

Projekt implementace nové montážní linky ve vybrané společnosti

Bc. Dušan Tešlár

Diplomová práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Dušan Tešlár**
Osobní číslo: **M200333**
Studijní program: **N0488P050002 Průmyslové inženýrství**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Projekt implementace nové montážní linky ve vybrané společnosti**

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši v dané oblasti a formulujte teoretická východiska pro zpracování praktické části diplomové práce.

II. Praktická část

- Provedte analýzu objemu produkce, technologického postupu a současného stavu výrobních kapacit.
- Vypracujte projekt implementace nové montážní linky ve vybrané společnosti.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BRAU, Sebastian J. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean*. Boca Raton: American Lean SD, 2016, 142 s. ISBN 978-15-393-2294-8.
CHROMJAKOVÁ, Felicity. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.
SARTOR, Marco a Guido ORZES. *Quality management: tools, methods, and standards*. United Kingdom: Emerald Publishing, 2019, 293 s. ISBN 978-1-78769-804-8.
SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Eva Juříčková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **11. února 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. dubna 2022**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 11. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práca je zameraná na projekt implementácie novej montážnej linky vo vybranej spoločnosti.

Diplomová práca je rozdelená do dvoch častí, nakoľko v teoretickej časti sú uvedené poznatky z oblasti lean filozofie, štíhlej výroby a riadenia projektu, doplnené o vybrané metódy priemyselného inžinierstva aplikovateľné pre daný projekt implementácie novej montážnej linky. Druhá časť práce je praktická, ktorá sa zameriava najprv na predstavenie samotnej podstaty projektu a následne analyzuje projekt s cieľom vytvorenia vhodného layoutu, noriem spotreby časov, balansovanie pracovísk, využitia výrobných zariadení a návrhu ich pravidelnej údržby. Výsledkom práce je projekt tvorby montážnej linky a príprava linky pre rozbeh sériovej výroby.

Kľúčová slova: projekt, štíhla výroba, layout, norma spotreby časov, ergonómia

ABSTRACT

The thesis is focused on the project of implementation of the new assembly line into the current production of the selected company.

The thesis is divided into the two parts, in theoretical part are explained lean philosophy, lean manufacturing, project management, additional tools and methods of industrial engineers suitable for project of implementation new assembly line. Second part is practical and firstly focused on project targets and expectations by customer and selected company, further analysis with a goal to choose suitable layout, time consumption standards, well balanced workplaces, efficiency of production equipment including maintenance and operational standards. The result is project of realization new assembly line and prepare production for ramp up of serial production.

Keywords: project, lean manufacturing, layout, time consumption standard, ergonomics

Týmto by som rád poďakoval Jiřímu Filipčíkovi a Saschovi Tometchkovi za prejavenu dôveru a mentorovanie v tak dôležitom projekte pre vybranú spoločnosť. Každému členovi projektového tímu, s ktorými sme dnes výbornými kolegami a priateľmi aj mimo prácu. Ďalej by som chcel poďakovať pani doktorke Eve Juříčkovej za vedenie mojej práce a veľkú ochotu správneho nasmerovania počas konzultácií.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 LEAN MANAGEMENT.....	12
1.1 ŠTÍHLÝ PODNIK	12
1.2 ŠTÍHLA VÝROBA	14
1.2.1 Zbytočné pohyby.....	15
1.2.2 Čakanie.....	15
1.2.3 Nadvýroba	16
1.2.4 Opravy a zmätky	16
1.2.5 Straty optimalizácie.....	16
1.2.6 Zásoby.....	17
1.2.7 Nadbytočná manipulácia.....	17
2 PROJECT MANAGEMENT	18
2.1 ŽIVOTNÝ CYKLUS PROJEKTU	19
2.1.1 Predprojektová fáza projektu	20
2.1.2 Zahajujúca fáza	20
2.1.3 Realizačná fáza.....	21
2.1.4 Ukončenie a vyhodnotenie projektu.....	21
2.2 PROBLEM SOLVING.....	22
2.2.1 PDCA metóda	22
2.2.2 DMAIC metóda.....	23
2.2.3 Failure Mode and Effect Analysis.....	23
3 METODY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERA VHODNÉ PRE PROJEKT ZAVÁDZANIA NOVEJ MONTÁŽNEJ LINKY.....	25
3.1 METÓDY MERANIA PRÁCE	25
3.1.1 Priame meranie spotreby času.....	26
3.1.2 BASIC MOST	27
3.2 BALANSOVANIE OPERÁCIÍ	28
3.2.1 Tok jedného kusu	29
3.2.2 Takt Time	29
3.3 ŠTÍHLY LAYOUT	30
3.3.1 Technologické usporiadanie.....	31
3.3.2 Predmetné usporiadanie	32
3.3.3 Bunkové usporiadanie	33
3.4 ERGONÓMIA	34
3.5 OEE.....	35
3.5.1 TPM.....	37

3.6	ŠTANDARDIZÁCIA	38
3.7	VIZUALIZÁCIA.....	39
4	ZHRNUTIE TEORETICKEJ ČASTI.....	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	43
5	ZADANIE A ČASOVÝ PLÁN PROJEKTU	44
5.3	PROJEKTOVÁ FMEA RIZÍK.....	50
6	ANALÝZA OBJEMU PRODUKCIE.....	53
7	ANALÝZA VÝROBNÉHO POSTUPU	59
7.1	FUNKCIA VÝROBKU.....	59
7.2	VÝROBNÝ POSTUP A ČASOVÁ ANALÝZA BASIC MOCT.....	59
7.2.1	Pred montáž kompresoru, základni a kondenzátoru.....	61
7.2.2	Pájení a plnenie chladiva.....	63
7.2.3	Montáž vodného a elektrického okruhu	65
7.2.4	EOL Testovanie	67
7.2.5	QG Simulácia	69
7.2.6	Balenie.....	70
7.3	ANALÝZA VÝROBNÝCH ZARIADENÍ	71
7.3.2	Kapacita plniacej stanice.....	73
8	LAYOUT	75
8.3	DETAIL ZVOLENEJ VARIANTY	79
9	ROZBALANCOVANIE OPERACÍ	83
10	TPM.....	87
10.1	TPM ŠTANDARDIZÁCIA – TESTOVACIE ZARIADENIE	87
10.2	TPM ŠTANDARDIZÁCIA – PRACOVISKO, PERIFÉRIE A PRÍSLUŠENSTVO	89
11	ZHRNUTIE PRAKTICKEJ ČASTI.....	90
	ZÁVĚR	91
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	93
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	96
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM TABULEK.....	99

ÚVOD

V dnešnom globálnom svete je snahou každého podnikateľského subjektu vytvárať zisk a ponúkať svojim zákazníkom produkty s maximálnou pridanou hodnotou a s minimálnymi nákladmi. Pre tieto globálne podniky je v dnešnej dobe takmer jediná možnosť prežitia inovácia svojho portfólia produktov v pravidelných cykloch a tak udržanie kroku s pokrokom technológií a vzťahu so zákazníkom, aktuálnym či potencionálne novým. Za každou inováciou portfólia produktov stojí projekt, na ktorom sa podieľa množstvo ľudí, počínajúc u dizajnéra a končiac u operátora výroby. Tieto projekty majú množstvo zainteresovaných strán, množstvo plánov, analýz, fáz projektu, akcií a ich výsledkom je nový produkt s vysokou pridanou hodnotou a potenciálom zmeniť predsudky a nastaviť nové štandardy preferencií.

Cieľom tejto diplomovej práce je projekt implementácie novej montážnej linky dedikovanej novému inovatívnemu produktu v portfóliu zákazníka.

Teoretickou časťou práce je rešerš literárnych zdrojov, ktoré sa zaoberajú tematikou štíhlej výroby, projektového riadenia a metód priemyselného inžiniera využiteľných pre implementáciu nových montážnych liniek do výroby.

Praktická časť obsahuje najprv zadanie projektu a jeho popis, ktorého zadávateľom a realizátorom je vybraná spoločnosť. Za pomoci metód priemyselného inžinierstva sú uskutočnené analýzy očakávaných objemov produkcie, výrobného postupu a spotreby časov jednotlivých operácií. Na základe uskutočnených analýz sú navrhnuté vhodné varianty layoutu a následne výber najvhodnejšej, ktorej sa celý projekt implementácie novej montážnej linky uspôsobí. Realizácia zámeru je doplnená o štandardizáciu údržby výrobných zariadení. Záverom tejto práce je montážna linka realizovaná v súlade s princípmi štíhlej výroby a princípmi ergonómie s ohľadom na fungovanie človek – stroj – pracovné prostredie.

Verím, že práca bude prínosom pre vybranú spoločnosť, rovnako ako bola prínosná pre mňa v dobe jej spracovania.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cieľom tejto diplomovej práce je projekt implementácie novej montážnej linky vo vybranej spoločnosti. Výsledkom je industrializácia montážnej linky na základe analýzy a nasledovného návrhu a projektová realizácia navrhovaného výrobného systému vhodného k výrobe nového produktu na základe zistených výsledkov analytickej časti práce. Všetky návrhy novej montážnej linky počnúc usporiadaním pracovísk, až po balansovanie jednotlivých úkonov boli uskutočnené na základe detailných analýz a nástrojov priemyselného inžinierstva v súlade s princípmi štíhlej výroby.

Praktická časť počína definovaním zadania projektu a jeho očakávaniami zo strany zákazníka a realizátora projektu. V ďalšom kroku sú aplikované vhodné analýzy k získaniu potrebných údajov o plánovanej výrobe. Medzi základné analytické nástroje tejto diplomovej práce patria BASIC MOST, výpočet zákazníkoveho a výrobného taktu, balančný index pracovníkov. Medzi tieto kľúčové dáta potrebné k návrhu layoutu ovplyvňuje dostupná kapacita výroby, ktorá priamo ovplyvňuje zákaznícky a výrobný takt, výrobný postup a kapacita výrobných zariadení. Medzi základné parametre štíhlej výroby patrí celková efektivita zariadenia, ktorú je potrebné realisticky stanoviť a správne naplánovať fungovanie novej montážnej linky. Na základe týchto dát bude zvolená vhodná varianta layoutu s cieľom minimalizovať náklady na projekt a maximalizovať činnosti prídávajúce hodnotu za pomoci aplikácie nástrojov štíhlej výroby. Medzi hlavné úlohy tejto diplomovej práce bude patriť tak isto aj riadenie industrializácie novej montážnej linky vo vybranej spoločnosti na základe harmonogramu projektu, ktorý odzrkadľuje zadanie zo strany zákazníka a realizátora. Kľúčovým míľnikom a výsledkom tejto práce bude reálna montážna linka v súlade s lean filozofiou a splnením všetkých zadaní projektu, tento cieľ bude v záverečnej fáze projektu validovaný zákazníkom podľa harmonogramu projektu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LEAN MANAGEMENT

Lean je súhrn metód a princípov zameriavajúcich sa na identifikáciu a odstránenie činností, ktoré nepridávajú žiadnu hodnotu výrobkom alebo službám, za ktoré je zákazník ochotný zaplatiť. V konečnom dôsledku tieto aktivity predstavujú plytvanie. Pôvodným zámerom tejto metodológie bolo zlepšovanie podnikových procesov v segmente priemyselných výrob. Postupne sa však dostala do ďalších oblastí ako sú služby, administratíva a vývoj výrobku. Premýšľanie v štýle lean je jednoduché, priame a na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že ide o logické myslenie, tzv. „prostý rozum“, ale ide predovšetkým o systematické usporiadanie a metodologické uplatnenie na štruktúrované aspekty procesov (Svozilová, 2011, s. 97).

