

5S je základním nástrojem pro nepřetržité zlepšování materiálového toku, kvality a bezpečnosti pracovních oblastí, pro vizualizaci a redukci plýtvání a pro zlepšování podnikové kultury, postoje lidí a pracovního prostředí [13].

Jak již samotný název metody napovídá, na písmeno S začíná všech pět slov, z nichž se metoda skládá a které reprezentují jednotlivé kroky. Tyto kroky jsou separovat, systematizovat, stále čistit, standardizovat a sebedisciplína [12][13].

Metodou 5S je možné dosáhnout následujících přínosů [13]:

- snížení zásob na pracovišti,
- zlepšení kvality,
- zkrácení času montážních operací,
- zmenšení rozměrů pracovního prostoru.

1.9 Ekonomické porovnání variant

Jednotlivé varianty je možné porovnat pomocí **nákladové návratnosti**. Ta vyjadřuje návratnost (dobu úhrady) vložených investic ve vztahu k dosaženým úsporám [3]. Tento vztah je popsán rovnicí (1.1):

$$T_{\dot{u}} = \frac{I_i - I_S}{N_S - N_i} [\text{rok}]. \quad (1.1)$$

Převrácením hodnoty nákladové návratnosti je možné zase získat **koeficient ekonomické efektivity** (viz vzorec 1.2). Koeficient udává, kolik Kč z úspor přinese 1 Kč nákladů. Čím je koeficient vyšší, tím je investice výhodnější [3].

$$k_{ef} = \frac{1}{T_{\dot{u}}} = \frac{N_S - N_i}{I_i - I_S} [-], \quad (1.2)$$

- kde: $T_{\dot{u}}$ - nákladová návratnost [rok],
 I_i - investiční náklady i-té varianty [Kč],
 I_S - investiční realizační náklady porovnávací základny [Kč],
 N_S - roční náklady provozu současného stavu [Kč/rok],
 N_i - roční náklady provozu i-té varianty [Kč/rok],
 k_{ef} - koeficient ekonomické efektivity [-].

1.10 Výběr optimální varianty

Pro vyloučení jednostranných pohledů je nutné, aby každý zadaný projekt byl řešen ve více možných variantách. Varianty řešení projektu se nezpracovávají detailně, slouží jen jako podklad pro rozhodovací proces varianty optimální. Vypracovány jsou proto pouze v hrubém návrhu hlavních vztahů a dispozičních řešení jednotlivých objektů. K výběru optimální varianty řešení se přistupuje s nezaujatostí a s rovnocenným přístupem ke všem návrhům [3].

Výběr konečné a optimální varianty je výsledkem objektivního hodnocení navržených řešení podle určitých kritérií. Při technologickém projektování jsou nejčastěji používána tato kritéria [8]:

- technologická - parametry stroje, linky, výrobního systému,
 - výkonové využití,
 - výrobnost stroje, linky,
 - přizpůsobivost při změně výrobního programu,

- organizační - velikost výrobních ploch,
 - průběžná doba výroby,
 - počet pracovníků,
 - ergonomická hlediska a pracovní prostředí,

- ekonomická - doba realizace,
 - investiční náklady,
 - velikost zisku nebo úspor,
 - provozní náklady [8].

Optimální variantu je možné zvolit buď pomocí metody bodovací, nebo metody klasifikační (váhového hodnocení) po posouzení všech možných variant z hlediska stanovených kritérií. Pokud všechna kritéria mají stejnou důležitost, využívá se metody bodovací. Na základě splnění kritérií jsou postupně jednotlivým variantám přiřazovány body. Varianta s nejvyšším součtem bodů je zvolena jako optimální. V případě, že kritéria nemají při řešení dané problematiky stejnou důležitost, využívá se metody klasifikační neboli váhového hodnocení. Jednotlivým kritériím je přiřazována váha (důležitost), kterou se bodové hodnocení násobí [3].

2 SPOLEČNOST HELLA AUTOTECHNIK NOVA, S.R.O. MOHELNICE

Svoji diplomovou práci jsem vypracoval ve výrobním podniku:

HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o., Družstevní 338/16, 789 85 Mohelnice, Česká republika

HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. Mohelnice je společnost, která vyvíjí a vyrábí osvětlovací techniku a elektroniku pro automobilový průmysl. Společnost v současné době zaměstnává 1973 lidí a z kapacitních důvodů má v pronájmu menší externí sklady v Mohelnici a Litovli a velký externí skladovací prostor v Olomouci o celkové ploše 11 000 m², kam se převážně veškerá produkce [14].

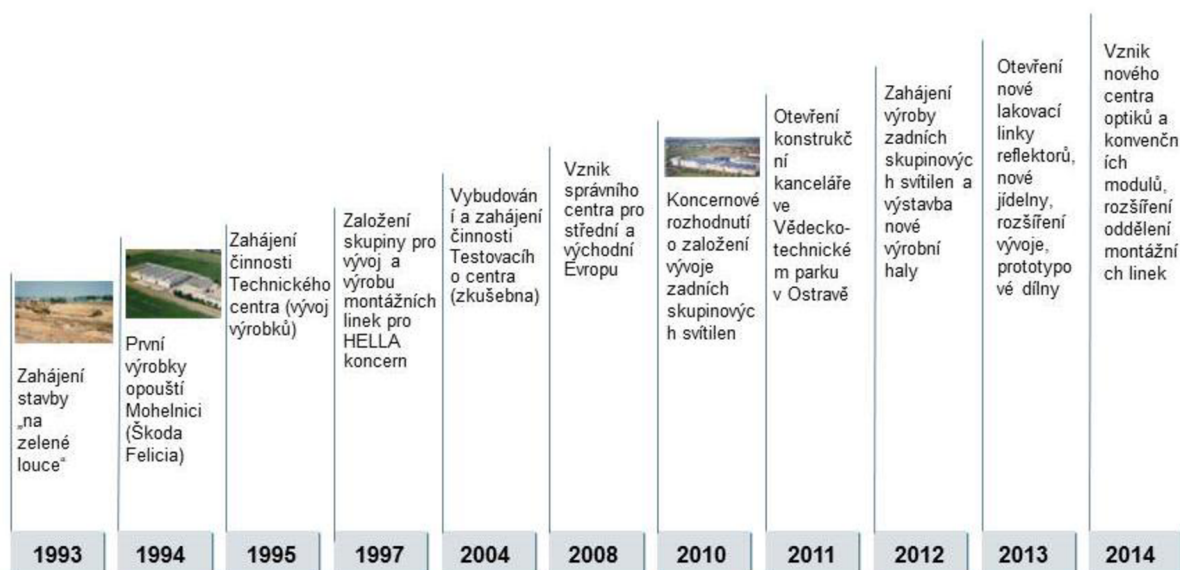
2.1 Historie společnosti

V oblasti vývoje a výroby světelné techniky do automobilového průmyslu působí společnost HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. v České republice od roku 1993, kdy byl založen výrobní závod v Mohelnici. Založení firmy HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. Mohelnice úzce souvisí se vstupem koncernu VW do automobilky Škoda Auto. V roce 1994 pak opustily brány závodu první výrobky, které byly určeny pro někdejší novinku: Škodu Felicia. Další milníky v historii společnosti jsou zobrazeny na obr. 2.1 [14].

V rámci strategie koncernu HELLA v České republice vznikly v Mohelnici postupně tři společnosti, zabývající se vývojem a výrobou světelné techniky a také podporou dalších společností koncernu v regionu střední a východní Evropy [14]:

- HELLA AUTOTECHNIK NOVA s.r.o. - výrobní závod,
- HELLA AUTOTECHNIK, s.r.o. - vývoj výrobků včetně měření a testování,
- HELLA corporate Center Central & Eastern Europe s.r.o. - služby nákupu, financí, human resources (lidské zdroje), podpora IT [14].

Dne 1. 3. 2014 došlo k fúzi jednotlivých společností a vznikla tak současná společnost **HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o.** [14].



Obr. 2.1 Milníky v historii společnosti [14].

2.2 Výroba

Značná část komponentů, které vstupují do světlometů nebo zadních svítilen, je vyráběna samotnou společností. Zbývá část potřebných komponentů, např. halogenové žárovky H4, H7, xenonové výbojky, LED diody, chladiče, řídicí jednotky, nastavovací elementy a další, je objednávana a dodávána různými dodavateli. Předvýroba zahrnuje procesy lisování na vstřikovacích lisech, kde se vyrábí např. pouzdra světlometů, světlovody, reflektory a další termoplastové designové díly a výrobu krycích skel. U krycích skel je díky technologii lakování transparentním lakem zajištěna jejich odolnost vůči poškrábání. U reflektorů a termoplastových dílů je pak dále použita technologie pokovení, která zajišťuje optické vlastnosti a design. Výrobou je pak označována samotná montáž světlometů na předmontážních a montážních linkách. V současné době je ve společnosti k dispozici 15 montážních linek. Základem většiny montážních linek jsou ruční a poloautomatická montážní pracoviště včetně balicího pracoviště, které je vždy umístěno na konci linky, vysavače skupiny skla a pouzdra, robotické lepicí stanice (lepení skupiny krycího skla ke skupině pouzdra), proudová zkouška Visicon, zkouška těsnosti a optická zkouška blinkru (Blackbox). U montážních linek zadních svítilen jsou robotické lepicí stanice nahrazeny zařízením Branson, což je zařízení pro vibrační svařování. Takto svařené zadní svítilny dále postupují do temperační pece, kde se odstraní veškerá vnitřní pnutí.

2.3 HELLA průmysl

S výjimkou vývoje a výroby světelné techniky pro automobilový průmysl využívá HELLA své rozsáhlé kompetence i v dalších atraktivních aplikacích pro jiné cílové skupiny, především pak pro pouliční osvětlení (viz obr. 2.2), průmyslové osvětlení (osvětlení čerpacích stanic a parkovacích domů), interiérové osvětlení, osvětlení tunelů a vzletových a přistávacích drah (podzemní a nadzemní návěstidla pro letecký provoz), (viz obr. 2.3), apod. Využívá při tom především synergický efekt z oborů osvětlení a elektroniky [15].



Obr. 2.2 Pouliční osvětlení [16].



Obr. 2.3 Osvětlení přistávací dráhy [17].

2.4 Portfolio zákazníků

Hlavním portfoliem výrobků společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. Mohelnice je vývoj a výroba předních světlometů, zadních svítilen, blinkrů a ostřikovačů osobních i nákladních automobilů mnoha renomovaných výrobců. Mezi hlavní zákazníky společnosti se řadí světové automobilky, jako jsou Volkswagen, Audi, BMW, Škoda, Jaguar a DAF. U značky Volkswagen se jedná o přední světlometry modelů Tiguan, Touareg (viz obr. 2.4), Polo, Golf, Caddy a Crafter a zadní svítilnu modelu Transporter. V případě značky Audi jde o světlometry modelů A3 a A6. Automobilka Škoda zase svěřila do rukou společnosti HELLA vývoj a výrobu světlometů modelů Fabia a Superb. A jako poslední přichází na řadu značka BMW s předními světlometry modelů řady 2 a řady 3 (viz obr. 2.5), jejíž montážní linka s označením BMW F30 LCI LED je hlavním předmětem této práce.



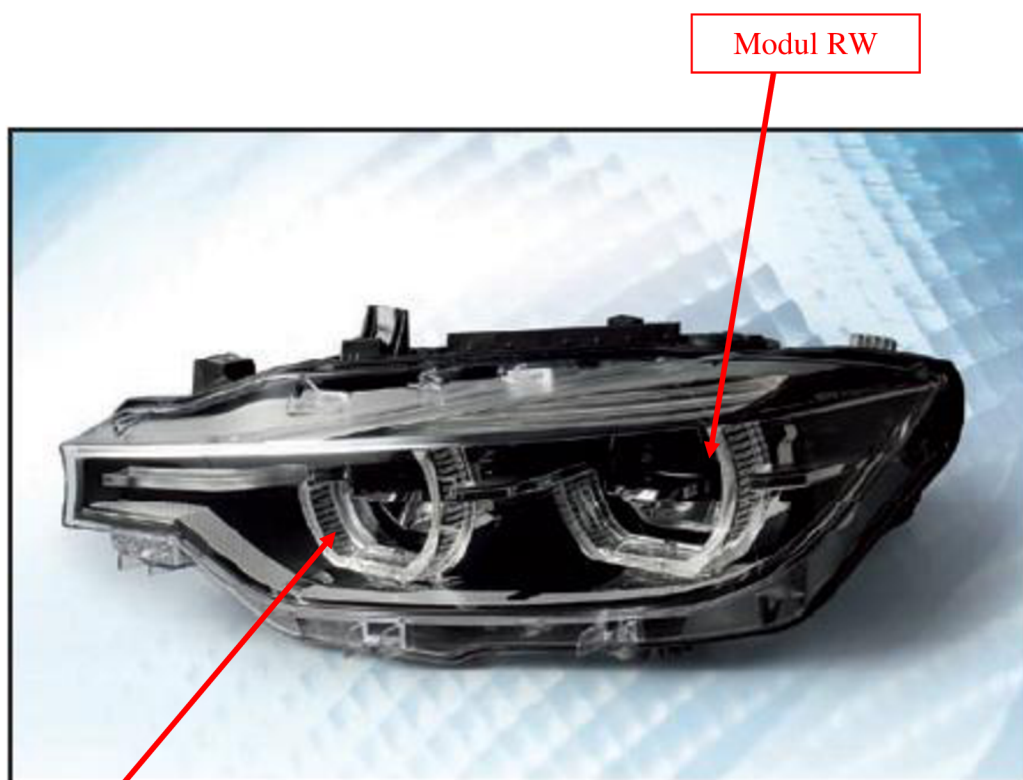
Obr. 2.4 Přední světlomet – Volkswagen Touareg [18].



Obr. 2.5 BMW řady 3 [18].

