

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



DIPLOMOVÁ PRÁCE

OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU VE VÝROBNÍ SPOLEČNOSTI
OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION PROCESS IN THE PRODUCTION
COMPANY

AUTOR: Bc. Jan Marvan

STUDIJNÍ PROGRAM: Řízení průmyslových systémů

VEDOUCÍ PRÁCE: prof. Ing. František Freiberg, CSc.

PRAHA 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Marvan** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **473671**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Řízení průmyslových systémů**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Optimalizace výrobního procesu ve výrobní společnosti

Název diplomové práce anglicky:

Optimization of the Production Process in the Production Company

Pokyny pro vypracování:

V teoretické části diplomové práce budou představeny nástroje a principy štihlé výroby. Dále budou popsány způsoby projektového řízení, které také průběh výrobního procesu výrazně ovlivňují. V praktické části bude nejprve stručně představena společnost, její výrobní proces a produkt. Následně bude analyzován současný výrobní proces na dvou linkách, které na sebe navazují a slouží k výrobě jednoho výsledného produktu. Na základě analýzy dat budou navržena optimalizační opatření.

Seznam doporučené literatury:

MYSLÍN, Josef. Scrum: průvodce agilním vývojem softwaru. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4650-7.
SWEENEY, Benjamin. Lean quickstart guide: the simplified beginner's guide to lean. 2nd Ed. Albany: Clydebank Media, 2017. ISBN 978-1-945051-19-7.
BAUER, Miroslav. Kaizen: cesta ke štihlé a flexibilní firmě. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3. dopl. vyd. Praha: C.H. Beck pro praxi, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. František Freiberg, CSc. ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Ing. Václav Michalec ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Datum zadání diplomové práce: **31.03.2022** Termín odevzdání diplomové práce: **22.07.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **29.09.2023**

prof. Ing. František Freiberg, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne:

.....

Podpis

Anotace

Diplomová práce je v teoretické části nejprve zaměřena na způsoby projektového řízení. Po uvedení standardních a agilních metod řízení jsou popsány základní druhy plýtvání, se kterými se lze setkat jak ve výrobním procesu, tak i v administrativě. Závěr teoretické části se věnuje nástrojům, které se běžně využívají ve štíhlé výrobě. V praktické části je představena výrobní společnost, ve které byla diplomová práce zpracována. Dále je popsán výrobní proces, který je následně měřen a analyzován. Na základě analyzovaných dat jsou navržena optimalizační řešení. Cílem práce je zvýšit efektivitu a kvalitu výrobního procesu.

Klíčová slova

Štíhlá výroba, proces, výrobní linka, plýtvání, optimalizace, kvalita, efektivita

Annotation

In the theoretical part the thesis first is focused on projects management methods. After the introduction of standard and agile management methods the basic types of waste are described with which can be encountered both in the production process and in the administration. The conclusion of the theoretical part deals with the tools that are commonly used in lean manufacturing. The practical part presents the manufacturing company in which the thesis was processed. The production process is described in the next part, subsequently it is measured and analysed. Optimization solutions are proposed on the basis of analysed data. The aim of the thesis is to increase the efficiency and quality of the production process.

Keywords

Lean Production, Process, Production Line, Waste, Optimization, Quality, Efficiency

Poděkování

Tímto bych chtěl velice poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Václavu Michalcovi, za odbornou pomoc a praktické rady, které mi velmi pomohly při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat celému projektovému týmu ze společnosti Continental, který mě zaslavil do výrobního procesu a v případě potřeby mi vždy pomohl.

Obsah

Úvod	10
1 Tradiční a agilní řízení.....	13
1.1 Tradiční model řízení – „vodopádový“	13
1.2 Agilní způsob řízení	15
1.2.1 Agile manifesto	16
1.3 Scrum	18
1.3.1 Role	20
2 Plýtvání.....	22
2.1 Výrobní proces	23
2.2 Administrativní proces	26
3 Nástroje štíhlé výroby.....	28
3.1 5S	28
3.2 Just-in-time.....	30
3.3 Kanban	31
3.4 Kaizen	32
3.5 Gemba	33
4 Metody řízení kvality	34
4.1 Metoda FMEA	34
4.2 Ishikawa diagram	35
5 Představení společnosti Continental	38
5.1 Korporace Continental.....	38
5.2 Continental Brandýs nad Labem.....	41
6 Představení projektu	42
6.1 Produkt.....	43
6.1.1 Hybrid Bonding	43
6.1.2 Display Closing.....	43
6.2 Výrobní proces	46
6.2.1 Hybrid Bonding	47
6.2.2 Display Closing.....	49

7	Měření výrobního procesu	53
7.1	Výrobní časy	53
7.1.1	Hybrid Bonding	54
7.1.2	Display Closing	56
7.2	Run and Rate	58
7.2.1	Hybrid Bonding	59
7.2.2	Display Closing	63
7.3	Příprava materiálu	67
7.4	Kvalita procesu v rámci jednotlivých produktů	71
7.4.1	DC sestava varianta malá levá	72
7.4.2	DC sestava varianta malá pravá	74
7.4.3	DC sestava varianta velká levá	76
7.4.4	DC sestava varianta velká pravá	78
7.4.5	HB sestava FDC	80
7.4.6	HB sestava CP varianta malá levá	82
7.4.7	HB sestava CP varianta malá pravá	84
7.4.8	HB sestava CP varianta velká levá	86
7.4.9	HB sestava CP varianta velká pravá	88
7.5	Shrnutí naměřených dat	90
8	Analýza výrobního procesu	91
8.1	Ishikawa diagram	91
8.2	FMEA	94
8.2.1	Hybrid Bonding	94
8.2.2	Display Closing	96
8.3	Shrnutí analýzy výrobního procesu	99
9	Optimalizace výrobního procesu	100
9.1	Úprava schéma fungování softwaru MES na lince Hybrid Bonding	100
9.2	Rozšíření pracoviště kontroly kvality na lince Display Closing	105
9.3	Implementace paletek v lince Display Closing	110
	Závěr	113

Použitá literatura	116
Internetové zdroje	117
Seznam obrázků	118
Seznam tabulek	120

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá výrobním procesem multifunkční přístrojové desky ve společnosti Continental Automotive Czech Republic s.r.o v závodě v Brandýse nad Labem. Hlavním cílem práce je zanalyzovat proces výroby a na základě výsledků navrhnout optimalizační řešení, která pomohou zvýšit kvalitu a efektivitu výrobního procesu.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. První část, teoretická, je zaměřena na definování metod, nástrojů a postupů, které souvisí s tématem diplomové práce. Druhou částí je část praktická, která se dále dělí na představení společnosti, představení projektu, měření výrobního procesu, analýzu výrobního procesu a optimalizaci výrobního procesu.

Teoretická část se nejprve zaměřuje na problematiku projektového řízení. Jsou představeny standardní a agilní způsoby řízení, případy jejich využití, a také klady a zápory jednotlivých metod. Podrobněji je následně popsána metoda scrum, která je v současné době jednou z nejpoužívanějších agilních metod řízení projektů. Dále jsou zmíněny druhy plýtvání, které lze najít jak ve výrobním procesu, tak i v administrativě. Popsány jsou také některé nástroje štíhlé výroby jako 5S, Just-in-time, kanban, kaizen a gemba. Na závěr teoretické části jsou ještě představeny nástroje kvality, které jsou použity v analytické části. Jedná se o Ishikawa diagram a metodu FMEA.

Na úvod praktické části je představena společnost Continental, ve které je diplomová práce zpracována. Následně je v rámci seznámení s projektem přiblížena podoba výsledného produktu, kterým je designová přístrojová deska automobilu. Na závěr počáteční fáze praktické části je podrobně popsán výrobní proces na dvou výrobních linkách, jejichž fungováním se práce zabývá.

Po představení společnosti a projektu následuje nejrozsáhlejší úsek praktické části a tím je měření výrobního procesu. V rámci měření bylo nasbíráno velké množství dat, které se muselo zredukovat na nejdůležitější informace o procesech na obou linkách. Nejprve jsou zpracovány výrobní časy, které byly získány ze softwaru MES. Dále jsou zaznamenány kvantitativní a kvalitativní testy Run and Rate. Následně jsou měřeny a hodnoceny procesy spojené s přípravou vstupního materiálu a jeho transportem k výrobním linkám. Poslední kapitola fáze měření se zabývá zpracováním dat jednotlivých typů produktu. Znázorněny jsou ukazatele FPY a OEE nebo nejčastější vady spojené s výrobou konkrétního produktu.

Další fází praktické části je analýza výrobního procesu. Zde jsou nejprve pomocí Ishikawa diagramu znázorněny faktory, které negativním způsobem vstupují do výrobního procesu. Poté je zpracována procesní FMEA. Pomocí FMEA jsou nalezena nejrizikovější místa, která by bylo vhodné redukovat v rámci optimalizace.

Poslední částí diplomové práce je kapitola zabývající se tvorbou optimalizačních řešení problémů, které vyplývají z analytické části. První optimalizace se týká linky Hybrid Bonding a spočívá v úpravě blokového schéma fungování softwaru MES. Další dvě optimalizace již souvisí s procesem linky Display Closing. První z nich se zabývá kapacitním rozšířením pracoviště kontroly kvality. Druhá optimalizace je spojena se samotnou výrobní kapacitou linky. V rámci této optimalizace bude implementován určitý počet palet do linky, což by mělo navýšit objem produkce. U každé ze třech zmíněných optimalizací je uveden přínos, který dané optimalizační opatření přináší. Tento přínos je znázorněn ve výkonnostním ukazateli OEE.

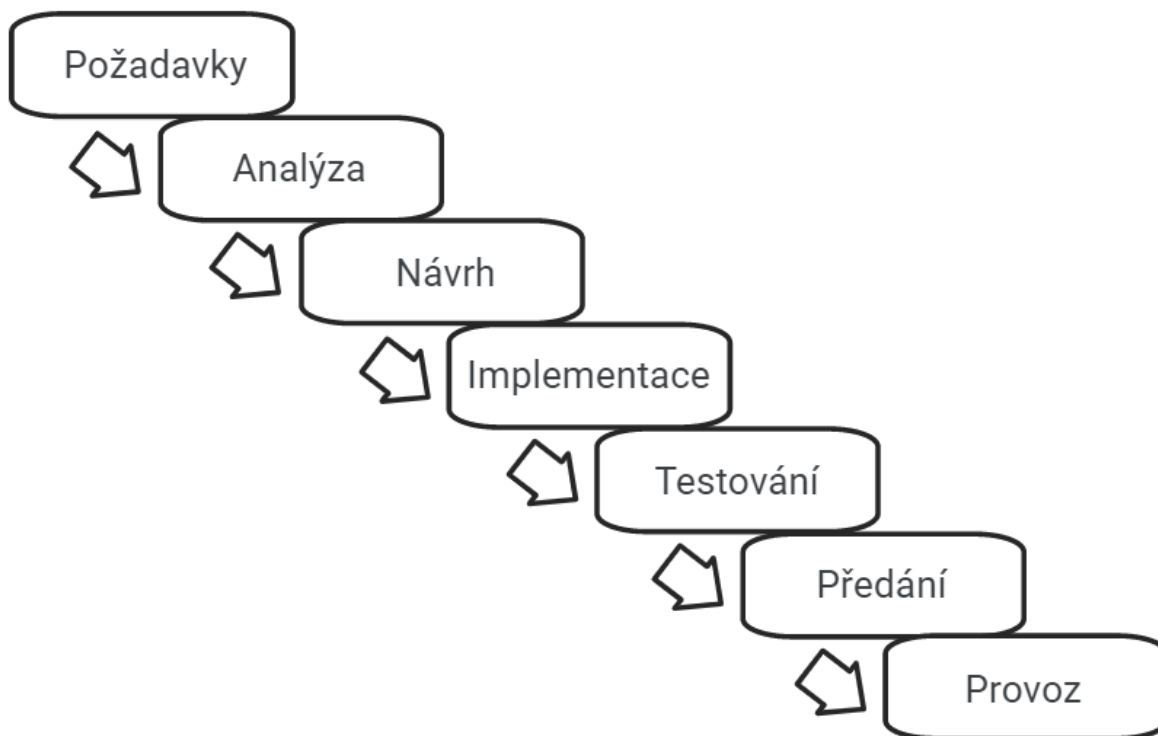
Teoretická část

1 Tradiční a agilní řízení

V poslední době dochází ke značnému rozvoji v oblasti projektového managementu. Hlavním důvodem rychlého vývoje této problematiky je výrazná nestálost mnoha faktorů. Nastávají změny týkající se technologií, konkurence či samotného managementu v krátkém časovém intervalu. Právě změny, které jsou spojeny s managementem vedou k přechodu od tradičního modelu řízení k modernějším modelům schopným zabezpečit řízení softwarových projektů. Primárním rozdílem mezi těmito přístupy projektového řízení je zejména flexibilita a také samotná adaptace metody. Nevýhodou tradičních modelů řízení je absence zpětného pohledu. To znamená, že pokud se vyskytne nějaký problém v průběhu, tak ho management objeví až na konci celého projektu. Kdežto moderní metody kontrolují chod projektu v celém jeho průběhu, a pokud se vyskytne chyba, tak je okamžitě řešena. Zároveň je v těchto modelech brán zákazník jako partner, tudíž do celého projektu vidí. Může tedy zasahovat do procesu a dělat změny podle svých představ. [15]

1.1 Tradiční model řízení – „vodopádový“

Metodika známá jako vodopádový model je jednou z nejstarších metodik projektového řízení. Její počátky sahají až do 70. let minulého století. Tato metodika je zaměřena zejména na vývoj informačních technologií a je založena na principu, že proces orientovaný na software, na vývoj softwaru či na řízení jednotlivých projektů je možné poskládat do jednoduchých fází. Fáze následují jedna za druhou a musí na sebe navazovat. Jenom v takové případě je možné řídit a spravovat proces. Jde tedy o jednosměrný proces, kdy fáze za sebou jdou postupně a nedochází k žádné zpětné vazbě. [11]



Obrázek 1 - Vodopádový model [vlastní tvorba dle [11]]

„Metodiku lze tedy charakterizovat několika body:

1. *Lineární průběh – každá fáze následuje po předchozí, nikdy se nevrací zpět*
2. *Jednoznačnost – vždy víme, v jaké fázi se nacházíme*
3. *Úplné zadání – do další fáze vstoupíme, když je předchozí fáze se svými výstupy dokončena.“ [11]*

Největší výhodou této metodiky je bezesporu její jednoduchost, která spočívá zejména v návaznosti jednotlivých fází. Díky tomu, že daná fáze přímo navazuje na předchozí a žádnou fázi nelze jakýmkoli způsobem přeskočit, jasně víme, v jaké části projektu se nacházíme a jaké úkony jsou právě prováděny. Jestliže není pro danou fázi kompletně dokončena specifikace, tak jí není možné zahájit. Jde tedy o jednoduchou metodiku, která se pro svou jednoznačnost daleko lépe řídí a snadněji plánuje. Tento model je spíše vhodnější pro menší projekty, a to hlavně z toho důvodu, že nevýhody a negativa u větších a náročnějších projektů převládají nad pozitivy. Jednoduchost, která je zde zmiňována je vítána u menších projektů zejména proto, že se zde snáze odhalují chyby, kdežto u velkých projektů je pravděpodobnost odhalení chyby daleko menší.

Vodopádový model je aplikován v situacích, kdy jsou jasně určena specifika hned na začátku projektu. Specifika jsou zadávána zákazníkem v okamžiku, kdy ještě nemá jasnou představu o projektu jako celku. Nezná tedy směry, kterými se může projekt

ubírat a nemá představu ani o omezeních, která mohou nastat. Vzhledem k povaze tohoto modelu se neočekává zapojení zákazníka. Mohou pak tedy nastat situace, že zákazník uvidí výsledný produkt až v poslední fázi při předání. V tomto okamžiku již není možné počítat s nějakými změnami produktu.

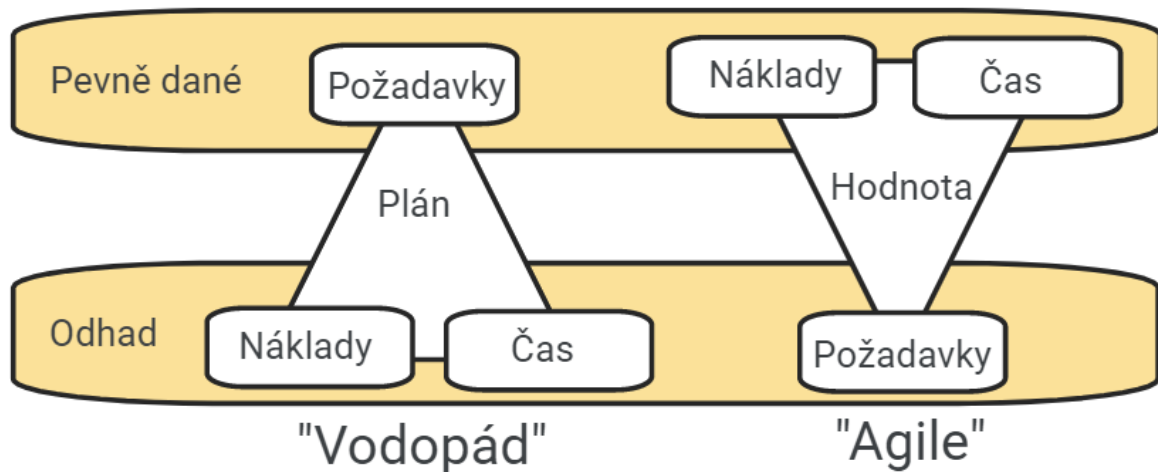
Pokud je zjištěna chyba v průběhu testování, je zapotřebí vrátit se v projektu na začátek. Ve velké většině případů je dokonce nutné přepracovat celý projekt. Tato metodika je nastavena tak, že se na chybu dříve, než ve fázi testování přijít nedá. Tento fakt znamená poměrně malou flexibilitu a neschopnost objevit chyby dříve, což vytváří důvody, proč se vodopádový model využívá k řízení menších projektů v menších týmech. S postupem času však začaly vznikat větší a složitější projekty s více provázanými technologiemi, pro které se stal tento model nedostačující a začaly se projevovat jeho slabé stránky. Při snaze optimalizovat dosavadní metodiku se zjistilo, že bude jednodušší přejít ke zcela odlišnému způsobu projektového řízení. [11]

Výhody	Nevýhody
Jednoznačné zadání	Dlouhý časový interval mezi zadáním a viditelnými výsledky
Přehlednost (vždy víme, v jaké fázi se projekt nachází)	Nadměrná linearita
Snadné plánování	Testování ke konci projektu, které způsobuje obtížné nalézání chyb
Jednoduchost	Minimální zapojení zákazníka ve vývojové fázi

Tabulka 1 - Výhody a nevýhody vodopádového modelu [vlastní tvorba]

1.2 Agilní způsob řízení

V této kapitole se přesuneme od tzv. vodopádového modelu k metodám agilním. Na rozdíl od tradičních metod řízení je agilní metodika více přizpůsobivá, pružnější, interaktivnější a pohotověji reaguje na případné změny. „*Agilita je o spolupráci a komunikaci a připravenosti na změnu.*“ [18] Při agilním řízení se nemusejí pravidla striktně dodržovat, avšak stanovují se zde jasná pravidla, kterými je velmi dobré se řídit, aby nedocházelo ke vzniku chaotických situací. V týmu se mohou pro efektivní řízení vytvářet vlastní pravidla, pro která jsou vytvořeny základní hranice s cílem dodání produktu zákazníkovi s co nejvyšší kvalitou. Toto jsou nejvýznamnější rozdíly mezi standardním vodopádovým modelem a agilní metodikou. Další významný rozdíl je v tom, jaké položky jsou pevně stanoveny a jaké se odhadují, viz. obrázek níže.



Obrázek 2 - Vodopádový model vs. agilní způsob řízení [vlastní tvorba dle [4]]

Na obrázku je vidět, že v případě vodopádového modelu jsou u projektu pevně stanoveny požadavky. Následně jsou k požadavkům odhadnuty náklady společně s časem, který je pro daný projekt vymezen. To znamená, že projekt je specifikován na základě požadavků. Tímto způsobem vzniká plán celého projektu u vodopádového způsobu řízení. Kdežto u agilního způsobu řízení zpočátku není zcela jasné, jakou podobu bude průběh projektu mít. Proto jsou u této metody pevně stanoveny náklady s délkou trvání. Cílem je, aby zákazník měl z projektu maximální možnou hodnotu, i za předpokladu vynucených změn.

1.2.1 Agile manifesto

Agile manifesto vysvětluje jakým způsobem dosáhnout nejvyšší možné spokojenosti zákazníka. Agilita je zde přesně definována v několika základních bodech. Manifesto popisuje základní principy agilního řízení. Nejedná se však o žádný oficiální dokument, ale spíše o prohlášení, které bylo sepsáno skupinou mužů věnujících se softwaru. Tito pánové byli přesvědčeni o tom, že proces vývoje softwaru lze provádět daleko efektivněji, než tomu bylo doposud. Z Agile manifesta tedy vyplývá, že existují lepší způsoby při vývoji softwaru a to takové, že jej vytváříme a pomáháme při jeho vývoji ostatním. Z této práce plyne několik podstatných hodnot:

- **„Jednotlivci a interakce před procesy a nástroji**
- **Fungující software před vyčerpávající dokumentací**
- **Spolupráce se zákazníkem před vyjednáváním o smlouvě**
- **Reagování na změny před dodržováním plánu“** [23]

Důraz je kladen zejména na tučně označené body, které mají nejvyšší hodnotu. To však ale neznamená, že by body na pravé straně nebyly důležité.

Agilní metoda se od standardních metod poměrně zásadně liší. K čtyřem základním hodnotám, které jsou popsány výše, je důležité zmínit 12 principů Agile manifesta, jež hlouběji charakterizují agilní vývoj. Principy znějí následovně:

1. *„Nejvyšší prioritou je uspokojit zákazníka rychlým a průběžným dodáváním kvalitního softwaru.*
2. *Změnové požadavky jsou vítány, dokonce i v průběhu vývoje. Agilní procesy ho zpracují tak, aby zákazníkovi přinášely konkurenční výhody.*
3. *Dodávejte fungující software často, v intervalech týdnů až měsíců. Upřednostňujte kratší intervaly dodání.*
4. *Lidé z businessu a vývojáři musí spolupracovat každý den během celého projektu.*
5. *Pro práci na projektu vybírejte motivované jedince. Dejte jim prostředí a podporu, kterou potřebují, a důvěřujte jim, že práci dokončí.*
6. *Nejúčinnější metoda sdílení informací vývojářského týmu (i uvnitř tohoto týmu) je osobní setkání.*
7. *Fungující software je hlavním měřítkem postupu vývoje.*
8. *Agilní procesy podporují udržitelný vývoj. Sponzoři, vývojáři i uživatelé by měli být schopní dodržovat stálý výkon. Dokud je třeba.*
9. *Průběžná pozornost věnována technické dokonalosti a dobrému návrhu posiluje agilní přístup.*
10. *Základem je jednoduchost – umění co nejvíce práce vůbec nedělat.*
11. *Nejlepší architektury, požadavky a návrhy vznikají v týmech, které se samy organizují.*
12. *Tým v pravidelných intervalech vyhodnocuje svou práci a upravuje své postupy tak, aby byl co nejefektivnější.“ [11]*

1.3 Scrum

První zmínky o agilní metodě Scrum se začaly objevovat v 90. letech, kdy proběhl první projekt, který byl řízen touto metodou. Název je odvozen od slova „scrumage“ neboli mlýn. Tento termín se používá v rugby a označuje situaci, při které dochází ke shromáždění týmu ve snaze získat nebo udržet míč. Metoda Scrum předepisuje základní prvky, jako jsou artefakty, postupy či role. *„Nejedná se o proces, techniku ani definitivní metodu. Je to spíše rámec, v němž můžete využít různé procesy a techniky. Scrum objasňuje relativní efektivnost řízení produktů a pracovních postupů tak, abyste mohli neustále vylepšovat produkt, tým i pracovní prostředí.“* [14]

Sprinty

Důležitou roli ve Scrumu mají bezesporu sprinty. Jedná se o přesně stanovený čas, po který běží jedna fáze projektu, a za který by měla být hotová určitá část produktu. To znamená, že vymezený čas na celý projekt je složen z těchto dílčích sprintů. Jestliže je nutné na danou fázi vymezený časový interval, je potřeba fázi rozdělit na jednotlivé komponenty. To umožňuje lépe řídit rizika a kvalitu odhadování. Sprint by neměl přesáhnout dobu jednoho měsíce, mluvíme v podstatě o malých subprojektech, na jejichž konci je dokončena určitá část produktu. Každý sprint by měl být také dostatečně popsán (co se má vytvořit, jakým způsobem se to má vytvořit atd.). Zrušení sprintu může provést pouze Product Owner, pokud nejsou plněny předpoklady sprintu. Veškerá práce, která má být vykonána, se řeší ve Sprint Planning. Na tomto plánu se podílí celý scrum tým. Důležité je zejména zajistit, aby na konci sprintu byl přírůstek produktu, a aby se pro dodání tohoto přírůstku udělalo maximum. Sprint Planning je stejně tak jako celý sprint časově omezen, týdně je vyhrazeno maximálně 8 hodin, a o jeho průběh se stará Scrum Master. Další důležitou součástí je schůzka na denní bázi označovaná jako Daily Scrum. Na této schůzce se vytváří plán na další den a trvá jen něco okolo 15 minut. Pro lepší orientaci by měla tato schůzka probíhat každý den ve stejný čas. Jde hlavně o interní záležitosti vývojového týmu, jako je například včasné odhalování překážek a rizik nebo podpora rychlého rozhodování. Tuto schůzku by neměl nikdo ničím jiným narušovat. Výsledky jsou na konci každého sprintu vyhodnoceny v tzv. Sprint Review. Zde se řeší kroky, jakými by bylo dobré dále pokračovat či jakým způsobem stávající hodnoty optimalizovat. Tato schůzka je spíše neformálního typu a klade si za cíl získání zpětné vazby. Jako výsledek by měl být tzv. Product Backlog, kde by měly být zaznamenány položky, které budou zařazeny do sprintu následujícího. Posledním článkem je Sprint Retrospektiv, v průběhu, kterého je zhodnocena doposud odvedená práce. Díky takovému záznamu je možné se z učiněných kroků

zpětně poučit a získané znalosti užít v dalším sprintu. Retrospektiva se zařazuje před Sprint Planning ale po Sprint Review. Než projekt vstoupí do dalšího sprintu mělo by dojít ke zlepšení všech procesů, nástrojů a vztahů. [4]

Product Backlog

Jedná se o seznam požadavků, které je potřeba učinit. Pomocí tohoto nástroje se provádějí změny v rámci celého produktu. Za obsah Product Backlog, za jeho dostupnost či určení prioritizace jednotlivých položek je zodpovědný tzv. Product Owner. Jde o velice dynamický seznam, který se vyvíjí společně nejen s produktem, ale také s prostředím, na které reaguje. Snaží se tedy neustále nalézat potřeby produktu. *„Je tedy seznamem všech vlastností, funkcí, požadavků, rozšíření a oprav chyb představujících všechny změny, které mají být v rámci produktu provedeny v jeho budoucích vydáních. Položky produktového backlogu mají tyto atributy: popis, pořadí, odhad a hodnotu. Často obsahují také popisy testů, které slouží k ověření, že je položka skutečně dokončená, když je ve stavu „hotovo“.“* [14]

Sprint Backlog

Sprint Backlog je množina položek vybraných z Product Backlog do určitého sprintu. Je to v podstatě předpověď vývojového týmu o tom, jaký bude obsah následujícího přírůstku, a také kolik práce je nutné zvládnout. Tento nástroj se zaměřuje tedy na vylepšování jednotlivých procesů. Vývojový tým poté jasně vidí, kde je potřeba proces zlepšit a může snadněji určit, které zásahy do procesu jsou prioritní. Sprint Backlog je plán s vlastní mírou detailu, pomocí kterého je možné pojmenovat vybrané změny v Daily Scrum. [18]

User Story

Zde je jasně stanoveno, co přesně zákazník požaduje, z jakého důvodu to požaduje, a také jaká bude konečná hodnota produktu. Jde tedy o jasný popis toho, jakou představu má zákazník o produktu. User Story by měla být popsateľná, malá, nezávislá a měla by přinášet hodnotu. Tyto vlastnosti by měla splňovat proto, aby z ní jednoznačně vyplývala funkcionálna a dále také to, co má být v budoucnu přidáno či změněno. Zaměřuje se zejména na přínos a očekávanou obchodní hodnotu. Jsou v ní obsaženy také kritéria, pomocí kterých je definována. [18]

1.3.1 Role

Počet rolí v agilní metodě řízení Scrum je poněkud menší než v případě tradičního modelu. Celé pojetí je více univerzální, takže jeden pracovník může vykonávat rolí hned několik. Role musí být rozděleny na začátku projektu, aby bylo jasné, kdo jakou funkci zastává. Obsazovat pracovníky do jednotlivých pozic nejde samozřejmě jen tak. Daný pracovník by měl pro konkrétní pozici splňovat jisté předpoklady, aby byl schopný plnit povinnosti, které jsou pro správný chod projektu nezbytné. Avšak mohou nastat i situace, kdy tyto předpoklady ze strany pracovníka splněny nejsou. Jde zejména o případy, při kterých má jedinec poznat nové postupy a procesy a naučit se něco nového. Takovýto přístup přispívá k osobnímu růstu zaměstnanců. [18]

Scrum stanovuje 4 základní role [18]:

- Scrum Master
- Product Owner
- Vývojový tým
- Zákazník

Scrum Master

Člověk na této pozici funguje jako takový mezičlánek mezi vývojovým týmem a lidmi, kteří mohou nějakým způsobem projekt ovlivnit zvenčí. Jeho hlavním cílem je „vytvořit samostatný, efektivní a spokojený self-organized tým. Detailnější cíle a povinnosti by se daly shrnout do následujících bodů:

- *pomáhá týmu dosáhnout jeho cílů*
- *odstraňuje problémy*
- *motivuje tým k lepším výsledkům*
- *chrání tým před vnějšími vlivy, které by ho mohly odvádět od soustředěné práce na definovaném cíli.“ [18]*

Pojem Self-organized je označení pro tým, který je schopný být odpovědný za svá rozhodnutí a samostatně se organizuje. Toto zajišťuje právě Scrum Master. Dále zajišťuje efektivní chod celého Scrumu a hlídá jeho vhodné používání a fungování. Pokud je to potřeba, tak iniciuje i jeho změny. Scrum Master by měl disponovat dovednostmi, jako je podpora týmu, koučování, měl by být vnímavý a měl by se zajímat o vzdělávání a osobní růst členů vývojového týmu. Jeho náplní práce je samozřejmě také řešení konfliktů, které mohou při řízení projektů vznikat. Tato role je nedílnou součástí týmu, která je nepostradatelná pro správnou spolupráci,

zvýšuje efektivitu práce a tím i snižuje náklady. Pokud tým funguje dobře, může být vedení společnosti spokojeno s prací Scrum Mastera. [18]

Product Owner

Product Owner je další ze Scrum rolí. Jedná se v podstatě o vlastníka produktu. Zejména „*má na starosti definování vize projektu a její transparentní komunikaci týmu, zákazníkům, firmě. Product Owner definuje priority, rozhoduje, na které funkcionalitě se bude pracovat dříve, na které později a na které vůbec. Má na starosti Business Value a také ROI celého produktu.*“ [18] Jde o pracovníka, který má odpovědnost za Produkt Backlog. Samozřejmě na to není sám, ale má podporu celého produktového týmu. Největším rozdílem mezi pozicemi Scrum Master a Product Owner je v tom, že Product Owner i přestože pomáhá týmu, tak se s ním neúčastní všech porad. Je to způsobeno zejména tím, že tráví poměrně velké množství času ve spojení se zákazníkem, aby měl přehled o tom, kde je vytvářena nejvyšší hodnota pro zákazníka. Product Owner nemá na starost řídit tým a říkat mu jakou aktivitu má kdy dělat, spíše jednoznačně definuje prioritu, tedy pořadí plánovaných činností. Komunikuje s vývojovým týmem, zákazníkem a managementem společnosti. Hlavním úkolem tedy je, aby všichni, kteří na projektu dělají, věděli, jaký je jeho cíl. [18]

Vývojový tým

Hlavní vlastností vývojového týmu je, že je self-organized. Tento výraz znamená, že se členové týmu dokážou vzájemně zastupovat a velmi dobře spolupracovat. Vývojový tým by měl být tvořen profesionály, kteří jsou schopni vytvořit přírůstek produktu v rámci každého sprintu. Tým si sám určuje, jakou činnost bude kdo vykonávat, kdo bude v čem nápomocný, a také kdo ponese zodpovědnost za jednotlivé kroky. Zkrátka se členové týmu snaží zajistit, co největší efektivitu práce. Aby byla zaručena flexibilita týmu, je nutné vhodně korigovat jeho velikost. Vývojový tým by měl být co nejmenší, ale zároveň výkonný. [18]

Zákazník

Už na začátku kapitoly o agilních metodách projektového řízení bylo řečeno, že hlavním rozdílem mezi standardními, a právě agilními modely je zapojování zákazníka do projektu. Díky tomu si může zákazník sám stanovovat priority v průběhu projektu a může snadněji reagovat na změny, které nastanou. V ideálním případě jsou aspekty, jako důvěra a vybudovaný vztah na takové úrovni, že se zákazník stává v podstatě součástí týmu a je jeho partnerem. Velmi dobrým způsobem, jak získat zákaznickou důvěru, je dát mu přístup k informacím

z Backlogu. Pak může jasně vidět, jak se na projektu pracuje. Což má na něj bezesporu velmi dobrý vliv. Úroveň komunikace se zákazníkem je důležitá, protože se nejedná o klasický dodavatelsko – zákaznický vztah. Toto je přesněji popsáno v kapitole o Agile manifestu v principu číslo 7 o fungujícím softwaru. Je daleko lepší společně na projektu spolupracovat se zákazníkem a nedělat pouze to co si objednal, což vede k dosažení daleko větší hodnoty. [18]

2 Plýtvání

V podnicích se vyskytují v podstatě pouze dva druhy procesů. Do první skupiny spadají procesy, které vytvářejí hodnotu jednotlivých produktů, a ve druhé skupině jsou procesy, které naopak hodnotu nepřidávají. Metody štíhlé výroby se zaměřují právě na procesy nepřidávající hodnotu daného produktu a pokouší se je, co nejvíce redukovat. Procesy vytvářející ztrátu jsou označovány jako plýtvání neboli „muda“. [19]

Slovo „muda“ pochází z japonštiny a v překladu znamená plýtvání nebo odpad. „Muda“ je velice často spjata s výrobou produktu a s činnostmi, které bývají k výrobě přidružené. Používáno je hlavně v případech činností a procesů, které nepřinášejí žádnou přidanou hodnotu výrobku. Plýtvání se v dnešní době nevyskytuje pouze ve výrobních podnicích, ale daleko častěji na něj narážíme v sektoru služeb, zejména v administrativních procesech. Plýtvání je často také označované výrazem 3MU jako spojení tří slov muda, mura a muri. Mura lze popsat jako nepravdivost procesů (narušení plynulosti výrobních strojů či zaměstnanců). Procesy omezující plynulost se nazývají úzká místa. Znamená to, že se celý proces musí přizpůsobit svému nejslabšímu článku. Muri je používáno pro označení namáhavé práce. Tento bod se opět váže jak k pracovníkům (člověk nosí celý den těžká břemena), tak i ke strojům (přetěžování stroje). 3MU slouží tedy pro kontrolu a nalézání odchylek od normálních hodnot na jednotlivých pracovištích a vyhledává slabá místa, která by měla být pozměněna. [5]

Je definováno sedm základních druhů plýtvání. Konkrétně sem patří čekání, nadvýroba, nekvalita, zbytečné pohyby a transport, zpracování a zásoby. Plýtvání může být také spojeno s intelektem jedince neboli nevyužitým talentem. Tyto druhy plýtvání se vyskytují jak ve výrobním procesu, tak i v procesech administrativních, kam lze jako další bod zařadit ergonomii.