Podľa autora Michael Dudbridge (2011, s. 21) je charakteristika štíhlej výroby zlepšovanie procesov, ich poznávanie a porozumenie samotnej nevyhnutnosti zlepšovať všetky aspekty podniku. Schopnosť porozumieť nevyhnutnému zlepšovaniu je kľúčová v konkurenčnom boji, nie len o zákazníka ale v dnešnej dobe aj v boji o pracovníka na trhu práce a v mnohých prípadoch aj v boji o kľúčové partnerstvá v biznis prostredí. Zavádzanie a udržiavanie štíhlej kultúry je predpokladom dlhovekosti podniku a jeho schopnosti odolávať nepredvídaným negatívnym okolnostiam na lokálnych ale aj globálnych trhoch. Lean je o zdokonaľovaní procesov v nekonečnom reťazci, zloženého s malých krokov zlepšovania za pomoci špecifických nástrojov a techník. Tieto techniky a nástroje slúžia v širšom pohľade ku kvantifikácii plytvania a činností nepridávajúcich hodnotu v procesoch naprieč podnikom a teda k definícií úzkych miest, ktoré vedú k znižovaniu ziskovosti podniku. V mnohých prípadoch projekty zavádzania štíhlych procesov v podnikoch nefungujú kvôli chýbajúcej kultúre a povedomí lean filozofie naprieč podnikom. Preto je pri zavádzaní štíhleho podniku potrebné paralelne podporovať štíhlu kultúru a formou štruktúrovanej spolupráce tímov aj malé kroky vedúce k implementácii zlepšovania na pravidelnej báze.

Chromjaková (2013, s. 9) považuje za kľúčové motivovať zamestnancov k zmene myslenia o procesoch, zvyšovaniu pridanej hodnoty produktov pre zákazníka a provokovať ich predovšetkým k okamžitej realizácii nápravných opatrení vedúcich k zlepšeniu procesných a produktových parametrov. Tieto aktivity vedú k zvýšeniu cieľových ukazovateľov výrobných podnikov, resp. ukazovateľov výkonnosti, produktivity a efektívnosti.

1.1 Štíhly podnik

Štíhly podnik by mal robiť iba také činnosti, ktoré sú potrebné. Tieto činnosti by mali byť správne urobené na prvý krát, rýchlejšie ako konkurencia s vyššou kvalitou a s menšími

nákladmi, tým pádom hlavným cieľom štíhleho podniku je byť efektívny. Podstatné je si uvedomiť, že štíhly podnik nie je o šetrení peňazí, ale o maximalizácii využitia dostupných výrobných zdrojov, tzn. strojov, výrobných plochy, ľudských kapacít. Vďaka maximalizácii efektivity výrobných vstupov, pridanej hodnoty výrobku pre zákazníka a minimalizácii nákladov spojených s výrobou sa stáva pre zákazníka prvou voľbou a v očiach konkurencie nedostihnuteľný. Štíhly podnik robí jednoducho iba to čo požaduje zákazník, s minimálnym počtom činností, ktoré nepridávajú hodnotu výrobku. Byť štíhly teda znamená vytvoriť zisk rýchlejšie a viac s požadovanou kvalitou za vynaloženia čo najmenej úsilia (Košturiak a Frolík, 2006, s. 17).

Chromjaková (2013, s. 33) súhlasí s Košturiakom a Frolíkom, že štíhlosť podniku spočíva v tom, že podnik vykonáva presne to čo zákazník požaduje s minimom činností nepridávajúcich hodnotu, zároveň však poznamenáva kľúčové vlastnosti štíhlych podnikov:

- Pull system (Systém ťahu)
- Schopnosť hľadania koreňovej príčiny
- Definícia pridanej hodnoty pre zákazníka
- Minimalizácia plytvania a maximalizácia pridanej hodnoty
- Spolupráca tímov naprieč oddeleniami
- Kultúra neustáleho zlepšovania

Sebastian J. Brau. (2016, s. 6) vo svojej knihe definuje trendy štíhlych podnikov, ktoré sú stále viac spájané s modernými IT softwarmi a ERP systémami, ktoré zabezpečujú prepojenie všetkých oddelení podniku, vrátane výrobného oddelenia. Benefitmi nasledovania týchto trendov je pre podniky vyššia konkurencieschopnosť a atraktivnosť na globálnom a regionálnom trhu. V určitých odvetviach priemyslu môže byť otázkou nasledovanie týchto trendov samotná existencia podniku. Zefektívňovanie nie len výrobných procesov pomocou nových digitálnych technológií prináša podnikom úsporu nákladov, napr. administratívnych nákladov. Pre výrobné podniky sú aktuálnymi trendami:

- Zvyšovanie efektivity práce nevýrobných procesov
- Implementácia cloudových technológií
- Zvyšovanie agility výrobných procesov
- Automatizácia a digitalizácia

1.2 Štíhla výroba

V štíhlej výrobě nezáleží len na výsledkoch, ale primárne ide o spôsoby ako sú tieto výsledky dosiahnuté a tie sa výrazne líšia od štandardných postupov. Rozdiel sa nachádza v zameraní sa na procesy nie len na výsledky. Predpokladom je začať návrhom postupu, ktorý povedie ku konkrétnym cieľom. Pokiaľ bol navrhnutý proces správny a následne sa aj dodržiaval, budú dosiahnuté požadované výsledky. V štíhlej výrobě sa kladie dôraz na uspokojenie dopytu zákazníka a podnikového cieľa s minimálnymi nákladmi. Vylepšovanie týchto procesov je neustála podniková činnosť (Mann, 2015, s. 12).

Spoločnosti sa snažia o implementáciu efektívnych a štíhlych procesov, ktoré eliminujú plytvanie. Podľa princípov štíhleho podniku sú akékoľvek výdaje na zdroje za iným účelom, ako je vytváranie hodnoty pre konečného zákazníka, považované za zbytočné. Plytvanie sú teda činnosti, ktoré nepridávajú hodnotu (Marr, 2012, s. 189).

Všeobecne známe princípy štíhlej výroby sú minimalizácia a eliminácia plytvania vo výrobě. Autor Dudbridge (2011, s. 147) charakterizoval 7 základných druhov plytvania:



Obrázok 1: 7 druhov plytvania (vlastné spracovanie podľa Dudbridge, 2011, s. 147)

S elimináciou plytvania, zmätkov, duplicit a nadmernej byrokracie, s cieľom zvyšovania efektivity procesov a kvality výrobku v prospech konečného zákazníka je stále viac spájané

aj riadenie kvality v podniku. Cieľom je vytvoriť také myslenie a spôsob fungovania, aby bolo eliminované všetko, čo nepridáva hodnotu. Filozofia a heslo lean managementu je „viac hodnoty za menej práce“, ktoré vychádzajú z pôvodného výrobného systému Toyota (Sartor & Orzes, 2019, s. 129).

1.2.1 Zbytočné pohyby

Zbytočné alebo nesprávne pohyby operátorov v rámci montážnej bunky sú pohyby, ktoré nepridávajú hodnotu výrobku a môžu viesť až k zdravotným problémom operátorov. Zle navrhnuté pracovisko, v rámci ktorého pracovníci vykonávajú zbytočné a nesprávne pohyby môže ovplyvniť aj bezpečnosť na pracovisku. Analýza a identifikácia kritických pohybov v rámci procesu výrobných buniek je tak úzko spojená s ergonomickými a bezpečnostnými pravidlami (Cox a Schleier, 2010, s. 1068).

1.2.2 Čakanie

K čakaniu dochádza vtedy, ak operátori nemôžu pracovať z technického alebo organizačného dôvodu. Typickým javom je potom operátor postavený pri výrobných strojoch, ktorý len pozoruje a jeho čas nie je nijak produktívny. Takéto straty sa dajú veľmi ľahko odhaliť, horšie identifikovateľné straty sú medzioperačné straty časov. Ide o veľmi krátke úseky, avšak u vysokofrekvenčných operácií tieto časy zohrávajú dôležitú rolu ako počas dňa kumulujú čoraz väčšie plytvania a tak priamo znižujú aj efektivitu procesu. Takéto plytvania sa v lean filozofii dá odstrániť systémom Just-in-Time (Váchal a Vochozka, 2013, s. 473).

Dudbridge (2011, s. 148) popisuje čakanie aj ako čas medzi dokončením jednej operácie a začatím druhej operácie, ktorý je neproduktívny a generuje veľké množstvo plytvania. Čas, ktorý produkt nie je opracovávaný a nepridáva tak žiadnu hodnotu výrobku je strata nie len procesného času ale aj plytvaním všetkých zdrojov, ktoré sú v procese zainteresované. Autor definoval typické príklady čakania vo výrobnom procese:

- Porucha a oprava výrobných strojov
- Chýbajúci materiál
- Pretypovanie výroby
- Čakanie medzi strojovými cyklami
- Rozbeh výroby

1.2.3 Nadvýroba

Podľa Jurovej (2016, s. 90) tento druh plytvania vzniká za účelom vyššieho využitia výrobných kapacít a teda za účelom vyššej produktivity práce, alebo za účelom výroby určitého množstva hotových produktov navyše pre „prípád núdze“. V oboch prípadoch však podnik vyrába viac než zákazník požaduje a je ochotný kúpiť. Vďaka tomuto plytvaniu vznikajú zbytočné požiadavky na skladovacie priestory, zvyšujú sa manipulačné a administratívne náklady.