3 SVĚTLOMET MONTOVANÝ NA LINCĚ BMW F30 LCI LED

Na lince BMW F30 LCI LED mohou být montovány dvě verze světlometu – High (viz obr. 3.1) a Low. Tyto dvě verze se od sebe liší tvarem a funkcí modulů RW a Basis, ale i počtem komponent, z nichž se moduly skládají. Doba montáže modulů je tedy rozdílná. RW modul slouží jako tlumené a hlavní dálkové světlo a modul Basis jako předpolí a přidavné dálkové světlo. High i Low verzi tvoří modul Basis, který je nastavován ručně během proudové zkoušky Visicon a modul RW, který je ovládán dynamickým zařízením LWR. Dynamické LWR je systém řízení sklonu světlometů, který reaguje automaticky podle aktuálního zatížení zadní části automobilu. V případě High verze je ještě navíc u modulu RW přidán motorek, který natačí nastavitelný rámeček, v němž je uložen modul, v horizontálním směru. Dále rozlišujeme verze svícení ES, LES a SAE podle zemí, do kterých je světlomet vyráběn. Tyto verze se od sebe liší konstrukcí reflektorů. ES je pravosměrné svícení, př. Česká republika, Německo atd., LES je levosměrné svícení používané např. v Anglii a poslední SAE je verze svícení pro Ameriku. Montáž modulů je prováděna na předmontáži, odkud jsou manipulantem dováženy na hlavní montážní linku. High verze světlometu se skládá přibližně z 250 komponent a Low verze zhruba z 240 komponent, rozdíl je způsoben, jak je již zmíněno výše, ve skladbě modulů [18].



Obr. 3.1 Levé provedení High LED verze světlometu BMW F30 LCI [18].

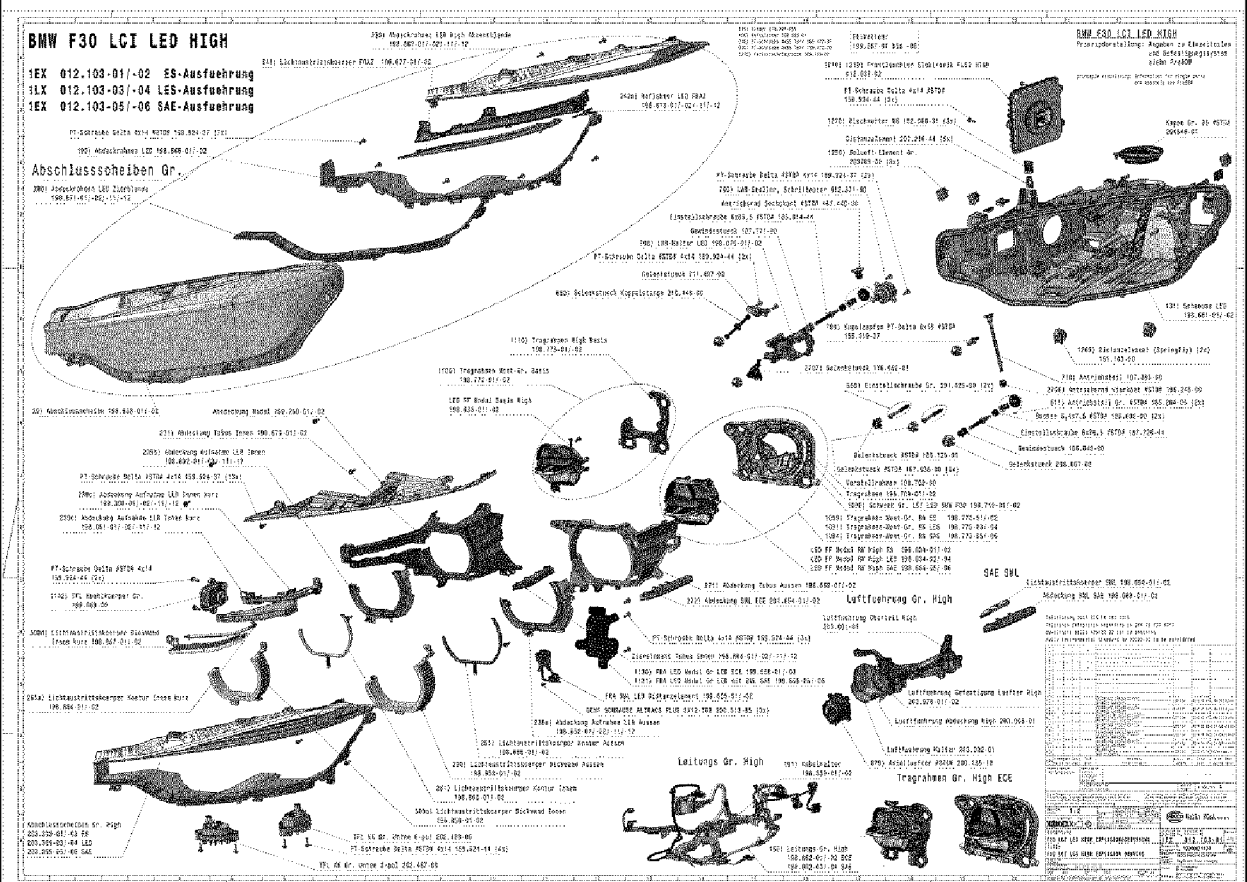
Modul BASIS

Modul RW

3.1 Rozpad světlotmetu

Základním prvkem světlotmetu je pouzdro, které je kvůli vyšší požadované tuhosti vyrobeno z termoplastu s označením PP GF30, což je polypropylen obsahující 30 % skelných vláken. Do tohoto komponentu jsou postupně vkládány vodiče, které se trasují, ostatní funkční i nefunkční prvky, moduly (reflektory), které tvoří výsledný světelný tok a které jsou vyrobeny z termosetu s označením LPP, světlovody sloužící k dennímu svícení a jako blinkr vyrobené z termoplastového materiálu, převážně z polykarbonátu, stejně jako krycí a ozdobné rámečky dodávající světlotmetu požadovaný design. Posledním nezbytným prvkem, který dává světlotmetu konečný tvar a rozměry je krycí sklo, vyrobené taktěž z polykarbonátu [18].

Rozpad High LED verze světlotmetu BMW F30 LCI je znázorněn na obr. 3.2.



Obr. 3.2 Rozpad High LED verze světlotmetu BMW F30 LCI; die Ausfuehrung – provedení, die Abschluss scheiben Gruppe – skupina krycího skla [18].

Rozpad Low LED verze světlotmetu BMW F30 LCI je úplně totožný, změní jsou, jak je již popsáno výše, pouze v sestavách modulů Basis a RW.

4 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

V následujících podkapitolách budou postupně analyzovány tyto oblasti:

- uspořádání montážní linky,
- montážní postupy,
- tok materiálu.

4.1 Uspořádání montážní linky

Montážní linku (viz obr. 4.1) rozdělujeme na levou a pravou stranu, kde se na levé straně vyrábí levé provedení světlometu a na pravé straně pravé provedení světlometu, přičemž uspořádání pracovišť na levé straně je zrcadlovým obrazem uspořádání pracovišť na straně pravé.

Dle již dříve zmíněných hledisek dělení jde o ruční i poloautomatizovanou (kombinace), nesynchronizovanou, jednopředmětnou, jednoduchou linku s pevným montážním taktem a s pohybujícím se výrobkem, který se pohybuje vždy až po zhotovení dané operace. Z hlediska prostorového uspořádání lze mluvit o jednostranné jednosměrné lince.

Levá strana linky



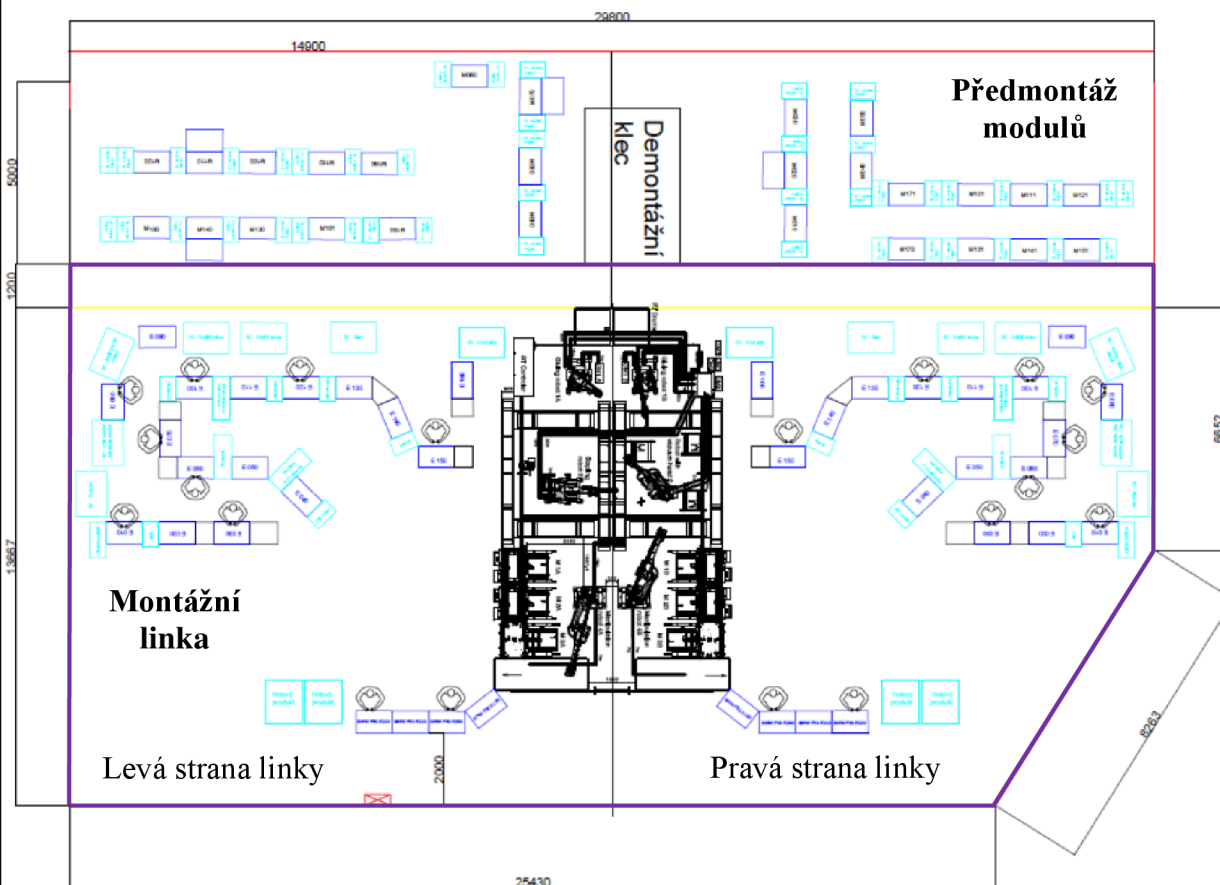
Obr. 4.1 Montážní linka BMW F30 LCI LED.

Robotické lepicí stanice

Pravá strana linky

Na obr. 4.2 je schematicky znázorněna montážní linka BMW F30 LCI LED a předmontáž modulů s dopravní cestou.

Předmětem řešení diplomové práce je jen pro připomenutí hlavní montážní linka s přílehlou dopravní cestou – v obr. 4.2 ohraničena fialovou barvou.



Obr. 4.2 Schematické znázornění montážní linky BMW F30 LCI LED a předmontáže modulů s dopravní cestou [18].

4.1.1 Pracoviště montážní linky a přeprava světlometů na ohrazeném pracovišti

Celou montážní linku (levou i pravou stranu) tvoří 48 pracovišť, včetně robotických lepících stanic. Z toho vyplývá, že na každé straně linky je 24 pracovišť, z nichž jedno pracoviště (proudová zkouška Visicon) je již od samého začátku výroby zdvojeno. Pracoviště na levé straně se shodují s pracovišti na straně pravé. Jednotlivá pracoviště jsou uspořádána podle technologického postupu a označují se E010 – E220.

4.1.1.1 Ruční a poloautomatizovaná pracoviště

Jedná se o ruční pracoviště vybavená přípravky, která jsou určena především k trasování vodičů (viz obr. 4.3). Přípravky v podstatě slouží jako upínače, držáky nebo stojany a také jako kontrola správnosti zacvaknutí konektoru.

Dalšími variantami jsou ruční šroubovací pracoviště, na kterých se provádí montáže funkčních a nefunkčních prvků (řídící jednotky, chladičů, předřadníku, modulu DRL/PO apod.) a krycích a ozdobných rámečků, ale také poloautomatizovaná pracoviště, která jsou vybavena speciálními přípravky a zařízeními, jež operátorům maximálně ulehčují práci. Ruční šroubovací pracoviště jsou opatřena elektrickými šroubováky a taktéž přípravky.

Do těchto přípravků se rozpracované výrobky (skupiny pouzder) založí, přidají se potřebné komponenty, případně se komponenty i kontaktují a stiskem tlačítka se pomocí zařízení provedou operace, např. zalisování komponent atd. Operátoři po dokončení operací rozpracované výrobky z přípravků vyjmou a odloží je na následující pracoviště.

Pracoviště, na kterých je prováděno zalisování komponent, jsou označovány jako HUB mašiny. Jde o zdvihové stroje, tzn. stroje (zařízení) s pohyblivou horní deskou, ke které jsou připevněny speciální přípravky určené pro zalisování komponent do nebo na skupinu pouzdra. Spodní deska stroje je nepohyblivá a jsou k ní přišroubovány přípravky pro zakládání skupiny pouzdra.

Konkrétní operace, které se na jednotlivých pracovištích provádí, budou detailně popsány během analýzy montážních postupů.



Obr. 4.3 Ruční pracoviště – trasování vodičů [18].

4.1.1.2 Robotická lepicí stanice

Na ohrazeném pracovišti, které rozděluje linku na dvě poloviny, jsou umístěny dvě robotické lepicí stanice. Každá robotická lepicí stanice se skládá z jednoho lepicího robota, jednoho manipulačního robota a dvou robotů, kteří jsou pro obě dvě lepicí stanice společní. Jde o robota sponkovačského a robota s oboustrannou sací hlavou. Všechny roboty jsou pomocí šroubů připevněny na ocelové rámy.