2.1 Výrobní proces

Čekání

Pokud není výrobek nebo vstupní materiál žádným způsobem používán a čeká na transport nebo na své další využití, je ve fázi procesu označovaném jako tzv. čekání. Tato činnost samozřejmě nikterak nepřidává hodnotu. Čekání není používáno pouze ve spojitosti s výrobkem nebo jiným materiálem, ale také například s jakýmkoli výrobním procesem či s pracovníky, kteří čekají na zadání práce. [16]

Redukce činností spojených s plýtváním a označovaných jako čekání, jsou důležité zejména v okamžicích, kdy dochází ke změnám procesu, nebo v operacích spojených s logistikou. Dále je dobré zabývat se zefektivněním plánovacího procesu, a také s konkrétním rozložením pracovního prostoru, kde by mělo docházet k optimalizacím layoutů pracovišť. Efektivní a dobře fungují produkci lze popsat jako rychle a stabilně se pohybující tok, jehož layout je uzpůsoben vysoké frekvenci. [17]

Nadvýroba

Aby bylo možné udržovat řízení rizik v rozumné míře, je dobré mít určitou výši výrobků nad úroveň poptávaného množství. To znamená vyrábět v mírném předstihu před plánem a vytvořit si tak prostor pro zákaznické objednávky. Nadvýroba také může zaručit redukcí nejistoty tvořené z obav nepravidelnosti dodávek od dodavatelů nebo umožní snížení rizika vzniklého poruchami výrobních zařízení. Tento druh plýtvání bývá také často označován jako skrytý, vytváří pojistné zásoby (bezpečnostní polštář) a může ochránit podnik před nečekanými změnami výrobního procesu či vnějšího prostředí společnosti. Důležité je držet velikost nadvýroby v udržitelném množství. [20]

Jako nadvýroba je myšleno veškeré množství vyrobených kusů nad potřeby zákazníka, který je ochoten zaplatit pouze za procesy přidávající hodnotu výrobku. Na rozdíl od toho činnosti, kde je zpracováván výrobek nad rámec dohody se zákazníkem, jsou označovány jako plýtvání a zákazník za tyto procesy ve většině případů odmítá zaplatit. Dále je s nadvýrobou spjat nárůst rizika vzniku dalších druhů plýtvání jako například nárůst pravděpodobnosti nekvality nebo neustálé přemísťování a nadbytečná pohyb. Vznik nadměrné výroby je ve většině případů způsoben špatnou komunikací a dodavatelským řetězcem. Zásadní pro eliminaci tohoto druhu plýtvání je zaměřit se na správnou koordinaci a kooperaci týkající se potřeb zákazníka a zapojit tak princip tahu. [17]

Nekvalita

Nekvalita také může být označována jako náklad, přepracování či chybovost. Zejména je spjata s náklady na výrobní proces, jako jsou náklady za vstupní materiál, lidskou práci nebo čas. Dále však zde mohou být zahrnuty náklady zapříčiněné opravami, jako například čas pracovníků nebo potřeba změny v plánování, což může zvýšit nárůst nákladů až dvojnásobně. Náklady na nekvalitu samozřejmě nepřinášejí žádnou přidanou hodnotu pro zákazníka. Pro podnik to tedy znamená jistou ztrátu. [17]

Dle paní Jurové mohou chyby, které vznikají při rozpracované výrobě, zásadně ohrozit i výrobní linky a zařízení. [7]

Pohyb

Tento druh plýtvání je zaměřen hlavně na pohyb zaměstnanců. Tímto pohybem je myšlena neproduktivní činnost, která nepřinášejí pro zákazníka žádnou přidanou hodnotu. Jde hlavně o činnosti, které jsou fyzicky namáhavé, jako je zvedání a přenášení těžkých břemen. Dále je potřeba pozorovat pracovníka při práci a zaměřit se zejména na pohyb jeho rukou a nohou. Například pokud uchopí kus do jedné ruky a následně si ho přendá do ruky druhé, lze tento pohyb nazvat plýtváním. Řešení této problematiky se nejčastěji skrývá v uzpůsobení pracoviště do takové podoby, aby byl pohyb pracovníka co nejjednoznačnější a nejpřirozenější. [5]

Transport

Pro každý podnik je doprava klíčovou činností, ať už se jedná o dopravu interní nebo externí. V ideálním případě by se do výroby dovážel vstupní materiál a následně by se ze závodu odvážely jenom hotové výrobky. V praxi to samozřejmě takto jednoduše nefunguje. Výrobní proces je často rozdělen na jednotlivé úseky, které jsou na různých místech závodu, a samozřejmě také sklad nebývá umístěn přímo u výrobních linek. Proto jsou podniky nuceny zajišťovat interní dopravu, které zajistí právě tok materiálu v rámci výroby a mezi výrobou a skladem. K vnitropodnikové dopravě řadíme různé dopravní pásy, vysokozdvížné vozíky, tažné vozíky a další. Veškeré typy vnitropodnikové dopravy jsou označovány jako plýtvání. S narůstajícím množstvím přepravy roste také riziko poškození dílů, ztráty nebo zpoždění, což se vzápětí promítne do nákladů. Je potřeba také uvést, že doprava je velice komplexní druh procesu, který je poměrně úzce spjat s ostatními typy plýtvání. Optimalizací a redukcí dopravy není myšleno její totální odstranění, jde o to ji upravit tak, aby byla na nejnižší možné úrovni. Pokud se povede držet dopravu v co nejnižší míře, je možné zefektivnit proces i z hlediska jiných oblastí výroby. [7][17]

Zpracování

Ztráty způsobené zpracováním jsou zapříčiněny činnostmi úpravy materiálu nebo odpadem, který je nadměrný. K těmto činnostem patří například stříhání, řezání nebo jiný druh úprav materiálu, které vedou k dosažení požadovaných rozměrů. Tyto činnosti je možné redukovat pomocí dohody s dodavateli, kteří pak mohou dodávat materiál upravený dle požadavků podniku. [20]

Další možnost, jak chápat plýtvání ve smyslu zpracování, jsou prodlevy spojené například s neproduktivními údery lisu nebo s náběhem obráběcích strojů. Redukce tohoto druhu plýtvání je spojena se zdravým rozumem, a hlavně nízkými náklady. V některých případech stačí pouze propojení nebo kombinace určitých pracovních úkonů. Vliv má také způsob nastavení časových posloupností pro dané procesy. [5]

Zásoby

V podniku může být hned několik druhů zásob jako je vstupní materiál, vyrobené produkty, rozpracované produkty či jiné součástky. Jde o položky, které zákazníkovi nepřidávají žádnou hodnotu, protože pouze leží ve skladu. Zároveň zde hrozí riziko poškození těchto částí a klesá úroveň kvality. S narůstajícím počtem zásob rostou také nároky na navýšení skladovacích kapacit, jako je skladovací prostor, technické vybavení skladu a v neposlední řadě také lidské zdroje. Růst zásob jde velmi často ruku v ruce s nadvýrobou. Právě tyto dvě složky plýtvání jsou poměrně zásadní. Jestliže podnik zvládne zredukovat zásoby a nadvýrobu, ubude mu velké část plýtvání. Největšími nevýhodami skladování je pokles kvality a nárůst prostojů. V tomto případě se nelze zaměřit pouze na zefektivnění skladování, je třeba pracovat na zásobách a nadvýrobě současně. Pokud dojde pouze ke snížení zásob, začnou se objevovat výraznější problémy, proto je pro podnik vhodnější zaměřit se nejprve na jiné složky plýtvání. [5]

Pro odstranění problémů vzniklých s nadměrným množstvím zásob je dobré použít princip tahu (systém Just-in-time) nebo metodu Kanban, jak již bylo popsáno v kapitole o nadprodukcí. [20]

Intelekt

Posledním a nejmladším druhem plýtvání je intelekt. Tento typ plýtvání není spojený s konkrétním následkem a příčinou. V tomto případě hraje velkou roli talent jedince. Zde je velice obtížné talent daného pracovníka kvantifikovat, a pak přiřadit k nákladům. Velkou roli v tomto případě hraje vedení společnosti, které může mít velký vliv na nevyužitý potenciál zaměstnanců. Přístup vedení je zde důležitý i proto,

aby vedoucí pracovníci dokázali uznat svou chybu. I názor ostatních lidí může velkou měrou přispět ke zlepšení stávajících procesů. [20]

Smysl štíhlé výroby je v tom, aby byli zaměstnanci podporováni a motivováni ke své práci, což následně vede ke zlepšování celé podnikové kultury. Štíhlá výroba umožňuje rozvíjet schopnosti lidí a pomáhá odhalit jejich skrytý potenciál. Proto je zcela zásadní mít schopné vedení podniku, aby mohlo docházet k osobnímu růstu zaměstnanců. Vhodným způsobem je tvorba a vedení nejrůznější školicích programů, které mohou podpořit růst znalostí a dovedností zaměstnanců. Zaměstnanci pak tyto možnosti mohou podniku vrátit ve formě vyšší pracovní motivace, nasazení a respektu. [17]

2.2 Administrativní proces

V předchozí kapitole bylo popsáno jednotlivé druhy plýtvání, ke kterým dochází ve výrobním procesu. V současnosti se však plýtvání nevztahuje pouze k výrobním společnostem. V dnešní době přibývá stále více podniků zaměřujících se na dodávání služeb a nezbytnou součástí těchto firem je práce s informačními systémy. Plýtvání tedy vzniká také u administrativních procesů, což je samozřejmě nežádoucí, a pro podniky to znamená pokusit se i v těchto procesech plýtvání eliminovat. [7]

Čekání

Čekání v administrativních procesech je spjato zejména se zpracováváním, čekáním na schválení, s neplněním stanovených termínů, s hledáním potřebných dokumentů nebo s nedostupností přístrojů, které jsou například pro určitou výpočetní operaci nezbytné. Dále lze zmínit také výpadky sítě, nedostatečné nastavení práv v podnikových informačních systémech a v neposlední řadě také dlouhé časové intervaly systémové odezvy.

Nadvýroba

V tomto případě je nadprodukcí myšleno množství papírové dokumentace, která je v dnešní době nepotřebná. Dnes už by se měly společnosti snažit, aby jejich veškerá dokumentace byla vedena pouze v elektronické formě. Dále se sem řadí duplicitní informace. To je myšleno tak, že na elektronický dokument je vytvořen také dokument v papírové formě nebo je vytvořeno více elektronických dokumentů nesoucích tutéž informaci.

Nekvalita

Nekvalitu u administrativních procesů zahrnují nejrůznější chyby jako překlepy, zastaralá data nebo technická dokumentace, která není kompletně dokončena.

Pohyb

Pohyb lze v tomto případě rozdělit do dvou skupin, a to na mikro a makro. V úrovni mikro se plýtvání týká oblasti informačních technologií. Zde se řeší správné uspořádání obrazovek, efektivní klikání myši nebo přejíždění kurzorem. V makro oblasti je vhodné pracovat s pohybem v rámci pracoviště. Jako plýtvání je zde bráno nadbytečné chození k tiskárně nebo pro potřebné dokumenty.

Transport

Plýtvání v rámci transportu je velmi podobné jako v předchozím případě u pohybu. Zde se jedná opět o nadbytečné přenášení dokumentů mezi kanceláři. Nejčastěji se setkáme u transportu s plýtváním při složitých schvalovacích procesech, které mohou zaměstnat hned několik různých oddělení.

Zpracování

V tohoto druhu plýtvání se vychází z povinnosti dodržovat stanovené standardy, normy, pravidla nebo nejrůznější byrokratické směrnice. Právě tyto směrnice bývají velice často spjaty se složitým a zdlouhavým postupem. Dále sem lze zařadit přepisování dat a údajů z různých druhů systémů, a následně jejich kompletace a zasílání.

Zásoby

Zde dochází k plýtvání ve smyslu archivace velkého množství podnikové dokumentace v archivech nebo pořadačích. Dále se sem řadí plýtvání s kapacitou úložišť, ve kterých jsou ukládány nepotřebné soubory, a kvůli kterým je nutné kapacitu těchto úložišť navyšovat. Ukládány jsou dokumenty jak ve fyzické, tak i v elektronické podobě. Ukládání a skladování je samozřejmě spojeno s navyšováním nákladů.

Intelekt

Plýtvání intelektem znamená nevyužití schopností a potenciálu jedince. Stejně jak už bylo zmíněno ve výrobním procesu.

Ergonomie

V podstatě jde o „nový“ druh plýtvání, který se poměrně hojně začíná objevovat v administrativních procesech. Pracoviště by mělo být maximálně přizpůsobeno zdraví a pohodlí zaměstnance. Jde hlavně o klima, uspořádání pracoviště a seřazení pracovních pomůcek. Pracovní prostředí by mělo být vytvořeno tak, aby se zaměstnanci pracovalo pohodlně, což obvykle přináší zefektivnění práce. [7][22]

Pokud se podnik vhodně zaměří na odstranění jednotlivých druhů plýtvání, je to jeden z prvních a důležitých kroků směrem ke štíhlé výrobě. *„Odstranění muda nic nestojí, stačí zajít na pracoviště, podívat se, co se tam děje, odhalit muda a podniknout kroky k jeho odstranění.“* [5]

3 Nástroje štíhlé výroby

3.1 5S

5S je metoda, která je založena na pěti principech uspořádání pracoviště. Název vznikl z japonských zkratk Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu a Shitsuke, neboli v překladu třídění, umístění, úklid, standardizace a udržení. [16]

Metoda 5S je jedním ze základních kamenů štíhlé výroby. Je zřejmé, že na tuto metodu navazují další nástroje průmyslového inženýrství, které se vzájemně doplňují a vytváří ucelený komplex Lean Managementu. Jde například o nástroje jako je Kaizen, Smed, Kanban či TPM.

Dle zdroje [1] lze popsat jednotlivé části metody 5S takovýmto způsobem:

- **Seiri** (třídit) – jedná se o třídění všech věcí na pracovišti, a to ať jsou potřebné nebo nepotřebné. K označení všech nepotřebných věcí by se měly využívat červené kartičky, tzv. 5S Red Tag. Takto označené věci jsou dále považovány za zbytečné. I přesto mohou tyto díly zaměstnanci využít ve výrobním procesu, musí ovšem prokázat jejich užitečnost, a také musí definovat za jakým účelem budou využity. Zbytek dílů s červenými štítky bude vyšrotován. Dále je důležité u položek 5S Red Tag určit na daném pracovišti místo a maximální kapacitu. [1]



Obrázek 3 - 5S Red Tag [25]

- **Seiton** (systematizovat) – snaha o to, aby bylo vše potřebné při ruce. Důležité je vyhnout se zbytečným časovým prodlevám, které jsou zapříčiněné hledáním nástrojů nebo pomůcek. Proto by měly být tyto položky uspořádány a umístěny tak, aby nedocházelo nejen jejich hledání, jak už bylo zmíněno, ale také jejich následnému přemísťování na místo jejich využití. Každá pomůcka by měla být uložena na místě, kde s největší pravděpodobností dojde k jejímu použití. Dále by mělo být místo uložení označeno s jasně definovaným počtem jednotek. Stanovení minimálního a maximálního množství je nezbytné zejména z hlediska rozpracovanosti výrobního procesu. Jelikož vyrábět větší objemy, než spotřebuje navazující proces je z dlouhodobého hlediska neefektivní. [1][6]
- **Seiso** (uklidit) – cílem tohoto bodu 5S je udržet pracoviště v čistotě a uklizené. Největší nároky jsou kladeny na čistou pracovní plochu a na čisté výrobní stroje a zařízení. Tato fáze je podstatná zejména kvůli detekci drobných závad či netěsností, které mohou způsobovat únik provozních kapalin a maziv. Takovéto drobné poruchy bývají odhalovány právě díky pravidelnému čištění a kontrole. Při dodržování čistota je daleko snadnější udržovat stroj ve provozuschopný. Tento proces je udržitelný s ostatními metodami jako je například TPM (totálně produktivní údržba). Klíčovou činností tohoto bodu je pořizování fotografií před úklidem a po něm. Díky tomu můžeme sledovat stav a význam čistícího procesu. Vzniklé změny v uspořádání a úklidu pracoviště velice ocení i samotní pracovníci výroby. [1][6]

- **Seiketsu** (standardizovat) – zde je nutné zajistit plynulost procesů, které byly zavedeny, a následně nedopustit návrat ke stavu výchozímu. Pro celkové uspořádání je vhodným nástrojem tzv. standardizace pracoviště. Důležité je vytvořit standardy pro uložení, manipulaci a údržbu veškerého materiálu, nástrojů či přípravků. Na tvorbě standardů by se měli podílet ti pracovníci, kteří budou do výrobního procesu aktivně zapojeni a budou se muset těmito standardy řídit. Pokud se zavedené kroky správně dodržují, dojde k minimalizaci chyb a nepochopení. Samozřejmě s implementací standardizace je spojená kontrola dodržování vytvořených principů, aby nedocházelo k opětovnému zhoršování procesu. [1][6]
- **Shitsuke** (udržovat) – nedovolit, aby se proces dostal do stavu, ve kterém byl před zavedením metody 5S. Fáze udržování nastolených pořádků vede k posilování celého výrobního procesu. Motivací zdokonalování procesu by měla být neustálá osvěta. Pracovníci by měli průběžně hledat způsoby, které by mohli zlepšit jejich pracovní prostředí a podmínky, měli by hledat nedostatky a inovovat jednotlivé části. Klíčovým faktorem zlepšování výrobního procesu je pravidelný 5S audit, který vyhodnocuje postup v rámci 5S a specifikuje nedostatky nebo případná porušení sjednaných pravidel. Velký význam má u metody 5S management podniku, který musí vytvořit patřičné podmínky (zapojení veškerých zaměstnanců, úseků a pracovišť) pro udržitelnost tohoto nástroje. [1]

3.2 Just-in-time

Metoda Just-in-time, z překladu označována jako „právě včas“, má své počátky ve společnosti Toyota. Jde o revoluční způsob, díky kterému je možné plnit požadavky zákazníka, a při tom dosáhnout snížení nákladů. Hlavní myšlenka této metody je vyrobit a dodat jen nezbytně nutné množství výrobku v nejpozdějším termínu. Zhotovené výrobky samozřejmě musí splňovat požadovanou kvalitu. Just-in-time je zaměřeno na eliminaci pěti typů ztrát, kterými jsou čekání, udržování zásob, nekvalita výrobku, nadprodukce a doprava. [5][8]

Aplikace této metody má velký vliv na celou podnikovou strategii. Je důležité, aby byl nástroj Just-in-time ve shodě nejen s výrobou, ale také s komplexní strategií společnosti. Metoda by měla být implementovaná postupně v delším časovém horizontu, protože její zavádění je poměrně náročné. Aplikace Just-in-time pro podnik znamená významný zásah do způsobu řízení výroby. Při zavádění je nutné splnit řadu podmínek a předpokladů, mezi které patří zejména spolehlivost dodavatelů, vysoká úroveň komunikace mezi podnikem a dodavateli, zúžení rozsahu výrobků, stabilizovaná poptávka, maximální využití výrobních kapacit, spolehlivé

výrobní zařízení, minimální zásoby a samozřejmě aktivní přístup pracovníků. Pokud se společnost rozhodne pro tuto metodu a dokáže ji správně používat, může to přinést mnoho přínosů. Za zmínku stojí určitě vyšší produktivita výroby, snadnější řízení, zvýšení kvality a také snížení množství zásob, která vede k redukci výrobních a skladovacích prostor. Nelze však mluvit pouze o výhodách, metoda Just-in-time přináší i jistá negativa. Velký důraz je kladen na plynulý výrobní proces s využitím minimálního množství zásob, což může mít za následek omezení dodavatelů a zhoršení podmínek pro zákazníky. Just-in-time pokládá za zcela zásadní proces dopravu a logistiku. Proto jsou na tyto dva sektory kladeny vysoké nároky. Náročnější při zavádění této metody ještě může být to, že s velkou pravděpodobností se výsledky ukážou až po delší době. Lze ale s jistotou tvrdit, že se tento systém při správném používání společnosti zaručeně vyplatí. [8]

3.3 Kanban

Slovo Kanban znamená v doslovném překladu karta či signálová značka. Mechanismus kanban byl poprvé použit ve společnosti Toyota, jako pomůcka sloužící k příjmu jednotlivých součástí ve výrobě vozidel, při které bylo využíváno systému Just-in-time. Kanban funguje tak, že pokud je ve výrobě nedostatek určitého vstupního materiálu, je odeslána kanbanová karta jako signál pro dodavatele. Následně je karta znovu použita při doručení požadovaných součástek. V okamžiku, kdy je materiál opět spotřebován, je karta znovu použita jako požadavek pro novou dodávku. Podle autorů systému kanban je zásadním pravidlem udržet v procesu stále stejný počet těchto karet. Změna počtu karet by měla nastat pouze na základě konkrétního rozhodnutí. [2]

Systém kanban je možné chápat jako systém tahu, kde výroba signalizuje pomocí karet, potřebu dodávky konkrétního materiálu ať už ze skladu, nebo od dodavatele. V tomto systému je vstupní materiál vtahován do výrobního procesu. Aby tato metoda správně fungovala, je zapotřebí, aby byl objednávaný materiál dodán v požadovaném množství a v určitém čase. Systém musí zajišťovat požadovanou kvalitu a musí fungovat důsledně a spolehlivě. Hlavní výhodou metody kanban je bezesporu její jednoduchost, která zajišťuje precizní a jasné řízení. Další výhodou je nízká zaváděcí cena vizuálních nástrojů, které jsou pro signály mezi výrobou a logistikou využívány. Jako výhodou lze brát také systém tahu, díky kterému je umožněno rychle reagovat na změny spojené s aktuální poptávkou zákazníka. Ještě je třeba zmínit snížení množství skladových zásob, které redukuje nadbytečnou kapacitu v jednotlivých procesech a brání nadprodukcí, které je z pohledu štíhlé výroby nežádoucí. Systém kanban zaručuje jednodušší implementaci Just-in-time

a to zejména díky schopnosti řízení toku materiálu a inventarizaci skladových zásob.
[3]

3.4 Kaizen

Kaizen je manažerská metoda pocházející z Japonska, která je založena na principu neustálého zdokonalování. Slovo „kaizen“ vzniklo spojením slova „kai“ neboli „změna“ a slova „zen“, které v překladu znamená „stát se lepším“. Volně lze toto slovní spojení přeložit jako „změna k lepšímu“. Zakladatelem je společnost Toyota, která následně tento manažerský systém šířila dál směrem ke svým dodavatelům.

Metoda kaizen je v univerzální filozofii, kterou lze použít v soukromém i pracovním životě. Plyne z ní, že jakýkoli životní aspekt si zaslouží zdokonalit, a proto je v Japonsku vnímána zejména jako způsob života.

Její vznik se datuje již ke konci druhé světové války. Jak už bylo řečeno, metoda je založena na neustálém zdokonalování, a to jak u nejvyššího managementu, tak i u řadových zaměstnanců. Celý tento systém by měl kontinuálně postupovat celým podnikem. Všichni zaměstnanci jsou v rámci metody kaizen motivováni k tvorbě návrhů, které mohou pomoci k řešení nejrůznějších problémů nebo ke zlepšení určitých procesů v rámci celé společnosti. Koncept tohoto systému probíhá postupnými kroky, které vedou k malým úspěchům. Tyto jednotlivé pokroky se pozvolna kupí a vytváří pro společnost významné výsledky.

Pro pochopení této filozofie je potřeba znát alespoň základní pravidla, která by se měla projevit ve vedení společnosti. Každá země a každý národ má svoji vlastní kulturu, svoje zvyky a tradice, což významně ovlivňuje chování jedinců. Tyto faktory pak také mají velký vliv na fungování podniků.

Pro filozofii řízení podniku jsou v Japonsku typické tyto vlastnosti:

- Mzdový systém založený na senioritě.
- Dlouhodobá jistota zaměstnání.
- Rozvíjení důležitých lidských zdrojů vycházejících zevnitř společnosti díky intenzivnímu rozvoji a výcviku.
- Časová náročnost rozhodovacího procesu (tento bod je založen na rozhodnutí, které je shodné v rámci jednotlivých skupin a týmů).
- Snaha o snižování nákladů pomocí masové výroby.
- Udržování těsných a trvalých vztahů jak mezi spolupracujícími podniky, tak i mezi zaměstnanci. [9]

3.5 Gemba

Výraz gemba pochází z japonštiny a v překladu znamená „skutečné místo“. Gemba tedy v podniku popisuje místo, kde se odehrává proces přidávající hodnotu produktu pro uspokojení zákazníka. Tento výraz označuje tu část podniku, kde dochází ke vzniku příjmů. U výrobních společností se jedná o místo, kde se přímo odehrává výrobní proces. Pokud se společnost správně zaměří na pracoviště výroby neboli gembu, lze objevit příležitosti, které mohou podnik posunout k vyšším ziskům a větším úspěchům.

Gemba by měla být vrcholem celé společnosti. Jednotlivé segmenty managementu by měly podporovat jednotlivé výrobní procesy. Centrem, ve kterém probíhají všechna zdokonalení a které poskytuje veškeré důležité informace, musí být bezesporu gemba. K usnadnění detekce problémů a jejich následnému řešení je zásadní udržování kontaktu mezi managementem a pracovišti.

V konkrétním místě provozu nazývaného gemba dochází ke dvěma hlavním činnostem. Jedná se o údržbu a kaizen, který byl popsán v předchozí kapitole. Management společnosti by se vždy měl zabývat jednou z těchto činností konkrétního pracoviště. Vhodné zaměření na jednu z těchto aktivit může podniku přinést dosažení vyšší kvality, včasné plnění dodávek a samozřejmě i pokles nákladové složky. Pokud je společnost schopná vyrábět produkt, který má zaručenou kvalitu, je za rozumnou cenu a dodám v termínu, budou uspokojeny požadavky zákazníka natolik, že dojde ke zvýšení jeho důvěry jak vůči danému podniku, tak i jeho produktům. [5]

4 Metody řízení kvality

Tato kapitola se zaměřuje na metody řízení kvality, které budou použity v analytické části diplomové práce.

4.1 Metoda FMEA

FMEA neboli Failure Mode and Effect Analysis je metoda založena na týmové spolupráci. Slouží pro možnosti analýzy vzniku vad a ohodnocení jejich rizik, což vede k návrhu a realizaci následných opatření, které zajišťují zmírnění těchto rizik. Aplikací metody FMEA lze nalézt až 90 % možných neshod.

Metoda FMEA vznikla v šedesátých letech dvacátého století v USA. Poprvé byla použita NASA v rámci kosmického výzkumu pro analýzu spolehlivosti složitých systémů v projektu Apollo. Za velmi krátkou dobu se začala metoda FMEA používat pro prevenci vzniku neshod i v jiných oblastech průmyslu. K největšímu rozšíření však došlo hlavně v automobilovém průmyslu. [13]

Metoda FMEA se dělí na dva základní typy [13]:

- FMEA návrhu produktu – slouží pro analýzu rizik možných vad navrhovaného produktu
- FMEA procesu – slouží pro analýzu rizik možných vad navrhovaného procesu

K hlavním přínosům metody FMEA patří [13]:

- Vytváření databáze důležitých informací o navrhovaném procesu nebo produktu
- Možnost ohodnocení rizik, díky kterému lze stanovit priority jednotlivým opatřením vedoucím ke zlepšení
- Systémový přístup vedoucí k prevenci nízké kvality
- Se zavedením metody jsou spojeny minimální náklady v porovnání s náklady, které mohou vzniknout při výskytu možných vad
- Možnost optimalizace návrhu, který se projeví nižším počtem změn ve fázi realizace

V souboru norem ISO 9000:2000 je metoda FMEA doporučena pro standardy v oblasti automobilového průmyslu. Pro dodavatele automobilek je však její aplikace striktně vyžadována.

Nejčastější použití metody FMEA je v rámci nových nebo inovovaných procesů či produktů. Ovšem lze tuto metodu využít i ve stávajících procesech a produktech. V případě nových produktů by měla být FMEA aplikována již v době, kdy je vytvořen první koncept řešení.

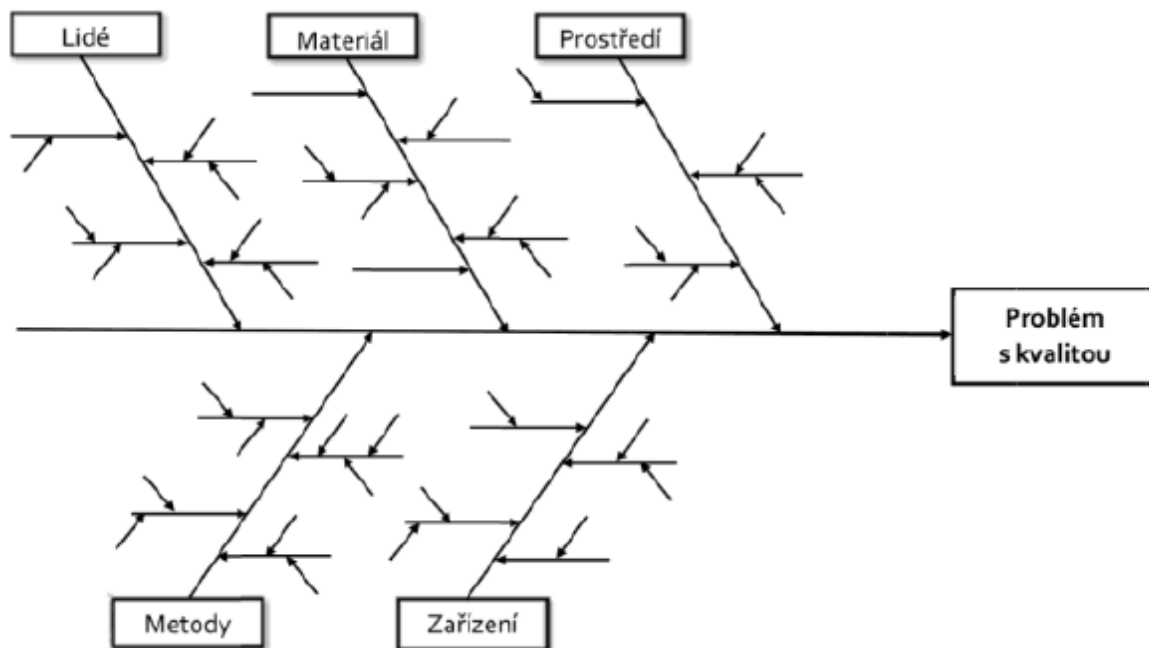
Při používání metody FMEA je důležité využívat znalostí a zkušeností většího počtu odborníků, proto se musí metoda zpracovávat v týmu. Tým by měl být složený z pracovníků vývoje, konstrukce, technologie, kvality, výroby, analýzy, marketingu, servisu a dalších lidí, kteří mohou do této metody přinést užitečné poznatky. Pro koordinaci všech lidí podílejících se na metodě FMEA je důležité organizační řízení ze strany zkušeného moderátora. [13]

Postupné kroky metody FMEA jsou [13]:

1. Analýza a ohodnocení současného stavu
2. Návrh opatření
3. Ohodnocení stavu po zavedení opatření

4.2 Ishikawa diagram

Diagram je pojmenovaný podle japonského odborníka Kaoru Ishikawy. Dále bývá také označován jako diagram příčin a následku nebo diagram rybí kosti, kterou připomíná svým tvarem. Jedná se o významný grafický nástroj, který slouží pro analýzu různých příčin daného následku (problému s kvalitou). Diagram umožňuje graficky zdokumentovat všechny náměty a myšlenky spojené s daným řešením problému. Vytvoření diagramu příčin a následku bývá prvním krokem při řešení všech problémů, u kterých není zcela zřejmá příčina vzniku. Vytvoření diagramu je vcelku jednoduché, což umožní zapojení většího počtu pracovníků k řešení problému. Vytvoření Ishikawa diagramu pomáhá nalézat náměty, které mohou vést k novým způsobům řešení. Důležité je také poznamenat, že tvorba diagramu by měla probíhat v projektovém týmu s využitím brainstormingu. [10][12]



Obrázek 4 - Struktura diagramu příčin a následků [12]

Brainstorming je metoda, které je založena na týmové práci. Vede ke zvýšení účinnosti tvůrčího myšlení, což pomáhá nalézat velké množství nápadů k řešení daného problému. Získané nápady bývají dále analyzovány a hodnoceny. Čím více nápadů se během brainstormingu získá, tím se zvyšuje pravděpodobnost, že budou provedena taková opatření, které povedou k vyřešení problému.

Vytvořený Ishikawa diagram by měl sloužit jako živý záznam, se kterým se neustále pracuje, a který se dále rozrůstá o nové nápady a získané poznatky. [12]

Praktická část

5 Představení společnosti Continental

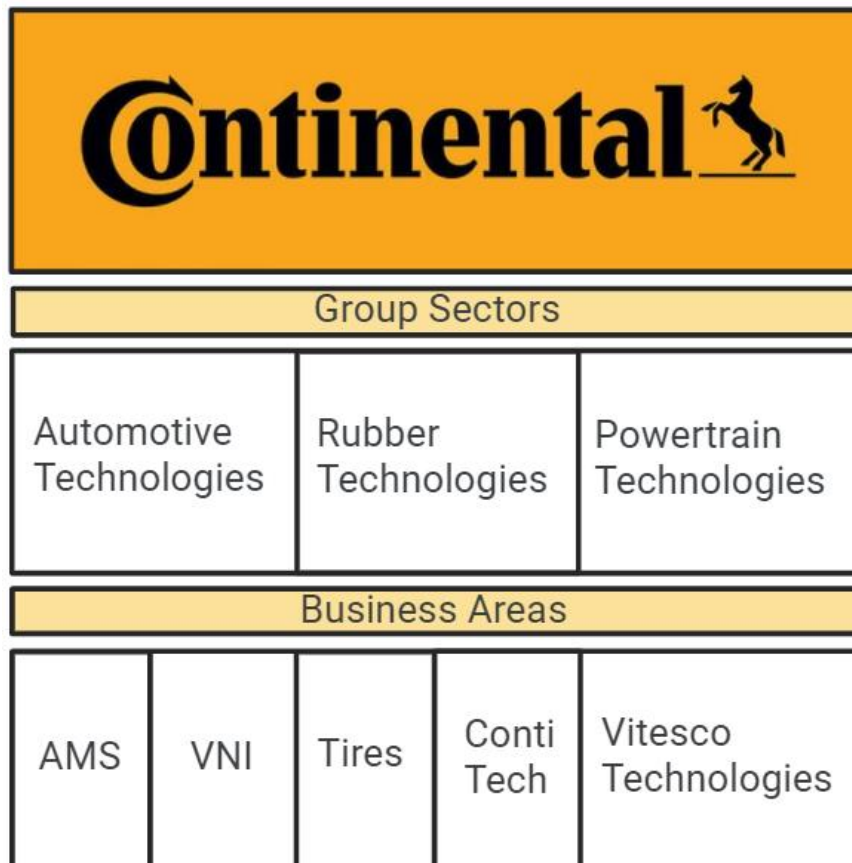
5.1 Korporace Continental

Korporace Continental byla založena 8. října 1871 v německém Hanoveru. Počátečním produktem byly tlumiče pro podkovy a celopryžové obruče pro povozy. Z tohoto důvodu je od roku 1882 použit nespoutaný kůň v logu koncernu. Ve druhé polovině 20. století kupuje Continental další značky: Uniroyal (1979), Semperit (1985), General Tire (1987), Mabor (1989) a Barum (1993). Od 90. let se korporát zcela orientuje na výrobu komponentů pro automobilový průmysl a v roce 2007 se stává jedním z pěti největších dodavatelů automobilového průmyslu na světě. V dnešní době má Continental 595 poboček v 59 zemích světa a zaměstnává více než 235 000 lidí.



Obrázek 5 - Logo společnosti [21]

Společnost Continental je strukturován do 3 sektorů – Automotive Technologies, Rubber Technologies a Powertrain Technologies. Každý z těchto sektorů zahrnuje jednu či dvě obchodní oblasti (Business Area). Mezi obchodní oblasti patří Autonomous Mobility and Safety (AMS), Vehicle Networking and Information (VNI), Tires, ContiTech a Vitesco Technologies. Každá obchodní oblast je poté tvořena několika menšími organizačními jednotkami, tzv. Business Unit. Základní struktura společnosti je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 6 - Struktura společnosti [vlastní tvorba]

Nyní něco málo o vizích a misích společnosti a o základních podnikových hodnotách.

Vize: Vaše mobilita. Vaše svoboda. Náš rukopis.

Continental tvoří pokročilé a inteligentní technologie pro dopravu osob, přepravu materiálu a přenos informací. Svým zákazníkům chce poskytovat ty nejlepší výrobky a služby. Díky těmto vlastnostem mohou akcionáři vnímat společnost Continental jako spolehlivého a respektovaného partnera, který jim poskytuje nejvyšší možnou přidanou hodnotu.

Mise:

- **Bezpečnost**
Chráníme životy a šetříme zdroje.
- **Informace**
Inteligentní mobilita díky neustále propojenému řízení.
- **Životní prostředí**
Řízení, které efektivně nakládá se zdroji a neprodukuje emise.
- **Dostupná mobilita**
Umožňujeme více svobody a příležitostí.

Firemní hodnoty:

- **Důvěra**

Důvěra je základem všeho a je také předpokladem k úspěchu. Společnost dodržuje sliby, které dává svým zaměstnancům, obchodním partnerům a akcionářům.

- **Touha vítězit**

Automobilový trh je světem velké konkurence a cílem společnosti je nejlepší výkon. Proto musí neustále vytvářet přidanou hodnotu a snažit se, aby její výrobky a služby splňovaly nejvyšší standardy kvality.

- **Svoboda k činům**

Osobní zodpovědnost a svoboda jednat jsou jedním ze základních pilířů růstu této společnosti. Na každé úrovni podporuje Continental své zaměstnance v jejich nadšení, aby si organizovali svou práci po svém a převzali zodpovědnost ze její výsledky.

- **Soudržnost**

Rozvoj společnosti závisí zejména na úzké spolupráci globálního týmu. Zaměstnanci drží pohromadě, spojují síly napříč organizací a své individuální zájmy nechávají stranou.

V České republice je osm výrobních poboček a jedno vývojové centrum společnosti Continental. V těchto podnicích pracuje okolo 16 000 zaměstnanců. Výrobní závody se nacházejí v Adršpachu (ložisková víka, trysky, čerpadla a hadicové systémy), Brandýsy nad Labem (elektronika pro automobily), Frenštátu pod Radhoštěm (elektronické řídicí systémy karosérií, motorů a přístrojových desek), Jičín (brzdové systémy), Horšovském Týně (formy a kontejnery pro výrobu pneumatik, elektrické termonože pro zpracování umělých hmot a gumy), Ostravě (hadice pro automobilový průmysl), Otrokovicích (pneumatiky), Trutnově (ventily, vysokotlaká a nízkotlaká čerpadla) a centrum zabývající se vývojem a výzkumem senzorů se nachází v Ostravě.

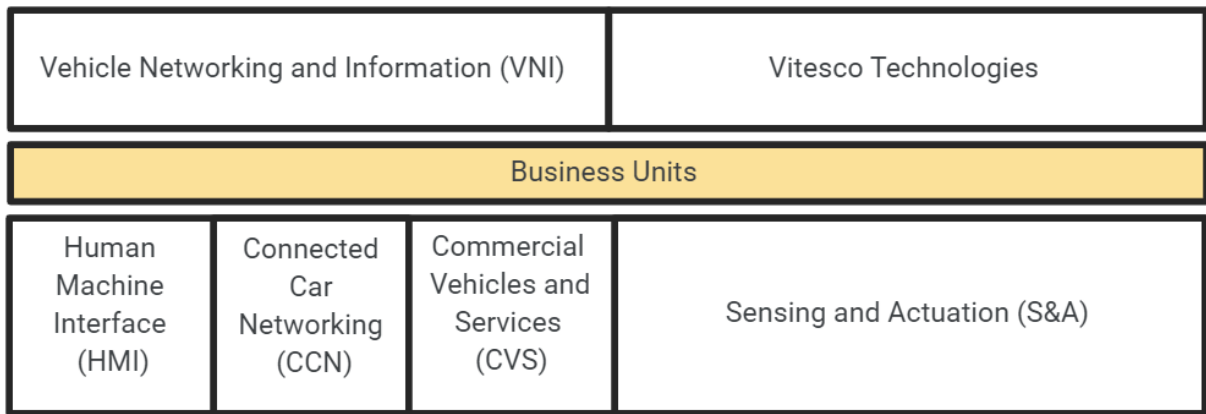
5.2 Continental Brandýs nad Labem

Tato diplomová práce je zpracována na základě poznatků získaných v závodě Brandýs nad Labem. Nyní se s ním tedy stručně seznámíme.