Cieľom vyspelých výrobných podnikov, v ktorých procesy plánovania a výroby dobre fungujú, je vyrábať zákazku až v poslednej chvíli, ktorú sa zaviazali zákazníkovi dodať v určitom termíne. Dôvodom tejto stratégie je minimalizácia manipulácie potrebných zásob a dosiahnuť stav, kedy podnik vyrába a dodáva Just-in-Time, čo má pozitívny dopad nie len na efektívnosť ale aj na finančné zdravie podniku (Dudbridge, 2011, s. 150).

1.2.4 Opravy a zmätky

Pri výskytu tohto druhu plytvania v závislosti na celkovej dĺžke operácií, môžu náklady pre podnik narásť až do veľkých finančných strát (Svozilová, 2011, s. 107).

U výroby zmätkov alebo nekvalitných produktov proces spôsobuje veľa zbytočných nákladov. Medzi straty patrí čas, práca pracovníkov a financie vynaložené na opravu nekvalitných výrobkov. Zmätky môžu spôsobiť aj škody na výrobných zariadeniach a tak obmedziť výrobu a spôsobiť ďalšie nepredvídané negatívne javy pre výrobný podnik (Jurová, 2016, s. 91).

1.2.5 Straty optimalizácie

Tento druh plytvania je spôsobený nevhodným prístupom vedúcich pracovníkov, ktorý nie sú schopný využiť nápady alebo tvorivý potenciál členov tímu. K tomu dochádza ak sa preruší komunikácia vo vnútri spoločnosti alebo medzi spoločnosťami a ich zákazníkmi či dodávateľmi. Tieto straty môžu mať podobu zbytočných výrobných krokov, nad rámec požiadaviek zákazníka, a ich prínos do procesu výroby je neutrálny alebo až negatívny. Tieto problémy v spojení s absentujúcou komunikáciou môžu viesť k nesprávnemu toku informácií, znalostí, nápadov, kreativity a vytvárajú frustrujúce podmienky na prácu (Dennis, 2016, s. 24).

1.2.6 Zásoby

Plytvanie vo forme nadbytočných zásob je v spojení s vyššie spomínaným druhom plytvania, nadprodukciou. Zásoby môžu byť vo forme surového materiálu, baliaceho materiálu, ale tak isto vo forme nedokončenej výroby (Dudbridge, 2011, s. 152).

Svozilová (2011, s. 36) definuje tento druh plytvania vo filozofii lean ako jeden z najhorších prehreškov. Skladovaním náhradných dielov, materiálov vstupujúcich do výrobných procesov, nedokončených výrobkov a hotových výrobkov zbytočne zaberajú miesto a tak vznikajú ďalšie nákladové požiadavky ako sú manipulačná technika, regály, skladovacia plocha a pracovníci. V zásobách sa tak isto viaže veľké množstvo kapitálu a finančných prostriedkov podniku.

1.2.7 Nadbytočná manipulácia

Nadbytočnou manipuláciou, alebo tzv. zbytočným transportom by sa v jednoduchosti mohla charakterizovať bezcieľne alebo nesystematické premiestňovanie materiálu a polotovaru z miesta na miesto bez požadovaného pozitívneho účinku. Zákonitosťou je nižšia nákladovosť v procese s menším počtom transportu materiálu a polotovarov ako neustále premiestňovanie a manipulovanie bez pozitívneho účinku (Svozilová, 2011, s. 35).

Marek (© 2012) definuje nadbytočnú manipuláciu ako transport - pohyb objektov z jedného miesta na druhé, ktorý nie je súčasťou operácie a dopĺňa rozdelenie na:

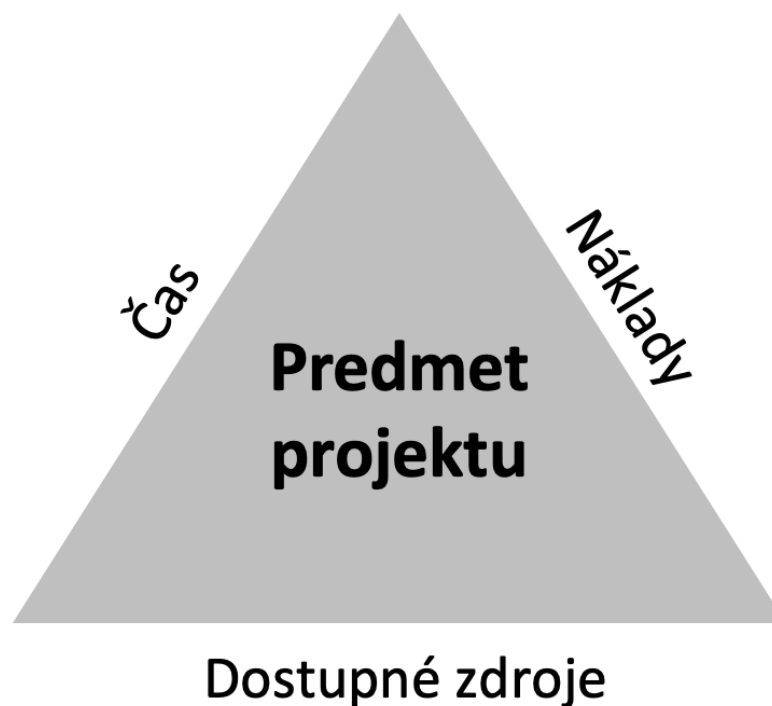
- **Makro-plytvanie** – rozumieme pod zbytočnou manipuláciou primárne kvôli zlému usporiadaniu lay-outu podniku, efekt plytvania je v tomto prípade väčší a presahuje svojím vplyvom do celého fungovania výrobného podniku,
- **Mikro-plytvanie** – rozumieme ako plytvanie v rámci pracoviska, prenášanie objektu z miesta A na miesto B v rovnakej pracovnej zóne.

2 PROJECT MANAGEMENT

U transferu alebo výstavby novej montážnej linky sa nejedná iba o jednoduché usporiadanie dopravníkových dráh, stolov a prístrojov, naopak projekt výstavby novej montážnej linky je systematickým riadením všetkých činností vedúcich k úspešnému rozbehu výrobného systému. Jedná sa teda o plánovanie, analýzu, implementovanie a riadenie činností vedúcich k dokončeniu a úspešnému predaniu projektu do bežnej prevádzky.

Riadenie požiadavkou projektu spočíva v určení, definícii a odsúhlasení projektu takým spôsobom, ktorý je schopný naplniť požiadavky zainteresovaných strán, teda zákazníka a užívateľa (Doležal, Lacko, Máchal a kolektiv, 2012, s. 58).

Chlopecký (2018, s. 78) popisuje projekt a jeho riadenie ako jedinečný proces, ktorý je tvorený z rady ďalších riadiacich činností, ktoré podporuje projektové riadenie od jeho začiatku až do finálnej fázy, tzv. ukončenie projektu. Projektové riadenie je aplikované pre dosiahnutie konkrétnych cieľov, ktoré splňujú stanovené požiadavky v danom čase a s limitovanými zdrojmi. Každý projekt je časovo ohraničený a obmedzený. Ide o schopnosť podniku alebo organizácie flexibilne dosiahnuť špecifického cieľu s určitými finančnými zdrojmi v stanovenom čase.



Obrázok 2: Prvky projektového managementu (vlastné spracovanie podľa Svozilová, 2016, s. 24)

Účelom projektového riadenia je zaistenie efektívneho a účinného riadenia procesu definovaných zmien tak, aby priniesli predpokladaný úžitok. Projekt je organizované úsilie projektového riadenia pre realizáciu zmien. Práve zmena je následne výsledkom projektu. Úspešný projekt je cieľom projektového riadenia. Cieľom je teda dosiahnuť zmenu v plánovanom čase, s naplánovanými nákladmi, v požadovanej kvalite a s dostupnými zdrojmi (Bočková, 2016, s. 29).

Svozilová (2016, s. 21-22) súhlasí s predchádzajúcimi charakteristikami projektu a projektového riadenia, avšak dopĺňa taktiež unikátnosť, ktorá je daná zostaveným tímom na určité obdobie, dedikovaný k realizácii daného projektu a dosiahnutie cieľa.

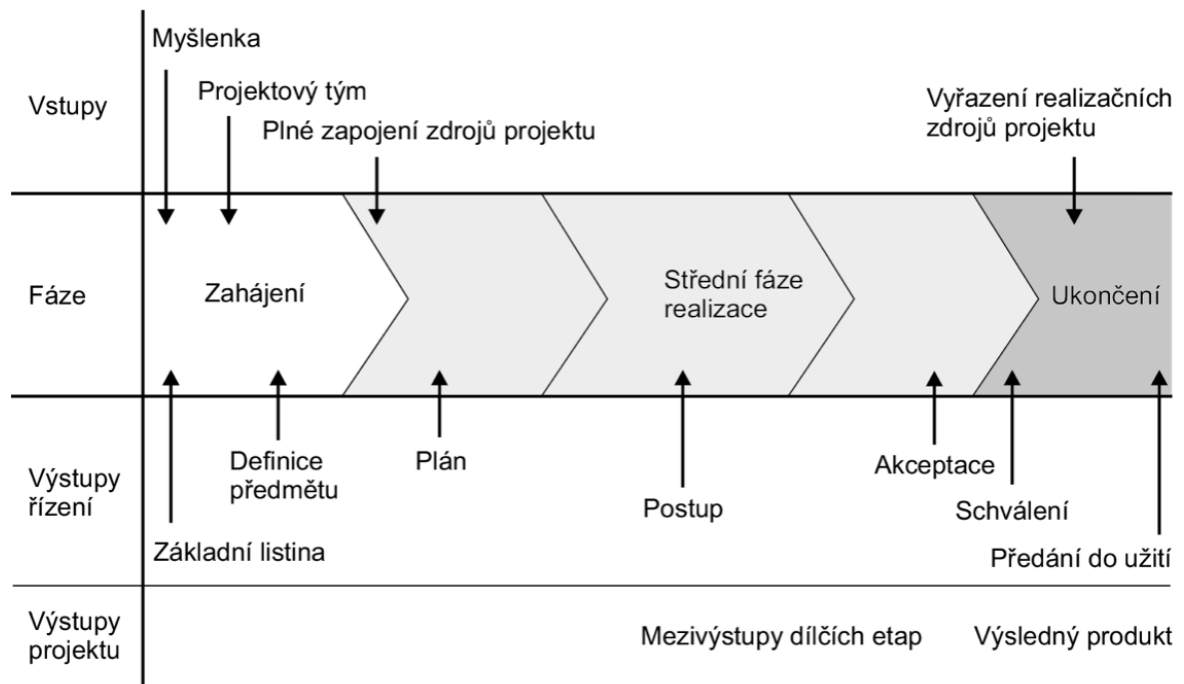
2.1 Životný cyklus projektu

Podľa Doležala, Lacka, Máchala a kolektivu (2012, s. 58) je úvodnou fázou projektu prípravná fáza, tzv. predprojektová fáza, v ktorej sú vyhotovené plány projektu a štúdia realizovateľnosti. Projekt je potreba čo najskôr realisticky posúdiť a vyhodnotiť. Na základe týchto posúdení je následne rozhodnuté o investovaní či zamietnutí investície do daného projektu. Po rozhodnutí o uvoľnení finančných zdrojov na daný projekt má vlastník projektu povinnosť zostaviť projektový tím, stanoviť rámec projektu, jeho ciele, výstupy, rozpočet a časový rámec vrátane kontrolných bodov, tzv. míľnikov projektu.