Lepicí robot provádí dvě činnosti, a to:

- oplazmování lepící drážky pouzdra pro zvýšení povrchového napětí,
- nanesení samotného lepidla do lepící drážky, která je po celém obvodu pouzdra.

Nezbytným vybavením lepících robotů je zařízení s dvojitým dávkováním lepidla (viz obr. 4.4) a také plazmovací zařízení (viz obr. 4.5). Plazmovací zařízení i zařízení s dvojitým dávkováním lepidla jsou pro oba lepící roboty společné.

Zařízení s dvojitým dávkováním lepidla je jednokomponentové zařízení sloužící k čerpání vysoce viskózních tekutých umělých hmot (lepidla) ze zásobníku do lepící dýzy/dýz.

Plazmovací zařízení je vysoko frekvenční zařízení pro úpravu povrchů materiálů plazmou. V našem případě mění povrchové napětí plastového materiálu (PP GF30), aby se zvýšila jeho adheze.



Obr. 4.4 Zařízení s dvojitým dávkováním lepidla.



Obr. 4.5 Plazmovací zařízení.

Robot s oboustrannou sací hlavou má za úkol přisát skupinu krycího skla a založit ji do již nachystané skupiny pouzdra s lepidlem.

Oboustranná sací hlava je vyrobena z polyuretanu a po natočení ramena robotu může přisát i opačné provedení skupiny krycího skla.

Po založení skupiny krycího skla do skupiny pouzdra vystřelí sponkovací robot pod vysokým tlakem rovnoměrně po celém obvodu skupiny pouzdra pět sponek, které projdou přes lepidlo až do skupiny skla, čímž zajistí fixní pozici skla v době vytvrzování lepidla.

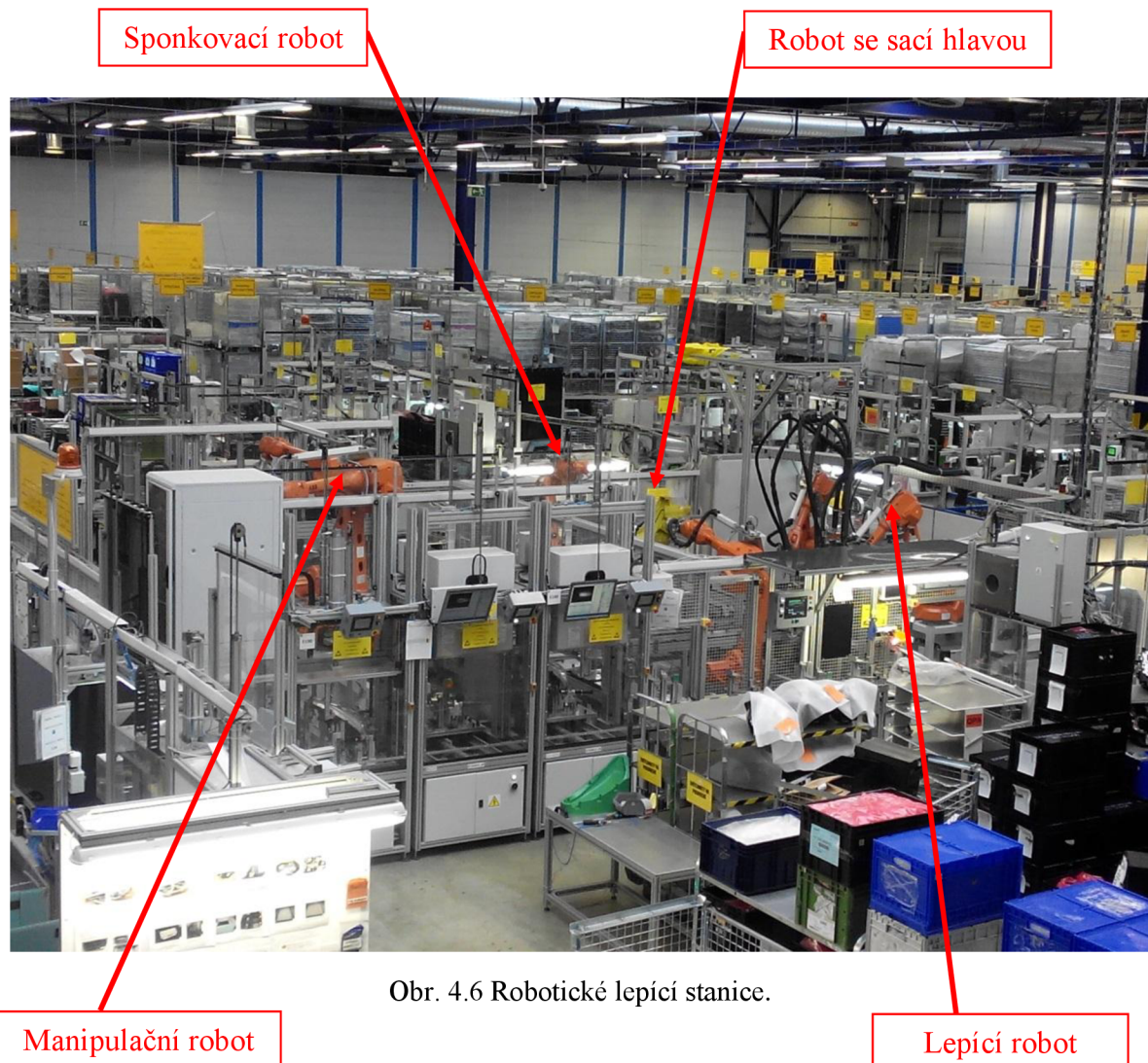
Polyuretanové lepidlo získává počáteční tvrdost zchladnutím. Dále probíhá po dobu přibližně osmi hodin chemické tvrdnutí, a to při relativní vlhkosti 25 % a teplotě 25 °C. Ke sponkování se využívá pneumatická sponkovací pistole, která sponky vystřeluje pod tlakem 0,5 MPa.

Slepený světlomet založený v lepicím vozíku se poté pohybuje po pásovém dopravníku až na konec dráhy, odkud jej manipulační robot s dvěma savkami přeneše na následující pracoviště a to do proudové zkoušky Visicon. Během této zkoušky je nastaven základní směr svícení světla a je otestována funkčnost všech funkcí světlometu.

Z proudové zkoušky Visicon je světlomet stejným způsobem dopraven i na další pracoviště - do zkoušky těsnosti. U této zkoušky je světlomet nejdříve naplněn vzduchem (natlakován) na hodnotu 3,5 kPa a poté se po dobu přibližně 20 s kontroluje únik vzduchu.

Součástí robotické lepicí stanice je i parkovací jednotka, což je místo, kde robot parkuje v případě, když potřebuje přeprogramovat, např. potřebuje upravit dráhu.

Na ohrazeném pracovišti umístěné robotické lepicí stanice jsou zachyceny na obr. 4.6.



Obr. 4.6 Robotické lepicí stanice.

4.1.1.3 Pásové dopravníky

Přeprava rozpracovaného světlometu je realizována mezi jednotlivými roboty a zařízeními na ohrazeném pracovišti pomocí pásových dopravníků.

Na lince rozlišujeme dvě varianty provedení pásových dopravníků.

První varianta slouží pro přesun lepících vozíků (viz obr. 4.7), do kterých se střídavě zakládá skupina skla a skupina pouzdra, z vnější strany ohrazeného pracoviště do vnitřní. Na ohrazené pracoviště tedy pokaždé ihned za sebou přijíždí dva lepící vozíky, kde v prvním je založena skupina skla a ve druhém skupina pouzdra (vstupní dopravník).

Druhá varianta provedení se využívá pro posun slepených a otestovaných světlometů (viz obr. 4.8), které jsou na dopravník přenášeny manipulačním robotem z předchozí zkoušky těsnosti, směrem k operátorovi, který pracuje na dalším pracovišti (výstupní dopravník).

Konstrukce obou dvou variant je provedena z hliníkových Bosch profilů a dopravní pásy jsou vyrobeny z PVC materiálu.

Celková délka dopravníku uvnitř i vně ohrazeného pracoviště pro jednu stranu linky je v případě první varianty provedení 14 000 mm, šířka je pak 335 mm.

V případě druhé varianty provedení je celková délka dopravníku, taktéž pro jednu stranu linky, 2 500 mm a šířka 690 mm. Délka pásu plní funkci operační zásoby. Posun slepených a otestovaných světlometů, resp. pohyb dopravníku je řízen pomocí optických snímačů.



Obr. 4.7 Dopravník pro přesun lepících vozíků.



Obr. 4.8 Dopravník pro posun slepených a otestovaných světlometů.

4.1.2 Velikost zastavěné plochy

Pracoviště, stroje a zařízení montážní linky jsou uspořádány ve předem vymezeném prostoru o celkové ploše 427,7 m². Plochy strojů, zařízení a pracovišť v současném stavu rozmístění (tab. 4.1) byly zjištěny přímým změřením, použitím projektové dokumentace a technickou dokumentací strojů.

Tab. 4.1 Zastavěná plocha při současném uspořádání linky.

Stroj (pracoviště, zařízení)	Plocha jednoho stroje (pracoviště, zařízení) [m ²]	Počet strojů (pracovišť, zařízení) [ks]	Zastavěná plocha [m ²]
Ohrazené pracoviště s dopravníky a roboty včetně el. skříně	47	1	47
Pracoviště operátora	0,65	40	26
Pracoviště operátora (HUB mašina)	0,7	8	5,6
Část dopravníku vně ohrazené pracoviště (dopravník pro přesun lepicích vozíků)	1,5	2	3,0
Část dopravníku vně ohrazené pracoviště (dopravník pro posun slepených a otestovaných světlometů)	0,55	2	1,1
Zařízení s dvojitým dávkováním lepidla	2	1	2
Plazmovací zařízení	0,28	1	0,28
Roll kontejner	1	30	30
Plastový box	0,24	30	7,2
Pullový vozík	0,96	8	7,68
Výrobní plocha: F_v [m ²] <i>(plocha potřebná k vlastní výrobě vč. odkládacích ploch u strojů a cest ke strojům)</i>			205,86
Pomocná plocha: F_p [m ²] <i>(plocha potřebná k udržení provozu, např. plocha dopravních cest, odstavná plocha nebo plocha pro údržbu strojů a zařízení)</i>			221,84
Celková plocha: $F_c = F_v + F_p = 205,86 + 221,84$ [m²]			427,7

Celková zastavěná plocha hlavní montážní linky v současné době zaujímá přibližně 427,7 m².

4.2 Montážní postupy


Montáž High i Low verze levého/pravého provedení světlometu ve verzích svícení ES, LES nebo SAE se skládá z dvaceti tří operací, jež se provádějí na pracovištích s označením E010 – E220.



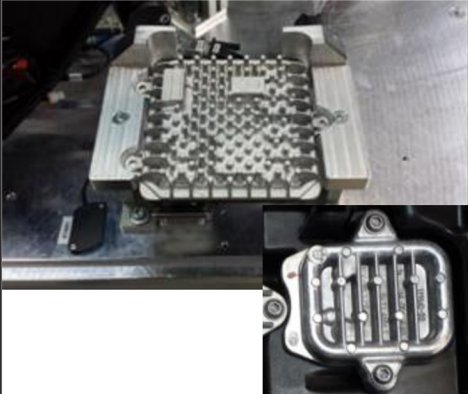
Na každou operaci připadá jedno pracoviště, výjimkou je operace číslo 18, která je z důvodu velké časové náročnosti prováděna již od samého začátku výroby na pracovištích dvou (E180 a E185). Montážní čas této operace je tedy poloviční. Na lince probíhá montáž vždy jen jedné kombinace verzí, např. High verze světlometu ve verzi svícení LES nebo Low verze ve verzi svícení SAE atd., a to vždy podle aktuálního požadavku (objednávky) zákazníka. Ve zbytku práce tedy už dále jednotlivé verze světlometu rozlišovány nebudou, jelikož i doba montáže obou dvou verzí je shodná.

Montážní postupy, které se musí při kompletaci světlometu dodržovat, jsou popsány v následující tabulce (viz tab. 4.2).

Dále je v montážních postupech i průměrný čas zhotovení dané operace včetně vyjmutí skupiny pouzdra z přípravku a odložení na následující pracoviště. Tyto hodnoty vznikly zprůměrováním čtyřiceti měření (stopkami) na každém pracovišti. Výsledný montážní čas operací (t_k), který je uveden v posledním sloupci tab. 4.2, je na jednotlivých pracovištích tvořen buď jen časem ručním nebo strojním nebo v několika případech součtem obou časů.




Tab. 4.2 Montážní postupy [18].