Předchůdcem závodu Continental v Brandýse nad Labem byl národní, později státní podnik PAL v Praze-Kbelích. Zde si představíme pár nejdůležitějších historických milníků společnosti:

- **1994** privatizace části PAL Kbely
- **1997** zahájení výstavby nového závodu v Brandýse nad Labem
- **1999** zahájení výroby palubních přístrojů a klimatizací
- **2002** zahájení výroby autorádií
- **2003** zahájení výroby PCB (desky plošných spojů)
- **2007** převzetí společností Continental, vzniká Continental Automotive Czech Republic s.r.o.
- **2008** zahájení výroby v nové budově Brandýs II
- **2014** zahájení výroby v lisovně plastů
- **2015** výstavba a zahájení výroby v čisté místnosti pro Optical Bonding
- **2017** zahájení provozu nové skladové haly
- **2020** přesun linek náhradních dílů do nové budovy Brandýs III

V lokalitě Brandýs nad Labem probíhá výroba ve třech budovách (Brandýs I, Brandýs II, Brandýs III). Tento závod se zabývá zejména výrobou elektroniky do interiérů automobilů. Patří tedy do sektoru Automotive Technologies do obchodní oblasti Vehicle Networking and Information (VNI). V závodě Brandýs II také probíhá výroba pro Vitesco Technologies, která by měla v následujících letech postupně vyběhnou ze sériové výroby. Následně bude celý závod v této lokalitě patřit zcela do obchodní oblasti VNI. Poslední brandýský závod Brandýs III vyrábí náhradní díly, které spadají do organizační jednotky Commercial Vehicles and Services.



Obrázek 7 - Business Units Brandýs nad Labem [vlastní tvorba]

6 Představení projektu

Tento projekt je zaměřen na výrobu moderní přístrojové desky pro jednu z předních světových automobilek. Pro výrobu tohoto produktu jsou použity inovativní výrobní postupy a technologie, které bezesporu dělají projekt velice zajímavý. Brandýský závod chce do budoucna převzít kompletní výrobu do své režie, což znamená vyrábět maximální možné množství dílů přímo v Brandýse. V současné době jsou do projektu zapojeny čtyři linky, z nichž jsou tři výrobní a jedna testovací. První výrobní linka neboli Hybrid Bonding je určena pro montáž ochranného či dotykového skla na displej. Poté následuje linka Display Closing, kde jsou instalovány produkty z linky Hybrid Bonding na základní konstrukci výrobku a je zde vytvořen hlavní design výrobku. Na prvních dvou linkách je zajímavé, že výroba probíhá v tzv. čistém prostoru, ve kterém je velice přísně sledována prašnost a mnoho dalších aspektů technické čistoty. Dále už následuje pouze Final Assembly, což v překladu znamená finální montáž. Na této lince jsou instalovány PCB desky (desky plošných spojů), klávesnice pro ovládání klimatizace a další komponenty jako například ochranné kryty, které dotváří konečnou podobu výrobku. Na závěr je produkt poslán do Testing Line neboli testovací linky. Tato linka má za úkol zkontrolovat vlastnosti displejů jako je svítivost, sytost barev či rastr. Na testovací linku navazuje automatizované balení, kde je produkt usazen do boxu a uložen na paletu s dalšími výrobky. Poté se už palety se zhotovenými produkty přesouvají na sklad, odkud putují k zákazníkovi.

Tato diplomová práce je zaměřena na výrobu v čisté místnosti, tedy na linka Hybrid Bonding a Display Closing. Cílem práce je analyzovat výrobní proces na těchto dvou linkách a následně navrhnou optimalizační opatření, které povedou ke zvýšení efektivity a kvality výroby. Z tohoto důvodu je nutné podrobně poznat výsledný produkt a celý výrobní proces.

6.1 Produkt

Před představením výrobního procesu je zapotřebí se seznámit s produktem, který je na linkách Hybrid Bonding a Display Closing vyráběn.

6.1.1 Hybrid Bonding

Na lince Hybrid Bonding se vyrábí pět typů produktů tzv. HB sestav. Prvním typem je „HB sestava FDC“. Jedná se o užší podlouhlý displej, který je v kokpitu řidiče umístěn přímo za volantem. Slouží tedy k zobrazování základních informací při provozu vozidla, jako je tachometr, otáčkoměr či stav nádrže. Tato sestava nemusí být dotyková, takže je opatřena pouze „Ochranným sklem FDC“. Další HB sestavy jsou umístěny na centrálním panelu, dále už pouze jako CP. V tomto případě jde o klasický dotykový displej, který je využíván jako palubní počítač vozu. Zde si může uživatel nastavovat jízdní parametry, pouštět oblíbenou muziku nebo zapnout navigaci, která už je v současnosti brána jako základní výbava vozu. Tento produkt je širší a kratší, svým tvarem připomíná čtverec. Takovýto tvar je z pohledu výrobního procesu komplikovanější, a proto je výroba „HB sestav CP“ méně stabilní. Produktů CP jsou čtyři druhy, které se od sebe liší svou velikostí a orientací pro vozidla se řízením vpravo či vlevo. Jsou to „HB sestava CP VV Levá“, „HB sestava CP VV Pravá“, „HB sestava CP VM Levá“ a „HB sestava CP VM Pravá“. CP displeje jsou už opatřeny speciálním sklem, které je určeno pro dotykové ovládání. V kusovníku je toto sklo označeno jako „Dotykový panel“. Na skla je při výrobním procesu nanášena vrstva silikonu, díky které je možné sklo spojit s displejem.

6.1.2 Display Closing

Linka Display Closing produkuje čtyři druhy výrobků, jsou to „DC sestava Varianta Malá Levá“, „DC sestava Varianta Malá Pravá“, „DC sestava Varianta Velká Levá“ a „DC sestava Varianta Velká Pravá“. Varianty se od sebe liší velikostí CP a orientací pro řízení vpravo či vlevo. Produkt lze rozdělit na dvě části. První část se v interiéru vozu nachází za volantem řidiče a nazývá se FDC. Druhá část je orientována v centru palubní desky a má označení CP. Přístrojová deska je u tohoto produktu připojena k palubnímu počítači, což utváří zajímavou celistvost kokpitu řidiče. Právě proto je výrobek svým designem velmi originální.

Základní konstrukce se skládá ze dvou „Podpůrných osvětlovacích desek“ (jedna je určena pro oblast FDC a druhá pro oblast CP), které jsou k sobě přišroubovány šrouby „M2,5 x 8“. „Podpůrná deska FDC“ je dvou typů, podle umístění řízení vpravo

nebo vlevo. „Podpůrná deska CP“ rozlišuje ještě dvě velikosti, celkem jsou tedy čtyři druhy.

Na této základní kostře se nachází „Ozdobný rám“. Jde o rám z plastu, který je nalakovaný matným práškovým lakem. Tento rám lemuje obvod celého výrobku. Nachází se na viditelné ploše, proto je důležité, aby díl byl bez povrchových vad. Pro každý typ DC sestavy je tento komponent specifický. K základní podpůrné konstrukci je přilepen lepidlem určeným pro plasty.

Dále se na DC sestavách nachází rámy ventilátorů. Otvory pro ventilátory se nachází z obou stran displeje FDC a vizuálně od sebe oddělují oblasti FDC a CP. Rámy ventilátorů jsou opatřeny lesklým lakem, který je velmi citlivý na poškrábání. Z tohoto důvodu je důležité hlídat správnou manipulaci s tímto komponentem. Rámy jsou čtyř variant, které se od sebe odlišují jsou geometrií.

Posledním komponentem, který patří na DC sestavu jsou HB sestavy vyrobené na lince Hybrid Bonding. Tyto komponenty byly blíže popsány v předchozí kapitole. HB sestavy jsou k DC sestavě přilepeny speciálním typem lepidla, které je uzpůsobeno k LED vytvrzování.

Na následující stránce je vidět kusovník pro obě linky. V kusovníku je vždy název dílu s identifikačním kódem, pod kterým je díl označen v podnikovém systému SAP (tento identifikační kód není uveden celý). Dále je v kusovníku zaznamenáno, pro který typ DC sestavy je díl určen, a také na jaké lince se s ním lze setkat.

Linka	Název dílu	Identifikační kód (SAP)	VV Levá	VM Levá	VV Pravá	VM Pravá
DC	DC sestava VM Levá	A3C*****0300		x		
DC	DC sestava VM Pravá	A3C*****0300				x
DC	DC sestava VV Levá	A3C*****0300	x			
DC	DC sestava VV Pravá	A3C*****0300			x	
HB/DC	HB sestava FDC	A3C*****0100	x	x	x	x
HB/DC	HB sestava CP VV Levá	A3C*****0100	x			
HB/DC	HB sestava CP VV Pravá	A3C*****0100			x	
HB/DC	HB sestava CP VM Levá	A3C*****0100		x		
HB/DC	HB sestava CP VM Pravá	A3C*****0100				x
DC	Ozdobný rám VM Levá	A3C*****0000		x		
DC	Ozdobný rám VM Pravá	A3C*****0000				x
DC	Ozdobný rám VV Levá	A3C*****0000	x			
DC	Ozdobný rám VV Pravá	A3C*****0000			x	
DC	Rám levého ventilátoru Levá	A3C*****0000	x	x		
DC	Rám levého ventilátoru Pravá	A3C*****0000			x	x
DC	Rám pravého ventilátoru Levá	A3C*****0000	x	x		
DC	Rám pravého ventilátoru Pravá	A3C*****0000			x	x
DC	Lepidlo rámy	A2C*****1000	x	x	x	x
DC	Lepidlo skla	A2C*****1100	x	x	x	x
DC	Podpůrná osvětlovací deska FDC Levá	A3C*****0100	x	x		
DC	Podpůrná osvětlovací deska FDC Pravá	A3C*****0100			x	x
DC	Podpůrná osvětlovací deska CP VV Levá	A3C*****0100	x			
DC	Podpůrná osvětlovací deska CP VV Pravá	A3C*****0100			x	
DC	Podpůrná osvětlovací deska CP VM Levá	A3C*****0100		x		
DC	Podpůrná osvětlovací deska CP VM Pravá	A3C*****0100				x
DC	Šroub M2.5x8	A2C*****0700	x	x	x	x
HB	Silikon	A2C*****9500	x	x	x	x
HB	Ochranné sklo FDC	A3C*****0200	x	x	x	x
HB	Displej FDC	A2C*****1301	x	x	x	x
HB	Dotykový panel CP VV Levá	A2C*****8304	x			
HB	Dotykový panel CP VV Pravá	A2C*****0102			x	
HB	Displej CP VV	A2C*****1501	x		x	
HB	Dotykový panel CP VM Levá	A2C*****8103		x		
HB	Dotykový panel CP VM Pravá	A2C*****0002				x
HB	Displej CP VM	A2C*****1701		x		x

Tabulka 2 - Kusovník [vlastní tvorba]

6.2 Výrobní proces

Cílem diplomové práce optimalizovat výrobní proces, proto je důležité výrobní proces podrobně popsat, na což je zaměřena tato kapitole.

Proces spojený s výrobou začíná už příjmem materiálu na hlavním skladě. Zde probíhá vybalení, třídění a uložení na určená skladovací místa. Pro každý vstupní materiál je vyhrazena určitá část skladovací plochy, aby následně bylo jednodušší se mezi komponenty orientovat v okamžiku objednání materiálu na výrobní haly.

Dále je vstupní materiál objednávat k výrobním linkám v souladu s metodou „Just-in-time“, která je blíže popsána v teoretické části práce. Po objednání je materiál transportován na přípravnu materiálu. Přípravna materiálu je v podstatě skladovací plocha pro jednotlivé linky. Zde je materiál uložený a čeká na své použití do výroby. V případě linek, jimiž se zabývá tato práce je proces transportu ještě o trochu složitější, protože se linky nachází v čisté místnosti. Vstupní materiál z hlavního skladu putuje přes standardní výrobní halu, tedy přes „špinavou“ zónu. Z tohoto důvodu musí být vstupní komponenty důsledně zabaleny. Přípravna je v tomto případě přestupní zóna mezi výrobou v čisté místnosti a standardním prostředím. Na přípravně tedy dochází k vybalení vstupních komponent. Následně již materiál putuje přes dvojité dveře a transferovou místnost k výrobním linkám. Transferová místnost se nachází už v čistých prostorách. Tato plocha je vyhrazena ke skladování HB sestav, které čekají na své použití ve výrobním procesu na Display Closing. Dále se tato místnost využívá k finálnímu vybalení některých komponent, a také k čištění jednotlivých vstupních dílů pro Hybrid Bonding.

Přes transferovou místnost a přípravnu putuje materiál i v opačném směru, a to v podobě buď NOK sestav či dílů, které jdou na šrotaci, nebo OK sestav, které putují opět do hlavního skladu, odkud jsou následně objednávat na Final Assembly.

V kapitolách níže bude podrobněji popsán výrobní proces na linkách Hybrid Bonding a Display Closing.

6.2.1 Hybrid Bonding

Výrobní proces na této lince začíná už v transferové místnosti. Sem putuje materiál po vybalení z přípravný materiálu. Jednotlivé displeje, dotykové panely a ochranné panely se do linky vkládají na podložkách označovaných jako „Trej“. Treje jsou přípravy, ve kterých jsou komponenty umístěny tak, aby měly pevně stanovenou polohu. V transferové místnosti probíhá závěrečné vybalení a umístění do správných trejů. Dotykové a ochranné panely jsou dodávány na trejích, které se vkládají přímo do linky. V tomto případě stačí jen vyjmout štos přípravek z igelitového vaku a materiál je připraven pro výrobní proces. Ovšem složitější je to s displeji, které jsou dodávány v jiném typu trejů. Zde je zapotřebí vybalit materiál z igelitového pytle a jednotlivé displeje přesunout do přípravek, které jsou uzpůsobeny pro výrobní linku. Před přesunutím displeje je zapotřebí každý trej důkladně otřít suchým hadříkem. Až když jsou displeje takto připraveny, mohou se přesunout k lince.

Po přípravě materiálu v transferové místnosti je materiál přesunut k lince. Do linky jsou komponenty vkládány operátory na zakládacích vozících. V okamžiku, kdy je vozík zasunut do paletizéru výrobní linky je proces zcela automatizovaný. Obsluha linky poté zadá množství vstupního materiálu, které chce poslat do výroby a začne výrobní proces.

Na prvním stanovišti **WP 01** jsou vyjmuty komponenty z trejů. Poté je z nich odstraněna ochranná folie, která má zajistit, aby se materiál při manipulaci před výrobou nepoškodil, a také aby se na něm neusazovaly různé nečistoty.

Následuje stanoviště **WP 02**, kde dochází k očištění dílů plazmou. Plazma se používá z toho důvodu, aby byl odstraněn povrchový náboj, který je nežádoucí.

Po ošetření plazmou následuje **WP 03**. Zde je na ochranný panel (varianta pro FDC) nebo na dotykový panel (varianty pro CP) nanesen silikon, který slouží jako pojivo vstupních dílů.

Dále dochází na **WP 04** k měření tloušťky skla se silikonem. Tato hodnota je pak použita při vzájemném vyrovnání skla a displeje na dalším stanovišti.

Na **WP 05** jsou díly vůči sobě vyrovnány. Vyrovnání je prováděno pomocí kamer, které jsou kalibrovány na konkrétní orientační body.

Na stanovišti **WP 06** je spojeno sklo s displejem při tzv. laminaci. K tomuto úkonu jsou používány dvě laminační komory LAMI1 a LAMI2. Po dokončení laminace HB

sestava pokračuje do Bufferu, kde odpočívá po dobu necelých deseti minut. Poté je sestava přesunuta na stanoviště určené ke konečnému vytvrzování.

Následují tedy stanoviště **WP 07**, **WP 08** a **WP 09**. Na těchto stanovištích dochází právě k vytvrzování silikonu. K vytvrzování je použito UV záření. Vytvrzovací stanoviště se od sebe vzájemně liší směrem působení záření.

V procesní mapě je zobrazeno také stanoviště **WP 10**, které však ještě není uvedeno do provozu. Na tomto stanovišti by mělo docházet ke kontrole HB sestav. Linka by měla být schopna rozpoznat a vyřadit vadné neboli NOK produkty.

Stanoviště **WP 11** je tvořeno soustavou manipulačních robotů a pásových dopravníků. Po vytvrzení je HB sestava přesunuta na trej. Jedná se o přípravek, který svým vzhledem připomíná velký táč. V treji je umístěna gumová protiskluzová podložka, které má zajistit, aby se sestava nemohla volně pohybovat. Treje s hotovými výrobky se shromažďují na sebe v lince. Poté přijde operátor kvality, který stiskem jednoho tlačítka vyloží vyrobené díly na vozík, který je součástí linky. Následně si operátor vozík stiskem dalšího tlačítka odemkne a může vyrobené sestavy z linky vyjmout.

Po vyložení zhotovené díly putují na stanoviště **WP 12**. Zde dochází k vizuální kontrole operátorem kvality, který je pro tuto práci řádně proškolen. Kontroluje se zejména špatně vytvrzený silikon, což způsobuje viditelné bubliny pod sklem. K dalším vadám patří nečistoty mezi sklem a diplem, a také škrábance na skle. Dalším důležitým krokem, který musí operátor na tomto stanovišti provést, je uzavření záznamu v systému MES. Po vizuální kontrole načte operátor díl do počítače, kde uvede, zda je výrobek v pořádku nebo je tzv. NOK. V tomto okamžiku je OK díl připraven pro další výrobní proces. NOK díl je potřeba vyšrotovat v systému SAP, aby ho bylo možné vyhodit.

Po kontrole kvality jsou vyrobené HB sestavy uskladněny v transferové místnosti, kde čekají na své další použití.

6.2.2 Display Closing

Po vybalení materiálu, které probíhá na přípravně, putují vstupní komponenty k výrobní lince. Vstupní materiál je do výrobní haly přivážen na upravených vozících, které jsou pro jednotlivé typy vstupních dílů specifické. Dá se říct, že vozíky tvoří součást linky, zasouvají se již přímo do paletizérů. Paletizérem je myšlen automatizovaný zásobník vstupního materiálu, díky němuž nemusí být materiál nepřetržitě dodáván na linku, a díky kterému je usnadněna manipulace s boxy a obaly komponent. Toto zařízení podává boxy či jiné přípravky, kde jsou umístěny vstupní díly, a zároveň boxy odebírá, pokud jsou prázdné. Na některých stanovištích si z paletizérů materiál berou manipulační roboti, jinde je materiál do linky zakládán operátory.

Začátkem výrobní linky Display Closing je pracoviště **WP 01**. Zde dochází k sešroubování podpůrných osvětlovacích desek a je tak tedy vytvořena základní kostra finálního produktu. Na tomto pracovišti jsou podpůrné osvětlovací desky vkládány operátorem do přípravku na otočný stůl. Na přípravku je několik senzorů hlídajících polohu desek. Pokud nejsou desky správně uloženy v přípravku, tak nemohou být sešroubovány. Než mohou být desky založeny do linky, musí je operátor očistit a vizuálně zkontrolovat. Kontroluje se zejména osvětlovací část desky, která slouží k nasvícení HB sestavy (displeje). Mohou se zde objevit škrábance či nečistoty. Tyto vady pak ve velké většině případů způsobí nepoužitelnost celého produktu. Po založení desek do přípravku, operátor stiskne tlačítko, které otočí se stolem a díl je možné sešroubovat. Desky jsou sešroubovány třemi šrouby a následně jsou přesunuty na paletku, které slouží k transportu rozpracované DC sestavy linkou.

Následuje pracoviště **WP 02**, kde je sešroubovaná sestava ošetřena plazmou od povrchového náboje.

Na pracovišti **WP 03** dochází ke stejnému procesu jako v předchozím případě. Zde je však plazma použita na ošetření ozdobného rámu. Před tímto pracovištěm musí být ještě ozdobný rám založen do linky. Stejně jako u podpůrných osvětlovacích desek provádí zakládání operátor, který založí rám do přípravku a stiskne tlačítko. Poté se přípravek zasune do linky, odkud si rám vezme manipulační robot a proběhne již zmíněné ošetření plazmou.

Zároveň s ošetřením ozdobného rámu probíhá na **WP 04** nanášení lepidla na sešroubovanou sestavu. Lepidlo je nanášeno tryskou umístěnou na robotickém rameni. Na tomto pracovišti je zároveň rám i přilepen. Pro přesné nalepení a správnou geometrii rámu je na sestavu umístěn tzv. Gripper. Gripper je nástroj,

na kterém je přesný tvar rámu. Tento nástroj je umístěn na sestavu do té doby, dokud není lepidlo dostatečně vytvrzeno. Poté je nástroj odebrán a použit na další díl.

Dalším stanovištěm je **WP 05**. Zde dochází hned několika činnostem. První z nich je nanesení lepidla. Lepidlo je stejného typu jako na předchozím stanovišti. Zároveň s nanášením lepidla probíhá ošetření plazmou rámu ventilátorů, opět kvůli povrchovému náboji. Nakonec jsou rámy přilepeny. Rámy jsou ještě opatřeny přípravky, které je drží ve správné pozici. Tyto přípravky jsou na rámech téměř po celou dobu, kdy je sestava v lince.

Na stanovišti **WP 06** je celá dosavadní sestava očištěna vzduchem od nečistot. Nečistoty by poté mohly být mezi osvětlovací podpůrnou deskou a HB sestavou. To znamená, že by mohly být viditelné při rozsvícení displeje.

Dále už probíhá nalepení HB sestav na sestavu DC. Nejprve proběhne na **WP 07** nanesení lepidla do oblasti FDC. Jedná se již o jiný druh lepidla než v případě lepení plastových rámu. Při nanášení lepidla probíhá ještě očištění HB sestavy FDC. Nejprve je HB sestava FDC očištěna vzduchem od nečistot a následně je použita plazma pro eliminaci nežádoucího náboje.

Poté se paletka s výrobkem posune na **WP 08**, kde dochází k nalepení HB sestavy FDC. Přesná poloha HB sestavy je docílena kamerami umístěnými na robotickém rameni, které pokládá díl na sestavu. Kamery se zaměřují na orientační body, které se nachází na podpůrných osvětlovacích deskách.

Následuje pracoviště **WP 09**, které je shodné s pracovištěm WP 07. Akorát v tomto případě se jedná o HB sestavu CP.

Na **WP 10** je HB sestava CP nalepena stejným způsobem jako v případě FDC.

Následuje stanice **WP 11**. Po nalepení HB sestav je důležité, aby lepidlo před vyjmutím produktu z linky dostatečně vytvrdlo. Za tímto účelem je použito tzv. LED vytvrzování, ke kterému dochází právě na tomto stanovišti. Sestava zajede do komory, ve které je instalováno velké množství LED svítidel. Po určité době strávené na v této komoře může sestava pokračovat dál.

Mezi stanicemi WP 11 a WP 12 se na Buffer. Zde by měla sestavit strávit dobu 300 sekund pro jistotu dostatečného vytvrzení lepidla.

Následné stanoviště **WP 12** je určeno pro kontrolu kvality. Pomocí kamer se zde měří velikost mezer mezi HB sestavami a plastovými rámy. Pokud je mezera mimo

tolerance, je sestava označená jako NOK v systému MES a díl nemůže být použitý do dalšího procesu. Tato kontrolní stanice však není dostatečně zkalibrována a není tak zcela funkční.

Poté už jsou na **WP 13** DC sestavy vyjmuty z linky. Na tomto stanovišti už zase působí operátoři, kteří vyjmou DC sestavu z paletky, kterou následně pošlou dál do procesu. Paletka pak pokračuje na stanoviště WP 01, kde je na ni naložena další sešroubovaná sestava. Následně musí operátor přilepit flexi pásku k osvětlovací podpůrné desce. Tato páska slouží k propojení displeje s elektrickým napájením a dalšími důležitými ovládacími prvky. Po nalepení pásky jsou DC sestavy uloženy do boxů a přesunuty na pracoviště kvality.

Pracoviště kvality je označeno jako **WP 13**. Kontroluje se, zda jsou displeje funkční a jestli se mezi displejem a osvětlovací podpůrnou deskou nenachází nečistoty nebo například zbytky lepidla. Dále probíhá klasická vizuální kontrola, která se zaměřuje zejména na lakované prvky sestavy nebo na škrábance na HB sestavách. Na závěr se kontrolují mezery mezi rámy a HB sestavami. K této kontrole se používají tzv. spároměrky. Po provedení kontroly je potřeba uzavřít záznam v systému MES. To probíhá tak, že se nejprve načte, na počítači k tomu určenému, QR kód DC sestavy. Poté se na počítači díl označí jako OK, pokud je v pořádku, nebo NOK, pokud v pořádku není. V případě NOK sestavy se zapíše druh závady. Pokud jsou DC sestavy označené jako OK je ještě potřeba je zabalit. Proces balení probíhá tak, že je načtena DC sestava do programu balení. Po načtení se vytiskne štítek, který se nalepí na obalový box. Takto zabalený a označený díl může být poslán na sklad, odkud si ho dle potřeb objedná zástupce výroby z linky Final Assembly. Pokud je však DC sestava NOK je důležité ji systémově vyšrotovat. Toto probíhá opět přes počítačový program k tomu určený. Tento krok je důležitý kvůli k tomu, aby seděla čísla v systému SAP, který se zabývá správou zásob. Pokud je provedeno odepsání dílu v SAP, je možné se NOK výrobku zbavit i fyzicky. NOK DC sestava je umístěna do sběrného kontejneru, ve kterém je přesunuta na sklad, kde probíhá jeho další likvidace.

Na obrázku níže je graficky zobrazen celý výrobní proces formou procesní mapy.



Obrázek 8 - Procesní mapa [vlastní tvorba]

7 Měření výrobního procesu

Před analýzou výrobního procesu je nutné nasbírat data týkající se kvality a kapacity procesu. Na tuto problematiku je zaměřena právě kapitola „Měření výrobního procesu“. Aby mohly být navrženy vhodná optimalizační řešení je potřeba nasbírat poměrně velké množství dat. Proto je tato část diplomové práce nejrozsáhlejší. Pro snadnější orientaci v naměřených datech je na závěr kapitoly zobrazeno stručné shrnutí měření.

7.1 Výrobní časy

Aby bylo možné představit si jakým způsobem linky pracují, je zapotřebí zjistit výrobní časy na jednotlivých pracovních stanicích. Výrobní časy také mohou ukázat, jak moc stabilní výrobní proces je, a také kde by bylo možné proces optimalizovat.

Výrobní časy byly zjištěny z MES záznamu již zhotovených produktů. Ze softwaru MES lze vyčíst spousta užitečných informací o výrobní historii produktu poměrně jednoduchým způsobem. Zhotovená sestava je opatřena štítkem s QR kódem, který v sobě skrývá výrobní číslo produktu. Pokud je tento kód načten do aplikace LineControl, lze přesně zjistit, kdy sestava na konkrétní stanoviště přijela, a také kdy ho opustila. Tímto způsobem byla získána časová data z produktů na linkách Hybrid Bonding a Display Closing. Následně byly spočítány průměrné časy na jednotlivých výrobních stanovištích, medián a rozptyl mezi maximální a minimální časovou hodnotou.

Na následujícím obrázku je vidět, jak časový záznam ze softwaru MES vypadá. Tento záznam se týká linky Hybrid Bonding.

Datum	Krok	Popis	Pracovn...	Pracovní ...	Status	Transakce	Objednávka	Komentář
05.03.2022 2:04:14	9999	RÜCKMELDUNG SAP	P016MAMA	P016MAMA	Qty:1	progress	238932204	
05.03.2022 2:02:04	240	Konečná montáž~ 9	P016KM9	P016KM9	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 2:02:04	240	Konečná montáž~ 9	P016KM9	P016KM9	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 2:01:34	220	Konečná montáž~ 8	P016KM8	P016KM8	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 2:01:17	220	Konečná montáž~ 8	P016KM8	P016KM8	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 2:01:09	210	Konečná montáž~ 7	P016KM7	P016KM7	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 2:00:56	210	Konečná montáž~ 7	P016KM7	P016KM7	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 2:00:51	200	Konečná montáž~ 6	P016KM6	P016KM6	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 2:00:49	200	Konečná montáž~ 6	P016KM6	P016KM6	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 1:51:10	190	Konečná montáž~ 5	P016KM5	P016KM5	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 1:51:00	190	Konečná montáž~ 5	P016KM5	P016KM5	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 1:50:50	180	Montáž~	P016MONT	P016MONTA	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 1:50:11	180	Montáž~	P016MONT	P016MONTA	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 1:49:57	170	Kamera - kontr. stanice - levá strana	P016KAML	P016KAML	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 1:49:56	170	Kamera - kontr. stanice - levá strana	P016KAML	P016KAML	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 1:48:45	130	Konečná montáž~ 3 - levá strana	P016KM3L	P016KM3L	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 1:48:32	130	Konečná montáž~ 3 - levá strana	P016KM3L	P016KM3L	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 1:48:23	120	Konečná montáž~ 2 - levá strana	P016KM2L	P016KM2L	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 1:48:03	120	Konečná montáž~ 2 - levá strana	P016KM2L	P016KM2L	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 1:47:49	110	Konečná montáž~ 1 - levá strana	P016KM1L	P016KM1L	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 1:47:46	110	Konečná montáž~ 1 - levá strana	P016KM1L	P016KM1L	Qty:1	checkin	238932204	
05.03.2022 1:47:46	100	MES Line control	P016LC	P016LC	Qty:1	checkin_checkout	238932204	
05.03.2022 1:47:46	100	MES Line control	P016LC	P016LC	Qty:1	checkin	238932204	

Obrázek 9 - Časový záznam výrobních stanic ze softwaru MES [podniková dokumentace]

7.1.1 Hybrid Bonding

Na lince Hybrid Bonding byla získána data z 20 sestav. V tabulce níže jsou vidět časové náročnosti jednotlivých pracovišť. Nejvíce času sestava stráví na přesunu mezi stanicemi WP 06 a WP 07, jedná se o tzv. Buffer, kde díly odpočívají před vytvrzováním. Nejkratší časový interval je na stanici WP 04 (měření tloušťky skla), který má hodnotu jednu sekundu.

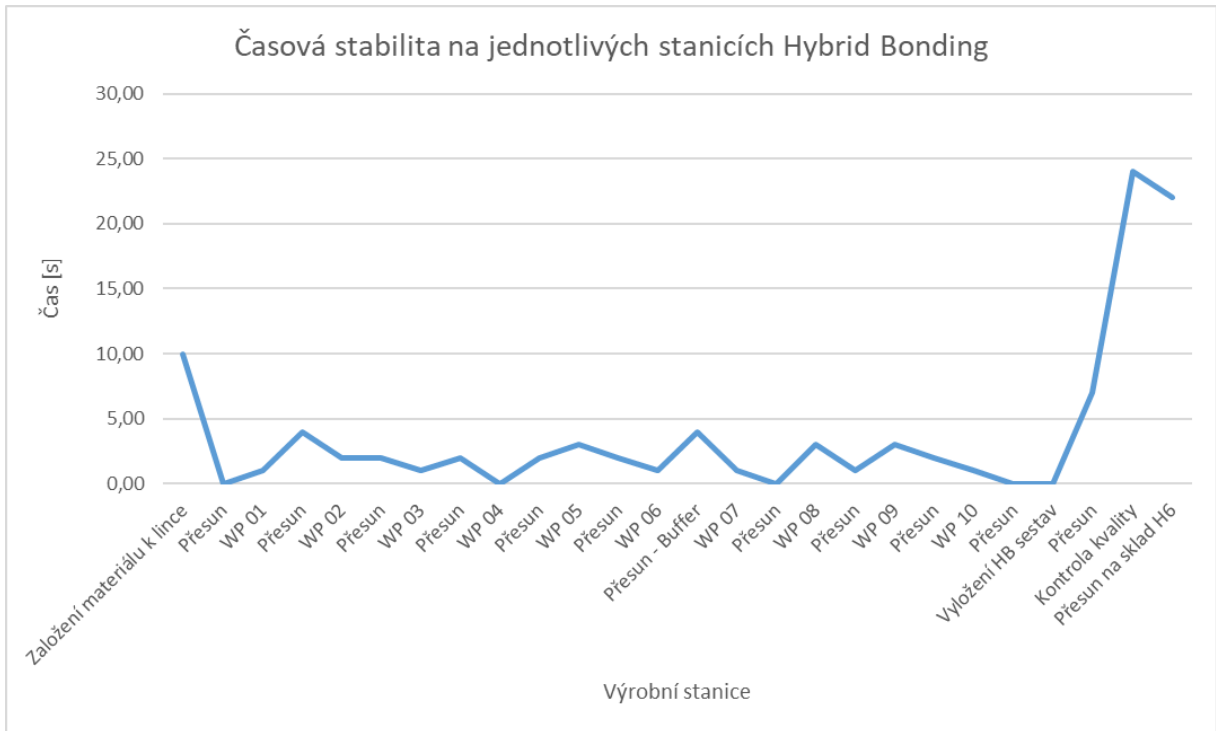
Časová náročnost jednotlivých stanic linky Hybrid Bonding [sekundy]				
Výrobní stanice	Průměr	Medián	Maximum	Minimum
Založení materiálu k lince	17,00	16,50	22,00	12,00
Přesun	25,00	25,00	25,00	25,00
WP 01	3,13	3,00	4,00	3,00
Přesun	12,25	12,50	14,00	10,00
WP 02	19,63	20,00	20,00	18,00
Přesun	9,00	9,00	10,00	8,00
WP 03	13,75	14,00	14,00	13,00
Přesun	11,38	11,50	12,00	10,00
WP 04	1,00	1,00	1,00	1,00
Přesun	14,63	14,50	16,00	14,00
WP 05	37,13	37,00	39,00	36,00
Přesun	9,63	9,50	11,00	9,00
WP 06	9,88	10,00	10,00	9,00
Přesun - Buffer	580,00	580,00	582,00	578,00
WP 07	2,13	2,00	3,00	2,00
Přesun	5,00	5,00	5,00	5,00
WP 08	13,00	12,50	15,00	12,00
Přesun	8,13	8,00	9,00	8,00
WP 09	17,75	17,50	20,00	17,00
Přesun	29,13	29,00	30,00	28,00
WP 10	1,13	1,00	2,00	1,00
Přesun	5,00	5,00	5,00	5,00
Vyložení HB sestav	23,00	23,00	23,00	23,00
Přesun	8,38	8,50	12,00	5,00
Kontrola kvality	47,50	43,50	62,00	38,00
Přesun na sklad H6	43,00	43,00	56,00	34,00
Celkový čas na díl	966,50	961,50	1022,00	924,00

Tabulka 3 - Výrobní časy na lince Hybrid Bonding [vlastní tvorba]

V grafu časové stability je znázorněn rozdíl mezi maximální a minimální časovou hodnotou, která byla na konkrétním stanovišti změřena. Proces na této lince je kontinuální, to znamená, že linka nelze v průběhu výroby zastavit. Vždy se musí

vložené sestavy z linky také vyjmout. V tomto případě tedy má smysl zahrnout do grafu stability také přesuny mezi stanicemi.

Z grafu vyplývá, že je celý proces poměrně stabilní. V lince se časový rozptyl pohybuje mezi 0 až 5 sekundami. Větší časová nestabilita je u procesů, které závisí na lidském faktoru (začátek a konec křivky). Je vidět, že nejvíce nestabilní je především kontrola kvality. V tomto případě velice záleží na šikovnosti operátora kvality.



Obrázek 10 - Časová stabilita stanic na lince Hybrid Bonding [vlastní tvorba]

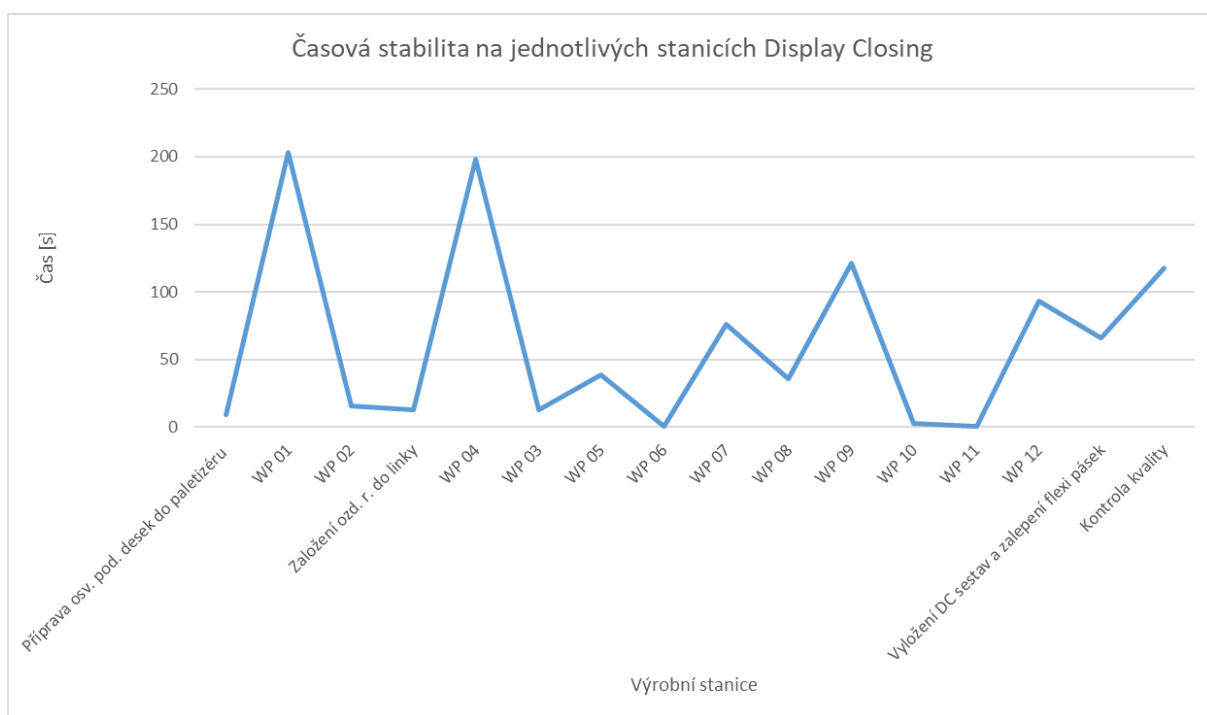
7.1.2 Display Closing

Stejným způsobem byla získána data z 20 vzorků na lince Display Closing. Nejkratší průměrný čas byl zjištěn na přesunu mezi založením ozdobného rámu do linky a stanicí WP 04. Naopak nejdelší časový interval byl změřen na přesunu mezi stanovišti WP 11 a WP 12, tedy na Bufferu určenému k dochlazení sestavy po lepení HB sestav. Všechny časové náročnosti výrobních stanic a přesunů mezi nimi jsou zaznamenány v následující tabulce.