Svozilová (2011, s. 159-165) sa zhoduje s Doležalom a dopĺňa že rozdelenie životného cyklu projektu do nižších celkov logicky nasledujúcich za sebou pomáha organizácií kontrolovať priebeh projektu. Jednotlivé fázy projektu pomáhajú definovať:

- aký typ práce má byť vykonaný v konkrétnej fázy projektu,
- aké sú očakávané výstupy v konkrétnej fázy projektu, ako sú vytvorené a ako sa kontroluje ich naplnenie,
- kto je zodpovednou osobou za jednotlivé aktivity.

Fáze životného cyklu projektu sú teda sekvencie. Prechod a posun z predchádzajúcej fázy do nasledujúcej je koordinovaný a môže sa uskutočniť až pri dosiahnutí predom definovaného dostatočného stavu predchádzajúcej fázy. Prechod je uskutočňovaný na základe parciálneho schvaľovacieho procesu, ktorý konštatuje pripravenosť projektu do ďalšej fázy (Svozilová, 2016, s. 41).



Obrázok 3: Fázy životného cyklu projektu (Svozilová, 2016, s. 41)

2.1.1 Predprojektová fáza projektu

V rámci tejto fáze je cieľom preskúmať príležitosti pre projekt a posúdiť ich realizovateľnosť. Do tejto fáze býva často zahrnovaná aj hlavná myšlienka, spracovávajú sa rôzne analýzy a štúdie. Hlavným výstupom tejto fáze sú dokumenty „Štúdia realizovateľnosti“ a „Štúdia príležitosti“ (Doležal, Lacko, Máchal a kolektiv, 2012, s. 169-172).

2.1.2 Zahajujúca fáza

Pri zahájení projektu je potrebné presne stanoviť a definovať proces. Hlavnými aktivitami v rámci tejto fáze sú definícia cieľov projektu, očakávania a požadované výstupy, zodpovedný pracovníci a stanovenie kompetencií za hlavné aktivity projektu (Doležal, Lacko, Máchal a kolektiv, 2012, s. 169-172).

Cieľ projektu musí byť definovaný popisom stavu, ktorého má dosiahnuť v budúcnosti po jeho úspešnej realizácii. Cieľ projektu je dôležitý pre všetky fázy projektu. Najprv pre tvorbu zadania, potom slúži ako oporný bod pre plánovanie a v konečnom dôsledku aj pre vyhodnotenie úspešnosti celého projektu na základe toho do akej miery sa cieľ podarilo

naplniť. Tento hlavný cieľ sa môže inak nazývať aj globálny cieľ. Jedná sa o strategický cieľ, ktorý sa dá rozdeliť na niekoľko parciálnych cieľov (Svozilová, 2016, s. 92).

Pri formulácii cieľov je najčastejšie využívaná metóda SMART. Začiatkové písmená uvádzajú aký by cieľ mal byť (Svozilová, 2016, s. 92):

S (specific) – špecifický, jednoznačný a zrozumiteľný pre všetkých členov tímu

M (measurable) – merateľný, definované hlavné parametre, ktoré sa dajú vyhodnocovať

A (assignable) – priraditeľný, členovia tímu majú jasné definované parciálne ciele

R (realistic) – reálny, dokázateľný s dostupnými zdrojmi, ktoré sú k dispozícii

T (time bound) – časovo ohraničený, začiatok a koniec projektu

2.1.3 Realizačná fáza

Projektová fáza býva často rozdelená na jednotlivé parciálne etapy, ktoré predstavujú súhrn akcií v rámci etapy, ktoré na sebe logicky závisia. Výsledkom realizačnej fázy je hotový projekt. Realizačná fáza je koordinovaná vlastníkom projektu, ktorý je najčastejšie označovaný ako projektový manažér v rámci pravidelných meetingov. Vlastník projektu je zodpovedný za plnenie akcií v stanovenom termíne, v prípade neplánovaných zmien tak isto aj agilne reagovať a implementovať korekčné opatrenia, preplánovať či inak upraviť plán projektu (Ježková, 2013, s. 256).

2.1.4 Ukončenie a vyhodnotenie projektu

Záverečná fáza projektu analyzuje, vyhodnocuje či boli splnené požiadavky projektu stanovené pred jeho začatím a či bol projekt úspešný. Celý projekt je potrebné ohodnotiť a poskytnúť spätnú väzbu projektovému tímu. Z týchto skúseností, či už dobrých alebo zlých sú následne štruktúrovanou formou vyhodnotené „lessons learned“ tzv. skúsenosti zozbierané počas projektu, učenie sa z vlastných chýb. Cieľom je zhodnotiť projekt udržať zozbierané skúsenosti a znalosti a v budúcnosti implementovať nápravné opatrenia (Ježková, 2013, s. 256).

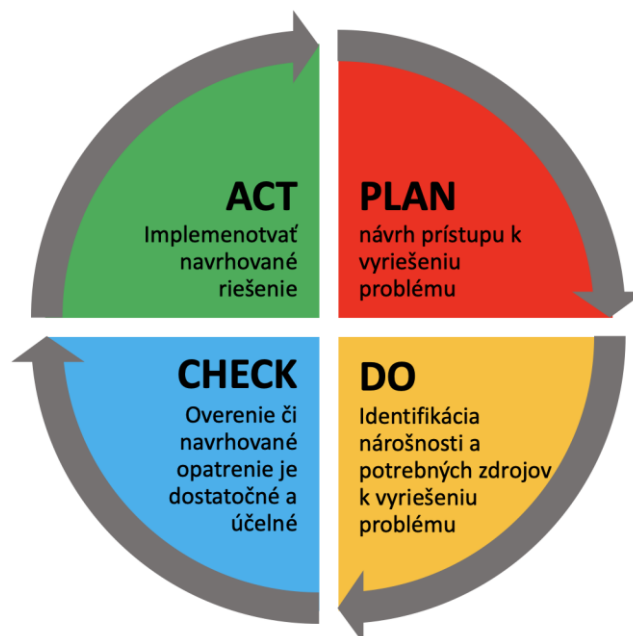
Svozilová (2016, s. 278) dopĺňa záverečnú fázu projektu, ktorú definuje ako „vyradenie projektu“ prevedenie predmetu projektu do štádia podpory a plnej kompetencie organizácie, ktorá podporu poskytuje. Po predaní projektu sa kladie dôraz na spracovanie poučení a získaných skúseností použiteľných pre budúce projekty.

2.2 Problem solving

Schopnosť riešiť problémy štruktúrovaným a systematickým prístupom je v dnešnej dobe veľkým prínosom v rámci projektového riadenia. Techniky riešenia problémov sú používané v prípadoch nejednoduchých problémov, poprípade v situáciách väčšieho množstva reťazových problémov v rámci projektu. Tieto techniky sú založené na logických základoch často v spojení s matematickými kvantifikáciami hodnôt, avšak aj tieto matematické prvky zväčša nevyžadujú náročné matematické výpočty a formulácie. Napriek tomu, že veľa problem solving znalostí a nástrojov sú vo svojej podstate založené na matematických základoch, veľa z nich obsahuje matematické výpočty relatívne v malej miere a ich správna aplikácia závisí aj na bežných aritmetických princípoch, ktoré sa deti učia v základných školách. Vznik týchto metód a nástrojov sa traduje u vedcov, ktorý v analyzovali proces riešenia a skúmania problémov pri vedeckej práci (Butterworth a Thwaites, 2013, s. 13).

2.2.1 PDCA metóda

PDCA (Plan-Do-Check-Act) je cyklus, ktorý môže byť použitý k okamžitému riešeniu problému a akcií k jeho náprave. Metóda svojou jednoduchosťou je prevažne adaptabilná pre jednoduchšie a menej komplexné riešenie problémov. (Barsalou, 2015, s. 111)



Obrázok 4: Ilustrácia cyklu PDCA (vlastné spracovanie podľa Svozilová, 2011, s. 89)

2.2.2 DMAIC metóda

Metóda DMAIC je systematický postup riešenia problémov, ktorý vychádza z filozofie Six Sigma, čo je štruktúrovaná metóda pre elimináciu chybovosti a tak i zvyšovaniu spôsobilosti procesu. Jedná sa o veľmi jednoducho aplikovateľnú metódu pre systematické riešenie problémov, ktorá pozostáva z piatich logických krokov (Sartor a Orzes, 2019, s. 155 – 156):

- **D** (Define) – Definícia problému, zbieranie spätnej väzby o danej problematike,
- **M** (Measure) – Kvantifikácia skúmanej problematickej oblasti, zbieranie dát,
- **A** (Analyze) – Analyzovanie zozbieraných dát, kvantifikácia a popísanie úzkych miest v procese potrebných zlepšiť,
- **I** (Improve) – Návrhy na zlepšenie sú vybrané a implementované na základe benefitov, veľkosti risku, nákladov, prekážok implementácie,
- **C** (Control) – Zhodnotenie implementovaných riešení, štandardizácia a vyhodnotenie možnosti kopírovania riešenia aj na iné podobne problematické procesy. (Sartor a Orzes, 2019, s. 155 – 156)

2.2.3 Failure Mode and Effect Analysis

FMEA nástroj je technika používaná k identifikovaniu a prevencii rôznych problémov spojených s vedením systému, návrhom dizajnu produktu a procesom. Hlavným cieľom je zvýšenie pravdepodobnosti úspešnosti projektu, zníženie nákladovosti plynúcej z nesprávneho fungovania procesu, zvýšenie bezpečnosti a poskytnutie organizácií ucelený a štruktúrovaný obrázok o budúcom stave. Na základe FMEA analýzy je organizácia schopná riadiť a kontrolovať spôsobilosť projektu.