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t_k [s]
1	<ul style="list-style-type: none"> - Nalepit etiketu na pouzdro. - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Trasovat kabelový svazek v pouzdře a zacvaknout centrální konektor. - Spustit proces – bude zkontrolováno správné zacvaknutí centrálního konektoru. - Ruční čtečkou načíst DMC kód z FLE 2 konektoru. 		E010	32,4



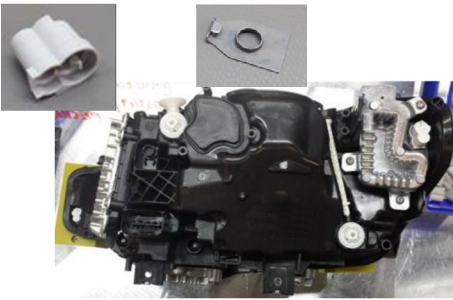
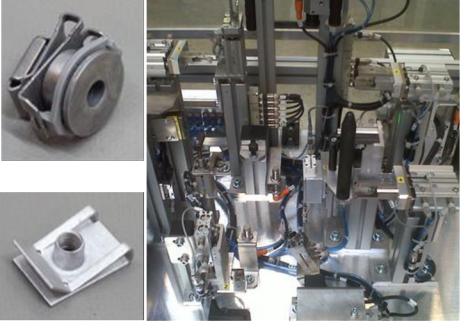

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t _k [s]
2	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Vzít skupinu LWR, založit do pomocného zakládání a zmáčknout tlačítko. - Strojní čas: přípravek se přesune do pouzdra. - Kontaktovat s vodiči. - Zmáčknout tlačítko – bude provedena kamerová kontrola správného kontaktování. - Strojní čas: Pomocné zakládání se přesune zpět. - Uchopit skupinu LWR a zacvaknout dodatečný kabel na držák skupiny LWR. - Skupinu LWR napozicovat do pouzdra. 		E020	32,2
3	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu elementu nastavení (horizontální) do přípravku. - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením dolů). - Hřídel pohonu nastavení napozicovat skrz otvor a na něj založit kolo pohonu (černé). - Kolo pohonu (kužel) založit na pouzdro a poté založit skupinu nastavovacího elementu (Bora). - Spustit proces. - Strojní čas: nastavovací skupiny budou zalisovány do finální pozice. - Strojní čas: skupiny pohonu budou zalisovány na pouzdro. 		E030	32,5
4	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením dolů). - Založit jednotku FLE 2 do přídavného přípravku a načíst DMC kód. - Jednotku FLE 2 založit do skupiny pouzdra. - Skupinu modulu DRL/PO založit na pouzdro a načíst DMC kód. - Jednotku FLE 2 a modul DRL/PO připevnit šrouby. 		E040	60,2

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t _k [s]
5	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Kontaktovat jednotku FLE 2. - Kontaktovat skupinu modulu DRL/PO. - Strojní čas: kamera překontroluje zapojení. - Vyjmout skupinu ventilátoru z balení, vizuálně zkontrolovat, založit do přídatného přípravku a načíst DMC kód. - Kontaktovat vodiče, založit ventilátor do pouzdra a připevnit šrouby. 	 	E050	58,6
6	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením dolů). - Kontaktovat FRA modul, založit do pouzdra a připevnit šrouby. - Strojní čas: kamera zkontroluje správné zapojení a DMC kód. 		E060	32,9
7	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Založit LED RW reflektor (modul) do pomocného přípravku. - Strojní čas: čtení DMC kódu. - Nacvaknout nastavovací elementy. - Kontaktovat konektory modulu. - Stisknout tlačítko – kamera zkontroluje provedené zapojení. - Vyjmout modul RW z pomocného přípravku a založit do pouzdra. - Spustit proces zalisování. - Strojní čas: dveře stroje sjedou dolů, modul bude zalisován do pouzdra a proběhne test správnosti zalisování tažením. - Strojní čas: dveře stroje vyjedou nahoru. 	 	E070	63,7

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t _k [s]
8	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Založit LED BASIS reflektor (modul) do pomocného přípravku. - Strojní čas: čtení DMC kódu. - Kontaktovat konektor. - Stisknout tlačítko – kamera zkontroluje provedené zapojení. - Vyjmout modul BASIS z pomocného přípravku, připevnit kabel k nosnému rámu a založit do pouzdra. - Spustit proces zalisování. - Strojní čas: dveře stroje sjedou dolů, modul bude zalisován do pouzdra a proběhne test správnosti zalisování tažením. - Strojní čas: dveře stroje vyjedou nahoru. 	 	E080	65,2
9	<ul style="list-style-type: none"> - Skupinu pouzdra vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku (svícením dolů). - Spustit proces vysávání. - Strojní čas: odsávání volných nečistot. 		E090	43
10	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Vzít kryt retain LRR vnitřní, vizuálně zkontrolovat. - Vzít světlovodič vnitřní z balení, vizuálně zkontrolovat a založit na kryt retain LRR vnitřní. - Vzít skupinu vnějšího tubusu, založit do pouzdra a připevnit šroubem. - Poté připevnit kryt retain LRR vnitřní šrouby. - Vzít držák světlovodiče, založit do pouzdra a připevnit šrouby. - Strojní čas: po zašroubování kamera zkontroluje správnost varianty tubusu. 	 	E100	61,3

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t _k [s]
11	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Vyjmout světlovod silnostěnný z balení, vizuálně zkontrolovat a zacvaknout do držáku světlovodiče. - Vzít skupinu vnitřního tubusu, napozicovat a zacvaknout do skupiny pouzdra. - Připevnit šrouby. - Vzít ozdobnou krytku tubusu z balení, vizuálně zkontrolovat a zacvaknout do skupiny vnitřního tubusu. 		E110	67
12	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením dopředu). - Založit oba DRL moduly do pomocného přípravku – moduly budou upnuty. - Zmáčknout tlačítko a držet jej. - Strojní čas: pomocný přípravek se pohne – čtení DMC kódu, následně přípravek přesune moduly do finální polohy na pouzdře. - Uvolnit tlačítko. - Moduly připevnit šrouby – moduly budou uvolněny. 		E120	43,5
13	<ul style="list-style-type: none"> - Skupinu pouzdra založit do přípravku (svícením nahoru). - Vložit rám do pouzdra a připevnit šrouby. - Kontaktovat oba DRL moduly. - Přesunout pojízdnou kameru do finální pozice – proběhne kontrola správnosti kontaktování. - Nasadit krytku a pojistku krytky. 		E130	43,9

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t _k [s]
14	<ul style="list-style-type: none"> - Skupinu pouzdra založit do přípravku (svícením nahoru). - Spustit proces – bude provedena krátká elektrická zkouška, kontrola LED komponentů kamerou a programování FLE 2. 		E140	62,4
15	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením dolů). - Spustit proces vysávání. - Strojní čas: odsávání volných nečistot. 		E150	50
16	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu skla do přípravku (svícením dolů). - Spustit proces vysávání. - Strojní čas: odsávání volných nečistot. 		E160	49,7
17	<ul style="list-style-type: none"> - Skupinu krycího skla ofouknout ionizovaným vzduchem, zkontrolovat na dekorativní vady a založit do lepicího vozíku (svícením nahoru). - Skupinu pouzdra ofouknout ionizovaným vzduchem, zkontrolovat na dekorativní vady a založit do lepicího vozíku (svícením nahoru). - Stisknout START: proběhne proces lepení. 	 	E170	60,6
18	<ul style="list-style-type: none"> - Strojní čas: lampa bude nastavena a otestována. 		E180 E185	33,3

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t _k [s]
19	- Strojní čas: lampa bude otestována.		E190	32,4
20	- Založit lampu do přípravku (svícením nahoru). - Stisknout tlačítko START. - Strojní čas: DI světlovod bude otestován na světelnou intenzitu/homogenitu.		E195	24,6
21	- Založit lampu do přípravku (svícením dolů). - Montáž odvětrávacích elementů a založení distančních plechů za použití pomocného nástroje.		E200	27,3
22	- Vložit distanční prvky a plechové matice. - Založit lampu do přípravku. - Spustit zařízení. - Strojní čas: proběhne nalisování a kontrola.		E210	34,5
23	- Finální kontrola lampy. - Ruční čtečkou načíst DMC kód z etikety lampy do systému iTAC. - OK lampu vložit do balení na pozici přidělenou systémem iTAC.		E220	52,7

Součtem průměrných montážních časů na jednotlivých pracovištích je získána průměrná hodnota doby výroby jednoho ks světlometu, která je zaokrouhlena na celé sekundy směrem nahoru. Tato hodnota je 1064 s a je ovlivněna zručností operátorů na jednotlivých pracovištích.

Takt linky je dán nejužším místem linky, tedy operací číslo 11 (pracoviště E110) a jeho hodnota je 67 s. Tímto místem proteče maximálně 403 ks světlometů za 450 min směnu [18].

4.2.1 Zaměstnanci a výrobnost linky

Při současném uspořádání pracovišť montážní linky je na každé straně nastaveno 10 operátorů pro 100% plnění normy, která je 366 sad světlometů za směnu. Z důvodu častých menších/větších poruch, seřizování nebo nedostatku materiálu se ale obě strany linky, každá s deseti operátory, průměrně pohybují kolem 92 % plnění normy, což je 336 ks světlometů za směnu. Levá i pravá strana linky vyrábí nezávisle na sobě, takže za směnu obvykle vyrobí odlišný počet kusů světlometů [18].

4.2.2 Náklady na pořízení pracovišť a nezbytných zařízení linky

Náklady na pořízení jednotlivých pracovišť a zařízení linky (levé i pravé strany) jsou zozepsány v následující tabulce 4.3.

V nákladech na vybavení pracovišť se promítá veškeré potřebné vybavení k zajištění veškerých okolností montáže, samozřejmě včetně specifického vybavení pro dané operace (přípravků). Do celkových nákladů nejsou naopak zařazeny náklady na roll kontejnery, plastové boxy a pullové vozíky. Tyto manipulační pomůcky jsou v dané firmě součástí vnitřní logistiky.

U přípravků se stejně jako u světlometů rozlišuje levé a pravé provedení, kde levé provedení přípravku je zrcadlovým obrazem provedení pravého a používá se na pracovišti, které je umístěno na levé straně linky.

Tab. 4.3 Náklady na pořízení pracovišť a zařízení linky [18].

Stroj (pracoviště, zařízení)	Cena jednoho zařízení/ pracoviště [Kč]	Počet zařízení/ pracovišť [ks]	Cena [Kč]
Ohrazené pracoviště s roboty (E170):	9 394 880	1	9 394 880
Zařízení s dvojitým dávkováním lepidla:	3 829 760	1	3 829 760
Plazmovací zařízení:	1 017 280	1	1 017 280
Pracoviště E010:	278 976	2	557 952
Pracoviště E020:	316 703	2	633 406
Pracoviště E030 (HUB):	581 495	2	1 162 990

Stroj (pracoviště, zařízení)	Cena jednoho zařízení/ pracoviště [Kč]	Počet zařízení/ pracovišť [ks]	Cena [Kč]
Pracoviště E040:	565 270	2	1 130 540
Pracoviště E050:	767 407	2	1 534 814
Pracoviště E060:	646 856	2	1 293 712
Pracoviště E070 (HUB):	960 309	2	1 920 618
Pracoviště E080 (HUB):	881 974	2	1 763 948
Pracoviště E090:	539 607	2	1 079 214
Pracoviště E100:	563 203	2	1 126 406
Pracoviště E110:	498 154	2	996 308
Pracoviště E120:	610 422	2	1 220 844
Pracoviště E130:	606 015	2	1 212 030
Pracoviště E140:	975 432	2	1 950 864
Pracoviště E150:	533 663	2	1 067 326
Pracoviště E160:	543 156	2	1 086 312
Pracoviště E170 (příslušenství ohrazeného pracoviště s roboty):	102 500	8	820 000
Pracoviště E180:	974 181	4	3 896 724
Pracoviště E190:	763 422	2	1 526 844
Pracoviště E195:	758 729	2	1 517 458
Pracoviště E200:	223 217	2	446 434

Stroj (pracoviště, zařízení)	Cena jednoho zařízení/ pracoviště [Kč]	Počet zařízení/ pracovišť [ks]	Cena [Kč]
Pracoviště E210 (HUB):	717 331	2	1 434 662
Pracoviště E220 (Deco box):	90 793	2	181 586
Celkové náklady na pořízení pracovišť a zařízení linky:			43 802 912

4.2.3 Provozní náklady

4.2.3.1 Náklady na zaměstnance

Jak je již zmíněno výše, v rámci jedné směny je celkem zapotřebí 20 pracovníků.

Při výpočtu ročních nákladů na zaměstnance (viz vzorec 4.1) je počítáno s průměrnou hrubou mzdou 26 000 Kč navýšenou o náklady zaměstnavatele na zdravotní a sociální pojištění zaměstnance. Montážní linka pracuje ve třisměnném, resp. nepřetržitém provozu. Tzn. výkon práce je prováděn 24 hodin denně po sedm dní v týdnu.

$$N_{PZ} = n_{\text{prac.za směnu}} \cdot s \cdot M \cdot n_{\text{odpr.měs.}} \text{ [Kč/rok]}, \quad (4.1)$$

- kde:
- N_{PZ} - roční náklady na zaměstnance [Kč/rok],
 - $n_{\text{prac.za směnu}}$ - počet pracovníků na směně [ks],
 - s - směnnost [-],
 - M - měsíční hrubá mzda pracovníka navýšená o příspěvek na sociální a zdravotní pojištění (34 %) [Kč],
 - $n_{\text{odpr.měs.}}$ - počet odpracovaných měsíců [-].

$$N_{PZ \text{ současný stav}} = (10+10) \cdot 3 \cdot (26\,000 \cdot 1,34) \cdot 12$$

$$N_{PZ \text{ současný stav}} = 25\,084\,800 \text{ Kč/rok}$$

4.2.3.2 Náklady na spotřebu elektrické energie

Do provozních nákladů je také zahrnuta roční spotřeba elektrické energie všech výrobních složek linky (viz vzorec 4.2).

Provozní náklady všech pracovišť a zařízení linky jsou vypočítány na základě průměrné hodnoty hodinového činného příkonu a počtu provozních hodin. Průměrný hodinový činný příkon celé montážní linky byl v roce 2015 23,25 kW. Tato hodnota byla určena z informačního systému Navisys, který společnost využívá pro sledování spotřeby energie všech montážních linek. Výrobní složky jsou s výjimkou dvoutýdenní celozávodní (letní) dovolené a jednoho týdnu Vánoc v provozu po celý rok (49 týdnů), 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Cena elektrické energie za 1 kWh činila v roce 2015 2,7 Kč.

$$N_{PE} = t_s \cdot P_{\check{c}} \cdot p_E \text{ [Kč/rok]}, \quad (4.2)$$

- kde: N_{PE} - roční náklady na spotřebu elektrické energie [Kč/rok],
 t_s - počet provozních hodin strojů [h],
 $P_{\check{c}}$ - průměrná hodnota hodinového činného příkonu všech výrobních složek linky [kW],
 p_E - cena za 1 kWh elektrické energie [Kč].

$$N_{PE \text{ současný stav}} = (24 \cdot 7 \cdot 49) \cdot 23,25 \cdot 2,7$$

$$N_{PE \text{ současný stav}} = 516\,764 \text{ Kč/rok}$$

4.2.4 Celkové náklady

Celkové náklady jsou dány součtem nákladů na pořízení pracovišť a nezbytných zařízení linky a ročních provozních nákladů, tedy nákladů na zaměstnance a na spotřebu elektrické energie. Celkové náklady se každý rok zvětšují o náklady provozní. Tyto částky jsou pro přehlednost zpracovány v tabulce 4.4.