Časová náročnost jednotlivých stanic linky Display Closing [sekundy]				
Výrobní stanice	Průměr	Medián	Maximum	Minimum
Příprava vstupního materiálu do paletizéru (podpůrné desky)	21,44	21,00	27,00	18,00
Založení podpůrných osvětlovacích desek do linky	40,44	40,00	56,00	28,00
WP 01	53,22	33,50	229,00	26,00
Přesun	121,78	61,00	559,00	20,00
WP 02	21,39	20,00	36,00	20,00
Přesun	73,28	28,00	715,00	8,00
Založení ozd. r. do linky	11,39	11,50	21,00	8,00
Přesun	3,00	3,00	3,00	3,00
WP 04	44,22	37,00	218,00	20,00
Přesun	214,11	117,00	978,00	115,00
WP 03	27,94	26,00	39,00	26,00
Přesun	192,44	115,50	1031,00	9,00
WP 05	37,06	35,00	64,00	25,00
Přesun	68,39	7,00	1004,00	6,00
WP 06	11,11	11,00	12,00	11,00
Přesun	24,89	8,50	102,00	6,00
WP 07	33,44	24,50	92,00	16,00
Přesun	6,33	6,00	7,00	6,00
WP 08	23,22	21,00	56,00	20,00
Přesun	9,94	9,00	24,00	8,00
WP 09	43,50	35,00	153,00	32,00
Přesun	10,50	10,50	11,00	10,00
WP 10	22,39	23,00	24,00	21,00
Přesun	7,11	7,00	8,00	6,00
WP 11	34,83	35,00	35,00	34,00
Přesun - Buffer	451,89	324,50	2380,00	228,00
WP 12	65,44	61,00	132,00	39,00
Přesun	15,00	15,00	15,00	15,00
Vyložení DC sestav a zalepení flexi pásek	79,28	76,00	121,00	55,00
Přesun	76,50	74,00	101,00	62,00
Kontrola kvality	298,17	304,50	338,00	238,00
Přesun na sklad H6	84,83	83,00	106,00	68,00
Celkový čas na díl	2207,06	1663,00	8670,00	1207,00

Tabulka 4 – Výrobní časy na lince Display Closing [vlastní tvorba]

Do výpočtu časové stability pro linku Display Closing nejsou zahrnuty přesuny mezi stanicemi. Důvodem je, že se tato linka může zastavit i v případě, kdy je naplněná rozestavenými sestavami. Právě z tohoto hlediska je největší rozdíl ve výrobním procesu analyzovaných linek. Linka se může zastavit hned z několika důvodů, jako jsou pauzy operátorů (není nikdo, kdo by zakládá vstupní materiál a vykládal hotové produkty na konci linky), chyby výrobních strojů atd. Z tohoto důvodu jsou v grafu níže znázorněny pouze časové stability pracovišť. Oproti lince Hybrid Bonding lze vidět větší časové výkyvy. Největší rozptyl mezi maximální a minimální hodnotou časové náročnosti je na stanicích WP 01, WP 04, WP 09 a také na pracovišti kontroly. Časový rozptyl je na této lince zhruba desetkrát vyšší než u Hybrid Bonding. Mezi nejstabilnější stanice, co se týče časové náročnosti, patří WP 06, WP 010 a WP 11.



Obrázek 11 - Časová stabilita na lince Display Closing [vlastní tvorba]

7.2 Run and Rate

Run and Rate je zkouška, díky které je možné odhalit, jak linka ve skutečnosti funguje. Jedná o hodinový zápis výrobního procesu. Před začátkem zkoušky je nutné, aby byla linka zcela naplněna. To znamená nevykládat zhotovené sestavy na konci linky a zakládat vstupní materiál, dokud je v lince volná kapacita. Test spočívá v zapisování vyjmutých OK a NOK sestav z linky. Pokud je sestava NOK, je potřeba zapsat typ vady. Aby se dal celý proces lépe sledovat, je hodina rozdělena na šest desetiminutových úseků. Samozřejmě se může stát, že linka nepracuje kontinuálně bez prodlev po dobu testu. Pokud dojde k zastavení procesu, musí se chyba okamžitě začít odstraňovat. Vlivem odstraňování chyby dojde k časové prodlevě, kterou je

potřeba změřit. Důležité je také zapsat o jaký druh poruchy se jednalo a případně, jaká činnost pomohla k odstranění vady. Všechny tyto data se zaznamenávají do předem připraveného formuláře. Po ukončení testu je nutné data správně zpracovat.

Výstupem měřené výroby je několik důležitých hodnot. Nejprve se určí, jaké výstupy se od linky očekávají. Mezi stanovené hodnoty patří cílový počet vyrobených sestav, a také požadovaný Cycle Time. Dále už zápis zkoušky obsahuje informace ze změřených dat. První takovou informací je **Actual Build**, tedy celkový počet vyrobených kusů. Další důležité informace se týkají vyrobených zmetků. Počet vyrobených zmetků uvádí číslo **Actual Total Rejects** a procento zmetků z celkového počtu vyrobených kusů uvádí **Reject Rate**. Následují čísla, která se zabývají časovými prodlevami. Je to celkový čas prodlev, tzv. **Actual Total Downtime**, a procento prostojů z celkového času testu neboli **Downtime Rate**. O úspěšnosti výrobního procesu výstižně vypovídá procentuální hodnota **OEE** (Overall Equipment Effectiveness neboli celková efektivita zařízení). OEE v sobě skrývá tři nejdůležitější výkonnostní prvky, jimiž jsou dostupnost, výkon a kvalita. Tato hodnota ukáže skutečný stav výrobního procesu a často pomáhá odhalit úzká místa. Poslední informací vyplývající z Run and Rate je **Actual Cycle Time**, který se vypočte jako podíl doby trvání testu s celkovým počtem vyrobených kusů za hodinu měřené výroby.

7.2.1 Hybrid Bonding

Na lince Hybrid Bonding proběhly v rámci této práce tři zkoušky Run and Rate. Ve všech třech případech bylo trvání testu přesně 60 minut. Při prvním Run and Rate byla vyráběna HB sestava CP varianta velká levá. Zbývající dva testy proběhly při výrobě HB sestavy FDC. Požadovaný výstup linky je 133 sestav za hodinu v případě, že je dosaženo 100 % OEE. Jelikož linka není zcela v sériové výrobě, počítá se s 85 % OEE, což znamená požadovaný hodinový výstup 113 sestav. Požadovaný Cycle Time pro sériový chod linky je 27 sekund. Tyto data jsou vždy zaznamenána v horní části protokolu o provedeném měření výrobního procesu.

Dále už jsou zobrazeny výsledky z jednotlivých Run and Rate i s komentáři.

PART NO:

TRIAL START TIME: 13:56

TRIAL FINISH TIME: 14:56

PART NAME: HB CP VV L

TARGET PARTS PER HOUR: 133 (100%OEE)

TARGET PARTS HOUR with OEE: 113 (85%OEE)

OEE Target: 0,85

CYCLE TIME: 27

TRIAL DATA

TRIAL TIME (min)	TARGET PPH (PCS.)	ACTUAL PPH (PCS.) <small>(all parts produced)</small>	ACTUAL OK	ACTUAL NG	MACHINE DOWNTIME- LOST TIME (min)	COMMENTS
0 - 10 13:56 - 14:06	18	18	18	0	1	Problém se senzorem u paletizéru s prázdnými trayi na konci linky.
10 - 20 14:06 - 14:16	19	17	17	0	1	Prodleva vznikla na stanici, kde dochází k nanášení silikonu.
20 - 30 14:16 - 14:26	19	14	13	1	2	NOK: 1 nečistota Problém s kamerou na prvním laminátoru - kamera nebyla schopna najít díl.
30 - 40 14:26 - 14:36	19	20	16	4	4	NOK: 2 posunutý display, 1 poškozená flexipáska, 1 bublina Prodleva vznikla na paletizéru displayů na začátku linky. Důvodem byla implementace nových trayů na displaye, které se v podavači zasekly.
40 - 50 14:36 - 14:46	19	12	12	0	2	Prodleva vznikla na paletizéru displayů na začátku linky. Důvodem byla implementace nových trayů na displaye, které se v podavači zasekly.
50 - 60 14:46 - 14:56	19	12	12	1	2	NOK: 1 nečistota Problém na druhém laminátoru. Kamera nebyla schopna najít díl.

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE (OK part / Target Build)	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minutes	113	93	6,5%	6	12	20,0%	77,0%	38,7

Obrázek 12 - Run and Rate HB číslo 1 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace]

PART NO:

TRIAL START TIME: 10:20

TRIAL FINISH TIME: 11:20

PART NAME:	HB FDC	
TARGET PARTS PER HOUR:	133	(100%OEE)
TARGET PARTS HOUR with OEE:	113	(85%OEE)
OEE Target		0,85
CYCLE TIME:		27

TRIAL DATA

TRIAL TIME (min)	TARGET PPH (PCS.)	ACTUAL PPH (PCS.) <small>(all parts produced)</small>	ACTUAL OK	ACTUAL NG	MACHINE DOWNTIME- LOST TIME (min)	COMMENTS
0 - 10 10:20 - 10:30	18	21	20	1	0	NOK: 1 nečistota
10 - 20 10:30 - 10:40	19	20	17	3	0	NOK: 2 nečistota, 1 škrábanec
20 - 30 10:40 - 10:50	19	21	21	0	0	
30 - 40 10:50 - 11:00	19	20	19	1	0	NOK: 1 nečistota
40 - 50 11:00 - 11:10	19	21	18	3	0	NOK: 3 nečistota
50 - 60 11:10 - 11:20	19	20	17	3	0	NOK: 3 nečistota

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE <small>(OK part / Target Build)</small>	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minut	113	123	8,9%	11	0	0,0%	99,1%	29,3

Obrázek 13 - Run and Rate HB číslo 2 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace]

PART NO:

TRIAL START TIME: 9:44

TRIAL FINISH TIME: 10:44

PART NAME:	HB FDC	
TARGET PARTS PER HOUR:	133	(100%OEE)
TARGET PARTS HOUR with OEE:	113	(85%OEE)
OEE Target		0,85
CYCLE TIME:		27

TRIAL DATA

TRIAL TIME (min)	TARGET PPH (PCS.)	ACTUAL PPH (PCS.) <small>(all parts produced)</small>	ACTUAL OK	ACTUAL NG	MACHINE DOWNTIME- LOST TIME (min)	COMMENTS
0 - 10 9:44- 9:54	22	23	23	0	0	
10 - 20 9:54 - 10:04	22	37	14	3	3	NOK: 3 nečistota loading 3 / tray nedojel do koncove polohy
20 - 30 10:04 - 10:14	22	57	20	0	2	WP 01 odebrání displeje o 180
30 - 40 10:14 - 10:24	22	75	18	0	4	loading zaseknutý podavač OS
40 - 50 10:24 - 10:34	22	91	16	0	4	WP 01 strhávání folie.
50 - 60 10:34 - 10:44	22	108	17	0	0	

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE (OK part / Target Build)	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minut	113	108	2,8%	3	13	21,7%	92,9%	33,3

Obrázek 14 - Run and Rate HB číslo 3 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace]

Ze souhrnné tabulky níže lze vidět, že největšího úspěchu dosáhla linka při druhém testu. Naopak nejslabší byl test první, kdy linka nevyráběla 20 % vyhrazeného času a vyrobila 93 sestav z požadovaných 113.

Z naměřených dat vyplývá, že výroba HB sestavy CP varianta velká levá není zcela stabilní a nedosahuje požadovaných výstupů. Avšak procento NOK sestav, tedy kvalita vyráběného produktu, je v tomto případě velmi dobré. Nebylo dosaženo ani požadovaného Cycle Time, který při první zkoušce měl hodnotu 38,7 sekundy.

Druhý test byl, jak již bylo zmíněno, ten nejúspěšnější. V tomto případě běžela linka bez prodlev po celou dobu zkoušky a vyrobila 123 HB sestav. Byla tedy splněna požadovaná hodinová produkce. Ačkoliv byla linka při druhé zkoušce nejvíce produktivní, vzniklo také nejvíce NOK sestav (8,9 % z celkového počtu). Dosažený Cycle Time byl 29,3 sekundy, což stále nesplňuje požadavek.

Při třetím Run and Rate došlo k nejdelšímu prostoji (Downtime Rate 21,7 %), ale přesto se linka velmi přiblížila požadovanému výstupu. Bylo vyrobeno 108 HB sestav, z nichž byly 3 NOK (2,8 % z celkového počtu vyrobených sestav). Z hlediska kvality vyrobených sestav byla zkouška číslo tři nejúspěšnější. Cycle Time zde dosahoval 33,3 sekundy.

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minut	113	93	6,5%	6	12	20,0%	77,0%	38,7
60 minut	113	123	8,9%	11	0	0,0%	99,1%	29,3
60 minut	113	108	2,8%	3	13	21,7%	92,9%	33,3
Average		108,0	6,1%	6,7	8,3	13,9%	89,6%	33,8

Tabulka 5 - Výsledky Run and Rate na HB [vlastní tvorba]

7.2.2 Display Closing

Měření produkce proběhlo také na lince Display Closing. Opět zde proběhly tři testy, z nichž se jednou vyráběla DC sestava varianta malá levá a dvakrát DC sestava varianta velká levá. Právě výroba větší z variant by se měla už blížit k sériové produkci, ze strany zákazníka je na ni vyvíjen největší tlak.

V horní části protokolu je opět zaznamenáno, o jaký typ produktu se jedná, dále požadovaný hodinový výstup při 100 % OEE, požadovaný hodinový výstup při 85 % OEE a také požadovaný Cycle Time. Důležitá informace je také v poznámce TRIAL DATA, kde je upřesněn počet Gripperů, se kterým zkouška proběhla. Při nižším počtu Gripperů než 3, linka nemůže dosáhnout své nejvyšší efektivity.

Dále následují protokoly z provedených zkoušek.

PART NO:

TRIAL START TIME: 9:20

TRIAL FINISH TIME: 10:20

PART NAME: VML

TARGET PARTS PER HOUR: 68 (100%OEE)

TARGET PARTS HOUR with OEE: 58 (85%OEE)

OEE Target: 0,85

CYCLE TIME: 53

TRIAL DATA

[R@R proběhl se 3 GRIPPERY](#)

TRIAL TIME (min)	TARGET PPH (PCS.)	ACTUAL PPH (PCS.) (all parts produced)	ACTUAL OK	ACTUAL NG	MACHINE DOWNTIME - LOST TIME (min)	COMMENTS	- lost influencing PPH - Lost Influence OEE / FPY
0 - 10 9:20 - 9:30	9	11	11	0	0		
10 - 20 9:30 - 9:40	10	9	9	0	1	Prodleva byla způsobena tím, že díly stály na "Kontrolní stanici 1". Nejspíš to zapříčinil počet paletok v lince.	
20 - 30 9:40 - 9:50	9	7	7	0	1	Prodleva byla způsobena tím, že díly stály na "Kontrolní stanici 1". Nejspíš to zapříčinil počet paletok v lince.	
30 - 40 9:50 - 10:00	10	8	8	0	1	Prodleva byla způsobena tím, že díly stály na "Kontrolní stanici 1". Nejspíš to zapříčinil počet paletok v lince.	
40 - 50 10:00 - 10:10	9	9	9	0	1	Prodleva byla způsobena tím, že díly stály na "Kontrolní stanici 1". Nejspíš to zapříčinil počet paletok v lince.	
50 - 60 10:10 - 10:20	9	9	9	0	1	Prodleva byla způsobena tím, že díly stály na "Kontrolní stanici 1". Nejspíš to zapříčinil počet paletok v lince.	

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE (OK part / Target Build)	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minut	58	53	0,0%	0	5	8,3%	91,8%	67,9

Obrázek 15 - Run and Rate DC číslo 1 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace]

PART NO:

TRIAL START TIME: 9:45

TRIAL FINISH TIME: 10:45

PART NAME: VV L

TARGET PARTS PER HOUR: 68 (100%OEE)

TARGET PARTS HOUR with OEE: 58 (85%OEE)

OEE Target: 0,85

CYCLE TIME: 53

TRIAL DATA

[R@R probíhal se 3 Gripper](#)

TRIAL TIME (min)	TARGET PPH (PCS.)	ACTUAL PPH (PCS.) (all parts produced)	ACTUAL OK	ACTUAL NG	MACHINE DOWNTIME - LOST TIME (min)	COMMENTS	- lost influencing PPH - lost influence OEE / FPY
0 - 10 9:45 - 9:55	9	10	10	0	0		
10 - 20 9:55 - 10:05	10	9	8	1	0	NOK: 1 nepolepený CP display Prodleva byla zapříčiněna čekáním dílu na "Kontrolní stanici 1". Způsobeno nejspíš menším počtem paletek. Díl nestihne vychladnout v Bufferu, a tak se dochlatuje na KS1 (malý počet paletek).	
20 - 30 10:05 - 10:15	9	6	6	0	3	Prodleva způsobená zanesenou tryskou (pravděpodobně tento problém zapříčinila úprava nanášení lepidla) - trvání 1 minuta. Další prodleva způsobena zaseknutí linky (nejspíš softwarová chyba). Po restartování se linka opět rozjela - trvání 2 minuty.	
30 - 40 10:15 - 10:25	10	10	10	0	0	Díly nebyly z důvodu menšího počtu paletek dostatečně dlouhou dobu v Bufferu a dochlazovaly se na "Kontrolní stanici 1".	
40 - 50 10:25 - 10:35	9	8	7	1	1	NOK: 1 nepolepený CP display Prodleva byla zapříčiněna čekáním dílu na "Kontrolní stanici 1". Způsobeno nejspíš menším počtem paletek. Díl nestihne vychladnout v Bufferu, a tak se dochlatuje na KS1 (malý počet paletek).	
50 - 60 10:35 - 10:45	9	9	8	1	0	NOK: 1 nepolepený CP display Prodleva byla zapříčiněna čekáním dílu na "Kontrolní stanici 1". Způsobeno nejspíš menším počtem paletek. Díl nestihne vychladnout v Bufferu, a tak se dochlatuje na KS1 (malý počet paletek).	

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE (OK part / Target Build)	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minut	58	52	5,8%	3	4	6,7%	84,9%	69,2

Obrázek 16 - Run and Rate DC číslo 2 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace]

PART NO:

TRIAL START TIME: 9:15

TRIAL FINISH TIME: 10:15

PART NAME: VV L

TARGET PARTS PER HOUR: 68 (100%OEE)

TARGET PARTS HOUR with OEE: 58 (85%OEE)

OEE Target: 0,85

CYCLE TIME: 53

TRIAL DATA

[R@R probíhal se 3 Gripper](#)

TRIAL TIME (min)	TARGET PPH (PCS.)	ACTUAL PPH (PCS.) (all parts produced)	ACTUAL OK	ACTUAL NG	MACHINE DOWNTIME - LOST TIME (min)	COMMENTS
0 - 10 9:15 - 9:25	9	10	8	2	1	NOK: 2 nepolepený CP display Prodleva způsobena problém s vakuem na šroubováku. Po restartování se problém vyřešil.
10 - 20 9:25 - 9:35	10	7	7	0	5	Prodleva vznikla problémem na šroubováku (technik musel vyšroubovat a znova utáhnout "bílou hadici", stejná chyba se stala i včera). Vlivem této poruchy vzniklo zdržení hned při opravě šroubováku, protože neodjízděly prázdné paletky z posledního stanoviště linky. Díly nebyly z důvodu menšího počtu paletek dostatečně dlouhou dobu v Bufferu a dochlazovaly se na "Kontrolní stanici 1".
20 - 30 9:35 - 9:45	9	7	5	1	0	NOK: 1 nepolepený CP display Díly nebyly z důvodu menšího počtu paletek dostatečně dlouhou dobu v Bufferu a dochlazovaly se na "Kontrolní stanici 1".
30 - 40 9:45 - 9:55	10	9	10	0	0	Díly nebyly z důvodu menšího počtu paletek dostatečně dlouhou dobu v Bufferu a dochlazovaly se na "Kontrolní stanici 1".
40 - 50 9:55 - 10:05	9	5	5	0	1	Prodleva na šroubováku, operátor špatně založil díl. Díly nebyly z důvodu menšího počtu paletek dostatečně dlouhou dobu v Bufferu a dochlazovaly se na "Kontrolní stanici 1".
50 - 60 10:05 - 10:15	9	8	8	0	0	Prodleva byla zapříčiněna čekáním dílu na "Kontrolní stanici 1". Způsobeno nejspíš menším počtem paletek. Díl nestihne vychladnout v Bufferu, a tak se dochlazuje na KS1 (malý počet paletek).

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE (OK part / Target Build)	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minut	58	46	6,5%	3	7	11,7%	74,5%	78,3

Obrázek 17 - Run and Rate DC číslo 3 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace]

Přestože by měla dosahovat nejlepších výsledků výroba DC sestavy varianty velké levé není tomu tak. Lépe z pohledu Run and Rate dopadla menší z variant, která se vyráběla v rámci prvního měření produkce.

Při první zkoušce bylo vyrobeno 53 sestav, ze kterých byly všechny sestavy OK, to znamená, že procento zmetkovitosti je zde nulové. Ačkoliv byla první měřená výroba nejefektivnější, nebylo dosaženo požadovaného výsledku 58 zhotovených sestav. Z důvodu prostojů linka stála 8,3 % měřeného času. Prostoje byly způsobeny nejspíše malým počtem paletek v lince. Cycle Time zde dosáhl hodnoty 67,9 sekund.

Výsledky druhého testu byly ve srovnání s testem prvním horší. Bylo vyrobeno 52 sestav, z nichž třikrát došlo k nenalepení HB sestavy do oblasti CP. Tento problém vzniká tím, že manipulační robot, který nabírá HB sestavy, nebyl schopný nabrat flexi pásku, která slouží k připojení HB sestavu ke zdroji energie. Páska je potažena z důvodu ochrany jemnou fólií. Pokud fólie není dokonale nalepená a vytváří nerovnosti, přísavka na robotu není schopna pásku udržet, a tak dojde k chybě. Následně musí technik vstoupit do linky a HB sestavu z robota odebrat. Dále již není možná na DC sestavu nalepit jinou HB sestavu. Prodlevy způsobující nečinnost linky zde měly hodnotu 6,7 % a Cycle Time dosáhl hodnoty 69,2 sekundy.

Nejméně úspěšná byla třetí zkouška, kdy se vyrobilo 46 sestav. NOK sestavy zde tvořily 6,5 % a opět se jednalo o nenalepení HB sestavy do oblasti CP. Linka stála 11,7 % měřeného času. Největším důvodem prostojů byl problém s podáváním šroubů do šroubováku na stanici WP 01. Cycle Time byl v případě třetího Ran and Rate 78,3 sekund.

PRODUCTION TIME	TARGET BUILD	ACTUAL BUILD	REJECT RATE (%)	ACTUAL TOTAL REJECTS	ACTUAL TOTAL DOWNTIME (minutes)	DOWNTIME RATE (%)	OEE	ACTUAL Cycle Time (s)
60 minut	58	53	0,0%	0	5	8,3%	91,8%	67,9
60 minut	58	52	5,8%	3	4	6,7%	84,9%	69,2
60 minut	58	46	6,5%	3	3	11,7%	74,5%	78,3
Avarage		50,3	4,1%	2,0	4,0	8,9%	83,7%	71,8

Tabulka 6 - Výsledky Run and Rate na DC [vlastní tvorba]

7.3 Příprava materiálu

Dalším z hlavních faktorů, které vstupují do výrobního procesu, je vstupní materiál. Je důležité si uvědomit, zda jsou komponenty baleny efektivním způsobem, a jestli vybalování a transport materiálu na linku nezpomaluje celou produkci.

V následující tabulce je zaznamenán systém balení veškerého materiálu, který se při výrobě zpracovává. První z informací se týká počtu kusů v treji (přípravek, ve kterém jsou díly uloženy) nebo v boxu. Způsob uložení jednotlivých komponent se liší.

Některé díly jako například DC sestavy se ukládají přímo do boxů, kde přípravek zajišťující stabilní polohu je součástí boxu. Jiné komponenty se umísťují pouze do trejů, jedná se o díly, u kterých nedochází k tak náročnému transportu. Třetí skupinu dle způsobu balení tvoří díly, které se ukládají do trejů a následně i do boxů. Jde o díly, jejichž transport je poměrně náročný a dochází k časté manipulaci. Z tabulky také vyplývá kapacita palety (kolik kusů jednotlivých komponent se vejde na jednu paletu). Další důležitou informací je počet kusů, která lze do výroby objednat pomocí kanbanové karty. Materiál se objednává načtením čárového kódu z karty, kde je předvolena velikost objednávky. Posledními údaji v tabulce jsou rozměry trejů a boxů.

Název dílu	Počet ks/tray	Počet ks/box	Počet ks/paleta	Počet ks/kanban	Rozměry tray [mm]	Rozměry box [mm]
DC sestava VM Levá		2	24			990 x 600 x124
DC sestava VM Pravá		2	24			991 x 600 x124
DC sestava VV Levá		2	24			992 x 600 x124
DC sestava VV Pravá		2	24			993 x 600 x124
HB sestava FDC	2				650 x 500 35	
HB sestava CP VV Levá	2				650 x 500 35	
HB sestava CP VV Pravá	2				650 x 500 35	
HB sestava CP VM Levá	2				650 x 500 35	
HB sestava CP VM Pravá	2				650 x 500 35	
Ozdobný rám VM Levá	2		80	80	900 x 392 x 45	
Ozdobný rám VM Pravá	2		80	80	900 x 392 x 45	
Ozdobný rám VV Levá	2		80	80	900 x 392 x 45	
Ozdobný rám VV Pravá	2		80	80	900 x 392 x 45	
Rám levého ventilátoru Levá	10	100	2000	200		600 x 400 x 220
Rám levého ventilátoru Pravá	10	100	2000	200		600 x 400 x 220
Rám pravého ventilátoru Levá	10	100	2000	200		600 x 400 x 220
Rám pravého ventilátoru Pravá	10	100	2000	200		600 x 400 x 220
Lepidlo rámy						
Lepidlo skla						
Podpůrná osvětlovací deska FDC Levá	2	4	80	78		600 x 400 x 220
Podpůrná osvětlovací deska FDC Pravá	2	4	80	78		600 x 400 x 220
Podpůrná osvětlovací deska CP VV Levá	1	4	80	78		600 x 400 x 220
Podpůrná osvětlovací deska CP VV Pravá	1	4	80	78		600 x 400 x 220
Podpůrná osvětlovací deska CP VM Levá	1	4	80	78		600 x 400 x 220
Podpůrná osvětlovací deska CP VM Pravá	1	4	80	78		600 x 400 x 220
Šroub M2.5x8						
Silikon						
Ochranné sklo FDC	2	32	640	288		600 x 400 x 220
Displej FDC	1	16	320	288		600 x 400 x 220
Dotykový panel CP VV Levá	1	16	320	272		600 x 400 x 220
Dotykový panel CP VV Pravá	1	16	320	272		600 x 400 x 220
Displej CP VV	1	16	320	272		600 x 400 x 220
Dotykový panel CP VM Levá	2	32	640	288		600 x 400 x 220
Dotykový panel CP VM Pravá	2	32	640	288		600 x 400 x 220
Displej CP VM	2	32	640	288		600 x 400 x 220

Tabulka 7 - Balení vstupního materiálu [vlastní tvorba]

Další tabulka je zaměřena na časy spojené s vybalováním materiálu a následným transportem na linky. Pro každý typ materiálu bylo provedeno deset měření, z nichž

se vypočítal průměr, medián, nejkratší a nejdelší doba potřebná pro provedení konkrétní operace.

Z dat je vidět, že čas potřebný k vybalování dosahuje poměrně nízkých hodnot. Výjimku tvoří displeje. Časová náročnost vybalování displejů je dána typem trejů. Treje používá pro transport se liší od těch, které se vkládají do linky, proto je musí operátor vždy přeložit.

Co se týče transportu, jsou hodnoty poměrně nízké pro všechny typy vstupních komponent.

Název dílu	Vybalení [s]				Transport [s]			
	Průměr	Medián	Max	Min	Průměr	Medián	Max	Min
DC sestava VM Levá								
DC sestava VM Pravá								
DC sestava VV Levá								
DC sestava VV Pravá								
HB sestava FDC					27	26	32	23
HB sestava CP VV Levá					35	35	41	28
HB sestava CP VV Pravá					36	31	51	29
HB sestava CP VM Levá					35	34	42	29
HB sestava CP VM Pravá					35	36	40	29
Ozdobný rám VM Levá					24	24	29	21
Ozdobný rám VM Pravá					26	27	33	20
Ozdobný rám VV Levá					26	26	32	20
Ozdobný rám VV Pravá					26	25	31	22
Rám levého ventilátoru Levá	34	34	41	28	40	38	46	35
Rám levého ventilátoru Pravá	41	46	50	26	39	40	42	33
Rám pravého ventilátoru Levá	38	38	51	27	40	39	47	34
Rám pravého ventilátoru Pravá	42	43	56	25	38	36	44	31
Lepidlo rámy								
Lepidlo skla								
Podpůrná osvětlovací deska FDC Levá	36	34	49	25	23	23	31	17
Podpůrná osvětlovací deska FDC Pravá	23	22	41	3	23	20	29	19
Podpůrná osvětlovací deska CP VV Levá	30	31	39	19	25	26	34	18
Podpůrná osvětlovací deska CP VV Pravá	32	27	42	23	24	25	29	18
Podpůrná osvětlovací deska CP VM Levá	30	32	37	21	22	22	30	17
Podpůrná osvětlovací deska CP VM Pravá	33	27	48	23	25	24	33	17
Šroub M2.5x8								
Silikon								
Ochranné sklo FDC	59	58	72	43	33	33	38	28
Displej FDC	295	273	372	259	32	32	36	27
Dotykový panel CP VV Levá	53	52	63	43	34	34	40	29
Dotykový panel CP VV Pravá	56	53	70	44	37	39	41	32
Displej CP VV	336	316	401	286	36	35	45	28
Dotykový panel CP VM Levá	59	59	73	46	36	36	40	32
Dotykový panel CP VM Pravá	58	59	64	47	38	39	43	33
Displej CP VM	449	457	503	398	32	33	35	28

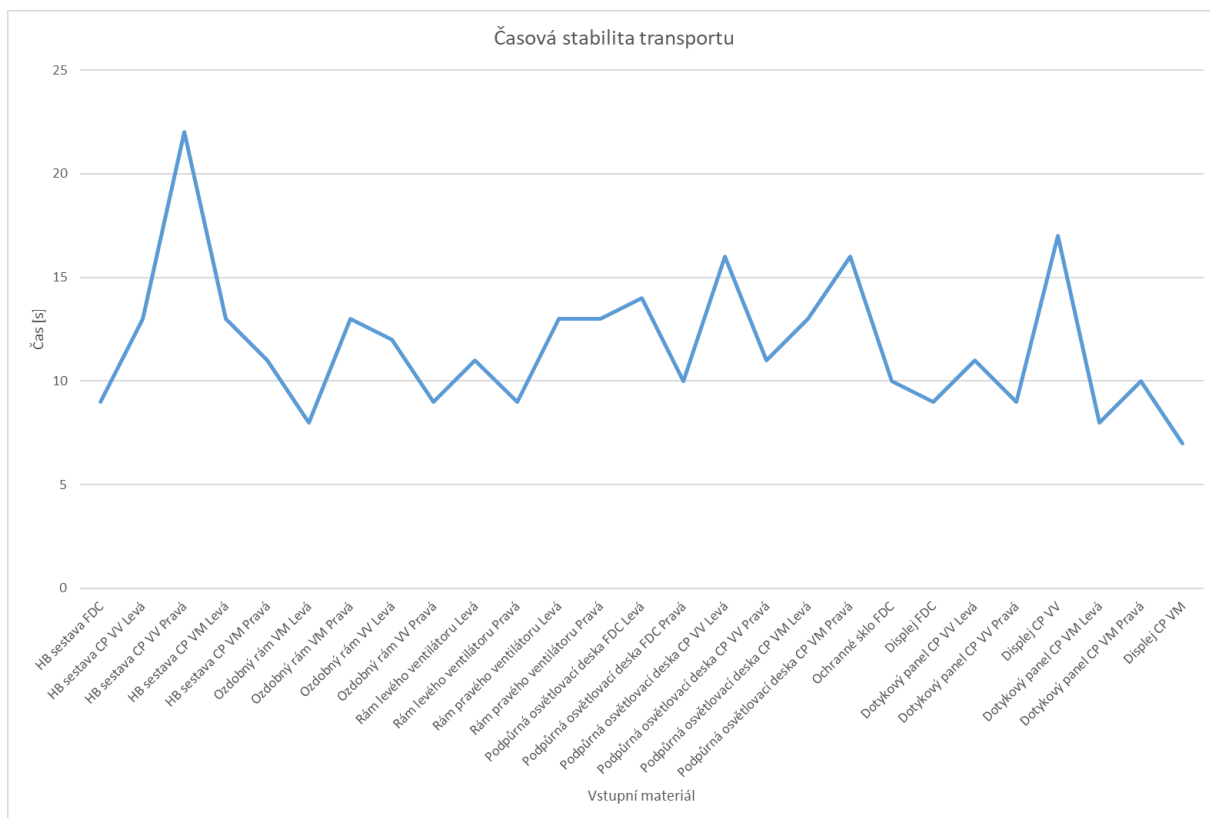
Tabulka 8 - Časová náročnost vybalování a transportu vstupního materiálu [vlastní tvorba]

Na obrázku 18 je zobrazen graf časové stability vybalování. V grafu je zachycen rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou změřenou pro vybalení jednotlivých komponent. Z grafu vyplývá, že je většina procesů poměrně stabilní s rozptylem do 40 sekund. Výjimkou jsou, již zmíněné displeje. Na vybalení displejů je potřeba více času, tedy i rozptyl hodnot je větší.



Obrázek 18 - Časová stabilita vybalování [vlastní tvorba]

Na obrázku 19 je zachycena časová stabilita transportu. Data časové stability byly opět vypočítány jako rozdíl maximální a minimální doby pro danou operaci. V tomto případě dochází k výchytkám okolo 20 sekund. Je potřeba si uvědomit, že tento proces je závislý na lidském faktoru. Proto lze tvrdit, že jde o velmi stabilní proces.



Obrázek 19 - Časová stabilita transportu [vlastní tvorba]

7.4 Kvalita procesu v rámci jednotlivých produktů

Závěrečné kapitola části měření se zaměřuje na kvalitu výroby jednotlivých variant produktů na obou výrobních linkách. Výrobní proces bude hodnocen na základě dat získaných za první tři měsíce roku 2022. Prvním ukazatelem je hodnota FPY (First Pass Yield) neboli výnos prvního průchodu procesem. Hodnota FPY udává množství výrobků, které projdou výrobním procesem bez závady. Dále bude vypočítán a znázorněn ukazatel OEE (Overall Equipment Effectiveness), který je nejpoužívanější výrobní statistikou podniků. Níže je vidět vztah pro výpočet ukazatele OEE, který byl použit ze zdroje [24]. OEE získáme jako součin dostupnosti (podíl skutečného a plánovaného času výroby), výkonu (podíl skutečného a plánovaného vyrobeného množství) a kvality (podíl počtu OK výrobků a počtu všech výrobků).

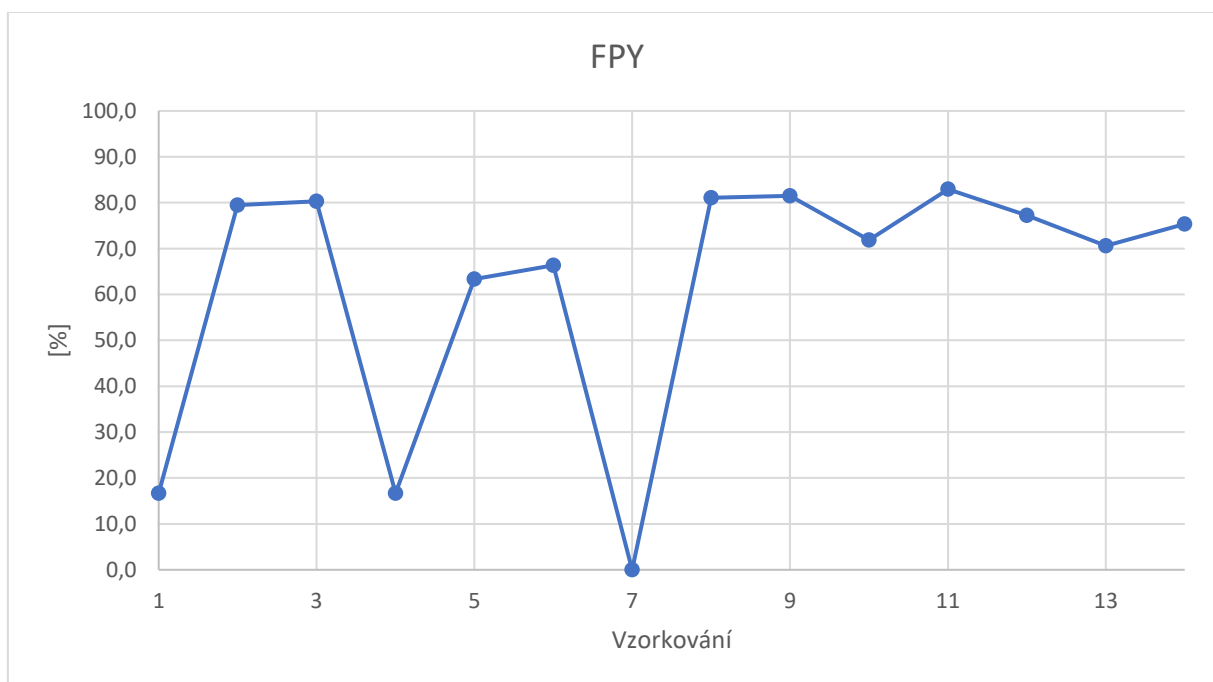
$$OEE = \frac{\text{Skuteč. čas výroby}}{\text{Plán. čas výroby}} * \frac{\text{Skutečné vyrob. množ.}}{\text{Plánované vyrob. množ.}} * \frac{\text{Počet OK vyr.}}{\text{Počet všech vyr.}} * 100 \%$$

U každého typu produktu budou vždy uvedeny nejčastější vady, se kterými se lze setkat. Právě vady produktu jsou součástí plýtvání ve výrobním procesu, které je popsáno v teoretické části diplomové práce.