Obecný postup pri FMEA analýze (Sartor a Orzes, 2019, s. 118):

- Identifikovanie rizikových oblastí projektu,
- Identifikovanie príčin a následkov možných rizík,
- Ohodnotenie a kvantifikovanie rizík,
- Poskytnutie nápravných opatrení pre zníženie potencionálneho rizika a efektu pre zákazníka projektu.

Svozilová (2016, s. 306) uvádza, že riziko je tiež charakterizované ako pravdepodobnosť vzniku rizikového stavu alebo udalosti a hodnotou v ohrození – vyjadruje veľkosť škody,

ktorú môže byť projektu v budúcnosti spôsobená v prípade že uvažované riziko nastane. Závažnosť rizík a odhady potencionálnej veľkosti škôd sú výsledkami kvantitatívnych analýz.

Pre výpočet RPN - rizikového čísla, čo stanovuje celkovú mieru rizika je výpočet tvorený násobením troch aspektov, ktoré sú ohodnotené koeficientom od 1 až do 10, kde 10 predstavuje maximálnu možnú hodnotu (Hitzmann, 2017, s. 31).

Vzorec pre kvantifikáciu miery rizika:

$$RPN = \textit{Kritičnosť} * \textit{Výskyt} * \textit{Odhalenie}$$

3 METODY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERA VHODNÉ PRE PROJEKT ZAVÁDZANIA NOVEJ MONTÁŽNEJ LINKY

Metód a nástrojov priemyselného inžinierstva je veľké množstvo. Cieľom tejto práce nie je skúmať ich všetky, ale iba vybrané nástroje a metódy vhodné pre aplikáciu v projekte implementácie novej montážnej linky.

Tuček a Bobák (2006, s. 106) definujú priemyselné inžinierstvo ako riadenie komplexných alebo čiastočných projektov zameraných na zvýšenie efektivity, produktivity a hospodárnosti podniku. Dôvodom implementácie metód priemyselného inžinierstva je odstránenie plytvania, zredukovanie činností nepridávajúcich hodnotu výrobku a tak zvýšiť konkurencieschopnosť výrobných podnikov.

3.1 Metódy merania práce

Dlabač (2015) považuje analýzu a meranie práce za jednu zo základných znalostí priemyselného inžinierstva. Nie sú veľmi náročné, ale za to sú značne účinnými nástrojmi proti plytvaniu a neefektívnym činnostiam vo výrobných ale aj nevýrobných procesoch. Pod pojmom analýza a meranie práce sa skrývajú aktivity, ako napr. určenie optimálneho pracovného postupu alebo definovanie správnej spotreby času pre danú operáciu.

Základom analýzy a normovania práce je stanovenie najvhodnejšieho postupu prevedenia práce v rámci danej operácie tak, aby sa zjednodušila práca, odstránili zbytočné pohyby pracovníka, znížili sa pohyby počas vykonávania úkonov alebo sa zefektívnilo používanie výrobných zariadení a to paralelne s výšením pracovného komfortu pre pracovníka (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 78).

„V spoločnosti Toyota som sa dozvedel, že jednoduché meranie časov môže odhaliť veľa o aktuálnom stave pracoviska. Sme napred? Sme pozadu? Ako opakovateľný je proces? Máme príliš veľa strojov? Koľko práce s pridanou hodnotou je v našom procese?“ (Dennis, 2016, s. 77).

„Čas sú peniaze“ – takto charakterizoval dôležitosť poznania časových aspektov výrobného systému Lane (2007, s. 35). Veľkosť poznania detailu samozrejme závisí na typu a objemu výroby. V nízko objemovej alebo zákazkovej výrobe budú desatiny sekúnd hrať menšiu rolu ako v hromadnej výrobe v automobilom priemysle. Avšak poznanie spotreby časov parciálnych úsekov ale aj celkového procesu výroby je nevyhnutnosť v kalkuláciách nákladov a stanovení ceny pre zákazníka a tvorby zisku výrobných organizácií. Metódy merania

spotreby časov nám pomáhajú porovnať aktuálny čas procesu verzus plánovaný, tzv. požadovaný čas výroby. Na základe poznania aktuálnej spotreby času jednotlivých operácií sme schopný identifikovať úzke miesta, plytvanie a činnosti nepridávajúceho hodnotu výrobku. Lane súhlasí, že tieto nástroje sú základným kameňom práce priemyselného inžinierstva, v mnohých podnikoch tieto nástroje vychádzajú z oddelenia „Lean“.

Benefity poznania časov vo výrobných procesoch (Lane, 2007, s. 35):

- Schopnosť plánovať,
- Zníženie nákladov na výrobu produktu,
- Zvýšenie produktivity pomocou vizualizácie plánu verzus skutočného výstupu výrobnéj linky (táto vizualizácia môže nadobudnúť podobu hodinových, zmenových alebo denných výkonnostných tabulí),
- Schopnosť potvrdiť požiadavky zákazníka a termíny dodania,
- Identifikácia plytvania v procesoch,
- Zvýšenie bezpečnosti práce.

3.1.1 Priame meranie spotreby času

Priame meranie spotreby času práce je triviálna metóda pomocou stopiek a záznamových archou, s nástupom moderných technológií sa čo raz viac využívajú aplikácie v prenosných zariadeniach a tak celý proces merania zefektívňujú. V samej podstate sa rozlišujú dva hlavné spôsoby priameho merania práce:

- Snímok pracovného dňa pracovníka – základnou charakteristikou je sledovanie pracovníka počas celej doby zmeny,
- Chronometráž – cieľom je sledovať určitý čas danej operácie, alebo parciálnu operáciu počas zmeny (Dlabač, 2017).



Obrázok 5: Rozdelenie priameho merania (vlastné spracovanie podľa Dlabač, 2012)

Snímok pracovného dňa spočíva v pozorovaní a meraní celkovej spotreby času v priebehu zmeny. Hlavnou výhodou tejto metodiky je získanie detailných informácií. Naopak nevýhoda spočíva v príliš veľkej časovej a psychickej náročnosti, ako pre pozorovateľa tak aj pre sledovaného pracovníka (Pivodová, 2013b).

Chronometráž je využívaná k určaniu časovej náročnosti jednej alebo parciálnej operácie v procese. Je jednou z najpoužívanejších metód pre definovanie výkonnej normy. Princíp je založený na rozdelení meranej operácie na niekoľko menších úsekov. Do predpripraveného formulára sú následne zaznamenávané spotreby časov jednotlivých menších úkonov, ktoré tvoria celkovú operáciu (Pivodová, 2013a).

Pri vyhodnotení chronometráže je potrebné odstrániť minimálne a maximálne extrémny a ponechať len spoľahlivé dáta z merania. Výsledky chronometráže sú najčastejšie využívané pre stanovenie noriem spotreby časov alebo balansovanie operácií, taktiež pre identifikovanie úzkych miest v procese (Dlabač, 2017).

3.1.2 BASIC MOST

Metóda MOST, ktorá má základy v systéme MTM používa predom určené časové hodnoty jednotlivých pohybov pre určenie spotreby času na vykonanie danej operácie. Je taktiež založená na využívaní opakujúcich sa sekvenčných modeloch, ktoré slúžia pre popis práce. Medzi najpoužívanejšie varianty patrí práve BASIC MOST. Ďalej sú známe varianty Mini

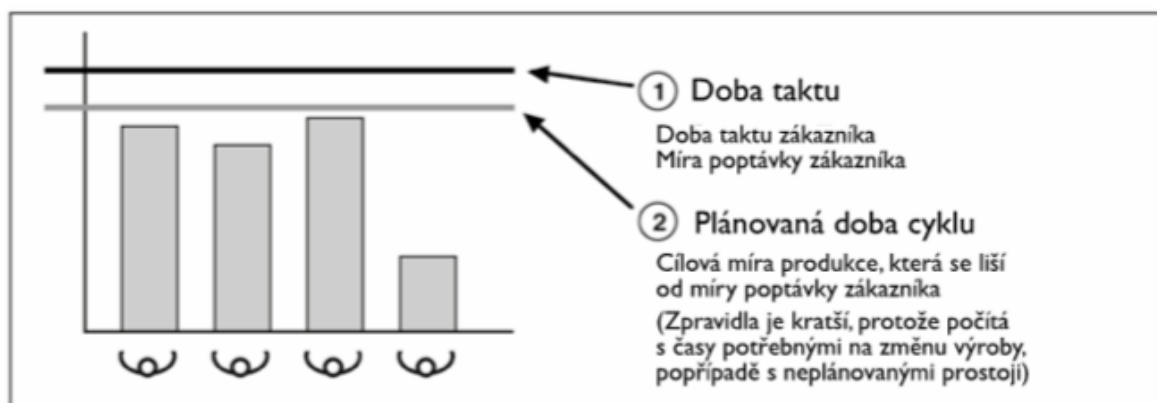
MOST a Maxi MOST, ktoré sa odlišujú v dĺžke analyzovanej operácie (Tuček a Bobák, 2006, s. 115).

BASIC MOST sa radí medzi metódy nepriameho merania práce. Princípom týchto metód je popísanie činnosti pomocou sekvenčných modelov. Úlohou je rozbor jednotlivých operácií na elementárne pohyby, ktorým je podľa zložitosti pridelený index, ktorý odpovedá danej spotrebe času (Dlabač, 2015).

Aplikácia metódy MOST je veľmi široká. Mimo definovanie normy času, kde ponúka objektívny a veľmi presný údaj pre manuálne a manuálno-strojné operácie, sa dá taktiež využiť pri vytvorení optimálneho usporiadania pracoviska, montážnej bunky, analýze a následne štandardizácií priebehu operácie, nastavovaní materiálových tokov v rámci montážnej bunky, atď. MOST analýza spotreby časov v rámci operácie môže slúžiť aj ako ergonomická analýza, ktorá odhalí kritické pohyby pracovníka a tak zlepši aj bezpečnosť na pracovisku a komfort pri práci (Tomek a Vávrová, 2014, s. 142).