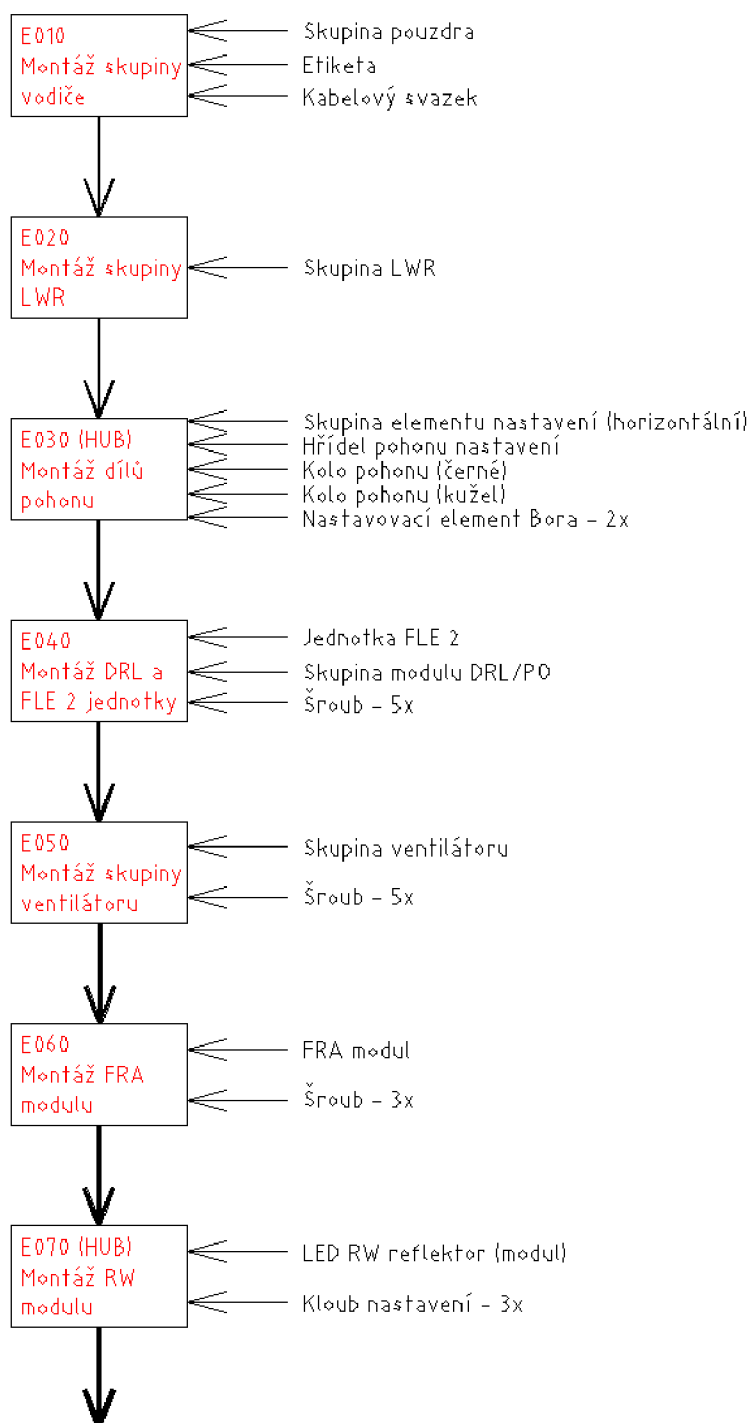
Tab. 4.4 Celkové náklady.

Druh nákladu	Částka [Kč]
Náklady na pořízení pracovišť a nezbytných zařízení linky	43 802 912
Roční náklady na zaměstnance	25 084 800
Roční náklady na spotřebu elektrické energie	516 764
Celkové náklady (s ročními provozními náklady):	69 404 476

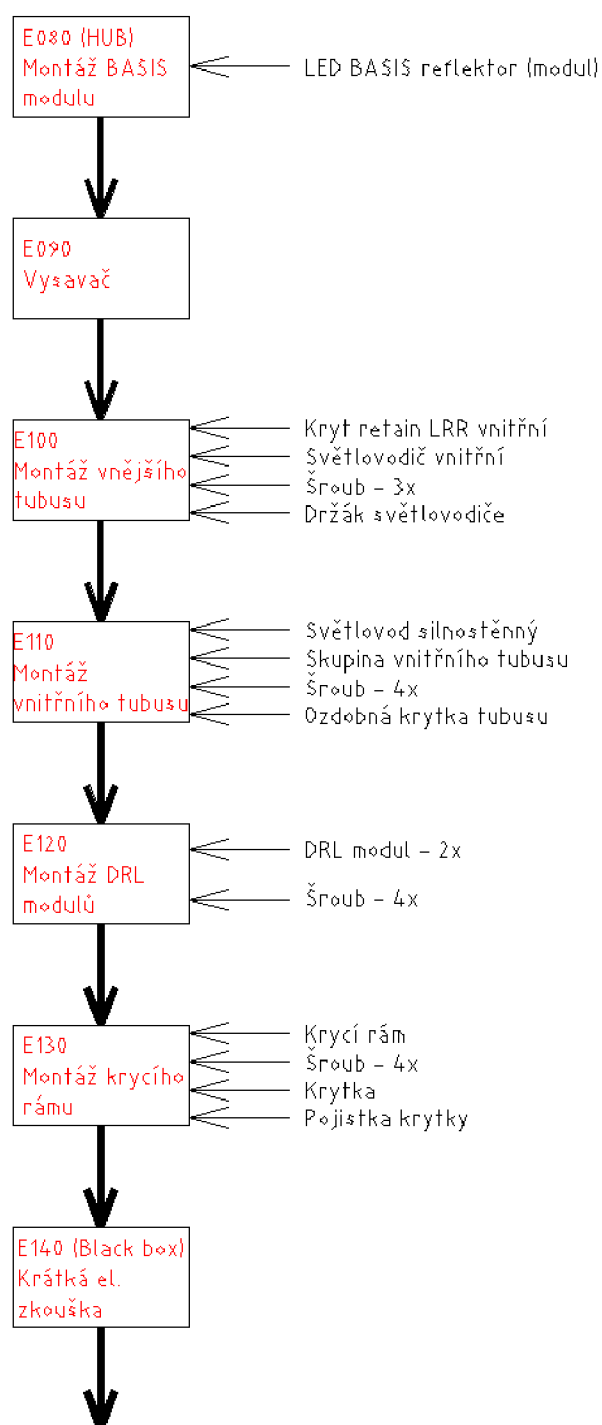
4.3 Tok materiálu

Tok materiálu probíhá mezi dvaceti třemi pracovišti (viz kap. 4.2) a reprezentuje montáž jednoho kusu světlometu (viz obr. 4.9 – 4.12). Světlo met se skládá ze dvou skupin – skupiny pouzdra a skupiny krycího skla.

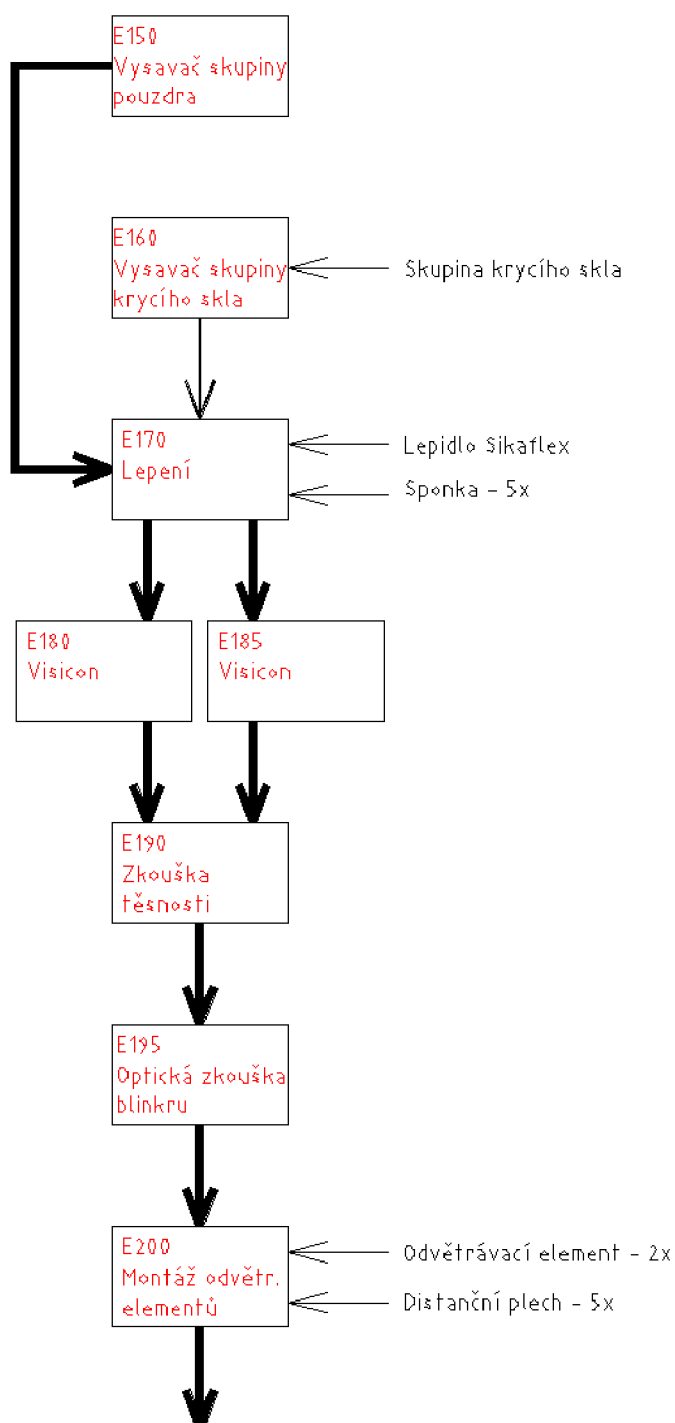
Rostoucí tloušťka čar značí postupně se zvětšující množství manipulovaného materiálu.



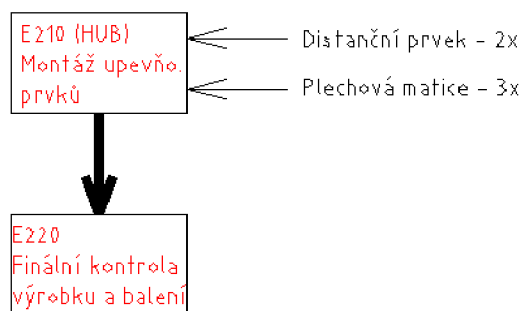
Obr. 4.9 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E010 – E070).



Obr. 4.10 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E080 – E140).



Obr. 4.11 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E150 – E200).



Obr. 4.12 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E210 – E220).

5 NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT OPTIMALIZACE

V této kapitole jsou navrženy možné varianty optimalizace montážní linky BMW F30 LCI LED. Při návrhu možných variant se vychází z nedokonalostí, které byly objeveny během analýzy současného stavu montážní linky a především také z dlouhodobého testování variant na tréninkové lince. Návrh prvně zmíněné varianty optimalizace je podložen také simulačním modelem, který byl naprogramován příslušným oddělením společnosti a který nebude z důvodu ochrany dat, na přání společnosti, dále rozveden.

Mezi možné varianty optimalizace patří:

- zdvojení nejužšího místa montážní linky,
- výhodnější substituce za aktuálně používaný typ elektrického šroubováku,
- změna dodavatele nejčastěji používaného typu šroubu.

Další možnou variantou optimalizace, která však nebude v rámci této diplomové práce technicky ani ekonomicky zpracována (jedná se o pouhý návrh), je:

- změna dodavatele sponek (viz obr. 5.1 a 5.2) do pneumatické sponkovací pistole (z důvodu jejich ceny).

Jedná se o variantu optimalizace, která je použitelná na všech montážních linkách této společnosti.

Potřebné počáteční informace k této možnosti optimalizace:

- dodavatel: Prebena,
- délka sponky: 12 mm,
- šířka sponky: 4,5 mm,
- síla drátu: 0,7 x 1,05 mm,
- množství v balení: 10 000 ks (100 páseků po 100 ks).



Obr. 5.1 Pásek se 100 ks sponek.



Obr. 5.2 Jeden ks sponky.

6 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ VARIANT

V následujících podkapitolách budou postupně vyhodnocovány výše navržené možné varianty optimalizace.

6.1 Zdvojení nejužšího místa montážní linky

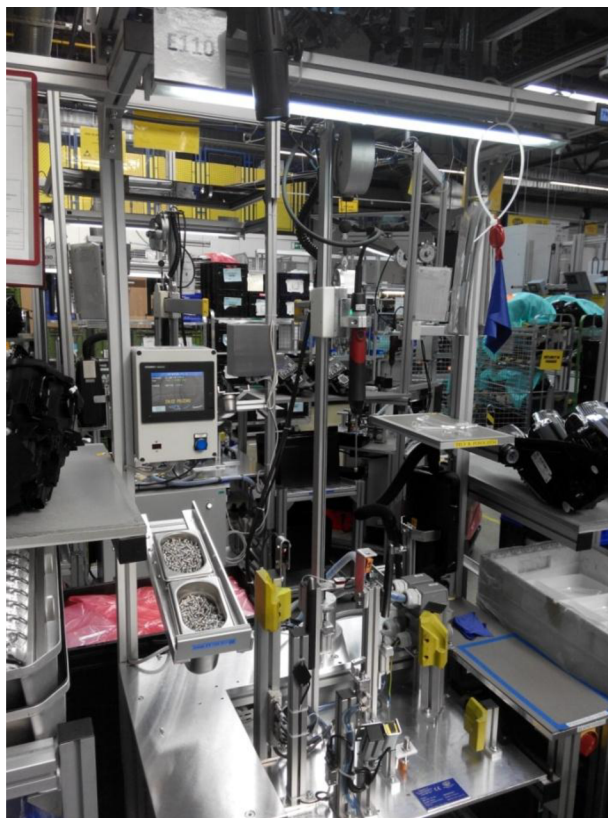
6.1.1 Technické vyhodnocení

Nejužším místem montážní linky je při současném uspořádání pracoviště E110 (operace č. 11). Tímto pracovištěm proteče maximálně 403 ks světlometů za 450 min směnu. Pro zvýšení počtu vyrobených kusů je proto potřeba toto pracoviště na obou stranách linky zdvojit. Zdvojením pracoviště E110 (viz obr. 6.1) se zvýší maximální výrobnost linky ze 403 ks na 414 ks za 450 min směnu. Nově umístěné pracoviště se označuje E115. Nejužším místem linky, jímž je dán takt, který má hodnotu 65,2 s, se nově stává pracoviště E080. Tímto místem za 450 min směnu proteče maximálně výše zmíněných 414 ks světlometů [18].