7.4.1 DC sestava varianta malá levá

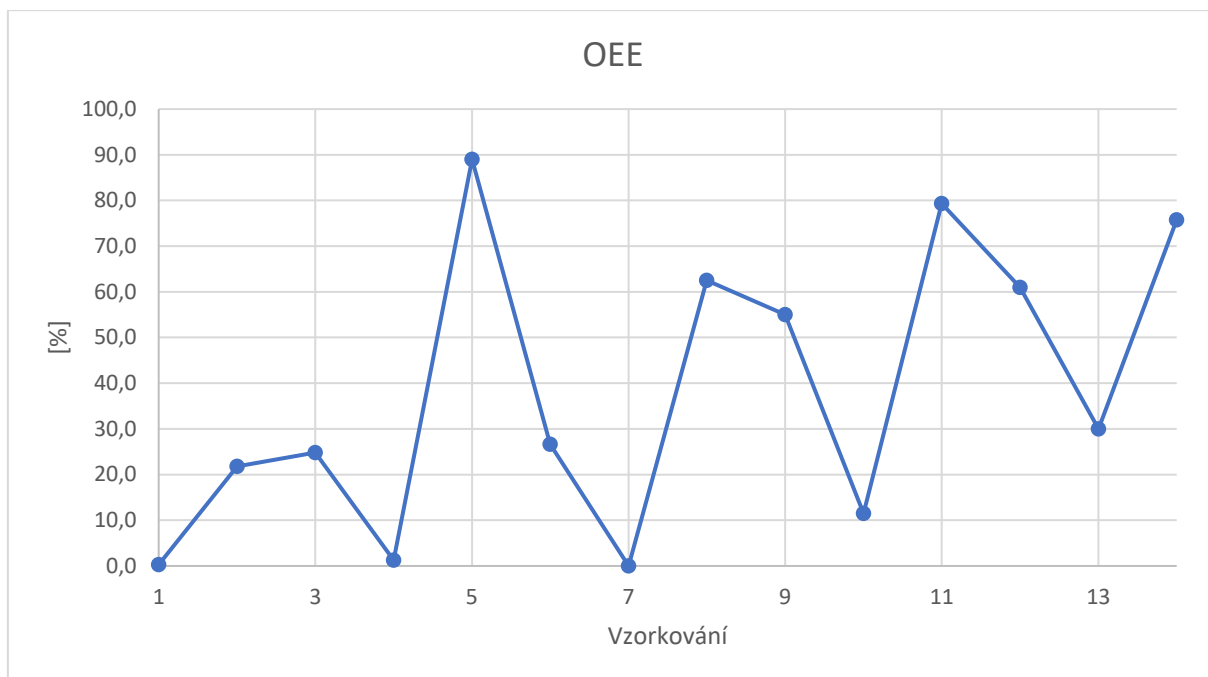
Prvním druhem analyzovaného produktu je DC sestava varianta malá levá. Jedná se o druhý nejčastěji vyráběný produkt na lince Display Closing hned po DC sestavě variantě velké levé. Za první tři měsíce roku se uskutečnilo 13 výrobních dní označených jako vzorkování.

Z grafu znázorňujícího FPY za jednotlivá vzorkování je vidět, že se hodnota FPY začala stabilizovat, což je patrné na hodnotách od 8 do 14 vzorkování, kdy linka pravidelně vyrábí s FPY, které se dosahuje 80 %. V první polovině grafu jsou však hodnoty dosti nevyrovnané. Jeden den je linka schopna vyrábět s celkem slušným FPY okolo 80 % a druhý den spadne FPY pod 20 %. Vlivů, které tyto výkyvy způsobily, mohlo být několik. Tím, že je linka stále ve fázi náběhu, mohlo dojít například ke změně výrobních parametrů při ladění jiného typu produktu.



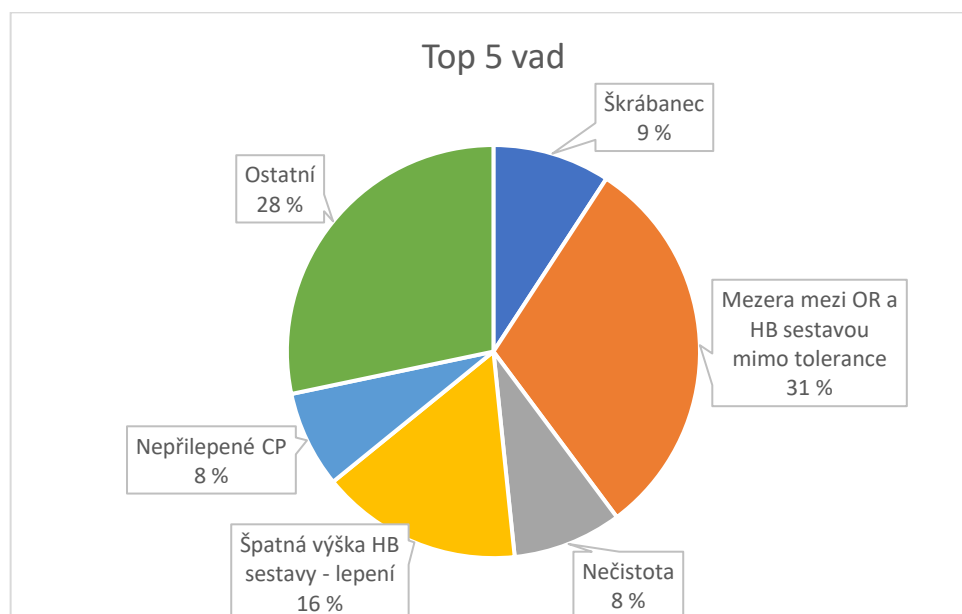
Obrázek 20 - FPY DC sestava VM L [vlastní tvorba]

Dalším ukazatelem, který je graficky znázorněn, je OEE. V tomto případě je z grafu vidět, že ukazatel OEE nabývá v jednotlivých výrobních dnech zcela odlišných hodnot. Při vzorkování číslo 5 bylo dosaženo OEE 90 %, což je velmi dobrý výsledek. Avšak výsledek OEE vzorkování 1, 4 a 7 je téměř nulový. Tyto data ukazují, že je proces výroby DC sestavy varianty malé levé nestabilní, a je tak prostor pro optimalizaci.



Obrázek 21 - OEE DC sestava VM L [vlastní tvorba]

Na dalším obrázku je výšečový graf znázorňující top 5 vad, které se na DC sestavě variantě malé levé vyskytují. Nejčastější vadou, která tvoří 31 % vad, je příliš velká mezera mezi ozdobným rámečkem a HB sestavou. Mezi nejčastější vady patří ještě špatná výška HB sestavy oproti výšce ostatních komponentů na sestavě (16 %), škrábanec na lakovaných prvcích (9 %), nepřilepená HB sestava do oblasti CP (8 %) a nečistota (8 %). 28 % tvoří ostatní vady.

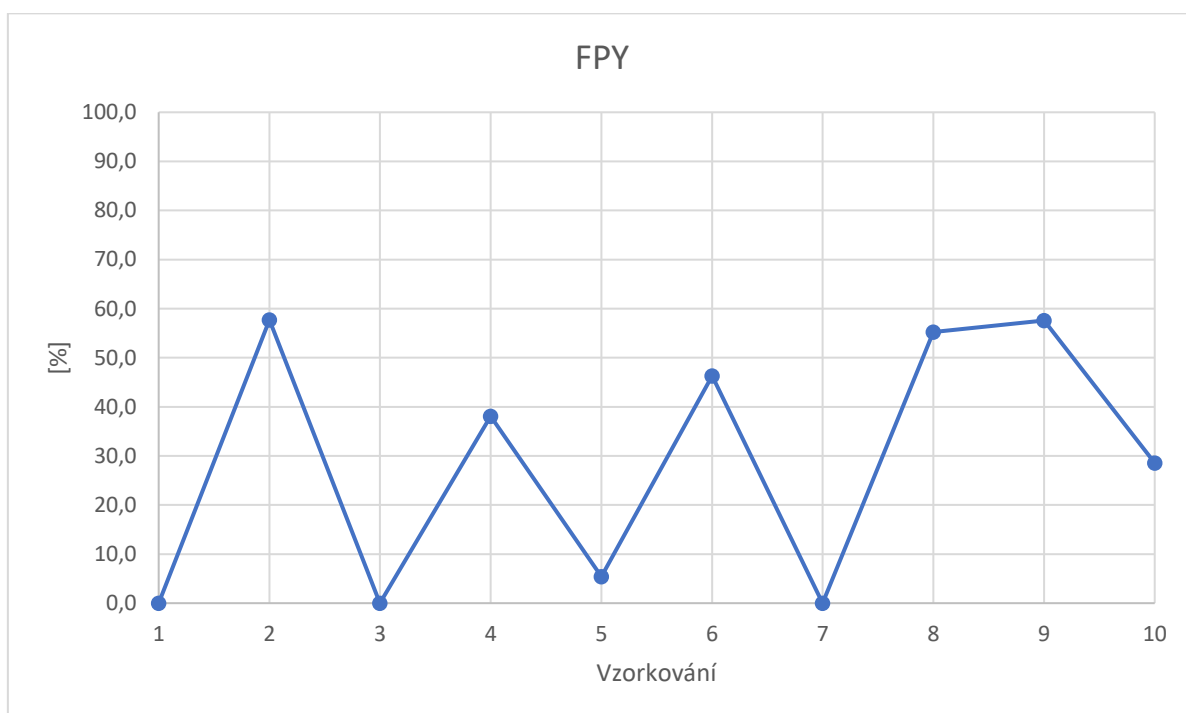


Obrázek 22 - Top 5 vad DC sestava VM L [vlastní tvorba]

7.4.2 DC sestava varianta malá pravá

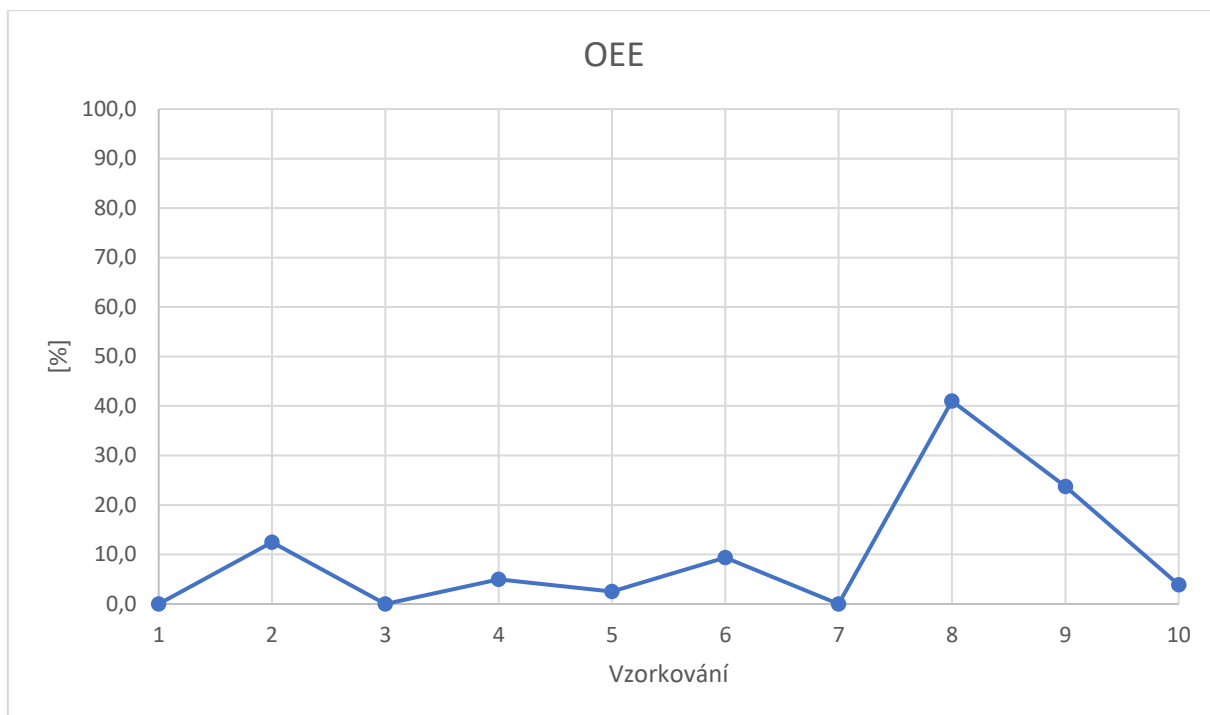
DC sestava varianta malá pravá je nejméně vyráběným produktem na lince Display Closing. V tomto případě nejsou analyzovány data za první 3 měsíce roku 2022, jedná se o všechna vzorkování, která byla na lince provedena.

Už z prvního grafu zobrazujícího FPY vyplývá, že výroba tohoto typu je v rané fázi. Maximální hodnoty FPY téměř 60 % dosáhla linka při vzorkování číslo 2. Nejslabších výsledků dosáhlo vzorkování 1, 3 a 7, kdy FPY mělo hodnotu 0 %. Z pohledu kvality vyráběných sestav je u tohoto typu velký prostor ke zlepšení.



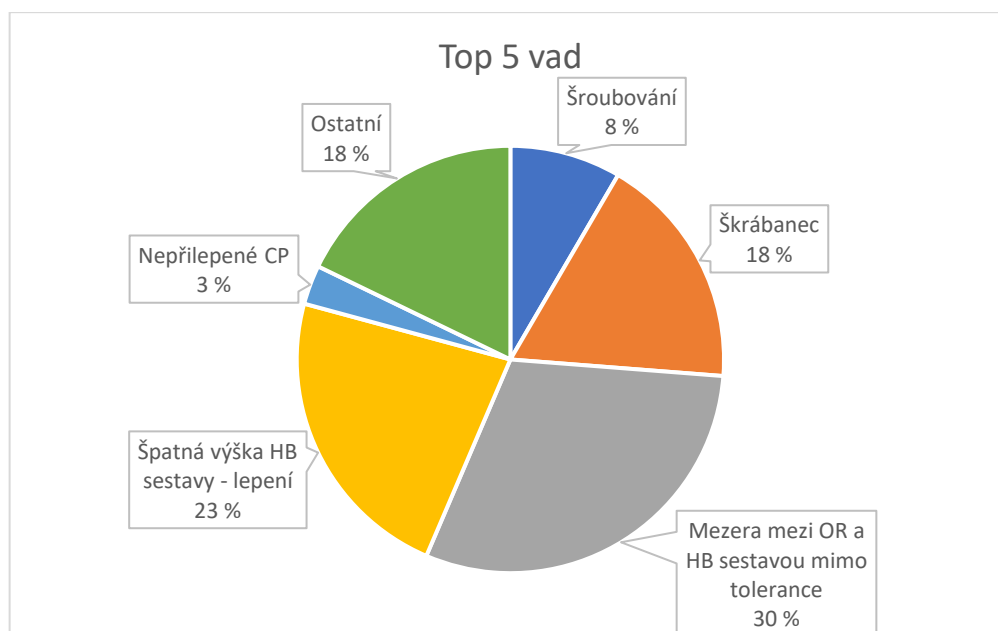
Obrázek 23 - FPY DC sestava VM P [vlastní tvorba]

Celková efektivita produkce DC sestavy varianty malé pravé je nízká, což je dobře vidět na následujícím grafu. Pouze dvakrát dosáhla výroba trochu vyšší hodnoty OEE, a to 42 % při vzorkování číslo 8 a 24 % při vzorkování číslo 9. Ve zbylých výrobních dnech se OEE pohybovalo na intervalu od 0 % do 10 %.



Obrázek 24 - OEE DC sestava VM P [vlastní tvorba]

Nejčastější vadou je v případě této varianty opět mezera mezi ozdobným rámem a HB sestavou (30 %). Druhou nejčastější vadou je výška HB sestavy oproti ostatním komponentům sestavy (23 %). K dalším významným vadám patří škrábanec (18 %), špatně sešroubované podpurné osvětlovací desky (8 %) a nenalepená HB sestava do oblasti CP (3 %).

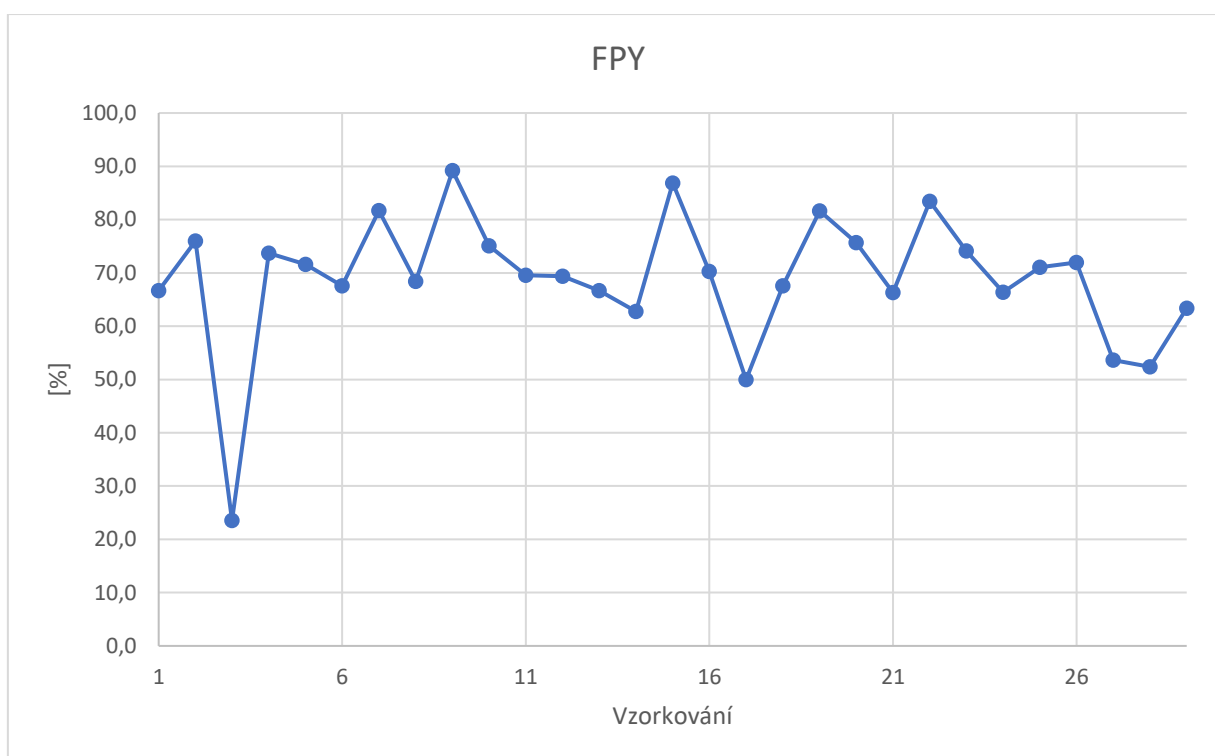


Obrázek 25 - Top 5 vad DC sestava VM P [vlastní tvorba]

7.4.3 DC sestava varianta velká levá

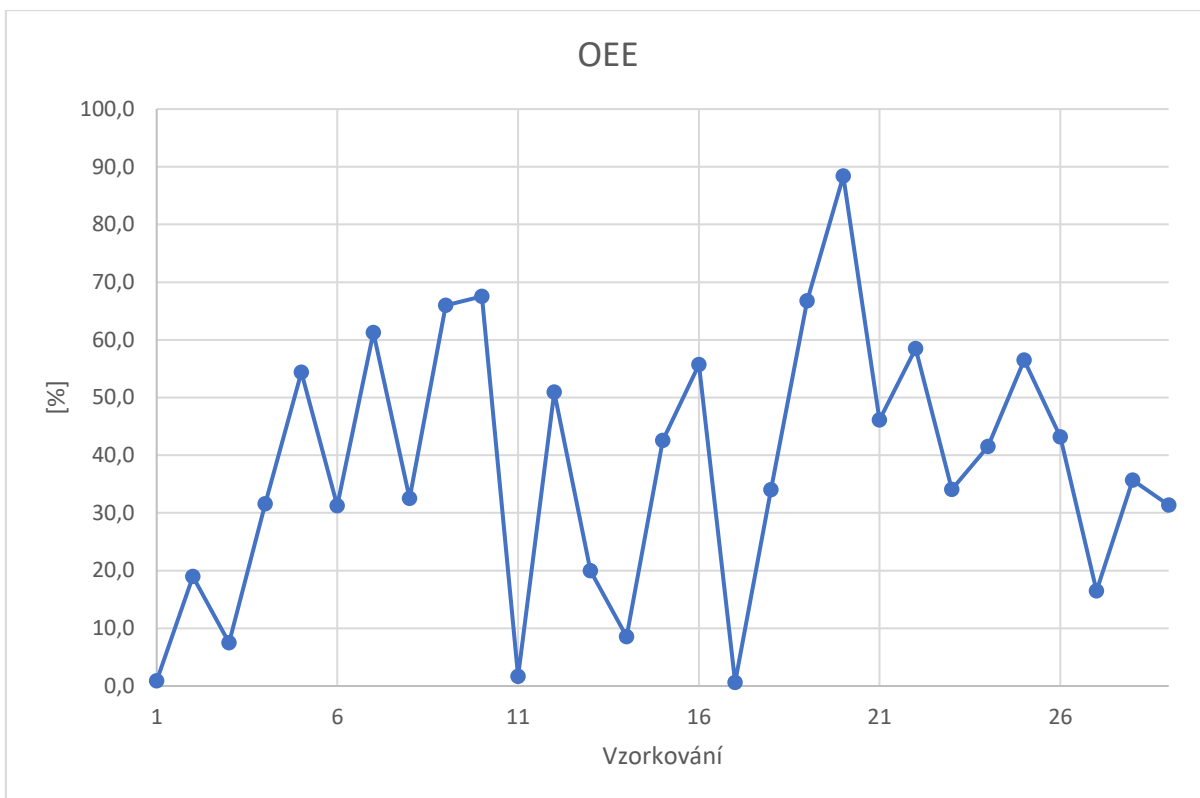
DC sestava varianta velká levá je nejčastěji vyráběným produktem na lince Display Closing. Tento produkt je již uvolněn do sériové výroby, avšak objem jeho produkce není stále dostačující. Zpracovaná data jsou získána z 29 výrobních dní za první 3 měsíce roku 2022.

Hodnota FPY dosahuje už poměrně stabilních hodnot okolo 70 %. Pouze ve čtyřech případech FPY spadlo na hodnoty nižší než 60 %. Dvakrát se tato hodnota přiblížila k 90 %, což je optimum. Výrobní proces z pohledu FPY již vypadá v tomto případě stabilně a ve srovnání s ostatními variantami dosahuje poměrně vysokých hodnot. Avšak u výrobního procesu, který má dosahovat sériových parametrů, je stále potřeba zlepšit kvalitu vyráběných kusů.



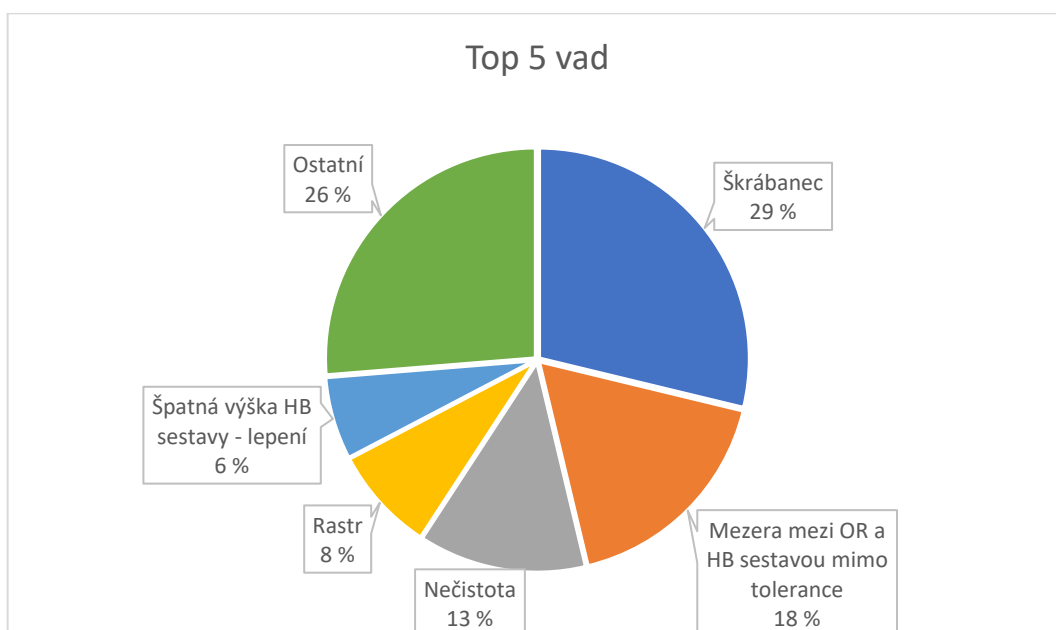
Obrázek 26 - FPY DC sestava VV L [vlastní tvorba]

Na dalším grafu je znázorněn ukazatel OEE pro DC sestavu variantu velkou levou. Opět dochází k poměrně velkým výkyvům hodnot. Nejvyšší hodnota OEE, kterou linka dosáhla, byla téměř 90 %. Ve dvou případech byla hodnota 0 %, což zapříčinila porucha linky. Ve většině případů se OEE pohybovalo na intervalu od 30 % do 60 %.



Obrázek 27 - OEE DC sestava VV L [vlastní tvorba]

Nejčastější vadou u DC sestavy varianty velké levé je škrábanec, který tvoří 29 % vad. Dále k nejčastějším vadám patří mezera mezi ozdobným rámem a HB sestavou (18 %), nečistota (13 %), špatná poloha displeje vůči sklu neboli rastr (8 %) a příliš vysoká poloha HB sestavy oproti ostatním komponentům (6 %).

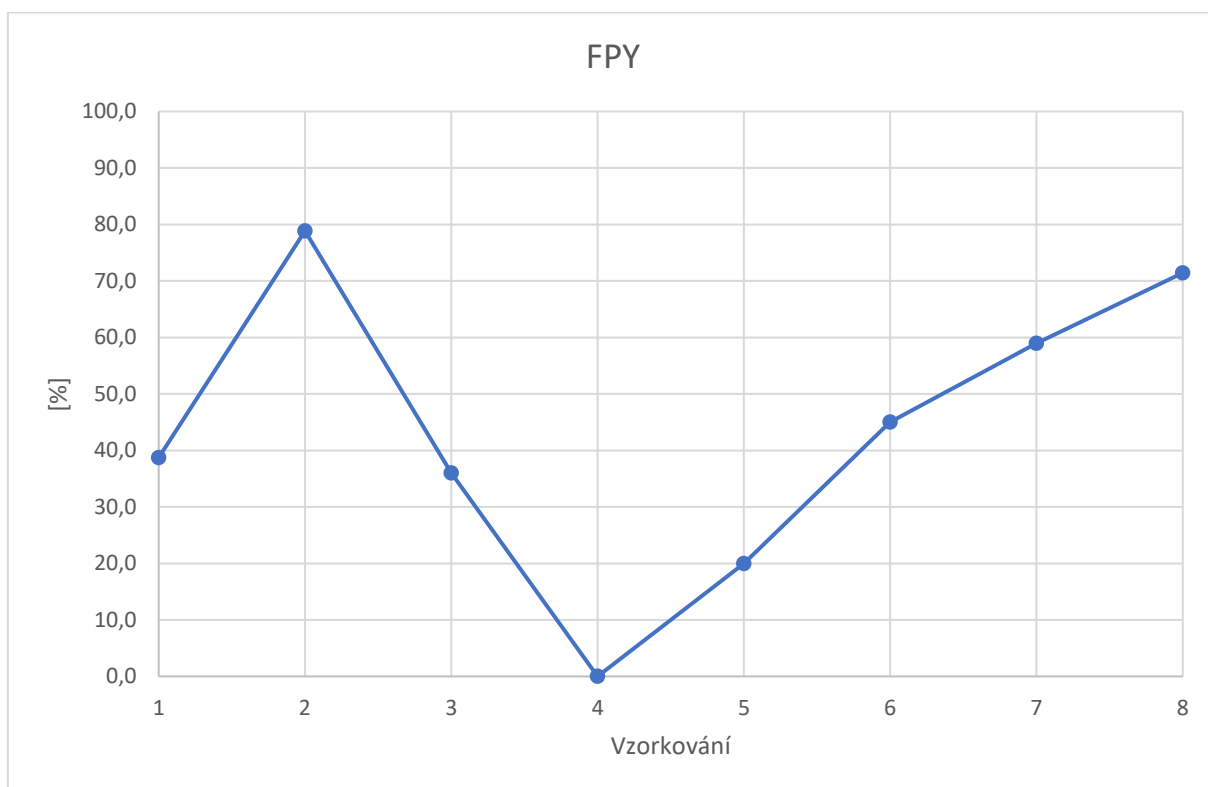


Obrázek 28 - Top 5 vad DC sestava VV L [vlastní tvorba]

7.4.4 DC sestava varianta velká pravá

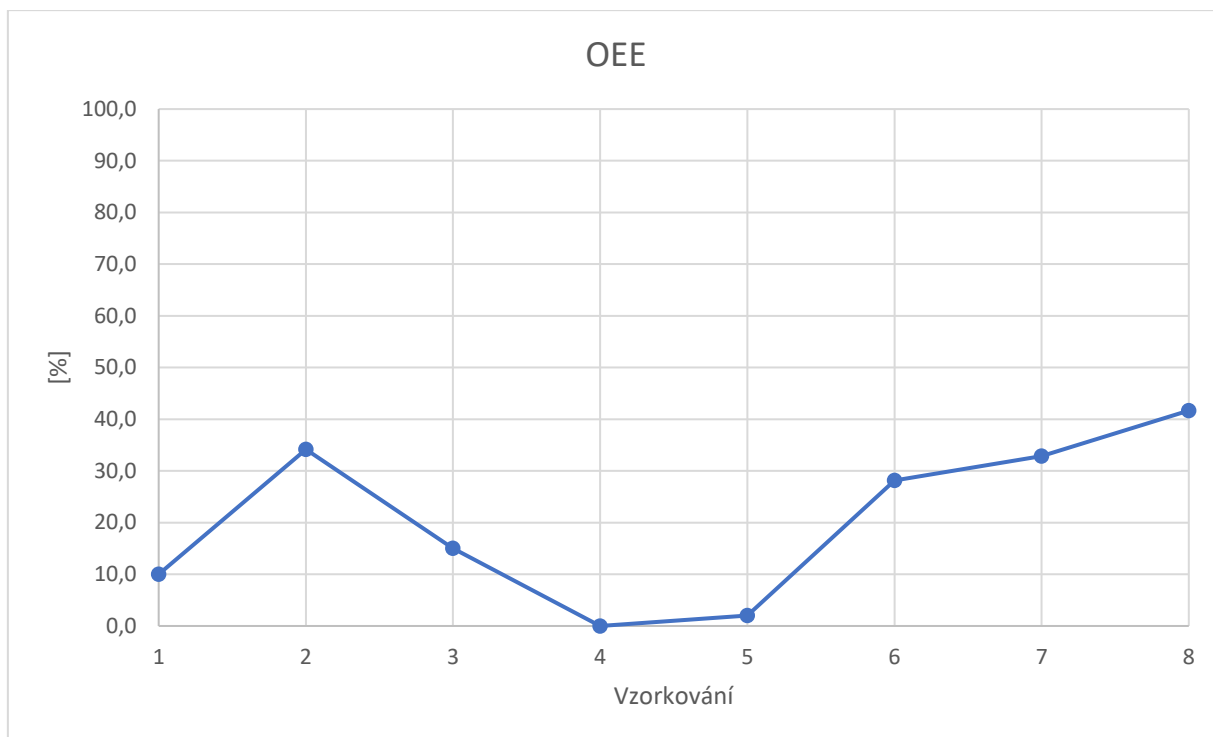
Poslední ze čtyř vyráběných produktů na lince Display Closing je DC sestava varianta velká pravá. Přístrojové desky tohoto typu určené pro vozidla řízená vpravo, jsou na této lince stále v počáteční fázi. Data zobrazena v následujících grafech pochází od začátku projektu až po konec března 2022.

Níže je vidět procento FPY za jednotlivé výrobní dny. V porovnání s ostatními typy DC sestav zde kvalita prvního kusu nedosahuje až tak špatných výsledků. Ve dvou případech se tato hodnota dostala přes 70 %. Při vzorkování číslo 4 bylo FPY 0 %, což zapříčinila zejména porucha linky.



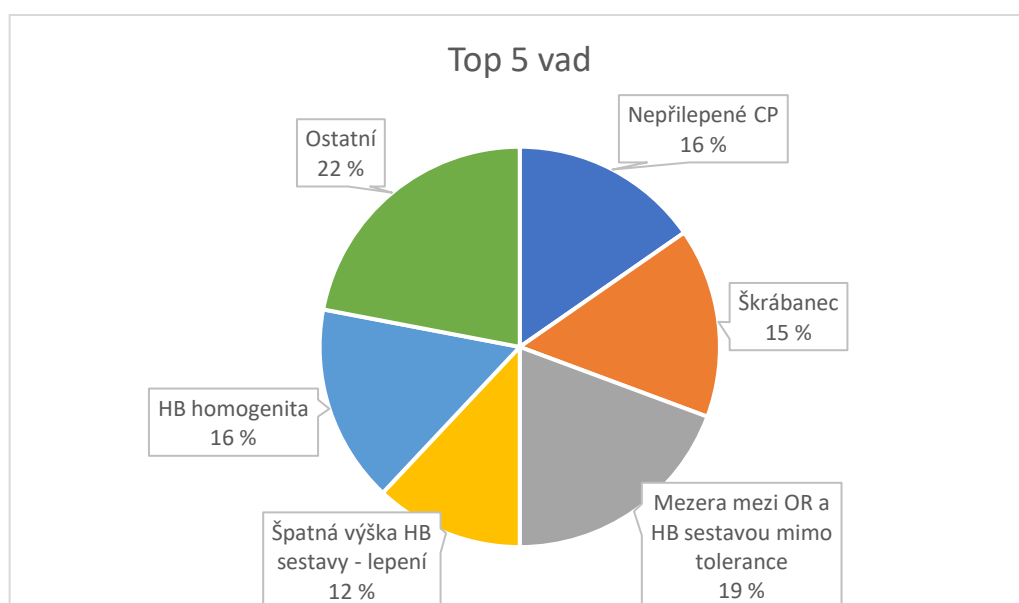
Obrázek 29 - FPY DC sestava VV P [vlastní tvorba]

Hodnoty OEE jsou oproti levým variantám nízké. To je ale zapříčiněno tím, že na vyráběné objemy pravých variant není zatím takový tlak ze strany zákazníka. Přesto DC sestava varianta velká pravá dosahuje lepší výsledků OEE než menší pravá verze. V jednom případě OEE překonalo dokonce hodnotu 40 %. Nejslabší výrobní efektivitu mělo vzorkování 4 a 5.



Obrázek 30 - OEE DC sestava VV P [vlastní tvorba]

Nejvýznamnější vady jsou opět znázorněny na výšečovém grafu níže. Zajímavá je zejména vada spojená s homogenitou HB sestavy (16 %). Homogenita udává, kolik procent černé barvy na displeji je opravdu černá. Velký vliv na tuto vadu má například průhyb ochranného skla na displeji. K dalším vadám patří mezera mezi ozdobným rámem a HB sestavou mimo tolerance (19 %), nepřilepená HB sestava do oblasti CP (16 %), škrábanec (15 %) a výška HB sestavy mimo toleranci oproti ostatním komponentám (12 %).

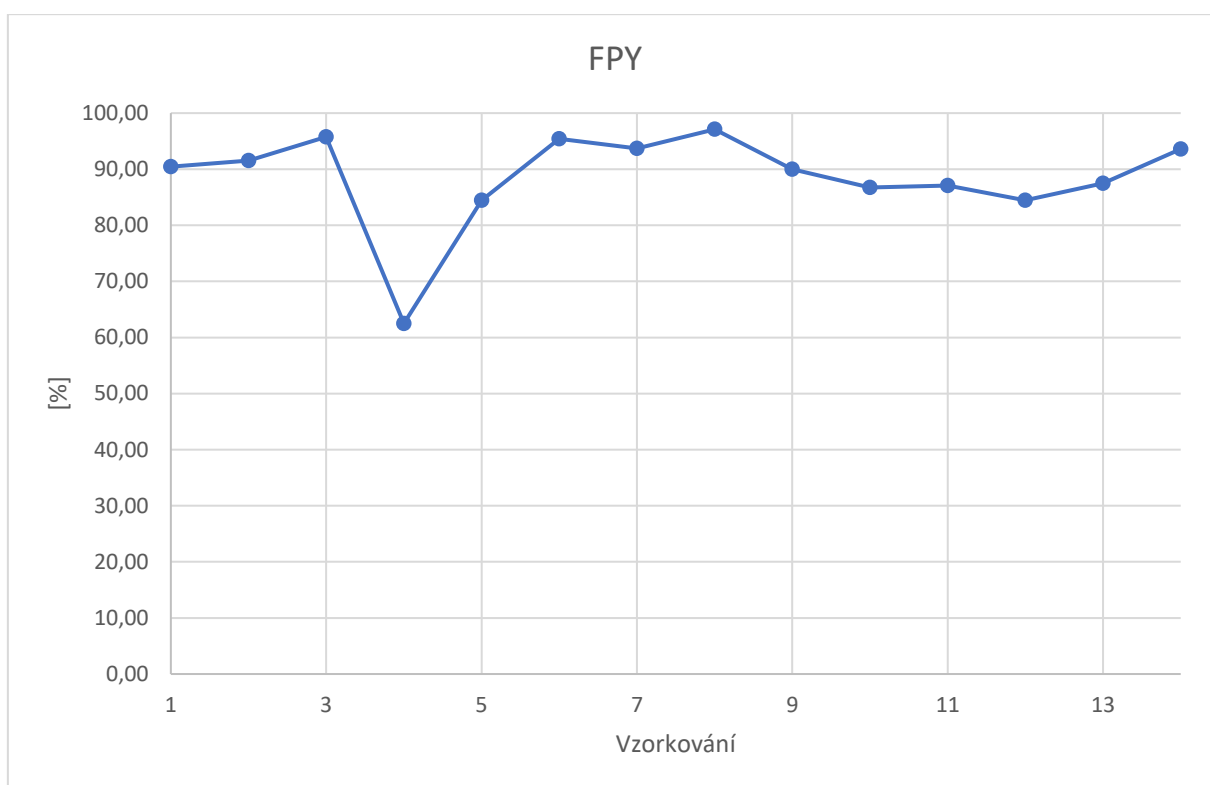


Obrázek 31 - Top 5 vad DC sestava VV P [vlastní tvorba]

7.4.5 HB sestava FDC

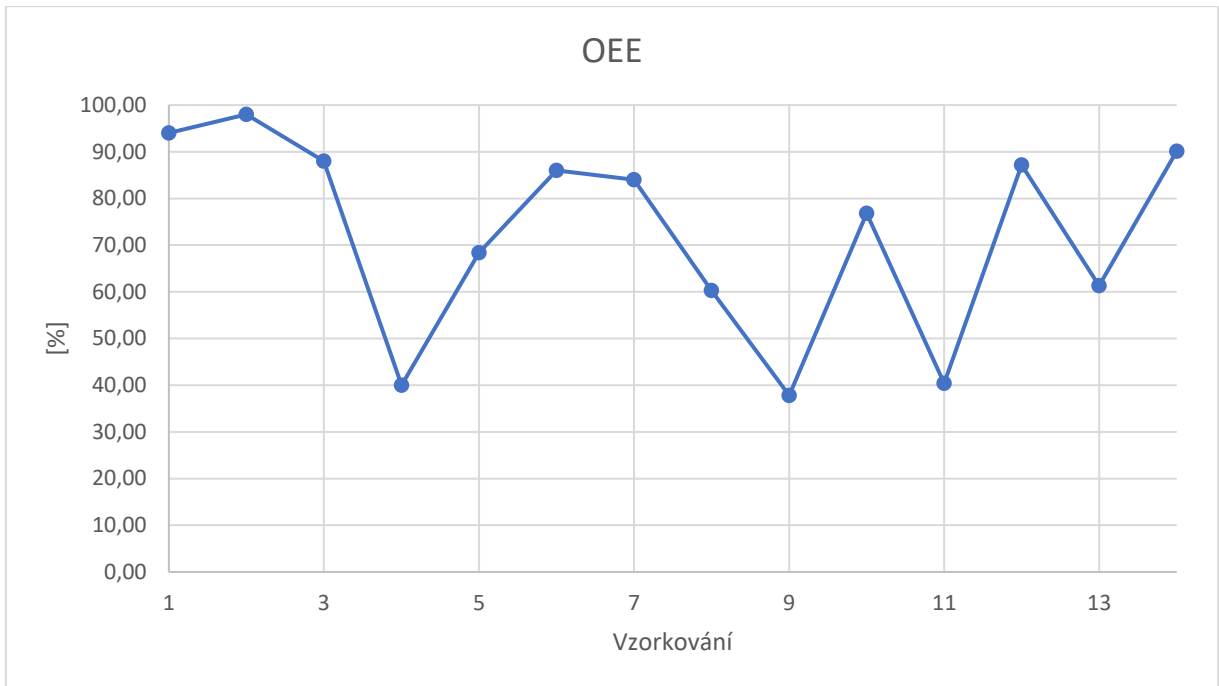
Prvním analyzovaným produktem na lince Hybrid Bonding je HB sestava FDC. Jedná se nejstabilnější výrobek na této lince, a to hlavně díky svému tvaru, který je pro používanou technologii přívětivější než jiné varianty HB sestav. V případě HB sestavy FDC jsou analyzována data získaná za první 3 měsíce roku 2022.