3.2 Balansovanie operácií

Balansovanie operácií sa najčastejšie využíva pri optimalizácii alebo navrhovaní nových výrobných liniek s cieľom optimálneho rozdelenia operácií medzi jednotlivé pracoviská a pracovníkov linky. Balansovanie môže taktiež nájsť uplatnenie v optimalizácii a vyvážení materiálových tokov celého podniku. Kľúčovým vstupom pre správne balansovanie operácií je zákaznicky takt, tzn. množstvo požadovaných výrobkov za určitú časovú jednotku. Pre jednoduché balansovanie operácií sa využívajú formuláre, ktoré prepočítavajú vyťaženie jednotlivých pracovníkov a obsadenie linky. V zložitejších výrobných systémoch sú využívané komplexné simulačné softwari (API ©, 2012).



Obrázok 6: Rozdiel zákaznického a výrobného taktu (Rother, 2017, s. 100)

3.2.1 Tok jedného kusu

Tok jedného kusu alebo anglicky nazvané One Piece Flow. Filozofiou tejto metódy je usporiadať výrobný proces do veľkosti výrobnéj dávky iba jedného kusu. Znamená to na každej jednej operácii mať rozpracovaný iba jeden kus. Následne sa posúva z pracoviska na pracovisko maximálne s jedným kusom v zásobe medzi montážnymi operáciami. Tok jedného kusu eliminuje vznik akéhokoľvek druhu plytvania (Bauer, 2012, s. 71).

Váchal a Vochozka (2013, s. 480) označujú tok jedného kusu ako ideálnu variantu výrobného roku, ktorý predstavuje výrobnú dávku jedného kusu bez medzioperačnej zásoby rozpracovaných kusov. Výhodou je včasné a rýchle odhalenie zmätkov s minimálnymi nákladmi na opravu, pretože bola minimalizovaná infikovaná výrobná dávka včasným odhalením. Tok jedného kusu znižuje čas, ktorý strávi rozpracovaný výrobok v procese a tak dochádza aj k znižovaniu skladovacích nákladov.

3.2.2 Takt Time

Takt time je priemerná doba, za ktorú sa na danom pracovisku uskutoční celá výrobná operácia. Jedná a o pomer medzi disponibilným časom a počtom požadovaných kusov zákazníkom za jednotku času. Výsledkom je potom množstvo produktov, ktoré je výrobný systém schopný vyprodukovať za dostupný čas (Chromjaková, 2013, s. 35).

„Zákaznícky takt sa vypočíta z požiadavkou zákazníka, inými slovami, ako často musí linka vyrobiť výrobok, aby dokázala splniť zákazku“ (Januška, 2018, s. 91).

Doba taktu definuje mieru dopytu zákazníka po určitom produkte vyrábaného jedným procesom. Doba taktu je v priemysle najčastejšie využívaná v montážnych procesoch pre externých zákazníkov. Doba taktu sa vypočíta ako podiel skutočného výrobného času, kedy je proces aktívny (najčastejšie sa táto kalkulácia vzťahuje na deň alebo zmenu), množstvo výrobkov, ktoré zákazník požaduje za určitú dobu. Skutočný výrobný čas sa vypočíta ako disponibilný čas očistený o plánované prestoje, ktoré môžu naberať podobu plánovanej údržby, prestávok, štandardizovaného rozbehu a ukončenia zmeny alebo plánovaných tímových meetingov. V rámci výpočtu skutočného výrobného času sa neodpočítavajú časy na pretypovanie výroby alebo neplánované prestoje vo forme plytvania, pretože tieto časy musí podnik eliminovať a tak nastaviť spôsobilý montážny proces schopný stabilne dodávať požadované množstvo v stanovenom termíne s minimálnymi nákladmi (Rother, 2017, s. 100).

Vzorec pre výpočet doby taktu (Rother, 2017, s. 100):

Zákaznícky takt = Skutočný výrobný čas za zmenu / zákaznícka požiadavka vyrobeného množstva za zmenu

Slovo „takt“ je germánskeho pôvodu a v preklade znamená „tempo“ alebo „bubnovanie“. Ak výrobný podnik disponuje procesmi určenými špeciálne pre konkrétny jeden produkt alebo zákazníka od ktorého máme prehľadnú predpoveď výroby na budúce obdobie potom sme schopný využiť tejto kalkulácie a riadiť proces na základe týchto požiadaviek (Lane, 2007, s. 36).

Rother (2017, s. 101) ďalej dopĺňa, že výsledná doba zákaznickeho taktu neznamena automaticky čas za ktorý by sme mali vyrobiť jeden výrobok a celý montážny proces tomu uspôsobiť. Plánovaná doba cyklu montážneho procesu je spravidla kratšia (rýchlejšia) než doba zákaznickeho taktu. Táto prirážka je použitá v prípade nepredvídateľných strát výrobného času ako napr. poruchy a zmena výroby. Vďaka tejto kalkulácii je podnik schopný nepredvídateľné javy vykryť a neohroziť plnenie termínov stanovených zákazníkom.

Lane (2007, s. 37) súhlasí a dopĺňa že pre výpočet výrobného taktu je potrebné dať do súčinu hodnotu zákaznickeho taktu a celkovú efektivitu zariadenia, tzv. OEE. Vďaka tomu je výrobný podnik schopný vypočítať reálny výrobný takt, ktorého je schopný dosiahnuť a na základe toho plánovať, balansovať a riadiť montážny proces. Od tohto času by sa mali odvíjať všetky aktivity vedúce v rámci podniku, vedúce k naplneniu dopytu zákazníka.

Vzorec pre výpočet výrobného taktu (Lane, 2007, s. 37):

Výrobný takt = Zákaznícky takt x OEE (Celková efektivita zariadenia)

3.3 Štíhly layout

Podľa Keřkovského a Valsa (2012, s. 18) v samotnej podstate existujú dva aspekty riadenia výroby, ktoré majú priamy vplyv na organizačné a priestorové usporiadanie výroby. Prvým z nich je materiálový tok, kde je najdôležitejším kritériom vzdialenosť, rýchlosť a plynulosť transportu. Druhým faktorom ovplyvňujúci výrobu je usporiadanie pracovísk ktoré sa obecné delia na:

- Technologické usporiadanie,
- Predmetné usporiadanie,

- Bunkové usporiadanie.

Jurová (2013, s. 76) sa prikláňa k názoru, že typy rozmiestnenia pracovísk majú priamy vplyv na druh a stupeň orientácie výrobného procesu, toku materiálu a chodu výroby.

„Základom priestorovej štruktúry výrobného procesu je pracovisko. Relatívne ohraničená časť výrobného procesu prispôsobená pre vykonávanie určitej pracovnej operácie“ (Tuček a Bobák, 2006, s. 234).

3.3.1 Technologické usporiadanie

Technologické usporiadanie pracovísk je charakteristický svojím zameraním na výrobný proces. Usporiadania pracovísk je podmienené rovnakou výrobnou operáciou, napr. zvaracie centrum, lakovňa, atď. (Jurová, 2016, s. 133).

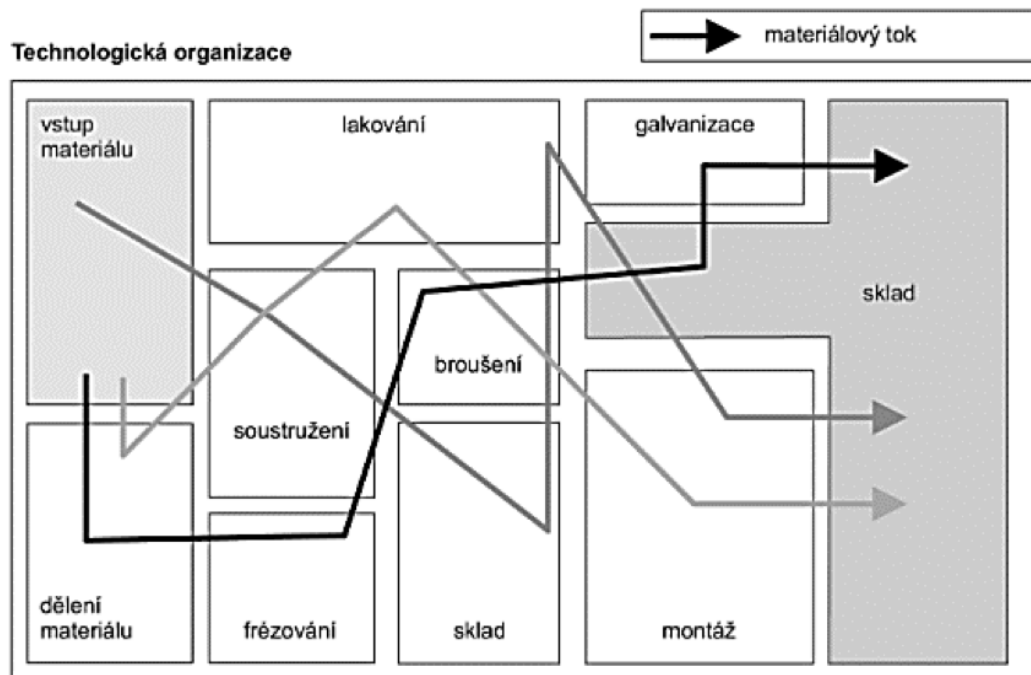
Pri technologickom usporiadaní sa materiál a produkty spracovávajú na jednotlivých pracoviskách, medzi ktorými prechádzajú v priebehu celého výrobného procesu, výsledkom sú dlhé a náročné materiálové toky. Technologické usporiadanie je vhodné pre malosériovú a kusovú výrobu. U tohto usporiadania výroba disponuje lepšou flexibilitou, ale na druhej strane vďaka veľkej manipulácii sa zvyšuje finálna cena výrobku. (Januška, 2018, s. 76)

Výhody technologického usporiadania (Januška, 2018, s. 76):

- Vysoká flexibilita u pretypovania výroby,
- Jednoduchá organizácia,
- Univerzálnosť,
- Jednoduchšia údržba strojov.

Nevýhody technologického usporiadania (Januška, 2018, s. 76):

- Potreba väčšej skladovacej plochy,
- Dlhšie výrobné cykly,
- Vysoká manipulácia materiálu a polotovarov.



Obrázok 7: Technologické usporiadanie (Jurová, 2016, s. 134)

3.3.2 Predmetné usporiadanie

Predmetné usporiadanie charakterizuje zameranie sa na výrobok a tvorbu malých výrobných útvarov pre spracovanie celého alebo väčšej časti výrobku. Pri tvorbe predmetného usporiadania je potrebné prioritne analyzovať výrobné portfólio. Následne po stanovení všetkých dielov, výberu strojov a zostavení výrobných tímov je možné vytvoriť výrobné bunky a zefektívniť tak riadenie a priebeh výroby. Problematickým sa toto usporiadanie stane v prípade nutnosti zmeniť výrobný proces, v tom prípade je potrebné zmeniť aj rozmiestnenie pracovísk (Jurová, 2013, s. 77).