U nově uspořádaných pracovišť montážní linky se na každé straně nastaví 11 operátorů pro 100% plnění normy, která je 402 sad světlometů za směnu. Linka se ale z důvodu častých poruch, nedostatku materiálu apod. průměrně pohybuje kolem 92 % plnění normy, což je 369 ks světlometů za směnu. To vše vyplývá z normy nadefinované ve společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o Mohelnice [18].

Na každé straně optimalizované montážní linky se ve srovnání s předchozím stavem vyrobí za 450 min směnu při 92% plnění normy o 33 ks světlometů více.

Jedinou otázkou je, zda se najde pro tuto optimalizaci zvýšenou produkci odbyt. Takové věci se ale musí dopředu projednat s odběrateli, tzn. s automobilkou BMW, servisy, mototechnami atd.



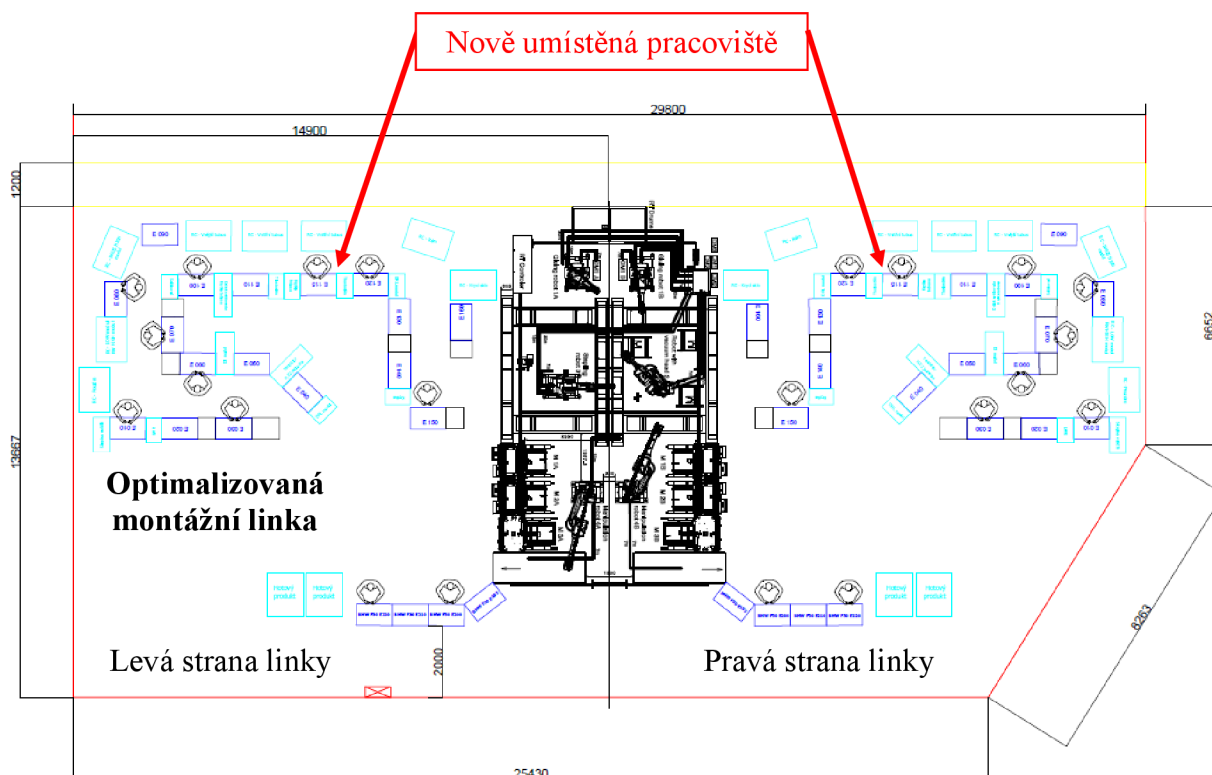
Obr. 6.1 Zdvojené pracoviště E110.

6.1.1.1 Uspořádání optimalizované montážní linky

Na obou stranách optimalizované montážní linky je dohromady včetně robotických lepících stanic 50 pracovišť. Pracoviště jsou uspořádána s ohledem na dodržení technologického postupu.

Nové pracoviště E115 musí být umístěno v co největší možné blízkosti operace předchozí (pracoviště E100) i operace následující (pracoviště E120) a to z důvodu minimalizace „přepavních“ vzdáleností rozpracovaného světlometu mezi jednotlivými pracovišti.

Na obr. 6.2 je schematicky znázorněna optimalizovaná montážní linka BMW F30 LCI LED s dopravní cestou (tentokrát bez předmontáže modulů).



Obr. 6.2 Schematické znázornění optimalizované montážní linky BMW F30 LCI LED s dopravní cestou [18].


6.1.1.2 Velikost zastavěné plochy po optimalizaci

Velikost celkové zastavěné plochy (předem vymezeného prostoru) zůstala po optimalizaci konstantní, tedy $427,7 \text{ m}^2$. Oproti původnímu stavu se zvětšila velikost výrobní plochy a naopak zmenšila velikost plochy pomocné. Výrobní plocha se na každé straně linky zvětšila o jedno pracoviště E115, dva roll kontejnery a dva plastové boxy. Číselně se jedná o $6,26 \text{ m}^2$. Velikost výrobní plochy montážní linky je po optimalizaci i se zahrnutím odkládacích ploch u strojů a cest ke strojům $214,62 \text{ m}^2$. Velikost pomocné plochy je pak $213,08 \text{ m}^2$.

6.1.1.3 Postup montáže na zdvojeném pracovišti

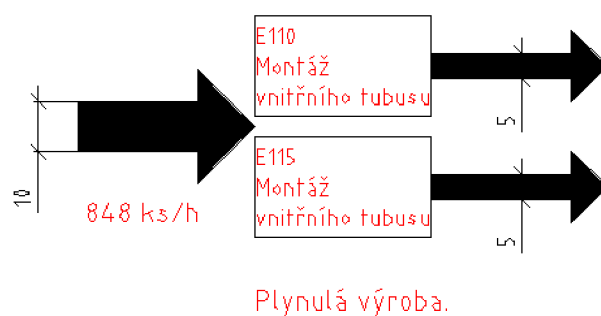
Montážní postup operace č. 11, která je prováděna na pracovišti E110 a nově také na pracovišti E115, je pro připomenutí shrnut i s časem montáže t_k v tabulce 6.1.

Tab. 6.1 Montážní postup operace č. 11 [18].

Číslo operace	Popis činnosti	Náhled	Číslo prac.	Čas t_k [s]
11	<ul style="list-style-type: none"> - Založit skupinu pouzdra do přípravku (svícením nahoru). - Vyjmout světlovod silnostěnný z balení, vizuálně zkontrolovat a zacvaknout do držáku světlovodiče. - Vzít skupinu vnitřního tubusu a zacvaknout do pouzdra. - Připevnit šrouby. - Vzít ozdobnou krytku tubusu z balení, vizuálně zkontrolovat a zacvaknout do tubusu. 		E110 E115	67

6.1.1.4 Sankeyův diagram

Zjednodušený Sankeyův diagram (viz obr. 6.3) popisuje intenzitu toku materiálu optimalizovaným pracovištěm E110 (a E115). Za jednu hodinu se na každém pracovišti (E110, E115) provede přibližně 53 montážních cyklů, kde do každého z nich vstupuje 8 ks materiálu. Za jednu hodinu se pak na obou pracovištích manipuluje s celkovým množstvím 848 ks materiálu. Této hodnotě odpovídá v Sankeyově diagramu tloušťka čáry o velikosti 10 mm.



Obr. 6.3 Zjednodušený Sankeyův diagram.

Montáž světlometu je tedy na tomto optimalizovaném pracovišti dvakrát rychlejší, tzn., že za stejný čas (67 s) se vyrobí dvojnásobný počet světlometů.

6.1.2 Ekonomické vyhodnocení

Při ekonomickém vyhodnocení této varianty optimalizace se vychází především z dat, která byla již zpracována v kapitole 4 - Rozbor současného stavu.

6.1.2.1 Náklady na pořízení zdvojeného pracoviště

Náklady na pořízení zdvojeného pracoviště E110 (E115) a jeho vybavení (na obou stranách linky) jsou shrnuty v tabulce 6.2.

V nákladech na vybavení pracovišť se promítá veškeré potřebné vybavení k zajištění veškerých okolností montáže, samozřejmě včetně specifického vybavení pro dané operace (přípravků).

Tab. 6.2 Náklady na pořízení zdvojeného pracoviště [18].

Stroj (pracoviště, zařízení)	Cena jednoho zařízení/ pracoviště [Kč]	Počet zařízení/ pracovišť [ks]	Cena [Kč]
Pracoviště E110 (E115):	498 154	2	996 308
Celkové náklady na pořízení zdvojeného pracoviště:			996 308

6.1.2.2 Náklady na zaměstnance zdvojeného pracoviště

Roční náklady na dva operátory zdvojeného pracoviště na levé i pravé straně linky jsou vypočítány podle vzorce 4.1. Při výpočtu je zase počítáno s průměrnou hrubou mzdou 26 000 Kč navýšenou o náklady zaměstnavatele na zdravotní a sociální pojištění zaměstnance. Montážní linka pracuje ve třisměnném provozu. Výkon práce je tedy prováděn 24 hodin denně po sedm dní v týdnu.

$$N_{PZ} = n_{\text{prac.za směnu}} \cdot s \cdot M \cdot n_{\text{odpr.měs.}} \quad [\text{Kč/rok}], \quad (4.1)$$

- kde:
- N_{PZ} - roční náklady na zaměstnance [Kč/rok],
 - $n_{\text{prac.za směnu}}$ - počet pracovníků na směně [ks],
 - s - směnnost [-],
 - M - měsíční hrubá mzda pracovníka navýšená o příspěvek na sociální a zdravotní pojištění (34 %) [Kč],
 - $n_{\text{odpr.měs.}}$ - počet odpracovaných měsíců [-].

$$N_{PZ \text{ optimalizace}} = (1+1) \cdot 3 \cdot (26\,000 \cdot 1,34) \cdot 12$$

$$N_{PZ \text{ optimalizace}} = 2\,508\,480 \text{ Kč/rok}$$

6.1.2.3 Náklady na spotřebu elektrické energie zdvojeného pracoviště

Roční náklady na spotřebu elektrické energie pracoviště E110 (E115), které je zdvojené na obou stranách montážní linky, jsou na základě průměrné hodnoty hodinového činného příkonu a počtu provozních hodin vypočítány ze vzorce 4.2. Průměrný hodinový činný příkon těchto dvou pracovišť odpovídá podle informačního systému Navisys přibližně hodnotě 1,21 kW. Pracoviště jsou v provozu po celý rok (49 týdnů), 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Pro co nejpřesnější porovnání variant je počítáno stejně jako v roce 2015 s cenou 2,7 Kč za 1 kWh elektrické energie.

$$N_{PE} = t_s \cdot P_{\check{c}} \cdot p_E \text{ [Kč/rok]}, \quad (4.2)$$

- kde: N_{PE} - roční náklady na spotřebu elektrické energie [Kč/rok],
 t_s - počet provozních hodin strojů [h],
 $P_{\check{c}}$ - průměrná hodnota hodinového činného příkonu všech výrobních složek linky [kW],
 p_E - cena za 1 kWh elektrické energie [Kč].

$$N_{PE \text{ optimalizace}} = (24 \cdot 7 \cdot 49) \cdot 1,21 \cdot 2,7$$

$$N_{PE \text{ optimalizace}} = 26\,894 \text{ Kč/rok}$$

6.1.2.4 Celkové náklady na optimalizaci

Celkové náklady na optimalizaci jsou obdobně jako celkové náklady v kapitole 4.2.4 dány součtem nákladů na pořízení zdvojeného pracoviště a ročních provozních nákladů zdvojeného pracoviště (náklady na zaměstnance a na spotřebu elektrické energie zdvojeného pracoviště). Celkové náklady na optimalizaci se každý rok zvětšují o náklady provozní. Pro přehlednost jsou celkové náklady shrnuty v tabulce 6.3.

Tab. 6.3 Celkové náklady na optimalizaci.

Druh nákladu	Částka [Kč]
Náklady na pořízení zdvojeného pracoviště	996 308
Roční náklady na zaměstnance zdvojeného pracoviště	2 508 480
Roční náklady na spotřebu elektrické energie zdvojeného pracoviště	26 894
Celkové náklady na optimalizaci (s ročními provozními náklady):	3 531 682

6.1.3 Ekonomické porovnání varianty po optimalizaci se současným stavem linky

Vztah 1.1 pro výpočet nákladové návratnosti není možné pro porovnání jednotlivých variant použít, jelikož s rostoucími investičními náklady po zdvojení pracoviště E110 rostou i roční provozní náklady (zaměstnanci, el. energie).