Na následujícím obrázku je graficky znázorněn ukazatel FPY za jednotlivé výrobní dny. Z grafu vyplývá, že se jedná o nejstabilnější produkt z obou linek. FPY se neustále pohybuje okolo hranice 90 %. Pouze při čtvrtém výrobním dni letošního roku hodnota spadla téměř na 60 %. Na této statistice je vidět, že produkce HB sestavy FDC má poměrně vysokou kvalitu.



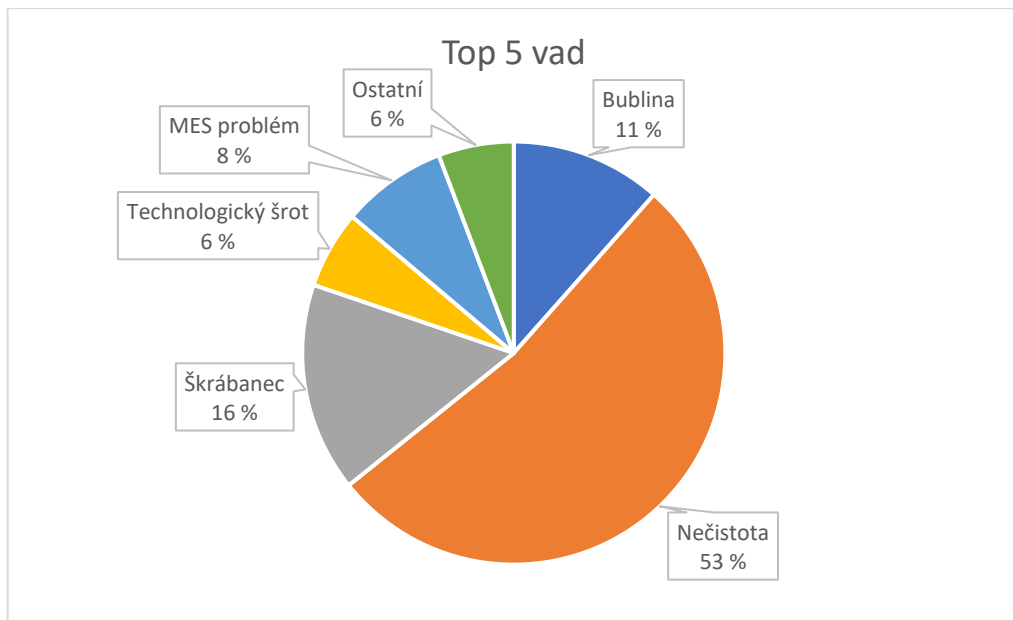
Obrázek 32 - FPY HB sestava FDC [vlastní tvorba]

Na dalším obrázku je znázorněn ukazatel OEE. V porovnání s FPY jsou hodnoty poněkud nižší, a to hlavně z toho důvodu, že OEE je daleko komplexnější. Lze tedy tvrdit, že i přestože je kvalita prvního vydaného kusy vysoká, celý proces není zcela efektivní. Ovšem i tak je výrobní proces HB sestavy FDC nejkvalitnější. Maximální hodnota denního OEE dosáhla téměř 100 %. Ve třech výrobních dnech klesl tento ukazatel až na 40 %.



Obrázek 33 - OEE HB sestava FDC [vlastní tvorba]

Nejčastější vadou v případě HB sestavy FDC jsou nečistoty, které se vyskytují v 53 % vad. Tato vada je způsobena zejména nedostatečně provedenou údržbou nebo nedodržením pravidel čisté výrobní zóny. K dalším častým vadám patří škrábanec (16 %), bublina (11 %), MES problém (8 %) a technologický šrot (6 %). Zbýlých 6 % tvoří ostatní druhy vad.

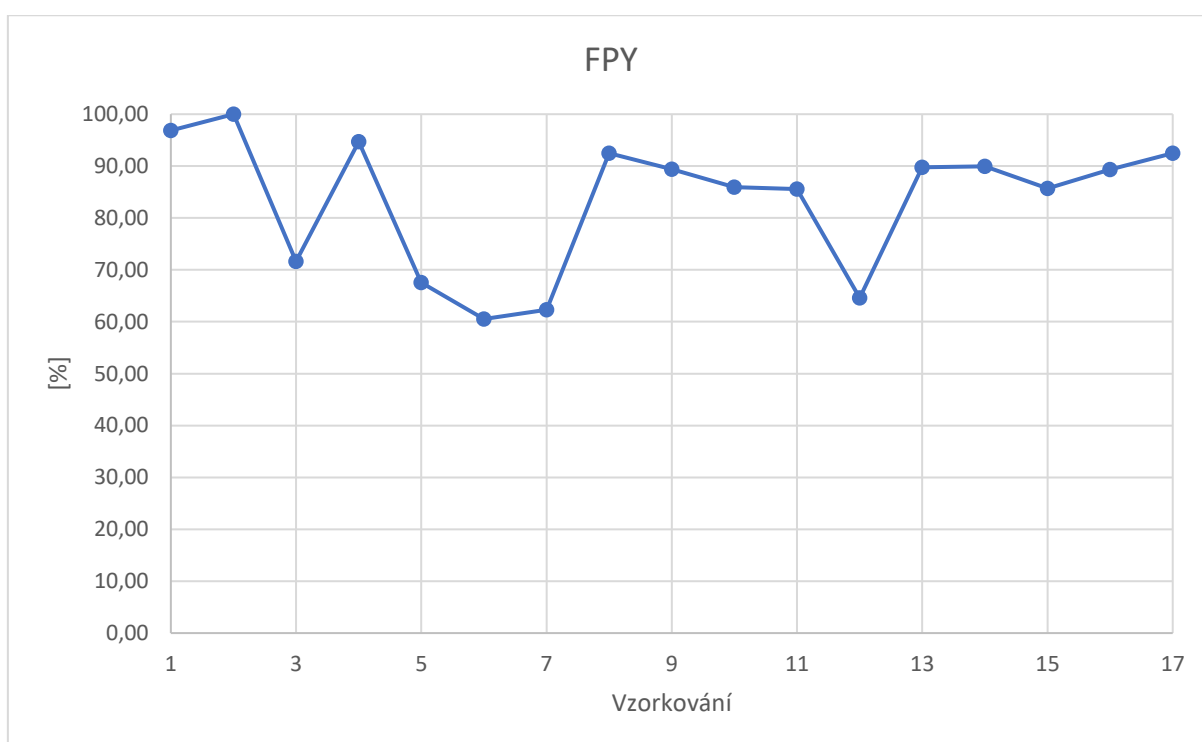


Obrázek 34 - Top 5 vad HB sestava FDC [vlastní tvorba]

7.4.6 HB sestava CP varianta malá levá

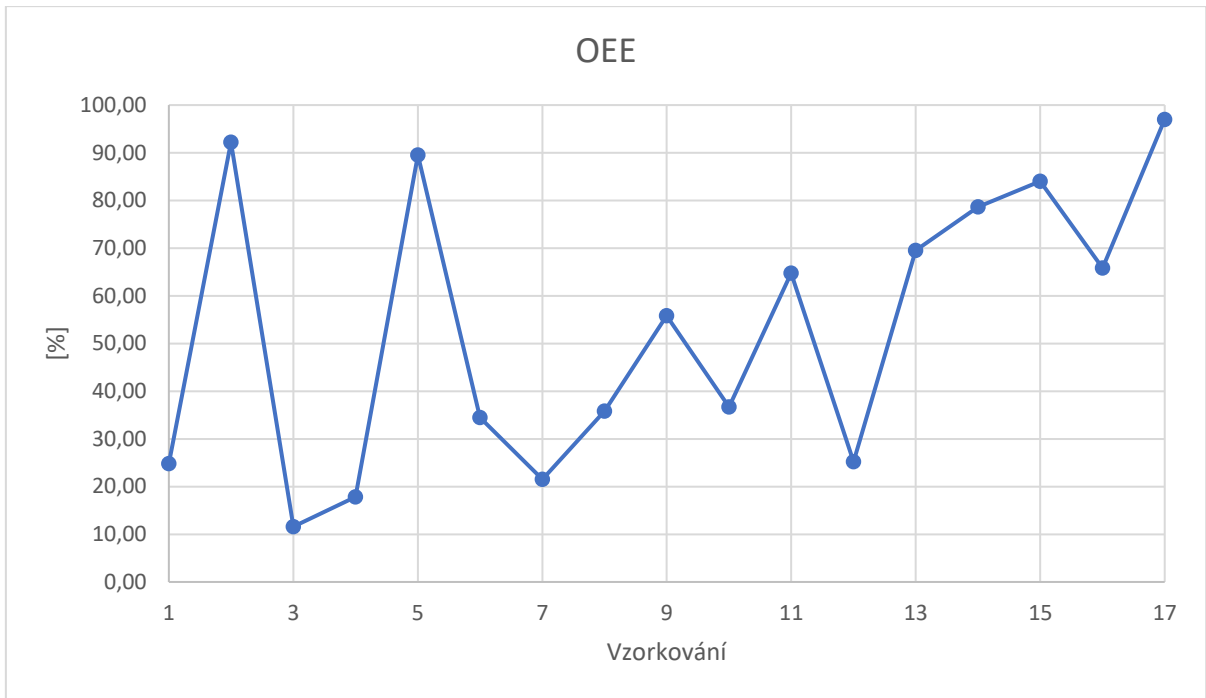
Další výrobkem na lince Hybrid Bonding je HB sestava CP varianta malá levá. V případě tohoto produktu budou opět analyzovány data za první 3 měsíce roku 2022.

Produkt je z kvalitativního hlediska na velmi dobré úrovni, o čemž svědčí i ukazatel kvality prvního vyndaného kusu FPY. V posledních deseti vzorkovacích dnech se proces kvalitativně stabilizoval a hodnota FPY se pohybuje okolo 90 %. Pouze jednou klesla na 65 %. Na začátku roku 2022 FPY dosáhlo dokonce 100 %, ale následně došlo k poklesu kvality.



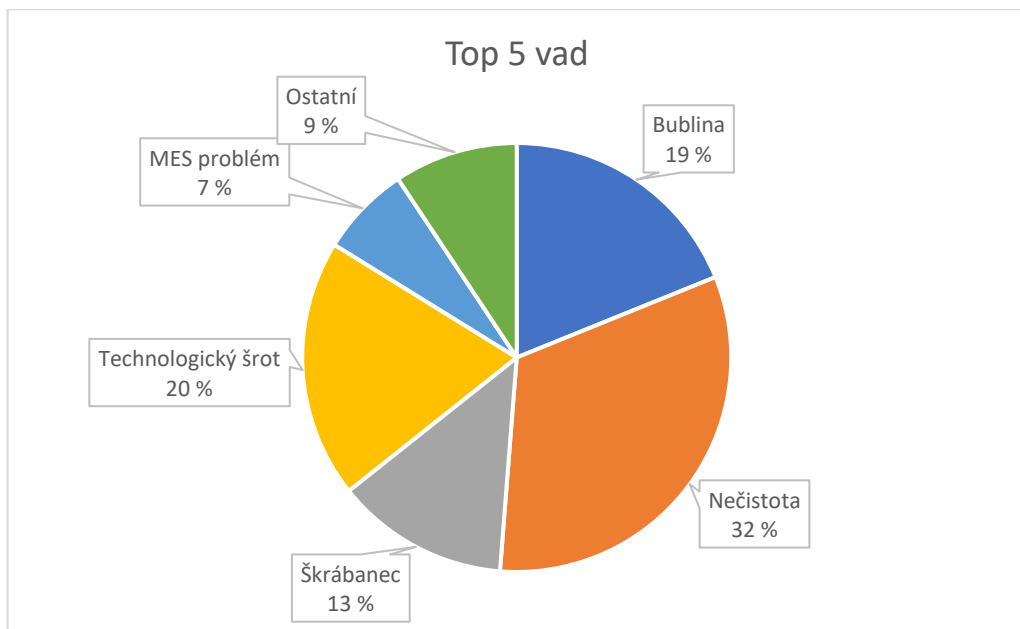
Obrázek 35 - FPY HB sestava CP VM L [vlastní tvorba]

Dále znázorněn ukazatel OEE, u kterého dochází k velkým výkyvům. Jeden den linka vyrábí s OEE 90 % a další den tato hodnota spadne na 10 %. Ač je zde kvalita procesu poměrně vysoká, tak výkon a dostupnost není optimální. Mírné zlepšení je vidět v poslední pěti vzorkovacích dnech, kdy se hodnota OEE pohybuje na intervalu mezi 65 % a 85 %, což už je velmi dobrý výsledek. V posledním výrobním dni za toto období bylo OEE přes 95 %.



Obrázek 36 - OEE HB sestava CP VM L [vlastní tvorba]

Nejčastější vadou je zde, jako i v případě HB sestavy FDC, nečistota, které se vyskytla u 32 % nevyhovujících sestav. Dále následují vady jako technologický šrot (20 %), bubliny (19 %), škrábance (13 %) a MES problém (7 %). Ostatní druhy vad tvoří 9 % z celkového počtu NOK sestav.

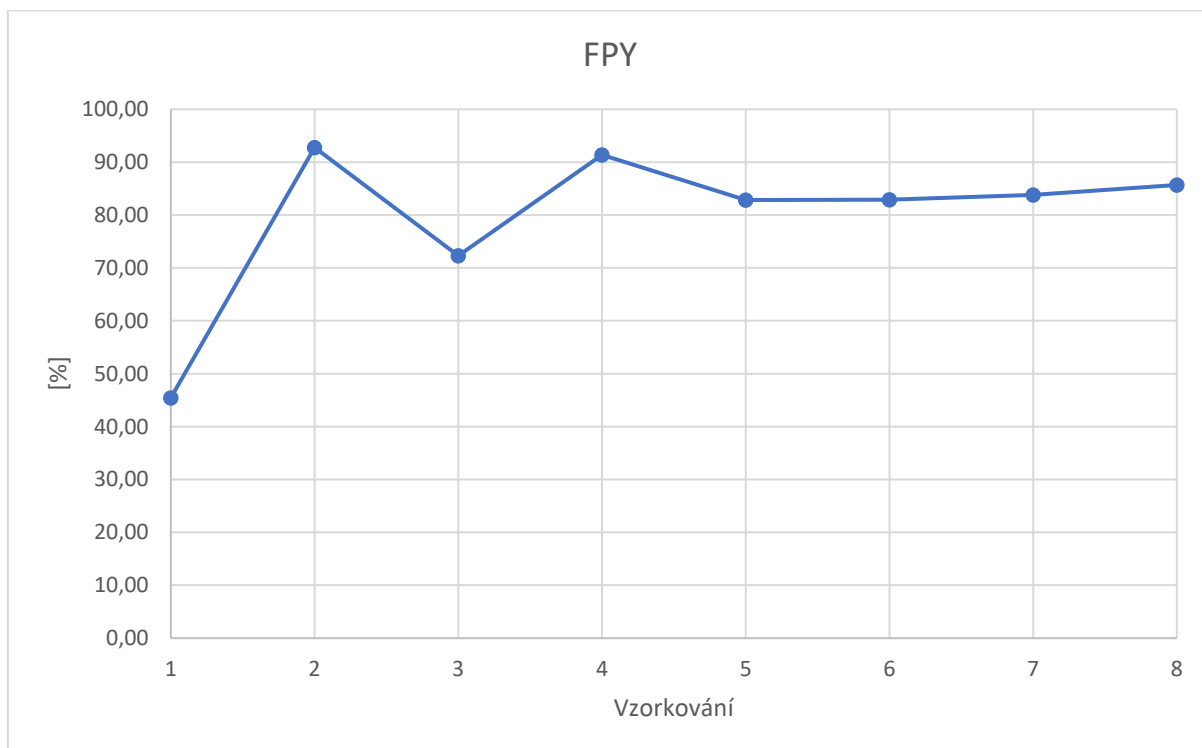


Obrázek 37 - Top 5 vad HB sestava CP VM L [vlastní tvorba]

7.4.7 HB sestava CP varianta malá pravá

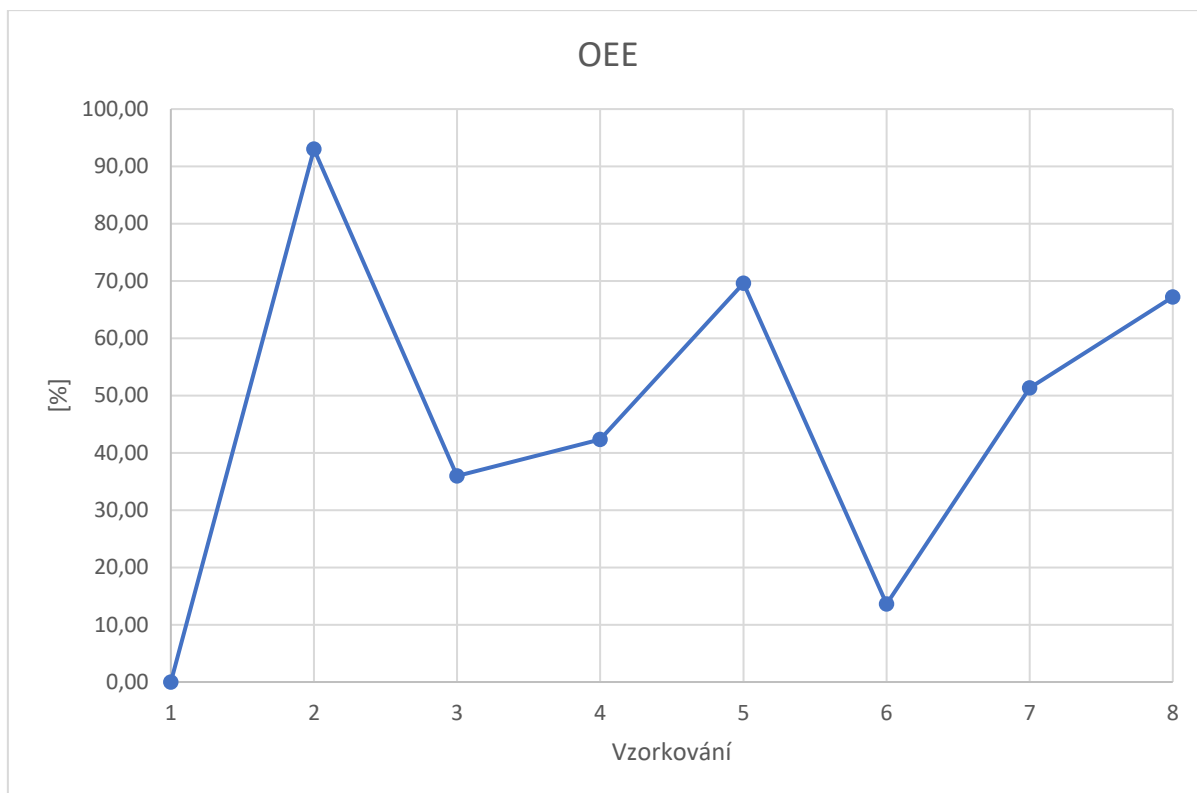
Výroba HB sestav, které jsou určeny pro vozidla s řízením vpravo, dosahuje daleko lepších výsledků, než je tomu u pravých variant DC sestav na lince Display Closing. Výrobní proces na lince Hybrid Bonding není tolik citlivý na změnu orientace HB sestavy, proto není ladění na pravých variant tak náročné a nestabilní.

Ukazatel FPY se pohybuje nad 80 %. Pouze první vzorkování roku 2022 se setkala s poměrně velkou nekvalitou, kdy ukazatel FPY byl pouze 45 %. Následně už FPY nekleslo, až na jednu výjimku, pod již zmiňovaných 80 %.



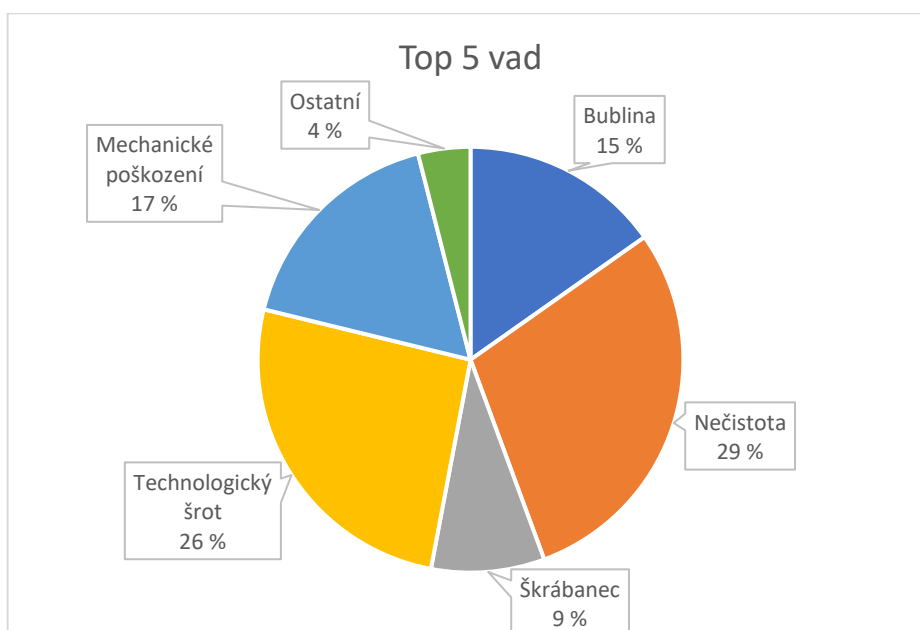
Obrázek 38 - FPY HB sestava CP VM P [vlastní tvorba]

Komplexní statistika OEE je graficky znázorněna na dalším obrázku. Opět dochází k poměrně velkým výkyvům hodnot. U prvního vzorkování bylo OEE dokonce 0 %. Velmi nízkou hodnotu měla tato charakteristika taky při šestém vzorkování (15 %). Nejvyšší dosažená hodnota byla 95 %. Zbylé výrobní dny se OEE pohybovalo na intervalu od 30 % do 70 %.



Obrázek 39 – OEE HB sestava CP VM P [vlastní tvorba]

Největší podíl mají mezi vadami opět nečistoty, která tvoří téměř jednu třetinu z celkového počtu vad (29 %). Další vad s vysokým procentem výskytu je technologický šrot (26 %). Následují vady jako mechanické poškození (17 %), bublina (15 %) a škrábanec (9 %). Ostatní vady tvoří u této HB sestavy pouhá 4 %.

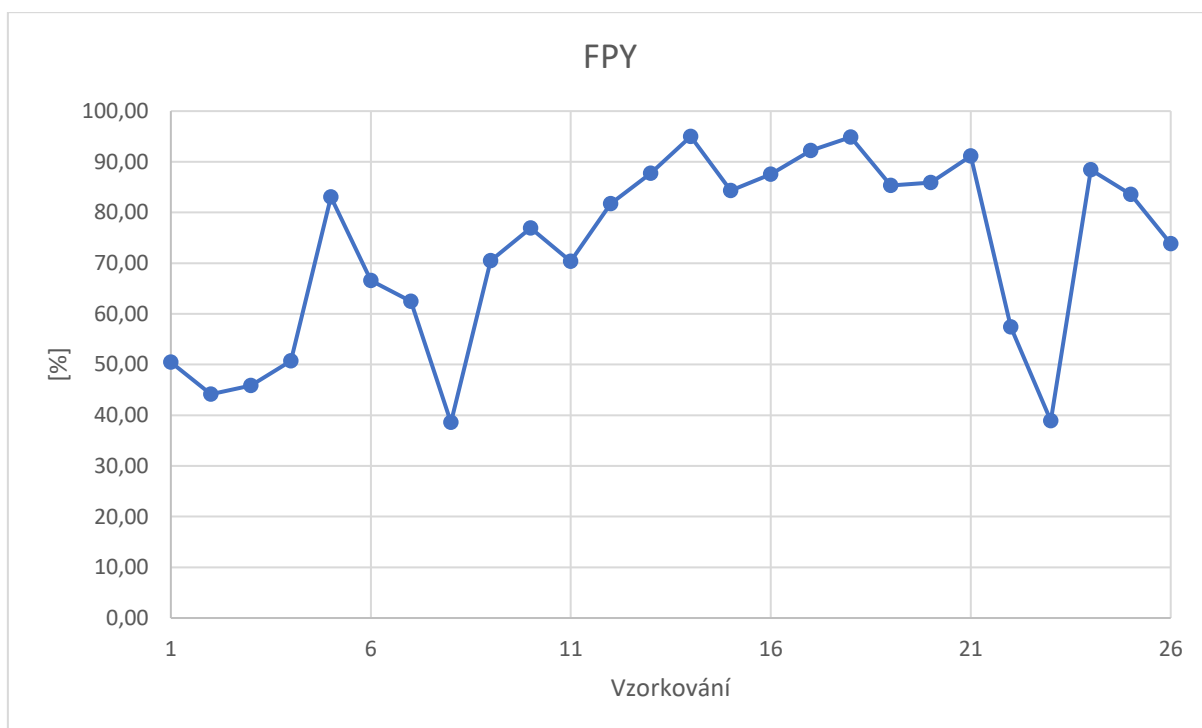


Obrázek 40 - Top 5 vad HB sestava CP VM P [vlastní tvorba]

7.4.8 HB sestava CP varianta velká levá

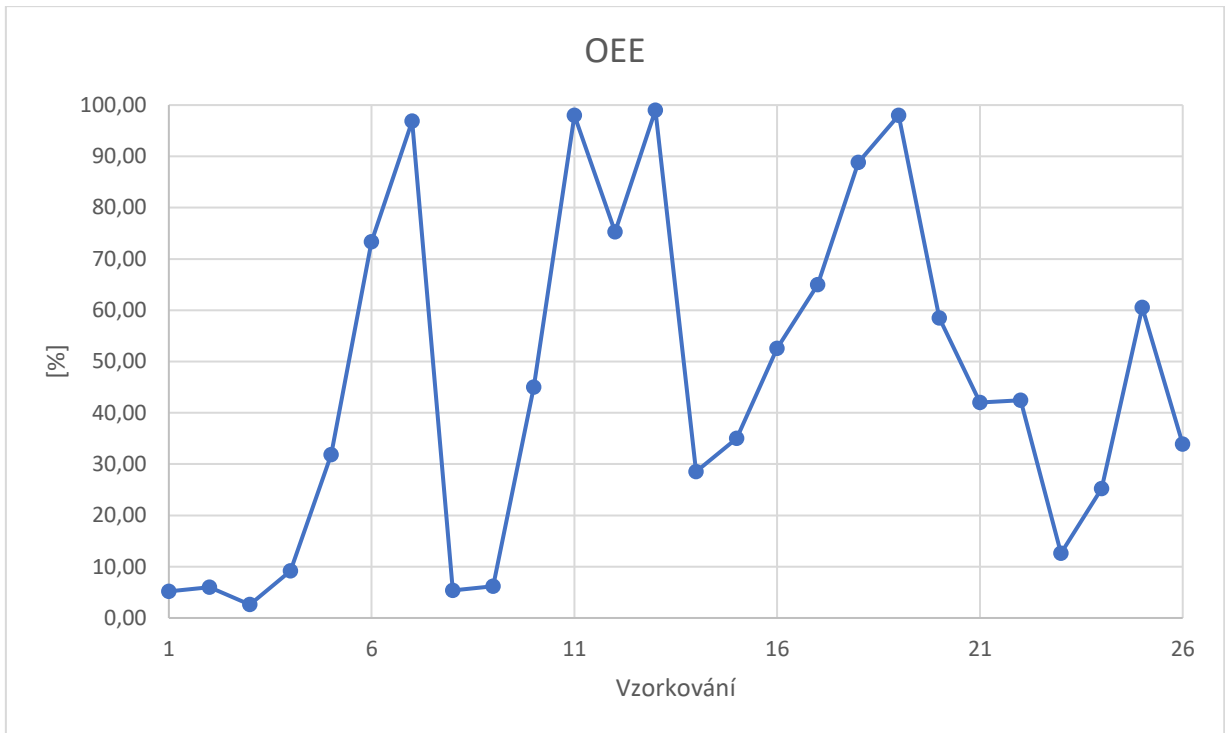
HB sestava CP varianta velká levá je nejčastěji vyráběným produktem na lince Hybrid Bonding. Tento fakt je zapříčiněn zejména tím, že tato varianta je díky svému tvaru procesně náročnější. Velká plocha displeje způsobuje, že před laminací častěji dochází k nerovnoměrnému nanesení silikonu, a tak vzniká větší množství bublin. Proto patří bubliny k nejčastějším vadám u této varianty.

Na obrázku níže je vidět charakteristika FPY. V porovnání s ostatními produkty vyráběnými na lince Hybrid Bonding jsou k vidění větší výkyvy hodnot. Tento jev je způsoben určitě větším množstvím dat a zároveň velkým výskytem bublin. Nejnížší hodnoty jsou pod 40 % a nejvyšší se pohybují okolo 95 %.



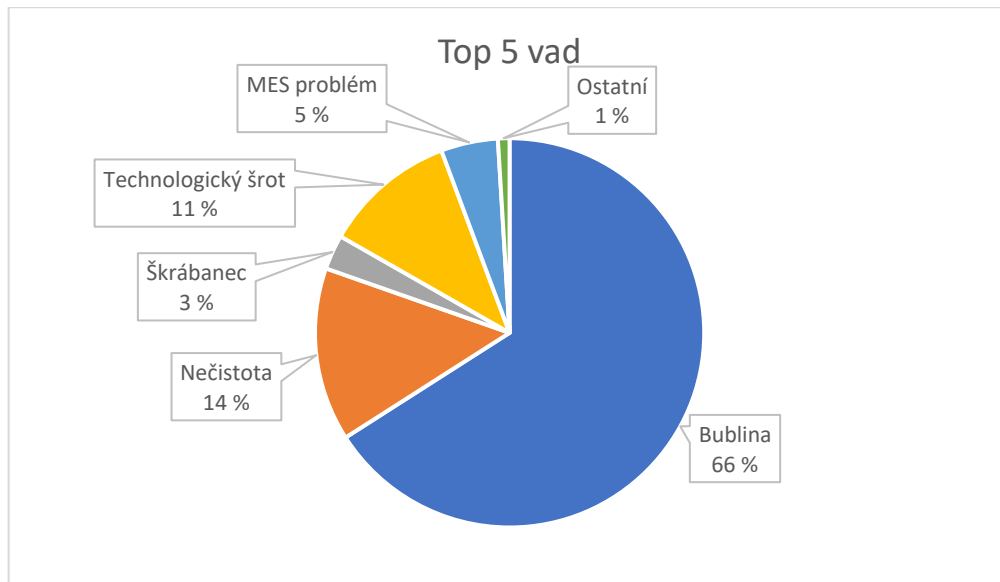
Obrázek 41 - FPY HB sestava CP VV L [vlastní tvorba]

Hodnoty OEE jsou znázorněny na následujícím grafu. V jednotlivých dnech, kdy se vyráběla HB sestava CP varianta velká levá dochází k velkým změnám ve výkonu, dostupnosti a kvalitě. Proto se velmi liší i hodnoty OEE. Některé výrobní dny je linka schopna vyrábět s OEE téměř 100 %, kdežto jiné dny OEE kleslo až pod hranici 10 %.



Obrázek 42 - OEE HB sestava CP VV L [vlastní tvorba]

Jak už bylo několikrát zmíněno, nejčastější vadou jsou v případě HB sestavy CP varianty velké levé bubliny, jejichž výskyt tvoří 66 % z celkového počtu vad. Dalšími vadami jsou nečistoty (14 %), technologický šrot (11 %), MES problém (5 %) a škrábanec (3 %). Podíl ostatních vad je v tomto případě jen 1 %.

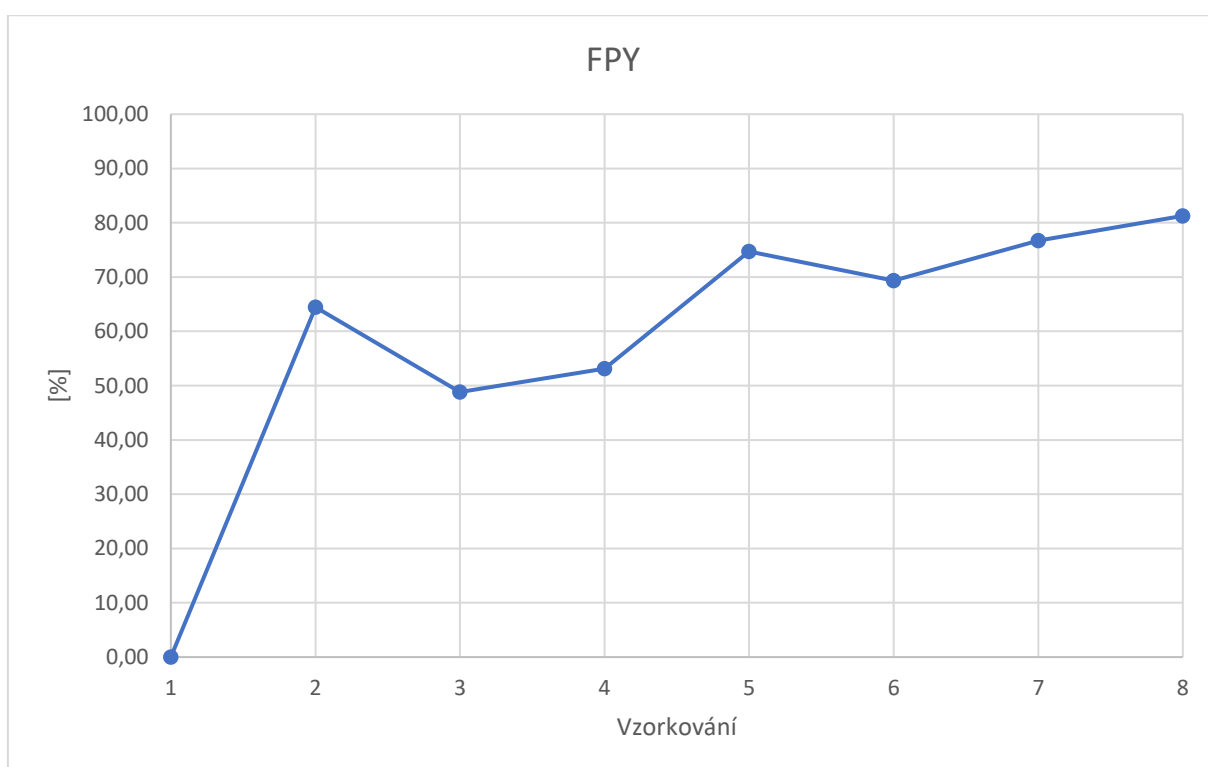


Obrázek 43 - Top 5 vad HB sestava CP VV L [vlastní tvorba]

7.4.9 HB sestava CP varianta velká pravá

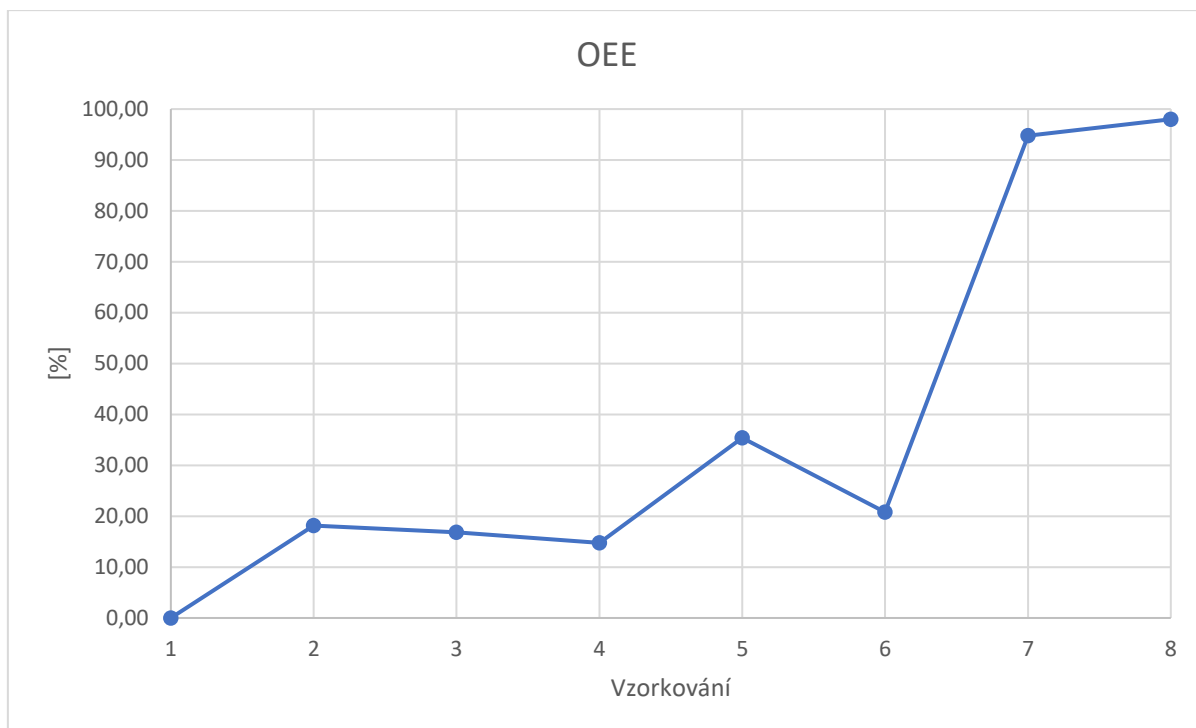
Posledním výrobkem je v tomto projektu za výrobní halu z čisté zóny HB sestava CP varianta velká pravá. Jde opět o velmi málo vyráběný typ, který se stále ve fázi náběhu výroby. Proto první data zpracovaná v této kapitole pochází ze začátku celého projektu. Zatím byl tento produkt vyráběn pouze v osmi výrobních dnech.