Keřkovský a Valsa (2012, s. 20) dopĺňajú, že predmetné usporiadanie je v symbióze s technologickým postupom a to najmä vóli plynulosti výroby a minimalizácie manipulácie rozpracovanej výroby medzi operáciami.

Predmetné usporiadanie sa hodí pre hromadnú a sériovú výrobu. Usporiadanie pracovísk v nadväznosti na technologický postup zefektívňuje celý výrobný proces. Vďaka tomu, je predmetné usporiadanie v porovnaní s technologickým menej nákladné na výrobu produktu, ale u zmeny výroby je menej flexibilné (Januška, 2018, s. 75).

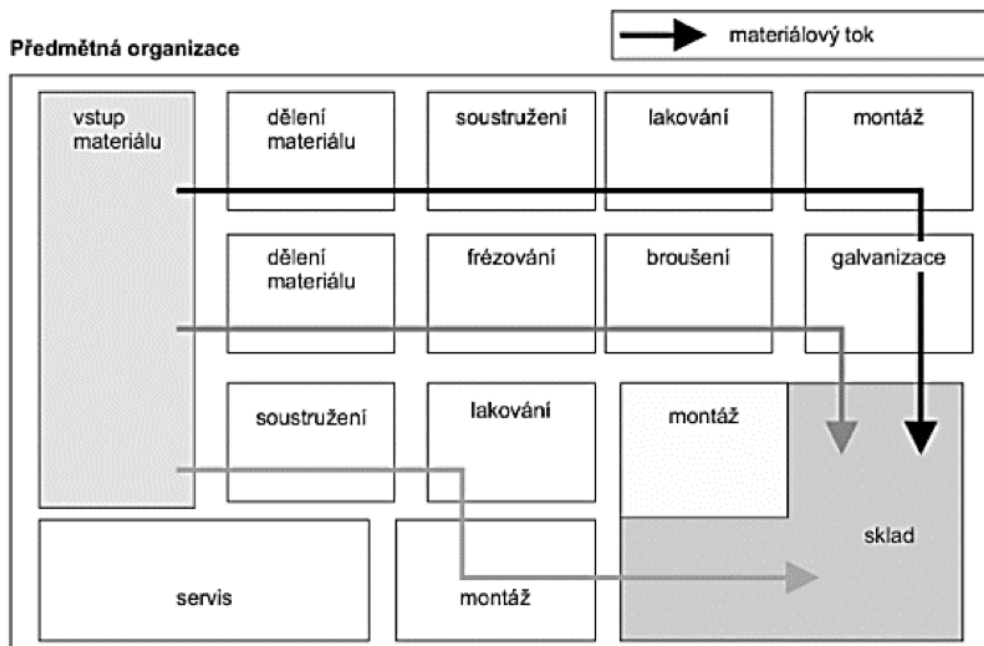
Výhody predmetného usporiadania (Januška, 2018, s. 75):

- Nižšia rozpracovanosť vo výrobe,

- Kratšie a menej náročné materiálové toky,
- Vyššia efektívnosť zariadení,
- Kratšie priebežne doby výroby,
- Efektívnejšie využitie výrobných ploch.

Nevýhody predmetného usporiadania (Januška, 2018, s. 75):

- Nízka flexibilita,
- Náročnejšia príprava výroby,
- Vysoké požiadavky a náročnejšia údržba strojov.



Obrázok 8: Predmetné usporiadanie (Jurová, 2016, s. 134)

3.3.3 Bunkové usporiadanie

Jedná sa o rozmiestnenie kombinujúce predmetné a technologické usporiadanie. Výrobná bunka zastáva pracovisko stanovené pre výrobu daného výrobku technologicky identických produktov. Na pracovisku sa nachádzajú všetky výrobné zariadenia potrebné pre výrobu daného produktu. Podobnosť s predmetným usporiadaním je jednoznačná, ale bunkové usporiadanie je odlišné v tom, že je jednoduchšie presunúť poradie činností a materiálové

toky. Operátori v bunkách väčšinou zvládajú obsluhovať väčšinu alebo všetky výrobné zariadenia, ktoré sa v bunke nachádzajú. Z toho plynie vysoká flexibilita vzhľadom na výrobný mix (Keřkovský a Valsa, 2012, s. 19-20).

Bunkové usporiadanie využíva všetky výhody predmetného a technologického usporiadania a to u výrobného mixu menších a stredných objemov linkovej výroby. Bunky obsahujú stroje, zariadenia a pracoviská s rôznymi technológiami, potrebnými k opracovaniu výrobku rovnakým postupom výroby. V tomto usporiadaní sa vytvárajú produktové rodiny, ktoré sa skladajú z produktov s identickým alebo veľmi podobným výrobným postupom. Vytvorenie bunkového usporiadania vychádza z výstupov analýzy a je navrhnuté na základe technologického postupu produktovej rodiny, ktoré sa plánujú vyrábať v rámci bunky, kapacít strojov a výrobných zariadení a produktívneho využitia kapacít pracovníkov v rámci bunky (Jurová, 2013, s. 77).

Mašín a Vytlačil (2000, s. 164) poznamenávajú, že pred začatím navrhovania bunkového usporiadania je najdôležitejšie pochopiť tri hlavné typy. Všetky disponujú rovnakými princípmi, ale v určitých vlastnostiach sa od seba líšia, ale aj vďaka tomu dokážu efektívne a veľmi účinne integrovať výrobné operácie, pracovníkov a vytvoriť tak základ pre neustále zlepšovanie.

Tri typy buniek (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 164):

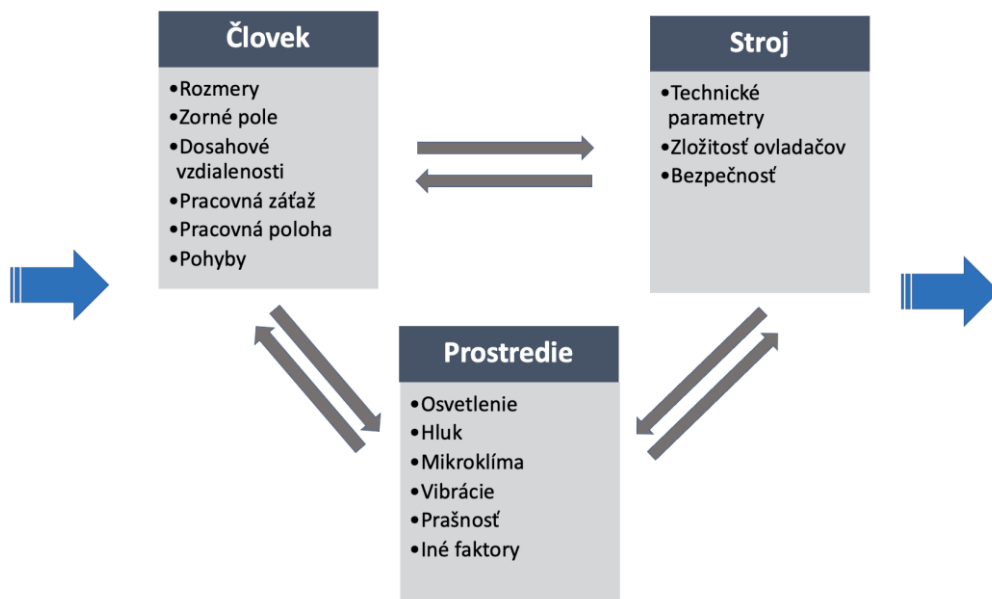
- Montážne bunky,
- Procesné bunky,
- Bunky pre výrobu súčiastok.

3.4 Ergonómia

Definícií ergonómie je niekoľko, ale všetky sa zhodujú v jej ciele. Cieľom ergonómie je nájdenie synergie medzi výkonnou kapacitou človeka (energetická, biometrická, senzorická a mentálna) na jednej strane a požiadavkami pracovných úkonov a podmienok, v ktorých je úkon vykonávaný na strane druhej. Súčasné pochopenie ergonómie vychádza z domnienky, že základom je systému je človek – stroj – prostredie. Tieto tri časti fungujú vždy vo vzájomných súvislostiach a závislostiach. Medzi definíciu pracovného prostredia sa radia ľudia, stroje, technické zariadenia, pracovný priestor a faktory pracovného prostredia. Tieto aspekty môžu vo väčšej či menšej miere ovplyvniť výkonnosť, zdravie, bezpečnosť, spokojnosť a motiváciu pracovníka (Malý a kol., 2010, s. 55).

Dlabač (2016, s. 13) popisuje ergonómiu ako vedu, ktorá sa zaoberá vzťahom medzi človekom a pracovným prostredím a aj samotnými pracovnými pomôckami. Cieľom ergonomického pracoviska je vytvorenie podmienok, ktoré potencionálne vedú k minimálnej pracovnej záťaži a zároveň minimalizácii pravdepodobnosti vzniku úrazu či iných trvalých následkov pre pracovníka.

Malý a kol. (2010, s. 9) dopĺňa, že množstvo ergonomickej problematiky je obsiahnuté v ISO a CEN normách, poprípade špecifickými ergonomickými normami, ktoré sú aplikované priamo v priemyselných podnikoch.



Obrázok 9: Systém človek - stroj - prostredie (vlastné spracovanie podľa Kováč a Szombatyová, 2010, s. 17)

Podľa autora diplomovej práce v súčasných výrobných podnikoch nie je veľký dôraz na problematiku ergonómie. Vychádza to z náročnosti a komplexnosti celej problematiky, ktorá nemá jasnú návratnosť, napriek tomu, že návratnosť má komplexný charakter. V určitých typoch výrob sa návratnosť však priamo viaže na úsporu procesných časov a tak aj priamu úsporu nákladov na výrobu produktu. Vo väčšine prípadov sa ergonomické nedostatky pracoviska objavia v spojení analýzy spotreby časov pomocou nepriameho merania a metódy MOST.