Tím pádem vyjde hodnota nákladové návratnosti záporně. Tento vztah je ještě navíc vhodné použít před samotnou realizací celého projektu, tzn. v době návrhu variant řešení.

$$T_{\dot{u}} = \frac{I_i - I_S}{N_S - N_i} [\text{rok}], \quad (1.1)$$

- kde: $T_{\dot{u}}$ - nákladová návratnost [rok],
 I_i - investiční náklady i-té varianty [Kč],
 I_S - investiční realizační náklady porovnávací základny [Kč],
 N_S - roční náklady provozu současného stavu [Kč/rok],
 N_i - roční náklady provozu i-té varianty [Kč/rok].

Projekt BMW F30 LCI LED je už spuštěn po dobu jednoho roku, minimální délka projektu je pak 3 roky. Z toho vyplývá, že doba trvání projektu je ještě minimálně 2 roky. Tato doba je ovlivněna především prodejností automobilu, pro který se tyto světlomety vyrábí.

Návratnost investičních nákladů na optimalizaci (viz tab. 6.4) se proto musí vypočítat jiným způsobem, a to ze zisku z prodeje jednoho kusu světlometu a také z rozdílu za jeden den (3 směny) vyrobených světlometů na optimalizované lince a na lince před optimalizací, tedy ze světlometů, které se díky optimalizaci vyrobí oproti současnému stavu „navíc“. Tento rozdíl činí 198 ks světlometů. Velikost zisku z prodeje jednoho ks světlometu se zde z důvodu ochrany obchodního tajemství nezveřejní přímo, vypočítá se ale z rozdílu prodejní ceny a celkových nákladů na výrobu světlometu (bez zahrnutí nákladů na zaměstnance a na spotřebu el. energie). Výpočet je proveden mimo práci. Rozdíl v zisku z prodeje jednodenní produkce obou variant je 125 928 Kč pro variantu po optimalizaci.

Tab. 6.4 Investiční náklady obou variant.

	Současný stav	Optimalizace
Investiční náklady [Kč]	43 802 912	996 308

Investiční náklady na optimalizaci tvoří jen pro zajímavost přibližně 2,3 % z celkových investičních nákladů na současný stav montážní linky.

Návratnost investičních nákladů na optimalizaci je tedy se zahrnutím výše zmíněných údajů 8 pracovních dnů. Po této době začne díky optimalizaci zvýšená produkce vydělávat, pravidelně každý měsíc se z ní budou platit jen provozní náklady spojené s optimalizací (náklady na zaměstnance a na spotřebu el. energie), viz tab. 6.3.

6.2 Výhodnější substitute za aktuálně používaný typ elektrického šroubováku

6.2.1 Technické vyhodnocení

V současné době se na všech šroubovacích pracovištích montážní linky používá stejný typ šroubováku, a to elektrický šroubovák M20 od dodavatele s řídicí jednotkou a ramenem s odměřováním, jež je ovládáno řídicí jednotkou Mitsubishi (viz obr. 6.4).

Parametry šroubováku [18]:

- typ modelu: přímý,
- hmotnost: 0,6 kg,
- délka: 285 mm,
- výkon motoru: 120 W,
- napětí motoru: 115 V,
- rozsah utahovacího momentu: 0,45 – 1,8 Nm,
- otáčky: 2000 ot/min,
- pohon korunky: 1/4" Hex.



Obr. 6.4 Elektrický šroubovák M20 od dodavatele s dokoupeným šroubovacím bitem.

Hodnota utahovacího momentu šroubováku je na jednotlivých šroubovacích pracovištích linky různá (pohybuje se však v rozsahu 0,45 – 1,8 Nm) a volí se podle materiálu, do kterého je spoj proveden a také podle spojovaných součástí. Hodnota se nastavuje na řídicí jednotce šroubováku. Pro samotné šroubování se ještě do šroubováku musí upnout samostatně dokoupený šroubovací bit.

Označení M20, které je v názvu šroubováku, značí ložiskové uložení s vnějším levostranným závitem M20x1, které zajistí přesné a pevné vedení šroubovacího bitu – bit má jen minimální potřebnou vůli. Vůle se zvyšuje s délkou použitého šroubovacího bitu, v tomto případě se na závit M20x1 našroubuje příslušenství, které sníží vůli a tím zajistí přesnější a pevnější vedení – zvýší se tuhost soustavy.

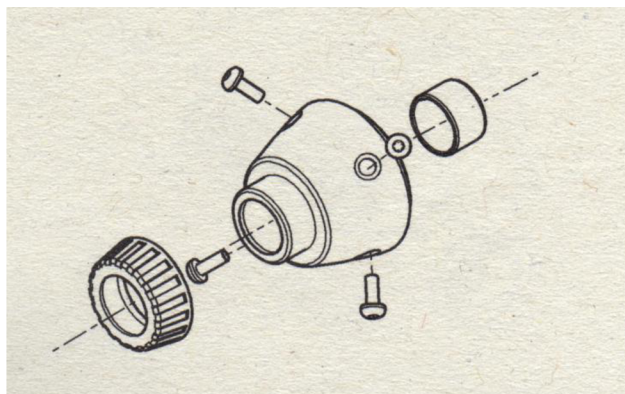
Jelikož se šroubovák používá v aplikacích s elektronickými součástmi, tak má certifikaci ESD. Certifikace ESD je zárukou proti poškození elektronických součástek nekontrolovaným elektrostatickým výbojem z nástroje. V praxi slouží jako certifikace toho, že materiál ani vybavení nikdy nebude mít elektrostatický potenciál překračující 100 V déle než 2 sekundy [19].

Cena tohoto šroubováku je 74 269 Kč [18].

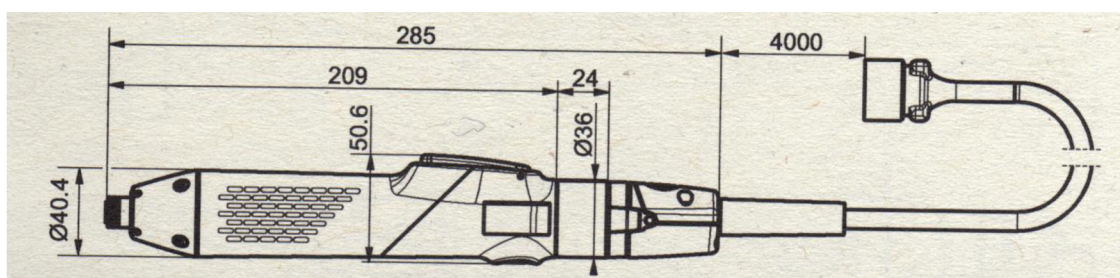
Plnohodnotnou a současně cenově výhodnější substitucí za v současné době používaný šroubovák1 M20 od dodavatele1 je šroubovák2 od dodavatele1 doplněný o soupravu předního pouzdra s vnějším levostranným závitem M20x1, která se kupuje samostatně. Tato souprava předního pouzdra se závitem M20x1 (viz obr. 6.5) se na šroubováku2 vymění za již z výroby přišroubovanou soupravu, která je samozřejmě bez závitu. Parametry obou šroubováků jsou s výjimkou ceny naprosto stejné.

Cena šroubováku2 od dodavatele1 je 70 858 Kč a cena soupravy předního pouzdra s vnějším levostranným závitem M20x1 pak 2 412 Kč. Celková cena jednoho šroubováku je tedy 73 270 Kč [18].

Na obr. 6.6 je schematicky znázorněn elektrický šroubovák2 od dodavatele1.



Obr. 6.5 Souprava předního pouzdra se závitem M20x1 [18].



Obr. 6.6 Schematické znázornění elektrického šroubováku2 od dodavatele1 [18].

6.2.2 Ekonomické vyhodnocení

Na montážní lince BMW F30 LCI LED je celkem 14 šroubovacích pracovišť, které jsou vybaveny šroubováky. Jsou to pracoviště E040, E050, E060, E100, E110, E120 a E130. Celkové náklady na pořízení aktuálně používaných šroubováků¹ M20 od dodavatele¹ a výše popsané varianty optimalizace, tzn. šroubováků² od dodavatele¹ se soupravou předního pouzdra, které má vnější levostranný závit M20x1 jsou spočítány v následující tabulce 6.5.

Tab. 6.5 Celkové náklady na pořízení jednotlivých typů šroubováků.

Typ elektrického šroubováku	Cena jednoho šroubováku [Kč]	Počet šroubováků [ks]	Cena [Kč]
Šroubovák ¹ M20 (aktuálně používaný)	74 269	14	1 039 766
Šroubovák ² s příslušenstvím (optimalizace)	73 270	14	1 025 780

Nákupem 14 elektrických šroubováků² s příslušenstvím se v porovnání se současným stavem – 14 šroubováků¹ M20, obojí od dodavatele¹, ušetří 13 986 Kč.

Provedení této varianty optimalizace ale v současné chvíli postrádá smysl, a to z toho důvodu, že nákupem nového typu šroubováků (šroubováků² s příslušenstvím) již nenaleznou upotřebení šroubováky starší (šroubováky¹ M20). Jedná se tudíž o zbytečný nákup. Varianta je proto použitelná na všech nových projektech, které společnost HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. Mohelnice v budoucnu čekají nebo v případě neopravitelné poruchy některých z aktuálně používaných šroubováků (úspora by byla daleko menší, záleželo by na počtu poruch).

Optimalizace šroubovacích pracovišť z hlediska rychlosti jejich šroubováků, tzn. otáček šroubováků ve spojení s požadovaným rozsahem utahovacího momentu, který je 0,45 – 1,8 Nm, není díky aktuální dostupné nabídce šroubováků na trhu možná [19].

6.3 Změna dodavatele nejčastěji používaného typu šroubu

6.3.1 Technické vyhodnocení

V každém světlometu, jehož montáž probíhá na lince BMW F30 LCI LED, jsou použity 4 typy šroubů od čtyř různých dodavatelů o celkovém množství 52 ks. V současné době je nejčastěji používaným typem šroubu šroub M4x14 s profilem závitu DELTA PT od firmy¹. Šroub M4x14 DELTA PT (viz obr. 6.7 a 6.8) je závitotvářecí šroub pro plasty (speciálně pro termoplasty, z kterých je většina komponent světlometu vyrobena), je vyroben z nerezové oceli a v celém světlometu ho je 26 ks. Základní profil šroubu DELTA PT má zvětšenou rozteč závitů a zvětšenou nosnou výšku závitového profilu. Tím snižuje nebezpečí stržení závitu v plastu a otláčení [20].

Výhodami tohoto šroubu jsou [21]:

- minimální radiální napětí vzhledem k optimalizovanému vrcholovému úhlu,
- vysoká upínací zatížení,

- vysoká tažná a torzní síla,
- dlouhá životnost spoje,
- vysoká pevnost při vibracích,
- zvýšená stabilita cyklického namáhání.



Obr. 6.7 Šroub M4x14 DELTA PT.



Obr. 6.8 Šrouby M4x14 DELTA PT v zásobníku na pracovišti E110.

Cena šroubů pro jednotlivé společnosti se obecně odvíjí od ročního odebíraného množství (čím větší odebrané množství tím nižší cena). Cena 1 ks šroubu M4x14 DELTA PT od firmy1 je pro společnost HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. Mohelnice 0,354 Kč [18].

Ceny 1 ks tohoto typu šroubu od všech největších výrobců na trhu se při určitém ročním odebíraném množství liší minimálně, a to konkrétně v tisících korun.

Tento na první pohled téměř nepatrný rozdíl se ale postupně s počtem vyrobených světlometů zvětšuje a může se tak dosáhnout úspory, která již zanedbatelná není.

Novým dodavatelem je proto společnost2, s.r.o., kde 1 ks šroubu M4x14 DELTA PT stojí, opět při splnění podmínky určitého ročního odebíraného množství, 0,350 Kč.

6.3.2 Ekonomické vyhodnocení

Za 450 min směnu se na jedné straně linky vyrobí 336 ks světlometů a v každém z nich je 26 ks výše zmíněného typu šroubu. Náklady na v současné době používané šrouby (šrouby od firmy1) a na variantu optimalizace (šrouby od společnosti2, s.r.o.) v jednom kusu světlometu, ale i ve světlometech vyrobených na jedné straně linky za 450 min směnu jsou zaznamenány v tabulce 6.6.

Tab. 6.6 Náklady na šrouby M4x14 DELTA PT od různých výrobců.

Typ šroubu	Cena 1 ks šroubu [Kč]	Cena 26 ks šroubů (šroubů v jednom kusu světlometu) [Kč]	Cena šroubů v 336 ks světlometů [Kč]
M4x14 DELTA PT (firma1)	0,354	9,2	3091,2
M4x14 DELTA PT (společnost2, s.r.o.)	0,350	9,1	3057,6

Používáním šroubů od společnosti2, s.r.o. se v porovnání se šrouby od společnosti1 ušetří za jednu směnu (450 min) na jedné straně linky 33,6 Kč, za týden pak 705,6 Kč.

Ze začátku, jak je již výše zmíněno, se zdál rozdíl v cenách šroubů M4x14 DELTA PT od jednotlivých dodavatelů téměř zanedbatelný (v případě montáže jednoho kusu světlometu taky opravdu zanedbatelný je) a pro některé společnosti by byla ztráta času otázku změny dodavatele vůbec řešit. Když se ale vezme v potaz, že se za týden na celé montážní lince použije 366 912 kusů šroubů, tak rázem výsledná úspora již zanedbatelná není. Řádově jde o úsporu v tisících Kč.

7 VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Ze tří výše zmíněných a technicky vypracovaných variant optimalizace s jejich konečným ekonomickým porovnáním se současným stavem montážní linky je neoptimálnější variantou: **zdvojení nejužšího místa montážní linky**, viz kapitola 6.1.

Tato varianta optimalizace sice ze tří výše zmíněných vyžaduje největší počáteční investiční náklady a nějakou dobu trvá, než se tyto náklady vrátí zpět, ale je jediná, která po této době, ve srovnání se stavem před optimalizací, generuje zvýšený zisk. Lépe řečeno, je to jediná varianta, která díky pracovištím E115 přináší permanentní zvýšenou produkci a tím pádem i zvýšený zisk, jež se pohybuje řádově v desítkách tisíc Kč za den. Ostatními variantami optimalizace se dosáhne „jen“ úspory. Pro přehlednost jsou tyto údaje číselně zpracovány v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Číselné shrnutí pro podložení správného výběru neoptimálnější varianty optimalizace.