Na následujícím grafu je vidět, že charakteristika FPY nedosahuje příliš vysokých hodnot. Při prvním výrobním dni byla dokonce nulová. Velkým pozitivem je ale bezesporu stabilita. Na grafu je vidět postupný nárůst kvality výrobního procesu této varianty.



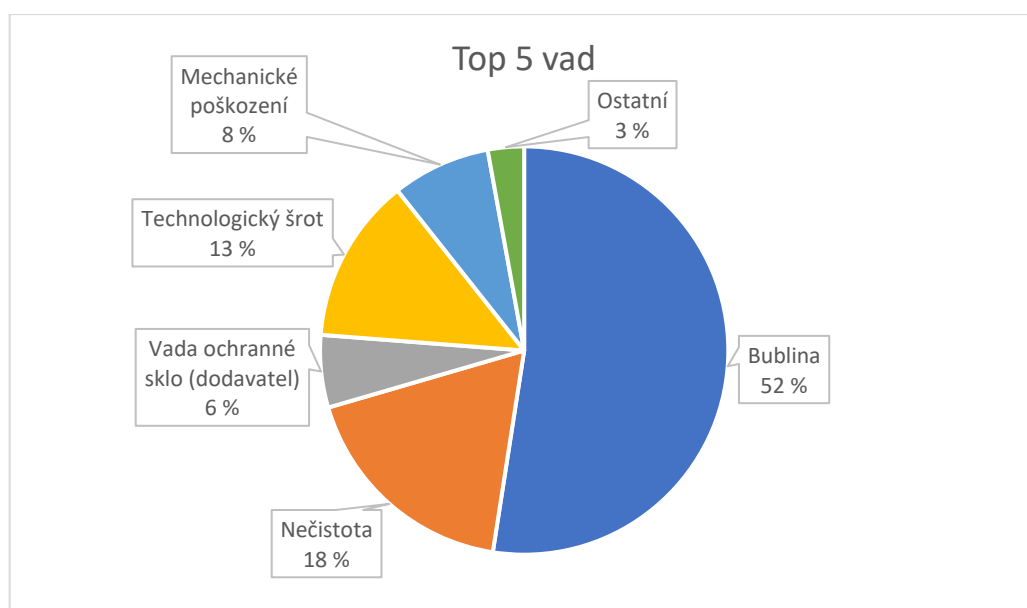
Obrázek 44 - FPY HB sestava CP VV P [vlastní tvorba]

Stejně je tomu i u OEE. Při prvních vzorkovacích dnech OEE nepřekročilo hranici 20 %. Ale křivka popisující OEE v jednotlivých výrobních dnech postupně roste. Při posledním výrobním dni dosáhla dokonce necelých 100 %.



Obrázek 45 - OEE HB sestava CP VV P [vlastní tvorba]

Nejvyšší výskyt mají z vad opět bubliny, které se objevily na 52 % NOK sestav. Tato vada je pro velké varianty HB sestav typická, jak již bylo zmíněno v minulé kapitole. Druhou nejčastější vadou je nečistota (18 %). Následuje technologický šrot (13 %), mechanické poškození (8 %) a vada ochranného skla (6 %), v tomto případě je ale chyba na straně dodavatele vstupního materiálu. Ostatní vady se nacházejí na 3 % NOK sestav.



Obrázek 46 - Top 5 vad HB sestava CP VV P [vlastní tvorba]

7.5 Shrnutí naměřených dat

Výrobní časy	HB	Průměrný čas výroby jednoho kusu				966,50 s	
		Časově nejnáročnější stanice				Buffer	580 s
		Časově nejméně stabilní stanice				Kontrola kvality	
	DC	Průměrný čas výroby jednoho kusu				2207,06 s	
		Časově nejnáročnější stanice				Buffer	451,89 s
		Časově nejméně stabilní stanice				WP 01	
Run and Rate	HB	Vyrobeno	Podíl NOK	Počet NOK	Prodlevy	Podíl prodlev	Cycle Time
		108,00	6,10%	6,70	8,30 min	13,90%	33,80 s
	DC	Vyrobeno	Podíl NOK	Počet NOK	Prodlevy	Podíl prodlev	Cycle Time
		50,30	4,10%	2,00	4,00 min	8,90%	71,80 s
Vybalení materiálu - časy		Časově nejnáročnější komponent z hlediska vybalení				Displej CP VM	449 s
		Časově nejméně stabilní komponent z hlediska vybalení				Displej CP VV	
Transport materiálu - časy		Časově nejnáročnější komponent z hlediska transportu				Dot. panel CP	38 s
		Časově nejméně stabilní komponent z hlediska transportu				HB sest. CP VV Pravá	
Kvalita procesu v rámci produktu		Produkt	Prům. FPY	Prům. OEE	Top 5 vad		
		DC sestava VM Levá	61,70%	38,50%	Mezera OR a HB	31,00%	
					Výška HB	16,00%	
					Škrábanec	9,00%	
					Nečistota	8,00%	
					Nepřilep. CP	8,00%	
		DC sestava VM Pravá	28,90%	9,80%	Mezera OR a HB	30,00%	
					Výška HB	23,00%	
					Škrábanec	18,00%	
					Šroubování	8,00%	
					Nepřilep. CP	3,00%	
		DC sestava VV Levá	68,80%	38,10%	Škrábanec	29,00%	
					Mezera OR a HB	18,00%	
					Nečistota	13,00%	
					Rastr	8,00%	
		DC sestava VV Pravá	43,60%	20,50%	Výška HB	6,00%	
					Mezera OR a HB	19,00%	
					Nepřilep. CP	16,00%	
					HB homogenita	16,00%	
					Škrábanec	15,00%	
		HB sestava FDC	88,59%	72,31%	Výška HB	12,00%	
					Nečistota	53,00%	
					Škrábanec	16,00%	
					Bublina	11,00%	
					MES problém	8,00%	
		HB sestava CP VM Levá	83,46%	53,24%	Techno. šrot	8,00%	
					Nečistota	32,00%	
					Techno. šrot	20,00%	
					Bublina	19,00%	
					Škrábanec	13,00%	
		HB sestava CP VM Pravá	79,66%	46,62%	MES problém	7,00%	
					Nečistota	29,00%	
					Techno. šrot	26,00%	
					Mech. pošk.	17,00%	
					Bublina	15,00%	
		HB sestava CP VV Levá	72,60%	46,04%	Škrábanec	9,00%	
					Bublina	66,00%	
					Nečistota	14,00%	
					Techno. šrot	11,00%	
					MES problém	5,00%	
		HB sestava CP VV Pravá	58,56%	37,34%	Škrábanec	3,00%	
					Bublina	52,00%	
					Nečistota	18,00%	
					Techno. šrot	13,00%	
					Mech. pošk.	8,00%	
					Vada OS (dodav.)	6,00%	

Tabulka 9 - Souhrn naměřených dat [vlastní tvorba]

8 Analýza výrobního procesu

8.1 Ishikawa diagram

Jedním z prvních kroků při analýze výrobního procesu je uvědomit si, jaké proměnné do procesu vstupují. Za tímto účelem se často využívá právě Ishikawa diagram neboli diagram rybí kosti. Blíže je tento nástroj představen v teoretické části práce.

Do procesu, který analyzuje tato diplomová práce vstupuje šest hlavních faktorů. Těmito faktory jsou materiál, lidé, řízení, časy, prostředí a samozřejmě výrobní stroje.

První zmíněnou a velmi důležitou proměnnou je vstupní materiál. Vlastnosti ovlivňující výrobní proces na linkách Display Closing a Hybrid Bonding jsou zejména geometrie vstupních komponent. Geometrie se může lišit také dle výrobní dávky, která je dodavatelem dodána. I dodavatel mohl provést zásahy do svých výrobních linek, které mohly ovlivnit parametry dílu používaného na již zmiňovaných linkách. Dále jsou využívány také lakované díly, u kterých je kvalita lakovaného povrchu zásadní. Dalšími důležitými vlastnostmi jsou mechanické a teplotní vlastnosti nebo způsob balení. V tomto případě je kladen na balení daleko větší důraz, protože se výrobní linky nachází v čisté zóně.

Lidé ovlivňují výrobní proces samozřejmě také, i když jsou linky do velké míry automatizované. Dle vlastních zkušeností je hlavním faktorem motivace lidí. Pokud lidé nejsou dostatečně motivováni, nebývá jejich úsilí dostatečné a dobré výsledky se poté nedostaví. Samozřejmě rozhoduje také zkušenost, znalost procesu, schopnost kooperovat v týmu nebo individuální dovednosti jedince. Co ale může podnik nejvíce ovlivnit je proškolení a neustálé vzdělávání. Ke každému procesu ve výrobě by měla být zpracována výrobní návodka s pokyny, jak postupovat. Měla by také probíhat průběžná školení.

Dále je důležité, jakým způsobem je projekt řízen. Do této větve diagramu vstupují proměnné jako vztahy mezi vedením a pracovníky ve výrobě, velikost řídicího týmu, množství a vizualizace dat, podle kterých dochází k rozhodnutí, nebo také čas, který vedoucí pracovníci přímo ve výrobě tráví. Proces ovlivňuje i volba způsobu řízení, zda se podnik rozhodne projekt řídit podle standardních či agilních metod. Tato problematika je poměrně podrobně popsána v teoretické části.

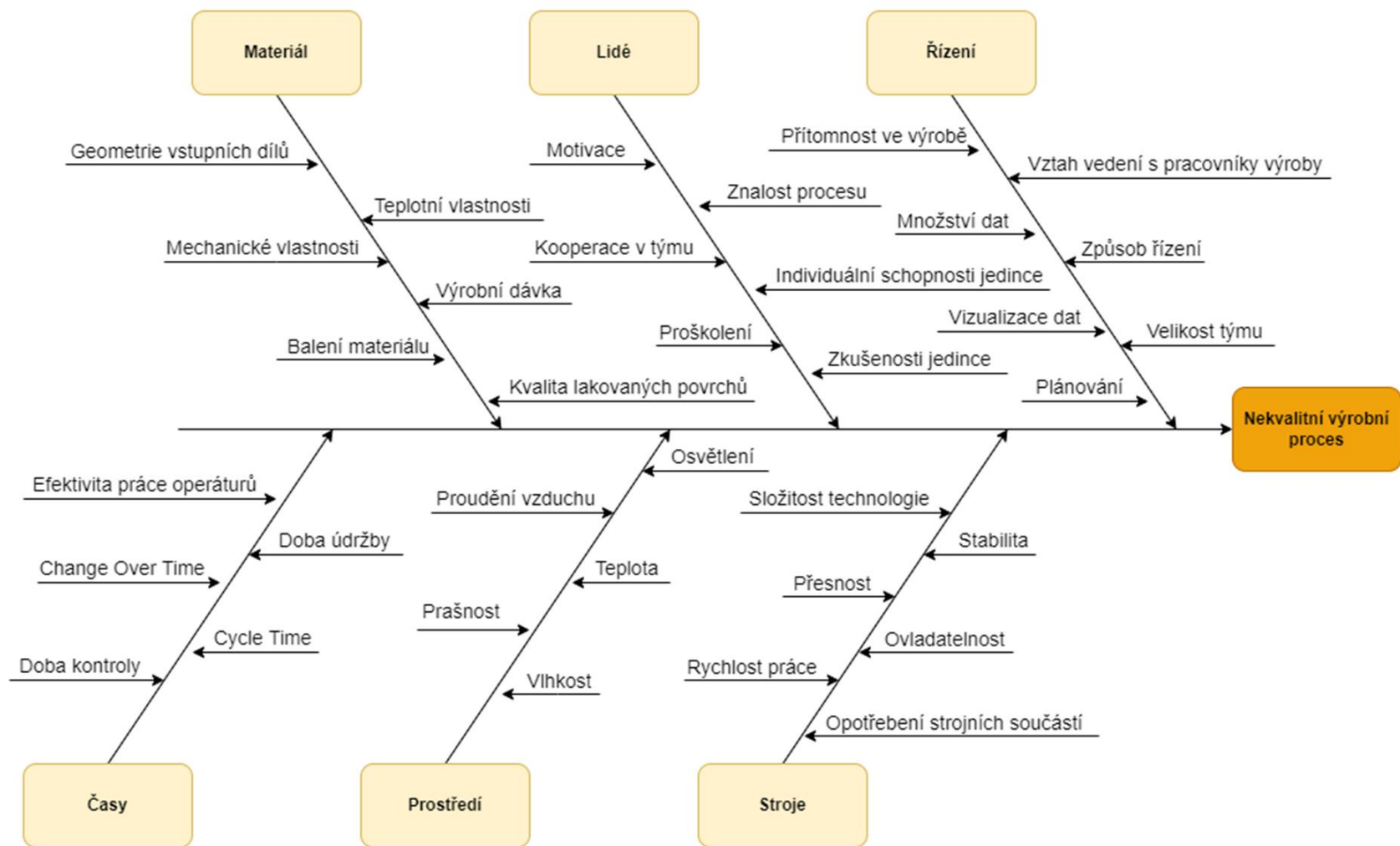
Je potřeba zmínit i výrobní časy. Ke sledovaným časům patří Cycle Time, doba potřebná na provedení údržby, časová efektivita práce operátorů či doba trvání kontroly jednotlivých dílů. V případě analyzovaných linek je více variant finálních

produktů, proto proces ovlivňuje Change Over Time neboli čas potřebný ke změně výrobních parametrů pro jednotlivé varianty produktu.

Jak už bylo několikrát zmíněno, linky se nachází v čisté výrobní zóně. Z tohoto důvodu je technická čistota přísně sledována. Hlídána je vlhkost, teplota nebo třeba prašnost. Kvůli prašnosti závisí na proudění vzduchu, který by měl proudit směrem z výrobní haly, aby nedocházelo k přenášení prachových částic k linkám. Dále je hlídána i svítivost, a to zejména kvůli vizuálním kontrolám. U vizuálních kontrol by měla být svítivost vždy jasně definována.

Posledním faktorem, který vstupuje do výrobního procesu jsou výrobní stroje, v tomto případě výrobní linky. Složitost technologie je zde na vysoké úrovni, jedná se o úplně nový způsob výroby přístrojové desky. Závisí i na přesnosti, rychlosti, ovladatelnosti či opotřebení jednotlivých strojních komponent. Zásadní je na těchto linkách stabilita výrobního procesu.

Na obrázku na následující stránce je vidět grafické zpracování Ishikawa diagramu pro výrobní procesy na linkách Hybrid Bonding a Display Closing.



Obrázek 47 - Ishikawa diagram [vlastní tvorba]

8.2 FMEA

V rámci analýzy výrobního procesu byla použita FMEA procesu, která je blíže popsána v teoretické části diplomové práce. Pomocí tohoto nástroje kvality budou nalezena nejrizikovější místa výrobního procesu, jež budou následně optimalizována.

8.2.1 Hybrid Bonding

Proces	Možná vada	Možné následky vady	ZÁVAŽNOST (1 - 10)	Možné příčiny	VÝSKYT (1 - 10)	Stávající způsoby kontroly procesu	ODHALITELNOST (1 - 10)	RIZIKOVÉ ČÍSLO
Laminace	Nedostatečně provedená laminace	Vznik bublin	5	Nevhodné parametry laminační komory	7	Vizuální kontrola	5	175
Nanesení silikonu	Silikon není nanesen po celé lepené ploše	Nedoteklý silikon	6	Poškozená stěrka	4	Vizuální kontrola	4	96
	Nenanesené dostatečné množství silikonu	Nedoteklý silikon	6	Ucpaná tryska pro nanášení silikonu	3	Vizuální kontrola	4	72
Pravidelná údržba	Nedostatečné vyčištění linky	Vznik nečistot	6	Nedostatečné proškolení pracovníků údržby	5	Kontrola v lince pomocí speciálních přípravků (lapače prachu)	5	150

Tabulka 10 - Procesní FMEA Hybrid Bonding-část 1 [vlastní tvorba]

Proces	Možná vada	Možné následky vady	ZÁVAŽNOST (1 - 10)	Možné příčiny	VÝSKYT (1 - 10)	Stávající způsoby kontroly procesu	ODHALITELNOST (1 - 10)	RIZIKOVÉ ČÍSLO
Vybalování vstupního materiálu	Vstupní materiál vybalován nevhodným způsobem	Poškábání skel nebo displejů	6	Nedostatečné proškolení operátorů	4	Vizuální kontrola	5	120
	Nevhodné balení	Poškábání skel nebo displejů	6	Chyba ze strany dodavatele	3	Namátkové kontroly ze strany kvalifikace	5	90
Kontrola kvality	Nevhodná manipulace s vyrobenými sestavami	Poškábání skel nebo displejů	6	Nedostatečné proškolení kontrolorů	4	Vizuální kontrola	4	96
	Časově nejméně stabilní stanoviště v rámci Hybrid Bonding	Zdržení výrobního procesu	4	Nedostatečné proškolení kontrolorů	5	Žádné	3	60
Manipulace s materiálem v lince pomocí manipulačních robotů	Kamera na robotovi nesprávně zaměří. Robot díl neuchopí	Technologický šrot	7	Nesprávná kalibrace kamer Vada materiálu ze strany dodavatele	5	Kontrola kalibrace kamer Průběžné ladění parametrů kamery	3	105
SW MES	Linka nesprávně vyhodnotí kvalitu provedené výrobní operace	Díl se špatným záznamem v SW MES není možné použít v dalším procesu	7	Nevhodně nastavené schéma fungování SW MES	5	Uzavírání MES záznamu na stanovišti kontroly	4	140

Tabulka 11 - Procesní FMEA Hybrid Bonding-část 2 [vlastní tvorba]

8.2.2 Display Closing

Proces	Možná vada	Možné následky vady	ZÁVAŽNOST (1 - 10)	Možné příčiny	VÝSKYT (1 - 10)	Stávající způsoby kontroly procesu	ODHALITELNOST (1 - 10)	RIZIKOVÉ ČÍSLO
Výrobní proces v rámci celé linky	Příliš velký Cycle Time	Omezení plynulosti výrobního procesu	6	Malý počet paletok	5	Měření výroby v podobě pravidelných Run and Rate	6	180
Šroubování	Špatně sešroubovaná sestava	Chybějící šroub	5	Výpadky podavače šroubů	4	Žádné	4	80
Lepení ozdobného rámu	Ozdobný rám nalepen ve špatné pozici	Mezera mezi ozdobným rámem a HB sestavou je mimo povolené tolerance	6	Nevhodná geometrie Gripperu Špatná pozice sešroubované sestavy na paletce	5	Měření mezer mezi ozdobným rámem HB sestavou na kontrole kvality	4	120

Obrázek 48 - Procesní FMEA Display Closing-část 1 [vlastní tvorba]

Proces	Možná vada	Možné následky vady	ZÁVAŽNOST (1 - 10)	Možné příčiny	VÝSKYT (1 - 10)	Stávající způsoby kontroly procesu	ODHALITELNOST (1 - 10)	RIZIKOVÉ ČÍSLO
Lepení HB sestav	HB sestava přilepená ve špatné pozici	Výška HB sestavy je oproti ozdobnému rámu mimo tolerance	6	Příliš velká vrstva lepidla Nevhodné nastavení robota pokládající HB sestavy	4	Vizuální kontrola na pracovišti kontroly kvality	5	120
Lepení HB sestav	Spadlá flexi páska z manipulačního robota	Nepřilepená HB sestava	5	Nevhodné nastavení pozice přísavek držících flexi pásku	5	Vizuální kontrola na výstupu z linky	4	100
Manipulace	Špatná manipulace se vstupními komponenty	Škrábance na lakovaných dílech	5	Nedodržování pokynů z výrobní návodky	5	Vizuální kontrola na pracovišti kontroly kvality	4	100
Vybalování vstupních komponent	Vstupní komponenty jsou nevhodně zabaleny od dodavatele	Škrábance na lakovaných dílech	5	Dodání materiálu v nestandardním balení	4	Vizuální kontrola	5	100

Obrázek 49 - Procesní FMEA Display Closing-část 2 [vlastní tvorba]

Proces	Možná vada	Možné následky vady	ZÁVAŽNOST (1 - 10)	Možné příčiny	VÝSKYT (1 - 10)	Stávající způsoby kontroly procesu	ODHALITELNOST (1 - 10)	RIZIKOVÉ ČÍSLO
Čištění vstupních komponent	Nedostatečně očištěné HB sestavy	Výskyt nečistot mezi HB sestavou a osvětlovací podpůrnou deskou	6	Nedostatečně proškolení operátoři Operátoři nedodržují pokyny z výrobní návodky	3	Vizuální kontrola na pracovišti kontroly kvality	5	90
Údržba linky	Nedostatečně vyčištěná linka	Výskyt nečistot mezi HB sestavou a osvětlovací podpůrnou deskou	6	Nedostatečně proškolení technici Technici nedodržují pokyny z výrobní návodky	3	Vizuální kontrola na pracovišti kontroly kvality	5	90
Kontrola kvality	Nízká efektivita kontroly kvality	Vyrobené sestavy se hromadí na pracovišti kontroly kvality	7	Malý počet kontrolních stanovišť	6	Žádné	4	168

Obrázek 50 - Procesní FMEA Display Closing-část 3 [vlastní tvorba]

8.3 Shrnutí analýzy výrobního procesu

Za účelem analýzy výrobního procesu byly použity dva nástroje kvality. Byl to nejprve Ishikawa diagram a následně FMEA procesu.

Ishikawa diagram umožňuje širší pohled na nekvalitní výrobní proces. Tento analytický nástroj umožnil graficky znázornit faktory, které výrobní proces mohou ovlivňovat. K těmto faktorům patří materiál, lidé, řízení, časy, prostředí a stroje.

Hlubší analýzu nám poskytl nástroj FMEA, v tomto případě FMEA procesu. V rámci této analýzy bylo pro obě linky vybráno deset nejrizikovějších bodů procesu. V projektovém týmu byly ohodnoceny vlastnosti jako závažnost, výskyt a odhalitelnost. Součinem těchto hodnot bylo získáno rizikové číslo.

První procesní FMEA se zaměřila na linku Hybrid Bonding. Mezi tři vady, které byly ohodnoceny nejvyšším rizikovým číslem patří nedostatečně provedená laminace, nedostatečné vyčištění linky a špatné vyhodnocení kvality produktu linkou (chybný MES záznam). Vůbec nejvyšší rizikové číslo má nedostatečně provedená laminace, která vede ke vzniku bublin. Tento problém je již ze strany projektového týmu řešen. V rámci této vady vznikl podprojekt, který se zaměřil na opravu NOK HB sestav pomocí vysokotlakého zařízení AUTOCLAVE. Druhé nejvyšší rizikové číslo je u nedostatečně provedené údržby linky. Pokud není linka dostatečně kvalitně vyčištěna, objevují se nečistoty mezi displejem a dotykovým panelem (ochranným sklem). I na této vadě začal projektový tým pracovat. Zaměřuje se na školení techniků, kteří údržbu provádějí, a také výběr vhodných čistících pomůcek. Třetí vadou s vyšším rizikovým číslem je chyba v MES záznamu vyrobených HB sestav. Tento problém zatím nebyl projektovým týmem řešen, a proto se optimalizací blokového schéma systému MES bude zabývat v další části tato diplomová práce.

Druhá FMEA se zabývá analýzou procesu na lince Display Closing. Stejným způsobem, jako v případě linky Hybrid Bonding, byly vybrány z deseti rizikových bodů tři nejrizikovější. Vůbec nejvyšší rizikové číslo se spojuje s vysokou hodnotou Cycle Time. Tímto bodem vyplývajícím z nástroje FMEA se práce zabývá v návrhu optimalizačního řešení. Druhým nejrizikovějším bodem je nízká efektivita kontroly kvality. V rámci optimalizace bude v diplomové práci zpracován návrh rozšíření pracoviště kontroly kvality v souladu s metodou 5S, která je popsána v teoretické části práce. Třetí nejvyšší rizikové číslo mají body týkající se stanovišť lepení

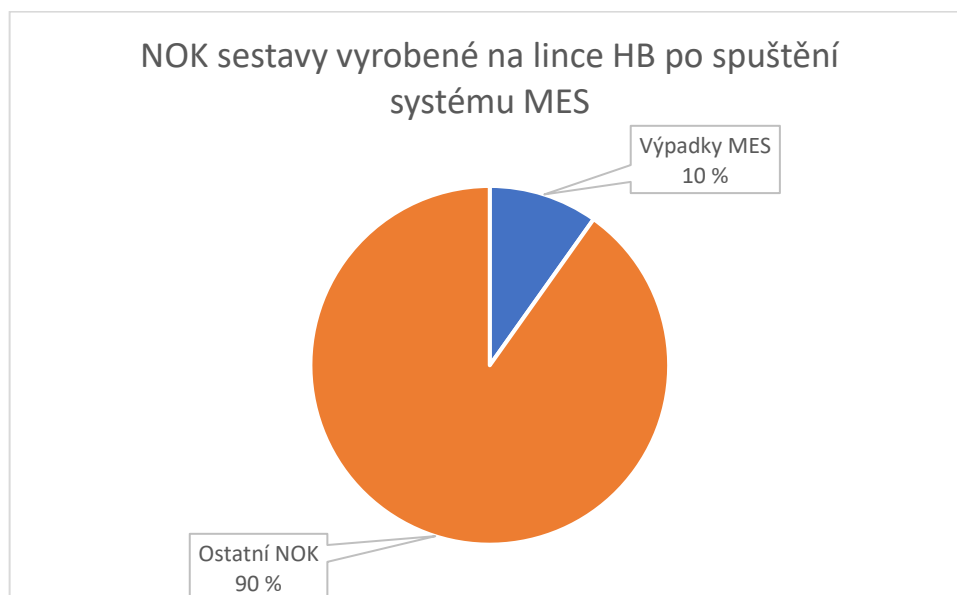
ozdobného rámu a lepení HB sestav. Tento nedostatek související s geometrií nástrojů a PLC programem je v současnosti řešen odborníky z Industry Engineering.

9 Optimalizace výrobního procesu

Poslední kapitola této diplomové práce se bude zabývat návrhem optimalizačních opatření, které by měly celý výrobní zkvalitnit a zefektivnit. Právě optimalizace výrobního procesu je hlavním cílem diplomové práce. Optimalizace vychází z dat, které byla zjištěna, změřena a popsána v předchozích kapitolách této práce. Níže jsou uvedeny tři optimalizační návrhy, z čehož dva se týkají linky Display Closing a jeden linky Hybrid Bonding. První optimalizace se zabývá úpravou blokového schéma fungování softwaru MES na lince Hybrid Bonding. Druhá optimalizace spočívá v rozšíření kontrolních stanic na DC sestavy a třetí optimalizační řešení navyšuje výrobní kapacitu linky Display Closing pomocí implementace vyššího počtu paletek.

9.1 Úprava schéma fungování softwaru MES na lince Hybrid Bonding

Na obrázku níže je zachycen výsečový graf, ze kterého vyplývá, že od doby spuštění výroby na lince Hybrid Bonding pod systémem MES, vypadla jedna desetina ze všech vyrobených NOK sestav na špatný MES záznam.



Obrázek 51 - Procento NOK HB sestav s vadným záznamem MES [vlastní tvorba]

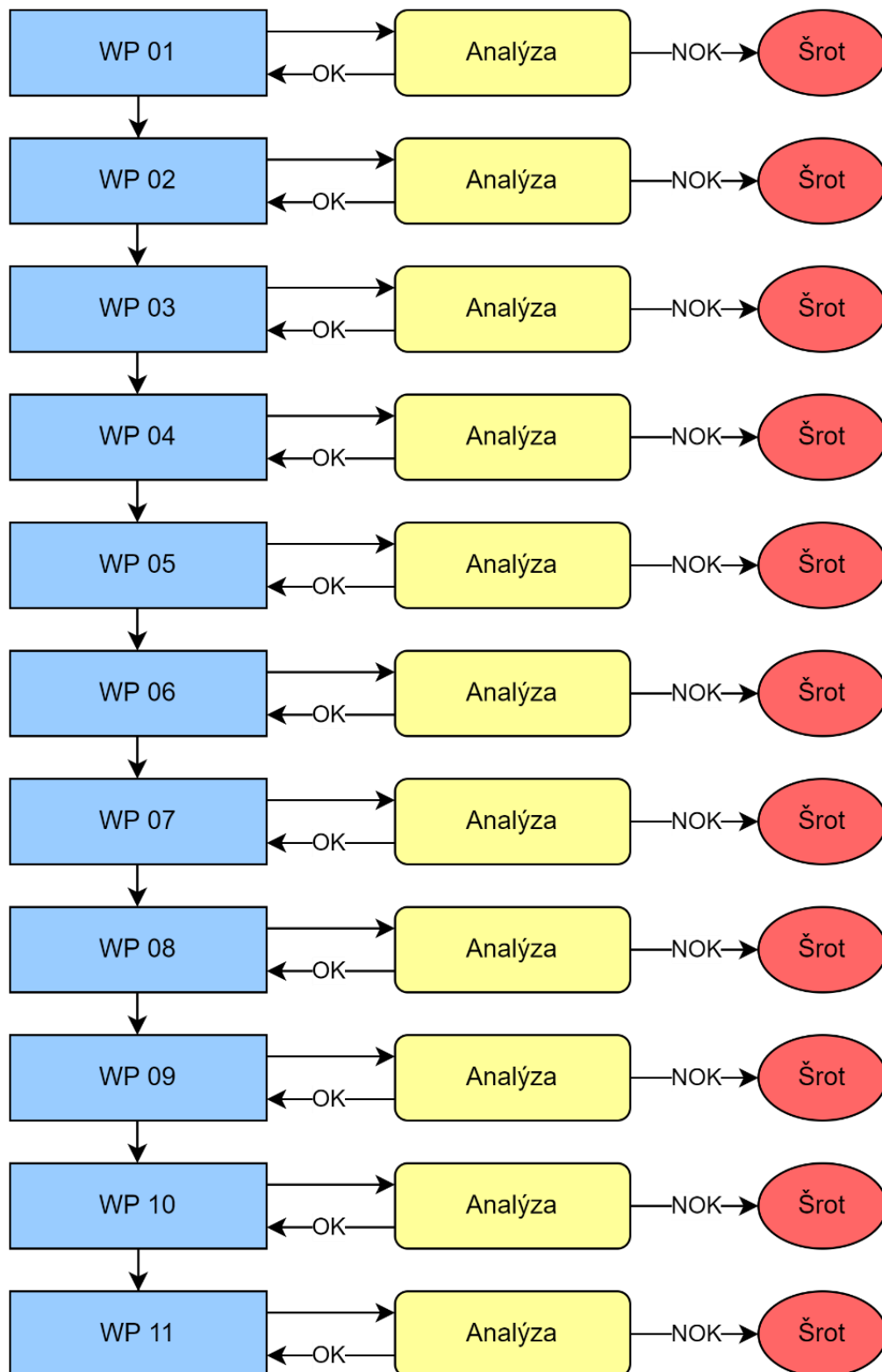
Jak již bylo zmíněno, systém MES zaznamenává celou výrobní historii produktu. Lze v něm nalézt informace o výrobních časech, použitém vstupním materiálu nebo například o nástroji, který byl na danou sestavu použit. Důležité je ale říct, že na konci výrobního procesu jakékoli výrobní linky je zapotřebí tento záznam korektně ukončit. Procesy jsou nastaveny tak, že pokud není MES záznam produktu uzavřen na jedné lince, není možné tento výrobek zpracovat na lince další. Jde vlastně o takovou pojistku, aby se do výrobních linek nedostávaly NOK komponenty. Ovšem dochází také k situacím, které jsou zapříčiněny chybám řídicích systémů linek společně se softwarem MES. Může se stát, že je vyroben technicky způsobilý díl, který však linka z jakéhokoli důvodu označí jako NOK. Sestava, i přestože je například od půlky výrobního procesu označená jako NOK, projde zbytkem výrobního procesu a na konci linky je vyjmuta jako díl, který jde na kontrolu kvality, kde se zkoumá funkčnost a vizuální stránka. Kontrolor kvality nemůže na první pohled poznat, že k nějaké MES chybě došlo. Proto díl zkontroluje a následně musí v počítači uzavřít MES záznam tak, že naskenuje QR kód součásti a zadá, zda je díl v pořádku či nikoli. Pokud je chyba v MES záznamu, díl nelze označit ani jako OK a ani jako NOK. Následně ho dá stranou, označí ho samolepkou s popiskem MES, a protože díl nejde zpracovat v následujícím procesu, bude vyšrotován.

Tímto způsobem probíhá proces, pokud je MES nastaven dle obrázku 52. Jestliže chce analytik upravit MES záznam dílu, může dle tohoto schématu vstoupit do výrobního stanoviště a MES záznam přepsat z označení NOK na OK. S tímto úkonem není žádný problém. Problém nastane opět na konci linky při uzavírání záznamu. Když je upraven záznam například hned na první stanici, musí následně projít zbylé stanice. To však dle blokového schématu systému není dovoleno. Díl by tak musel být na první stanoviště vložen fyzicky, což samozřejmě v žádném případě nelze provést.

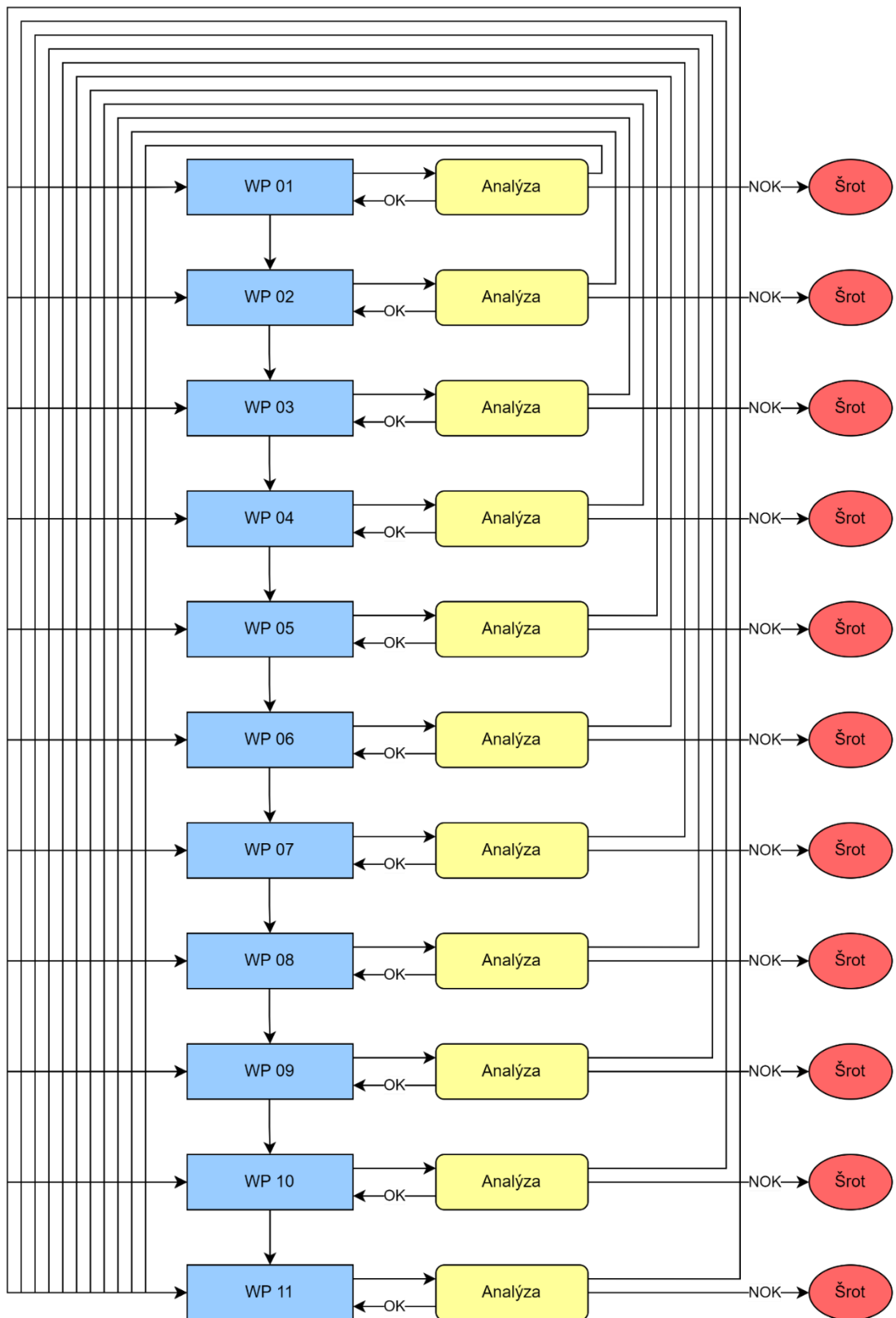
Proto byla navržena úprava blokového schéma, která je zachycena na obrázku 53. Jedná se o poměrně jednoduchou úpravu, která může pomoci snížit počet zmetkovitých sestav až jednu desetinu. Úprava schéma spočívá v propojení každé výrobní stanice se stanicemi ostatními. To znamená, že například výstup z MES analýzy procesu na stanici číslo 1 vstupuje do zbylých deseti stanovišť linky.

Po této úpravě může analytik u sestavy s chybou v MES záznamu provést úpravy a posunout sestavu v systému na poslední stanoviště před výstupní kontrolou. Následně již pracovník kvality posoudí stav výrobku a uzavře MES záznam. Produkt je následně připraven na další výrobní procesy.