	Současný stav	Optimalizace
Investiční náklady [Kč]	43 802 912	996 308
Denní produkce [ks]	2 016	2 214
Denní zisk [Kč]	1 282 176	1 408 104
Rozdíl v denním zisku [Kč]	125 928	

O tuto částku (125 928 Kč) je denní zisk díky optimalizaci, ve srovnání se současným stavem, vyšší.

Návratnost investičních nákladů vložených do zdvojení pracoviště E110, tzn. do pracovišť E115, je 8 pracovních dní. Po této době se pak už jen každý měsíc vyplácí mzdy operátorům těchto pracovišť a platí náklady spojené se spotřebou elektrické energie.

Kromě toho, že je tato varianta optimalizace nejvýhodnější z hlediska finančního, tak se dá považovat za nejlepší i z hlediska tvorby hodnot, kdy se vytvoří 6 nových pracovních míst (2 pracovní místa na směnu).

ZÁVĚR

Investiční náklady na první variantu optimalizace (zdvojení nejužšího místa montážní linky) činí 996 308 Kč. Návratnost těchto investičních nákladů je díky optimalizaci zvýšené produkci 8 pracovních dnů. Po této době lze konečně zaznamenat požadovaný efekt této varianty optimalizace, a tedy vyšší zisk, který se do tohoto okamžiku ztrácel ve „splácení“ vložených investičních nákladů. Rozdíl v zisku z prodeje denní produkce současného stavu linky a linky po optimalizaci je řádově v desítkách tisíc Kč.

Druhá varianta optimalizace, tzn. cenově výhodnější substitute za aktuálně používaný typ elektrického šroubováku, přinesla při koupi všech 14 šroubováků 1,35% úsporu nákladů, tedy úsporu 13 986 Kč. Tato varianta optimalizace ale na rozdíl od první varianty negeneruje žádný zvýšený zisk. Jde o multifunkční variantu optimalizace, která je použitelná na všech nových projektech nebo v případě neopravitelné poruchy některého/některých z aktuálně používaných šroubováků. Úspora by pak logicky byla daleko menší, záleželo by na počtu nefunkčních šroubováků.

Úspory z aplikování třetí varianty optimalizace, tzn. ze změny dodavatele nejčastěji používaného typu šroubu, se výrazněji projeví až po delším časovém úseku (týden a více). Do této doby jsou úspory téměř zanedbatelné. Je to z důvodu velmi malého rozdílu v cenách jednoho ks šroubu od jednotlivých dodavatelů. Týdenním používáním závitotvářecích šroubů M4x14 s profilem závitu DELTA PT od společnosti2, s.r.o. se v porovnání se stejným typem šroubů, tentokrát ale od firmy1, dosáhlo na celé montážní lince úspory 1,1 %, tedy úspory 1 411 Kč.

Tento typ šroubu je nejpoužívanější i na ostatních montážních linkách, tím pádem je možné v rámci celé společnosti změnou dodavatele dosáhnout za jeden týden mnohonásobně vyšší úspory než „jen“ 1 411 Kč v případě této linky (BMW F30 LCI LED). I v tomto případě se jedná o multifunkční variantu optimalizace.

Není však vyloučeno ani kombinování těchto jednotlivých variant optimalizace, tzn., že se dají aplikovat buď jen některé z nich, nebo klidně i úplně všechny. Tím by se dosáhlo zvýšeného zisku i úspory najednou, tzn. hodnot, které jsou velmi žádoucí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I.* Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- [2] ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů.* Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [3] RUMÍŠEK, P. *Technologické projekty.* 1.vyd. Brno: VUT v Brně, 1991. 185s. ISBN 80-214-0385-3
- [4] JUROVÁ, M. *Řízení výroby I. – 2. část.* Brno: VUT v Brně, 2006. 138s. ISBN 80-214-3134-2
- [5] MÁLEK, Z. *Prostorové uspořádání pracovišť* [online prezentace]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta logistiky a krizového řízení, 2011. [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: http://www.utb.cz/file/35257_1_1/
- [6] Jednotlivé metody a nástroje (I - P): API Akademie. *API - Akademie produktivity a inovací*[online]. Želečice, 2014 [cit. 2016-01-23]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>
- [7] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže.* Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [8] ZELENKA, A.; KRÁL, M. *Projektování výrobních systémů.* 1.vyd. Praha: ČVUT v Praze, 1995. 365 s. ISBN 80-01-01302
- [9] Šachovnicová tabulka a metoda souřadnic. *CIE - Centre for Industrial Engineering* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/sachovnicova-tabulka-a-metoda-souradnic>
- [10] KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.
- [11] Trojúhelníková metoda a metoda CRAFT. *CIE - Centre for Industrial Engineering* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/trojuhelnikova-metoda-a-metoda-craft>
- [12] Metoda 5S. *CIE - Centre for Industrial Engineering* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/metoda-5s>
- [13] BEJČKOVÁ, Mgr. Jana. Metoda 5S - základní kámen štihlé výroby. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. Želečice, 2015 [cit. 2016-02-05]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25792n-metoda-5s-zakladni-kamen-stihle-vyroby>
- [14] HELLA v Mohelnici. *HELLA* [online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/cs/HELLA-v-Mohelnici-903.html>
- [15] HELLA průmysl: VYUŽITÍ TECHNOLOGICKÉ KOMPETENCE Z AUTOMOBILOVÉ BRANŽE. *HELLA*[online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/cs/HELLA-Prumysl-1145.html>
- [16] HELLA: *HELLA Industries* [online]. Lippstadt [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.hella.com/industries/index.html>

[17] HELLA: *HELLA Airport Lighting* [online]. Lippstadt [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://www.hella.com/airportlighting/index.html>

[18] Interní dokumenty společnosti HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. Mohelnice.

[19] EBL20-RE: Elektrický bezkartáčkový šroubovák se spojkou a informační jednotkou. *Vedoucí světový výrobce a dodavatel zařízení pro průmysl a stavebnictví: Atlas Copco Czech Republic* [online]. ©2000-2014 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.atlascopco.cz/czcs/products/montážní-nástroje/1774512/1462802/>

[20] VĚTROVEC, Ondřej. *POPIS A VYHODNOCENÍ MOMENTOVÉ CHARAKTERISTIKY ŠROUBOVÉHO SPOJE* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65185.

Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. JAN BRANDEJS, CSc.

[21] DELTA PT®: *Plastics & Thermosets. ATF* [online]. Lincolnwood [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.atf-inc.com/resources/content/1/0/5/6/documents/DeltaBrochure.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
DMC	[-]	Data matrix code
DRL	[-]	Daytime running light
ESD	[-]	Electrostatic discharge
ES	[-]	verze pravosměrného svícení
FRA	[-]	Fahre Richtungs Anzeiger
GF30	[-]	Glass fiber 30 %
IT	[-]	Informační technologie
Kč	[-]	Koruna česká
LED	[-]	Light-emitting diode
LES	[-]	verze levosměrného svícení
LWR	[-]	Leuchtweiteregler
MPa	[-]	Megapascal
Nm	[-]	Newton metr
PVC	[-]	Polyvinylchlorid
PP	[-]	Polypropylen
RW	[-]	Rechte Werte
SAE	[-]	verze svícení pro Ameriku
V	[-]	Volt
VW	[-]	Volkswagen
W	[-]	Watt
apod.	[-]	a podobně
atd.	[-]	a tak dále
č.	[-]	číslo
el.	[-]	elektrická
h	[-]	hodin
kap.	[-]	kapitola
kg	[-]	kilogram
kPa	[-]	kilopascal
ks	[-]	kus

Zkratka	Jednotka	Popis
kW	[-]	kilowatt
kWh	[-]	kilowatthodina
m²	[-]	metr čtvereční
min	[-]	minuta
mm	[-]	milimetr
např.	[-]	například
obr.	[-]	obrázek
ot/min	[-]	otáčky za minutu
prac.	[-]	pracoviště
s	[-]	sekunda
tab.	[-]	tabulka
tj.	[-]	to je
tzn.	[-]	to znamená

Symbol	Jednotka	Popis
F_c	[m ²]	celková plocha
F_p	[m ²]	pomocná plocha
F_v	[m ²]	výrobní plocha
I_i	[Kč]	investiční náklady i-té varianty
I_s	[Kč]	investiční realizační náklady porovnávací základny
M	[Kč]	měsíční hrubá mzda pracovníka navýšená o příspěvek na sociální a zdravotní pojištění (34 %)
N_i	[Kč/rok]	roční náklady provozu i-té varianty
N_{PE}	[Kč/rok]	roční náklady na spotřebu elektrické energie
N_{PZ}	[Kč/rok]	roční náklady na zaměstnance
N_S	[Kč/rok]	roční náklady provozu současného stavu
P_č	[kW]	průměrná hodnota hodinového činného příkonu všech výrobních složek linky
T_ú	[rok]	nákladová návratnost
k_{ef}	[-]	koeficient ekonomické efektivity
n_{odpr.měs.}	[-]	počet odpracovaných měsíců

Symbol	Jednotka	Popis
$n_{\text{prac.za směnu}}$	[ks]	počet pracovníků na směně
p_E	[Kč]	cena za 1 kWh elektrické energie
s	[-]	směnnost
t_k	[s]	čas montáže
t_s	[h]	počet provozních hodin strojů

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1.1 Šachovnicová tabulka (údaje – hmotnosti jsou v tunách za rok) [10].....	19
Tab. 4.1 Zastavěná plocha při současném uspořádání linky.....	34
Tab. 4.2 Montážní postupy [18].....	35
Tab. 4.3 Náklady na pořízení pracovišť a zařízení linky [18].	42
Tab. 4.4 Celkové náklady.	45
Tab. 6.1 Montážní postup operace č. 11 [18].	53
Tab. 6.2 Náklady na pořízení zdvojeného pracoviště [18].	54
Tab. 6.3 Celkové náklady na optimalizaci.....	55
Tab. 6.4 Investiční náklady obou variant.....	56
Tab. 6.5 Celkové náklady na pořízení jednotlivých typů šroubováků.....	59
Tab. 6.6 Náklady na šrouby M4x14 DELTA PT od různých výrobců.....	61
Tab. 7.1 Číselné shrnutí pro podložení správného výběru nejobtímnější varianty optimalizace.....	62

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Schéma volného uspořádání pracovišť [3].	11
Obr. 1.2 Schéma technologického uspořádání pracovišť [3].	12
Obr. 1.3 Schéma předmětného uspořádání pracovišť [3].	12
Obr. 1.4 Schéma modulárního uspořádání pracovišť [3].	13
Obr. 1.5 Schéma buňkového uspořádání pracovišť [1].	13
Obr. 1.6 Schéma jednostranné jednosměrné montážní linky [7].	16
Obr. 1.7 Schéma oboustranné jednosměrné montážní linky [7].	16
Obr. 1.8 Schéma oboustranné jednosměrné montážní linky [7].	16
Obr. 1.9 Schéma oboustranné obousměrné montážní linky [7].	16
Obr. 1.10 Schéma montážní linky s čelními montážními pracovišti [7].	17
Obr. 1.11 Schéma montážní linky s bočními montážními pracovišti [7].	17
Obr. 1.12 Schéma rozvětvené montážní linky [7].	17
Obr. 1.13 Sankeyův diagram [3].	18
Obr. 1.14 Rozmíst'ování pracovišť do trojúhelníkové sítě [10].	19
Obr. 2.1 Milníky v historii společnosti [14].	23
Obr. 2.2 Pouliční osvětlení [16].	24
Obr. 2.3 Osvětlení přistávací dráhy [17].	25
Obr. 2.4 Přední světlomet – Volkswagen Touareg [18].	25
Obr. 2.5 BMW řady 3 [18].	25
Obr. 3.1 Levé provedení High LED verze světlometu BMW F30 LCI [18].	26
Obr. 3.2 Rozpad High LED verze světlometu BMW F30 LCI; die Ausfuehrung – provedení, die Abschlusscheiben Gruppe – skupina krycího skla [18].	27
Obr. 4.1 Montážní linka BMW F30 LCI LED.	28
Obr. 4.2 Schematické znázornění montážní linky BMW F30 LCI LED a předmontáže modulů s dopravní cestou [18].	29
Obr. 4.3 Ruční pracoviště – trasování vodičů [18].	30
Obr. 4.4 Zařízení s dvojitým dávkováním lepidla.	31
Obr. 4.5 Plazmovací zařízení.	31
Obr. 4.6 Robotické lepicí stanice.	32
Obr. 4.7 Dopravník pro přesun lepicích vozíků.	33
Obr. 4.8 Dopravník pro posun splených a otestovaných světlometů.	33
Obr. 4.9 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E010 – E070).	46
Obr. 4.10 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E080 – E140).	47
Obr. 4.11 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E150 – E200).	48
Obr. 4.12 Tok materiálu při montáži jednoho kusu světlometu (pracoviště E210 – E220).	49
Obr. 5.1 Pásek se 100 ks sponek.	50
Obr. 5.2 Jeden ks sponky.	50
Obr. 6.1 Zdvojené pracoviště E110.	51
Obr. 6.2 Schematické znázornění optimalizované montážní linky BMW F30 LCI LED s dopravní cestou [18].	52
Obr. 6.3 Zjednodušený Sankeyův diagram.	53
Obr. 6.4 Elektrický šroubovák1 M20 od dodavatele1 s dokoupeným šroubovacím bitem.	57
Obr. 6.5 Souprava předního pouzdra se závitem M20x1 [18].	58
Obr. 6.6 Schematické znázornění elektrického šroubováku2 od dodavatele1 [18].	58
Obr. 6.7 Šroub M4x14 DELTA PT.	60
Obr. 6.8 Šrouby M4x14 DELTA PT v zásobníku na pracovišti E110.	60