Stejným způsobem je již software MES nastaven na lince Display Closing.



Obrázek 52 - Schéma fungování SW MES před optimalizací na lince HB [vlastní tvorba]



Obrázek 53 - Schéma fungování SW MES po optimalizaci na lince HB [vlastní tvorba]

Velmi podstatná je také informace o tom, co může implementace optimalizačního řešení přinést. Ideálním by bylo finanční vyhodnocení. Ovšem v případě společnosti Continental se jedná o velmi citlivé informace, zejména kvůli ochraně zákazníka. Proto je vyhodnocení optimalizace provedeno na základě komplexního ukazatele OEE.

V tabulce níže jsou vidět jednotlivé parametry hodnocení výrobního procesu před implementací optimalizace. Mezi tyto parametry patří dostupnost, výkon a kvalita. Z nasbíraných dat byly vypočítány průměrné hodnoty parametrů. Průměrná denní dostupnost se pohybuje okolo 70 %, průměrný denní výkon linky má hodnotu 75 % a průměrná denní kvalita 80,89 %. Součinem těchto hodnot dostaneme 42,47 % OEE.

Před optimalizací	
Dostupnost	70,00%
Výkon	75,00%
Kvalita	80,89%
OEE	42,47%

Tabulka 12 - Ukazatel OEE před optimalizací [vlastní tvorba]

V tabulce 13 jsou zaznamenány předpokládané hodnoty výrobních parametrů po zavedení optimalizace. Optimalizace úpravy blokového schéma softwaru MES se promítla ve výkonu a kvalitě procesu. Výkon vzrostl z 75 % na 77,5 % a kvalita narostla z 80,89 % na 83,89 %. Výsledkem je nárůst OEE z 42,47 % na 45,51 %, tedy o 3,04 %. Zvýšení OEE o 3,04 % je velmi pozitivní, ale celková hodnota OEE je nízká. Na výrobním procesu je zapotřebí stále pracovat. Z hodnoty OEE vyplývá, že proces není ještě v případě některých produktů schopen standardní sériové výroby.

Po optimalizaci	
Dostupnost	70,00%
Výkon	77,50%
Kvalita	83,89%
OEE	45,51%

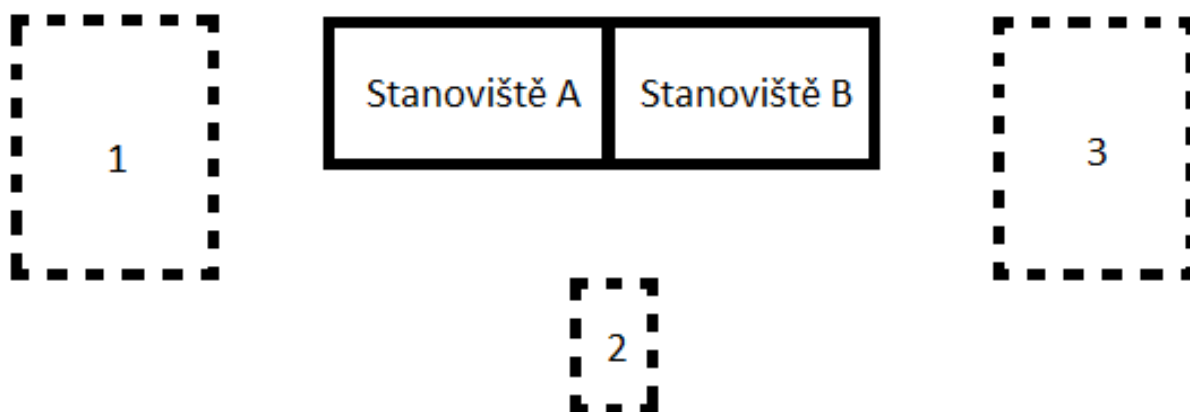
Tabulka 13 - Ukazatel OEE po optimalizaci [vlastní tvorba]

Toto opatření by mělo vést ke snížení počtu NOK HB sestav, což vede k redukci nekvality výrobního procesu. Optimalizace blokového schéma softwaru MES pomohla odstranit určitou část plýtvání, se kterým se lze v tomto výrobním procesu setkat.

9.2 Rozšíření pracoviště kontroly kvality na lince Display Closing

První optimalizace na lince Display Closing se týká rozšíření kontrolního stanoviště. S postupným nárůstem vyráběných objemů není schopna kontrola kvality projít 100 % sestav. Tento fakt vyplývá také z kapitoly o výrobních časech, kde je vidět, že kontrola kvality je oproti jiným činnostem poměrně časově náročná. Nabízejí se tedy dvě možnosti. První možností je nekontrolovat 100 % vyrobených sestav, což je však díky nestabilitě linky zatím nemožné. Výrobní technologie je nová a do procesu vstupuje mnoho proměnných. Například pokud jeden den probíhá na lince nastavování parametrů pro jednu variantu produktu, druhý den se změny mohou promítnout po Change Overu do výrobních parametrů produktu druhého. Proto je tu ještě druhá možnost optimalizace, a to kapacitní rozšíření pracoviště kontroly kvality. S postupem času budou objemy vyráběných produktů stejně narůstat, proto se tomuto kroku nelze vyhnout.

Na obrázku 54 je znázorněn jednoduchý layout pracoviště kontroly. Samotná kontrola se skládá ze dvou stanovišť, na obrázku jsou popsány jako stanoviště A a stanoviště B. Na stanovišti A se kontrolu funkčnost displejů a přítomnost nečistot mezi HB sestavou a podpůrnou osvětlovací deskou. Na stanovišti B je měřena spára mezi HB sestavou a ozdobným rámem. Dále dochází na stanovišti B ještě k vizuální kontrole zejména lakovaných dílů a následně se zde DC sestavy balí a uzavírá se jejich MES záznam, aby šlo produkt bez problémů zpracovat v následujících výrobních procesech. Na obrázku se nachází ještě tři oblasti označené přerušovanou čarou a popsané číslicemi 1, 2 a 3. Oblast číslo 1 určena pro DC sestavy, které byly zrovna vyrobeny a čekají na kontrolu. Její kapacita je 80 sestav (5 komínků po 8 boxech, ve kterém jsou 2 DC sestavy). Oblast 2 slouží pro uložení DC sestav, které byly zkontrolovány na stanovišti A a čekají na další kontrolu a balení. Posledním místem pro ukládání vyrobených sestav je oblast 3. Sem putují kusy, které byly již zkontrolovány. Po zabalení kusů je zapotřebí načíst paletový štítek, aby se výrobky mohly převést na sklad v systému SAP. Systém SAP se aktualizuje každých 15 minut, proto zkontrolované DC sestavy nějaký čas stráví na skladovací oblasti 3. Po systémovém převedení na sklad může manipulát zkontrolované sestavy převést do přípravný materiálu, kde si je vyzvedne manipulát skladu. Vyrobené produkty jsou poté převedeny na sklad také fyzicky.



Obrázek 54 - Layout pracoviště kontroly kvality před optimalizací [vlastní tvorba]

Na obrázku 55 je již zachyceno pracoviště kontroly po kapacitním rozšíření. Jako optimalizační řešení bylo použito zdvojení obou kontrolních stanic a navýšení kapacit skladových ploch. Skladovací oblast 1 má nyní kapacitu 320 kusů (20 komíneků po 8 boxech, ve kterém jsou 2 DC sestavy), což je více než je současná denní produkce na lince Display Closing. V tomto případě je počítáno s nárůstem produkce linky. Oblast 2 byla také zdvojena pro snadnější manipulaci s díly, avšak kapacita nemusela být u samostatné oblasti 2 navýšena. Oblast 3 nemusí být již tolik rozsáhlá. Vyrobené díly zde stráví v průměru necelých 15 minut. Kapacita oblasti 3 je tedy 48 kusů (4 komínky po 6 boxech, ve kterém jsou 2 DC sestavy). Zde se již do jednoho komínku vejde pouze 6 boxů, protože jedna paleta vyrobených a zabalených kusů má kapacitu 24 DC sestav (2 komínky po 6 boxech). Na tento počet je i nastavený systém SAP. Dále byla přidána oblast číslo 4, která je vyhrazena pro NOK DC sestavy. Maximální kapacita oblasti 4 by měla být 192 kusů (12 komíneků po 8 boxech, ve kterém jsou 2 DC sestavy). Kapacita této oblasti je vyšší než standardní počet NOK sestav vyprodukovaných za jeden výrobní den. Je to zejména z toho důvodu, aby se mohli třídit NOK sestavy podle jednotlivých vad. Občas nastanou případy, že po kontrole NOK dílů manažerem kvality jsou některé sestavy vráceny jako OK kusy. Aby se usnadnila orientace, jsou NOK DC sestavy tříděny podle typu vad. Nebo na základě vyrobených NOK kusů lze také najít příčinu problému výpadku většího množství kusů.

Zavedení nového pracoviště kontroly kvality musí samozřejmě splňovat pravidla metody 5S, která je blíže popsána v teoretické části diplomové práce. Jde zejména o označení skladových ploch označených na layoutu číslicemi 1 až 4. Je důležité stanovit rozměr ploch, což vychází z rozměru boxů, který je zaznamenán v kusovníku v kapitole o vstupních komponentech. Box určený pro DC sestavy je o rozměrech

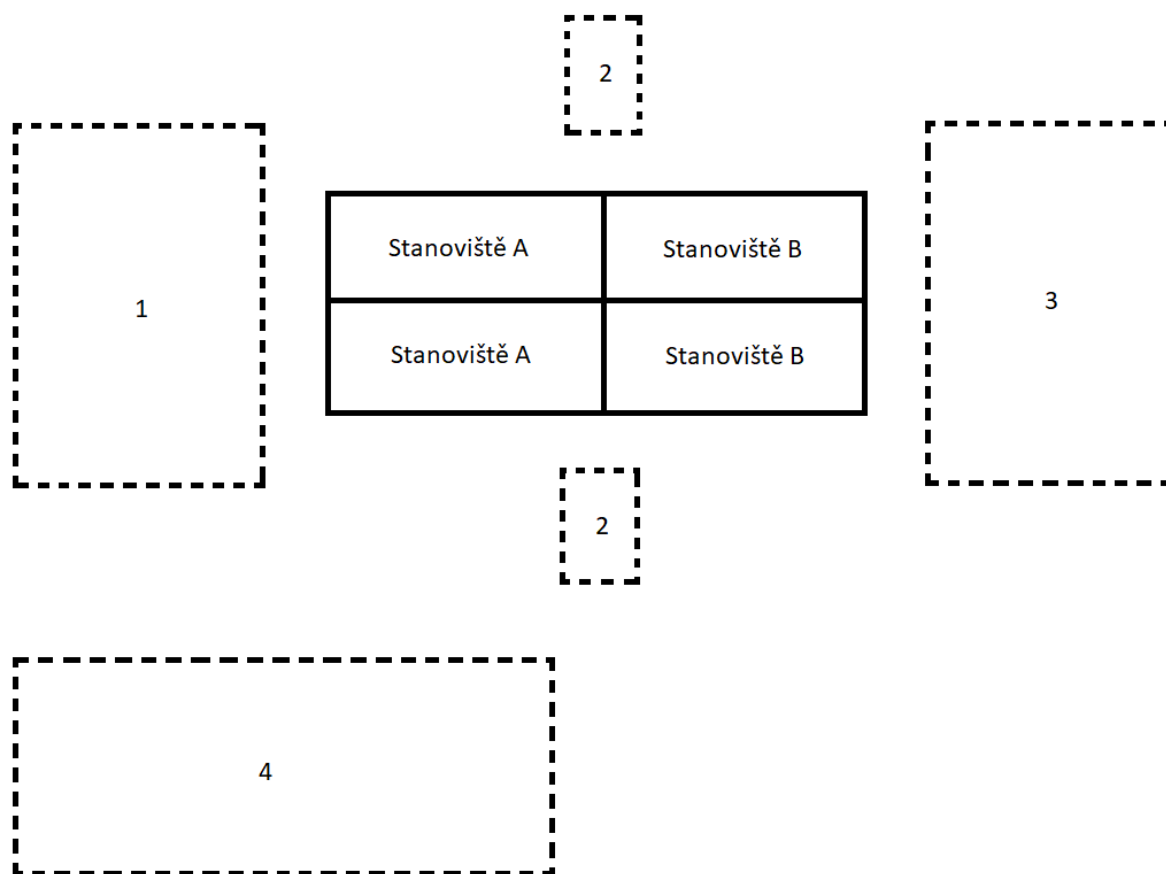
990 mm x 600 mm x 124 mm. Skladové plochy musí být také řádně označeny. Pro tento účel se používají barevné pásy, kterými se na zem vymezuje konkrétní prostor. Lepící pásy šířky 50 mm jsou různě barevné podle typu využití. Pro označení místa s OK kusy se používá páska zelené barvy a pro označení místa s NOK kusy se používá páska červená. Černá páska se využívá pro ostatní skladové plochy se vstupním materiálem, vyrobeným produktem nebo s prázdnými boxy. Označení páskou bývá doplněné štítkem s popisem, který má standardizovanou podobu.

Oblast číslo 1 je určeno pro sestavy, které jsou připraveny ke kontrole. Jedná se o plochu o rozměrech 3000 mm x 3960 mm, která je označena páskou černé barvy. Páska je doplněna štítkem s popiskem „DC sestavy před kontrolou“.

Oblast 2 je přechodné skladovací místo mezi kontrolou na stanovišti A a stanovišti B. Tato plocha má rozměry 600 mm x 990 mm a je označena černou páskou se štítkem „DC sestavy – rozsvícené“.

Oblast 3 se využívá pro zkontrolované OK DC sestavy. Rozměry této plochy jsou 2400 mm x 990 mm. Plocha je označena zelenou páskou se štítkem „DC sestavy – OK“.

Poslední skladovou plochou je oblast 4, která je určena pro NOK DC sestavy. Rozměry oblasti 4 jsou 3600 mm x 1980 mm. Místo je označeno červenou barvou se štítkem „DC sestavy – NOK“. V tomto případě je nutné stanovit dobu, po kterou mohou být NOK sestavy skladovány. Je to zejména z toho důvodu, aby nedocházelo k blokaci skladové plochy „starými“ výrobky. Tato doba by měla být 24 hodin, pokud manažer kvality nestanoví jinak. Znamená to, že první práce operátorů ranní směny bude vyvezení a systémová šrotace DC sestav vyrobených předešlý den.



Obrázek 55 - Layout pracoviště kontroly kvality po optimalizaci [vlastní tvorba]

Před optimalizací byl čas potřebný na kontrolu jednoho kusu v průměru 300 sekund. Při této časové náročnosti kontroly byla denní kapacita kvality 120 DC sestav, s tím že je výrobní linka schopna vyrobit okolo 175 kusů denně, což znamená, že deficit kontroly kvality činil 55 DC sestav. Díky optimalizaci se tento čas snížil na polovinu, tedy 150 sekund. S tímto průměrným kontrolním časem vzrostla denní kapacita kontroly na 240 zkontrolovaných dílů. Toto množství bez problémů pokryje současný výstup linky a zároveň vznikne prostor pro zvýšení objemů produkce. Do doby, než se zvýší produkce linky je možné uspořené čas využít pro zaškolení nových kontrolorů kvality.

Linka Display Closing má požadovaný Cycle Time hodnotu 53 sekund. Při ideálním průběhu výrobního procesu bude linka schopna vyrobit 543 DC sestav za směnu. Na takovéto množství kapacita kontroly kvality zatím nestačí, ale za současného stavu linky by bylo zbytečné rozšiřovat kontrolní stanoviště. Do budoucna by samozřejmě mělo být počítáno s kontrolou pouze zlomku denní produkce.

V tabulce 14 jsou znázorněny komplexní parametry výrobního procesu na lince Display Closing před implementací rozšíření kontrolního stanoviště. Průměrná denní dostupnost má hodnotu 70 %, průměrný denní výkon dosahuje 83,33 % a průměrná denní kvalita je 80,89 %. Za tohoto stavu má charakteristika OEE hodnotu 47,19 %.

Před optimalizací

Dostupnost	70,00%
Výkon	83,33%
Kvalita	80,89%
OEE	47,19%

Tabulka 14 - Ukazatel OEE před optimalizací [vlastní tvorba]

V tabulce 15 jsou znázorněny výrobní parametry po zavedení optimalizace. Dostupnost a kvalita výrobního procesu zůstanou i po optimalizaci na stejných hodnotách. Předpokládá se, že optimalizace zvýší výkon procesu na 100 %, to znamená, že denní produkce by měla naplnit denní plánované množství. Výkon 100 % není samozřejmě dlouhodobě udržitelný kvůli neustálému nárůstu produkce, jak již bylo zmíněno výše. Hodnota OEE by díky této optimalizaci měla narůst z 47,19 % na 56,62 %, což znamená zlepšení o 9,44 %.

Po optimalizaci

Dostupnost	70,00%
Výkon	100,00%
Kvalita	80,89%
OEE	56,62%

Tabulka 15 - Ukazatel OEE po optimalizaci [vlastní tvorba]

9.3 Implementace paletek v lince Display Closing

Druhá optimalizace na lince Display Closing se týká navýšení výrobní kapacity linky. V rámci analytické části této diplomové práce byly provedeny tři testy Run and Rate. Z výsledků těchto testů vyplývá, že linka vyrábí DC sestavy v jakýchsi dávkách. Pokud spustíme test ve chvíli, kdy je linka zcela naplněna, je počet vyrobených kusů v souladu s požadovaným výstupem, který je dán 85 % OEE. Požadovaný výstup linka vždy udrží pouze prvních 10 minut měřené výroby. Ve druhé desetiminutovce dojde k poklesu produkce, i přestože nedochází k žádným časovým prodlevám, které by byly způsobeny poruchami linky.

Prodlevy jsou způsobovány vlivem malého počtu paletek, na kterých putují vyráběné DC sestavy linkou. Jelikož po nalepení HB sestav na DC sestavy je potřeba, aby lepidlo dostatečně vytvrdlo, musí produkt po proceduře LED vytvrzování strávit minimálně 300 sekund v Bufferu kvůli dochlazení. Jestliže není tato doba naplněna, vznikne prostoj na stanici WP 12, tedy na kontrolní stanici 1. Paletka s dílem přijede na WP 12, kde se zastaví a čeká na naplnění časového limitu. Tento fakt způsobuje, že zhotovené DC sestavy vyjíždějí ve vlnách a nemůže být tak splněna požadovaná hodnota výstupu.

V následující tabulce je uveden nástroj pro výpočet implementovaných paletek. V lince se v současné době nachází 12 paletek. Z provedených Run and Rate bylo zjištěno maximální a minimální množství vyrobené během desetiminutového intervalu na lince Display Closing bez prodlev způsobených technickými poruchami. Další důležitá hodnota zjištěná z provedených Run and Rate je současná maximální hodinová produkce, která má hodnotu 52 kusů. Všechny tyto zmíněné hodnoty jsou zaznamenány ve žlutých buňkách. Žluté buňky označují data, které je potřeba zadat do výpočetního nástroje. Zbývající hodnoty jsou již dopočítány.

Počet potřebných paletek se rovná rozdílu maximální a minimální desetiminutové produkce. Pokud však budou implementovány 4 paletky sníží se Cycle Time, což může způsobit, že po vyrobení určitého množství sestav vznikne kumulativní prodleva způsobena opět dochlazením sestavy na kontrolní stanici 1. Proto byla po konzultaci v projektovém týmu stanovena rezerva 2 paletek, které by měly tento nedostatek odstranit. Celkem se po optimalizaci bude v lince nacházet 18 paletek.

Výpočet - paletky

Současný počet paletok	12,00	ks
Max. produkce za 10 min	11,00	ks
Min. produkce za 10 min (bez poruch)	7,00	ks
Rozdíl - produkce 10 min	4,00	ks
Potřebný počet paletok	4,00	ks
Počet paletok - rezerva	2,00	ks
Počet paletok po optimalizaci	18,00	ks
Současná max. hodinová produkce	52,00	ks
Hodinová produkce po optimalizaci	66,00	ks
Rozdíl - hodinová produkce	14,00	ks
Max. denní produkce před optimalizací	364,00	ks
Max. denní produkce po optimalizaci	462,00	ks
Rozdíl - Max. denní produkce	98,00	ks
Cycle Time - před optimalizací	69,23	s
Cycle Time - po optimalizaci	54,55	s
Rozdíl - Cycle Time	14,69	s

Tabulka 16 - Výpočet optimalizačního řešení-paletky [vlastní tvorba]

Dle dat z testů je linka v současném stavu schopna vyrobit 52 DC sestav za hodinu bezporuchového provozu. Pokud ale bude přidáno alespoň 6 paletok, dostane se hodinová produkce na 66 DC sestav, což je množství nad požadovaný limit s 85 % OEE. Jestliže linka vyrábí v průměru 7 hodin denně čistého času, bude díky této optimalizaci možno vyrobit o 98 kusů více, což je 26,92 % ze současné denní produkce. Tyto čísla samozřejmě platí za předpokladu, že linka bude vyrábět kontinuálně bez poruch a časových prodlev. Jak již bylo jednou zmíněno, tato optimalizace se promítne také do Cycle Time, který klesne z původních 69,23 sekund na 54,55 sekund, což je téměř požadovaný Cycle Time pro sériovou výrobu (53 sekund). Implementace paletok by měla redukovat plýtvání v rámci výrobního procesu. Plýtváním je myšleno zejména čekání, které vzniká dochlazováním produktu na kontrolní stanici 1. Odstranění plýtvání je v souladu s metodou Just-in-time. Metoda Just-in-time je podrobněji popsána v teoretické části této práce.

Důležité je také zmínit, že v původním stavu bylo v lince větší množství paletok než současných 12 kusů. Problém nastal při ladění linky, kdy zprvu často docházelo k různým poškozením paletok, které bylo způsobeno například jejich vzájemným naboráním. Poškozené paletky se následně vyjmuly z linky a uložily se na sklad.

Avšak nyní dochází k požadavkům za strany zákazníka na vyšší objem produkce. Zaurgování opravy rozbitých paletok by tedy mělo přinést požadované navýšení.

V tabulce 17 jsou opět popsány základní parametry linky před implementací paletok. Průměrná denní dostupnost na lince Display Closing je 70 %, průměrný denní výkon je 83,33 % a průměrná denní kvalita zhotovených sestav má hodnotu 80,89 %. Součinem těchto parametrů získáme ukazatel OEE, který měl před optimalizací velikost 47,19 %.

Před optimalizací	
Dostupnost	70,00%
Výkon	83,33%
Kvalita	80,89%
OEE	47,19%

Tabulka 17 - Ukazatel OEE před optimalizací [vlastní tvorba]

V tabulce níže jsou uvedeny parametry výrobního procesu po zavedení optimalizace. Dostupnost a kvalita zůstane v tomto případě na stejných hodnotách jako před optimalizací. Nárůstu dojde v rámci průměrného denního výkonu, který vzroste z 83,33 % na 100 %. To znamená, že za tohoto stavu je linka schopná plnit denní plán. Díky tomu se zvýší také hodnota OEE z 47,19 % na 57,19 %, tedy vzroste o 10 % a dostane se tak téměř na hranici 60 %.

Po optimalizaci	
Dostupnost	70,00%
Výkon	100,00%
Kvalita	80,89%
OEE	57,19%

Tabulka 18 - Ukazatel OEE po optimalizaci [vlastní tvorba]

Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo analyzovat a následně optimalizovat proces spojený s výrobou na linkách Hybrid Bonding a Display Closing pomocí nástrojů kvality a štíhlé výroby, které jsou uvedeny v teoretické části práce. Na základě výsledků, které jsou podrobněji popsány níže, byl cíl práce dle mého názoru splněn.

Prvním krokem bylo představení společnosti Continental a daného projektu, kterého jsou obě výrobní linky součástí. V rámci představení projektu byly popsány produkty obou linek společně s uvedením kusovníku se všemi vstupními komponentami. Dále byl přiblížen výrobní proces na obou linkách. Aby bylo možné proces optimalizovat, bylo potřeba ho nejdříve poznat a pochopit. Proto bylo nutné projít linky stanici po stanici a popsat jednotlivé technologické postupy.

Nejrozsáhlejší kapitola se zabývala sběrem dat a měřením. V této části práce byly změřeny a zpracovány časy spojené nejen s výrobou linky, ale také s přípravou a transportem vstupního materiálu nebo kontrolou kvality vyrobených sestav. Dále byly provedeny testy Run and Rate, které pomohly získat důležité informace o výkonnosti a technickém stavu linek. Poslední část této kapitoly se zabývala zejména kvalitou jednotlivých produktů. Byla zpracována data FPY a OEE, což je velmi komplexní statistický ukazatel, který v sobě skrývá dostupnost, kvalitu a výkon linky. Společně s těmito dvěma ukazateli byly uvedeny nejčastější vady daných typů vyráběných sestav.

Po fázi měření následovala analytická část diplomové práce. Nejprve byl vytvořen Ishikawa diagram, ve kterém byly graficky zpracovány faktory negativně ovlivňující výrobní proces. Mezi tyto faktory patří materiál, lidé, způsob projektového řízení, časy, prostředí a výrobní stroje. Druhým nástrojem, který byl v analytické části použit, byla FMEA procesu. Zde byly zaznamenány nejrizikovější místa procesu společně s jejich potenciální příčinou vzniku. Pomocí tohoto nástroje byly možné vady hlouběji popsány a ve spolupráci s většinou projektového týmu také ohodnoceny. Hodnoceny byly vlastnosti jako závažnost, výskyt a odhalitelnost. Vynásobením zmíněných hodnot bylo získáno rizikové číslo RPN, díky kterému byly odhaleny nejrizikovější místa výrobního procesu. Na základě analýzy procesu FMEA byla stanovena místa, která by se měla optimalizovat.

Poslední část práce se zabývala návrhem optimalizačních řešení. Celkem byly vytvořeny tři návrhy optimalizace procesu. První návrh se týkal linky Hybrid Bonding a další dva návrhy se zaměřily na linku Display Closing.

Optimalizace na lince Hybrid Bonding se zabývala úpravou blokového schéma fungování softwaru MES. Při současné podobě schéma není možné upravovat záznam vyrobené sestavy v softwaru MES a produkt se špatným záznamem nelze použít v dalším procesu. Tento problém způsobuje, že poměrně velké množství sestav, které jsou funkční a bez mechanického poškození, musí být vyšrotovány. Tato vada tvoří 10 % z celkového počtu zmetkovitých sestav. Implementací tohoto optimalizačního řešení dojde ke zvýšení kvality výroby. Přínos této optimalizace je znázorněn na výkonnostním ukazateli OEE, který z 42,47 % vzrostl na hodnotu 45,51 %.

První optimalizací na lince Display Closing bylo navýšení kapacit kontrolního pracoviště. Při současné produkci se denně vyrobí větší množství sestav, než je možné zkontrolovat. Z tohoto důvodu se hromadí vyrobené díly před kontrolním pracovištěm. Proto je nutné rozšířit kapacitu pracoviště. Byl vytvořen návrh na zdvojení obou stanovišť pracoviště kontroly kvality společně s rozšířením skladových ploch, jejichž označení a kapacita byla stanovena v souladu s metodou 5S. Implementace optimalizačního řešení zvýší zejména výkon výrobního procesu a redukuje plýtvání způsobené čekáním. Linka bude následně schopna vyrábět plánované množství. V případě této optimalizace vzroste ukazatel OEE z 47,19 % na 56,62 %.

Druhým optimalizačním řešením na lince Display Closing je navýšení množství paletek. Provedením testů Run and Rate bylo zjištěno, že linka produkuje výrobky v jakýchsi vlnách. Prodlevy ve výrobě jsou způsobovány malým počtem paletek. DC sestava pak netráví dostatečně dlouhou dobu v Bufferu po nalepení HB sestav a díly se musí dochlazovat na kontrolní stanici. Tím vzniká blokáce výrobního procesu v podobě plýtvání způsobeného čekáním. V rámci diplomové práce byl vytvořen výpočetní nástroj, pomocí kterého byl určen potřebný počet paletek, se kterým již nebude docházet k zastavování linky. Bylo stanoveno, že je nutné zvýšit počet paletek ze současných 12 na 18. Implementací paletek bude redukováno plýtvání v souladu s metodou Just-in-time. Tato optimalizace může přinést nárůst komplexního statistického ukazatele OEE z 47,19 % na 57,19 %.

Pokud se projektový tým rozhodne přistoupit na navržená optimalizační řešení, bude potřeba provést jejich zpětné sledování a vyhodnocení v souladu s metodou kaizen. Metoda kaizen je popsána v teoretické části práce a spočívá v neustálé optimalizaci a zdokonalování procesů.

Použitá literatura

- [1] **BAUER, Miroslav.** *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě.* Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [2] **BJÖRKHOLM, Tomas a Jannika BJÖRKHOLM.** *Kanban in 30 Days.* Birmingham: Impakt Publishing, 2015. ISBN 978-1-78300-090-6.
- [3] **CIMORRELI, Steve.** *Kanban for the Supply Chain: Fundamental Practices for Manufacturing Management.* 2nd edition. CRC Press, 2013. ISBN 978-1-4398-9550-4.
- [4] **DOLEŽAL, Jan a spol.** *Projektový management: komplexně, prakticky a podle světových standardů.* 3. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5620-2.
- [5] **IMAI, Masaaki.** *Gemba Kaizen.* Brno: Computer Press. Business books (Computer Press), 2005. ISBN 80-251-0850-3.
- [6] **IMAI, Masaaki.** *Gemba kaizen: a commonsense, low-cost approach to management.* 13th edition. New York: McGraw-Hill Page, 1997. ISBN 978-0070314467.
- [7] **JUROVÁ, Marie.** *Výrobní a logistické procesy v podnikání.* Praha: Grada Publishing. Expert (Grada), 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
- [8] **KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA.** *Moderní přístupy k řízení výroby.* 3. dopl. vyd. Praha: C.H. Beck pro praxi, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [9] **MIZUTANI, Eiji.** *Japonský management dnes a zítra.* 1.vyd. Praha: Národní vzdělávací fond, 1998. ISBN 80-02-01201-1.
- [10] **MOJŽÍŠ, Vlastislav.** *Kvalita dopravních a přepravních procesů.* Praha: Institut Jana Pernera, 2003. ISBN 80-86530-09-4.
- [11] **MYSLÍN, Josef.** *Scrum: průvodce agilním vývojem softwaru.* Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4650-7.
- [12] **NENADÁL, Jaroslav.** *Management kvality pro 21. století.* Praha: Management Press, 2018. ISBN 978-807-2615-612.
- [13] **NENADÁL, Jaroslav.** *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody.* Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-807-2611-867.

[14] **SCHWABER, Ken a Jeff SUTHERLAND**. *PRŮVODCE SCRUMEM TM*. 2017. Základní průvodce pro Scrum: Pravidla hry.

[15] **SOLAROVÁ, Nikola**. *Optimalizace agilního a projektového řízení ve společnosti*. Praha, 2020. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií.

[16] **SVOZILOVÁ, Alena**. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada. Expert (Grada), 2011. ISBN 978-80-247-3938-0.

[17] **SWEENEY, Benjamin**. *Lean quickstart guide: the simplified beginner's guide to lean*. 2nd Ed. Albany: Clydebank Media, 2017. ISBN 978-1-945051-19-7.

[18] **ŠOCHOVÁ, Zuzana a Eduard KUNCE**. *Agilní metody řízení projektů*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-4194-6.

[19] **TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ**. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada. Expert (Grada), 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.

[20] **VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA**. *Podnikové řízení*. Praha: Grada. Finanční řízení, 2013. ISBN 978-80-247-4642-5.

Internetové zdroje

[21] *Facebookový profil Continental* [online]. Hannover: Continental, 2014 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/Continental/photos/a.441190945893/10152240161300894/>

[22] *Jednotlivé metody a nástroje (I-P)* [online]. Slaný: API-Akademie produktivity a inovací, 2022 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>

[23] *Manifesto for Agile Software Development* [online]. Utah: Jim Highsmith, 2001 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://agilemanifesto.org/iso/cs/manifesto.html>

[24] *OEE* [online]. Itasca IL: Vorne Industries, 2021 [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.oeo.com/calculating-oeo/>

[25] *Using the steps for 5s red tagging* [online]. USA: Enna Capital Partners, 2020 [cit. 2022-04-30]. Dostupné z: <https://enna.com/learning-center/using-the-steps-for-5s-red-tagging/>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vodopádový model [vlastní tvorba dle [11]]	14
Obrázek 2 - Vodopádový model vs. agilní způsob řízení [vlastní tvorba dle [4]]	16
Obrázek 3 - 5S Red Tag [25].....	29
Obrázek 4 - Struktura diagramu příčin a následků [12]	36
Obrázek 5 - Logo společnosti [21]	38
Obrázek 6 - Struktura společnosti [vlastní tvorba].....	39
Obrázek 7 - Business Units Brandýs nad Labem [vlastní tvorba]	42
Obrázek 8 - Procesní mapa [vlastní tvorba]	52
Obrázek 9 - Časový záznam výrobních stanic ze softwaru MES [podniková dokumentace] ...	54
Obrázek 10 - Časová stabilita stanic na lince Hybrid Bonding [vlastní tvorba]	56
Obrázek 11 - Časová stabilita na lince Display Closing [vlastní tvorba]	58
Obrázek 12 - Run and Rate HB číslo 1 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace].....	60
Obrázek 13 - Run and Rate HB číslo 2 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace].....	61
Obrázek 14 - Run and Rate HB číslo 3 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace].....	62
Obrázek 15 - Run and Rate DC číslo 1 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace].....	64
Obrázek 16 - Run and Rate DC číslo 2 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace].....	65
Obrázek 17 - Run and Rate DC číslo 3 [vlastní tvorba dle podnikové dokumentace].....	66
Obrázek 18 - Časová stabilita vybalování [vlastní tvorba].....	70
Obrázek 19 - Časová stabilita transportu [vlastní tvorba].....	71
Obrázek 20 - FPY DC sestava VM L [vlastní tvorba].....	72
Obrázek 21 - OEE DC sestava VM L [vlastní tvorba]	73
Obrázek 22 - Top 5 vad DC sestava VM L [vlastní tvorba].....	73
Obrázek 23 - FPY DC sestava VM P [vlastní tvorba]	74
Obrázek 24 - OEE DC sestava VM P [vlastní tvorba].....	75
Obrázek 25 - Top 5 vad DC sestava VM P [vlastní tvorba]	75
Obrázek 26 - FPY DC sestava VV L [vlastní tvorba].....	76
Obrázek 27 - OEE DC sestava VV L [vlastní tvorba]	77
Obrázek 28 - Top 5 vad DC sestava VV L [vlastní tvorba].....	77
Obrázek 29 - FPY DC sestava VV P [vlastní tvorba]	78
Obrázek 30 - OEE DC sestava VV P [vlastní tvorba].....	79
Obrázek 31 - Top 5 vad DC sestava VV P [vlastní tvorba]	79
Obrázek 32 - FPY HB sestava FDC [vlastní tvorba]	80
Obrázek 33 - OEE HB sestava FDC [vlastní tvorba].....	81
Obrázek 34 - Top 5 vad HB sestava FDC [vlastní tvorba]	81
Obrázek 35 - FPY HB sestava CP VM L [vlastní tvorba].....	82

Obrázek 36 - OEE HB sestava CP VM L [vlastní tvorba]	83
Obrázek 37 - Top 5 vad HB sestava CP VM L [vlastní tvorba].....	83
Obrázek 38 - FPY HB sestava CP VM P [vlastní tvorba]	84
Obrázek 39 – OEE HB sestava CP VM P [vlastní tvorba].....	85
Obrázek 40 - Top 5 vad HB sestava CP VM P [vlastní tvorba]	85
Obrázek 41 - FPY HB sestava CP VV L [vlastní tvorba].....	86
Obrázek 42 - OEE HB sestava CP VV L [vlastní tvorba]	87
Obrázek 43 - Top 5 vad HB sestava CP VV L [vlastní tvorba].....	87
Obrázek 44 - FPY HB sestava CP VV P [vlastní tvorba]	88
Obrázek 45 - OEE HB sestava CP VV P [vlastní tvorba].....	89
Obrázek 46 - Top 5 vad HB sestava CP VV P [vlastní tvorba]	89
Obrázek 47 - Ishikawa diagram [vlastní tvorba]	93
Obrázek 48 - Procesní FMEA Display Closing-část 1 [vlastní tvorba]	96
Obrázek 49 - Procesní FMEA Display Closing-část 2 [vlastní tvorba]	97
Obrázek 50 - Procesní FMEA Display Closing-část 3 [vlastní tvorba]	98
Obrázek 51 - Procento NOK HB sestav s vadným záznamem MES [vlastní tvorba].....	100
Obrázek 52 - Schéma fungování SW MES před optimalizací na lince HB [vlastní tvorba]	102
Obrázek 53 - Schéma fungování SW MES po optimalizaci na lince HB [vlastní tvorba]	103
Obrázek 54 - Layout pracoviště kontroly kvality před optimalizací [vlastní tvorba].....	106
Obrázek 55 - Layout pracoviště kontroly kvality po optimalizaci [vlastní tvorba]	108

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Výhody a nevýhody vodopádového modelu [vlastní tvorba].....	15
Tabulka 2 - Kusovník [vlastní tvorba]	45
Tabulka 3 - Výrobní časy na lince Hybrid Bonding [vlastní tvorba].....	55
Tabulka 4 – Výrobní časy na lince Display Closing [vlastní tvorba]	57
Tabulka 5 - Výsledky Run and Rate na HB [vlastní tvorba].....	63
Tabulka 6 - Výsledky Run and Rate na DC [vlastní tvorba].....	67
Tabulka 7 - Balení vstupního materiálu [vlastní tvorba]	68
Tabulka 8 - Časová náročnost vybalování a transportu vstupního materiálu [vlastní tvorba]	69
Tabulka 9 - Souhrn naměřených dat [vlastní tvorba]	90
Tabulka 10 - Procesní FMEA Hybrid Bonding-část 1 [vlastní tvorba]	94
Tabulka 11 - Procesní FMEA Hybrid Bonding-část 2 [vlastní tvorba]	95
Tabulka 12 - Ukazatel OEE před optimalizací [vlastní tvorba].....	104
Tabulka 13 - Ukazatel OEE po optimalizaci [vlastní tvorba].....	104
Tabulka 14 - Ukazatel OEE před optimalizací [vlastní tvorba].....	109
Tabulka 15 - Ukazatel OEE po optimalizaci [vlastní tvorba].....	109
Tabulka 16 - Výpočet optimalizačního řešení-paletky [vlastní tvorba].....	111
Tabulka 17 - Ukazatel OEE před optimalizací [vlastní tvorba].....	112
Tabulka 18 - Ukazatel OEE po optimalizaci [vlastní tvorba].....	112