3.5 OEE

Zvýšenie celkovej efektivity zariadení je v mnohých princípoch metód a techník štíhlej výroby hlavným cieľom. Hlavným cieľom je samozrejme zvýšenie efektivity výrobných

zariadení, ktoré sú často úzkym miestom v montážnych procesoch, ale zlepšenie OEE vedie aj k vedľajším benefitom, ako je zníženie neplánovaných investícií do údržby zariadení alebo skrátenie doby návratnosti plánovaných investícií. OEE zohľadňuje tri kľúčové ukazovatele a to sú: dostupnosť, výkon a kvalita. Súčinom dostávame jedno percentuálne číslo, ktoré vyjadruje spôsobilosť procesu. Každý z týchto ukazovateľov je ovplyvnený rôznymi druhmi plytvania, ktoré znižujú jednotlivé ale aj celkovú hodnotu efektivity zariadení (Lane, 2007, s. 151).

- Dostupnosť môžu obmedziť nasledujúce prestoje (Lane, 2007, s. 151):
 - Poruchy, alebo iné neplánované zásahy údržby,
 - Pretypovanie, zmena výroby alebo nastavovanie zariadenia,
 - Čakanie na operátora, údržbu alebo iné prípady nečinnosti,
- Výkon môžu ovplyvniť obmedzenia rýchlosti (Lane, 2007, s. 151):
 - Nedostatočné využitie kapacít zariadenia,
 - Zastavenia zariadení kvôli kontrole nástrojov,
 - Nedosiahnuté nastavené cyklové časy
 - Prevádzka na nižšiu rýchlosť.
- Kvalitatívne prestoje znamenajú straty na výrobkoch mimo špecifikáciu kvôli (Lane, 2007, s. 151) :
 - Nábehom novej výroby,
 - Počas pretypovania výroby,
 - Straty kvality počas bežnej výroby. (Lane, 2007, s. 151)

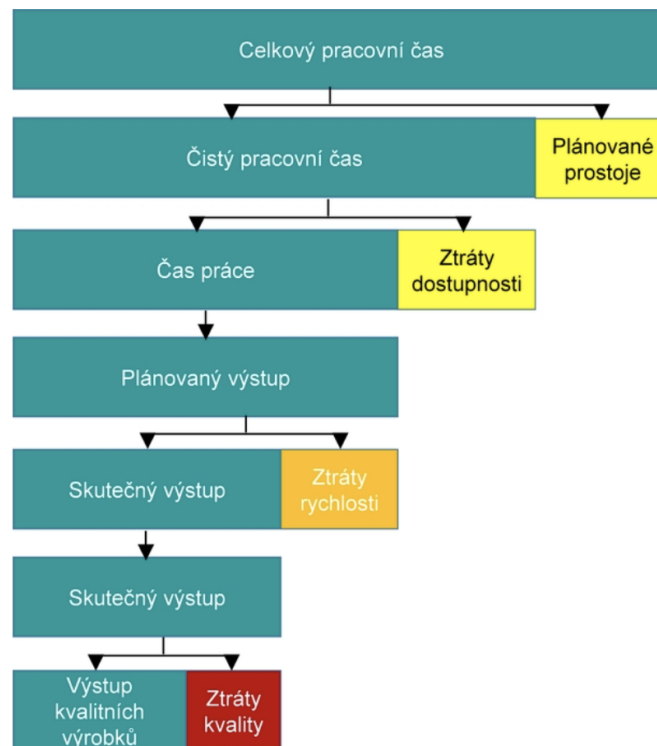
Vzorec pre výpočet OEE (Lane, 2007, s. 153):

$$OEE = \text{Dostupnosť} \times \text{Výkon} \times \text{Kvalita}$$

Dostupnosť = $\frac{\text{plánovaný čas prevádzky} - \text{čas prerušenia}}{\text{plánovaný čas prevádzky}}$

Výkon = $\frac{\text{normovaný čas na kus} \times \text{výroba v kusoch}}{\text{plán. čas prevádzky} - \text{čas prerušenia}}$

Kvalita = $\frac{\text{celkový výkon v kusoch} - \text{množstvo zmätkov v kusoch}}{\text{celkový výkon v kusoch}}$

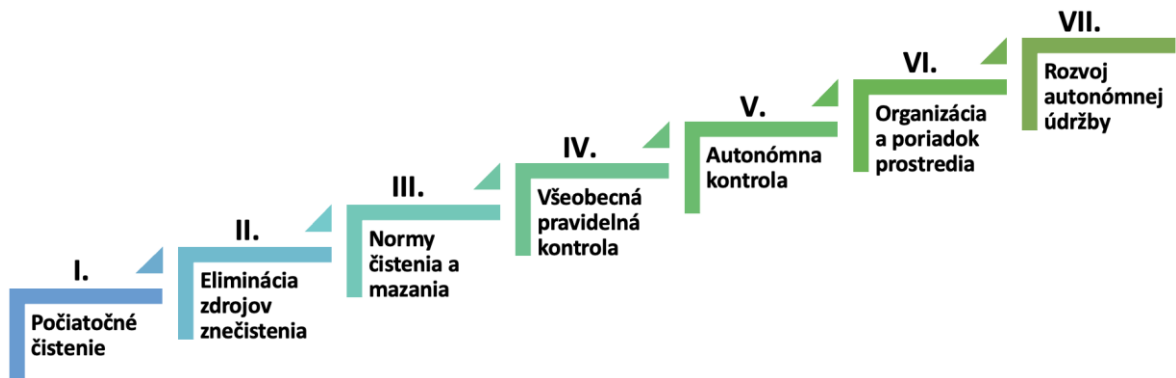


Obrázok 10: OEE (API ©, 2012)

3.5.1 TPM

TPM je celostný proces stabilizácie výrobných zariadení, a tak zaistiť zvýšenie dostupnosti, výkonnosti a kvality. Túto metodiku môžeme preložiť ako totálne produktívnu údržbu alebo ako totálne preventívnu údržbu. Ako samotné preklady napovedajú, jedná sa o nástroje a techniky, ktoré sa snažia predchádzať poruchám a výkyvom výrobných zariadení v procese vďaka preventívnym štandardizovaným akciám v určitých intervaloch. V súčasnosti nie každý výrobný závod má implementovaný systém zbierania dát a hľadania príčiny problémov. To znižuje schopnosť údržby reagovať včas a tak minimalizovať prestoj výrobného systému. Operátori obsluhujúci zariadenie necítia zodpovednosť a nie sú vtiahnutí do starostlivosti o výrobné zariadenie. Sila TPM je predchádzať nepredvídateľným poruchám zariadení, vytvoriť z operátora obsluhujúceho zariadenie kľúčový monitorovací prvok systému preventívnej údržby a vytvoriť tak dobre organizované, stabilné a fungujúce prostredie (Lane, 2007, s. 154).

Koncept TPM je tvorený siedmimi základnými krokmi, kde každý krok sleduje špeciálny parciálny cieľ a skladá sa z jasne definovaných úkonov programu. Aby bolo možné dosiahnuť cieľov a prínosov TPM, musí sa presadiť realizácia všetkých krokov (API ©, 2012).



Obrázok 11: Kroky k autonómnej údržbe (vlastné spracovanie podľa API ©, 2012)

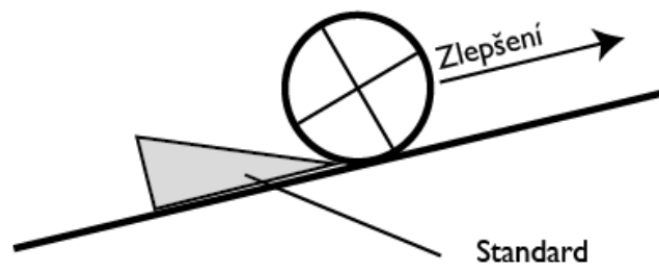
Sledovanie OEE napomáha odhaliť potenciál implementácie TPM. Nízka dostupnosť je jasným znamením nevyhnutnosti implementovať TPM, avšak aj výkonnosť a kvalita je do istej miery ovplyvnená zlou údržbou a starostlivosťou o zariadenie. TPM napomáha stabilizovať a zlepšiť nasledujúce oblasti (Lane, 2007, s. 154 - 155):

- Zníženie nenaplánovaných prestojov,
- Zjednodušenie a skrátenie doby potrebnej na vykonanie údržbárskych činností,
- Zapojenie operátora do údržby zariadenia,
- Zrýchlené reakcie rozpoznania abnormálneho chodu zariadenia,
- Prirodzené motivovanie operátora byť proaktívny.

3.6 Štandardizácia

Štandardizácia vo svojej podstate redukuje množstvo rôznych možností na základe optimálneho výberu vytvorením štandardného aktuálneho a platného postupu. Cieľom je teda eliminovať nesprávne možnosti riešení postupov vo výrobe, obehú a spotreby. Výsledkom tejto činnosti je štandard, ktorý je definovaný a prijatý ako pravidlo, model či kritérium (Jurová, 2013, s. 84).

Váchal a Vochozka (2013, s. 61) popisujú štandardizáciu ako mechanizmus k zníženiu miery neurčitosti a nepredvídateľnosti v správaní podniku. Vo výrobe má tento cieľ plniť jednotnosť procesov, ktoré sú zabezpečené proti diverzifikovaným pracovným postupom, návodov, inštrukcií a smerníc.



Obrázok 12: Štandardizácia procesov (vlastné spracovanie podľa API©, 2012)

Januška (2018, s. 86) pripisuje štandardizácii dôležité miesto v základných pilieroch v zlepšovaní podnikových procesov. Kvalita a jednotnosť vykonávaných činností vo výrobných podnikoch je priamo závislá na štandardizácii a v ich dodržiavaní. Štandardizácia je proces, na ktorej konci vznikne štandard alebo norma, ktorá ma za úlohu znížiť rôznorodosť produktov a procesov vo firme. V bežnom živote sa stále stretávame s normami a štandardami, ktoré sú súčasťou obyčajných ľudí v ich denných rutinách.

Zlepšovanie a riadenie procesov nie je možné bez štandardizácie a štandardov. Štandard totiž určí najlepší doposiaľ známy postup pre výkon danej operácie. Úlohou štandardu je, aby sa práca podarila na prvý krát, bez chyby, efektívne, bez plytvania a nepriaznivého pôsobenia na človeka vzhľadom na ergonómiu (Košturiak, 2010, s. 205).

Štandardizácia slúži k (Košturiak, 2010, s. 205):

- Redukcii variability a následných zmätkov,
- Zvýšeniu bezpečnosti a disciplíny na pracoviskách,
- Priamejšia komunikácia,
- Efektívnejší tréning pracovníkov,
- Zviditeľnenie nedostatkov a rýchlejšej reakcii na vzniknuté problémy,
- Definícia pracovného postupu.

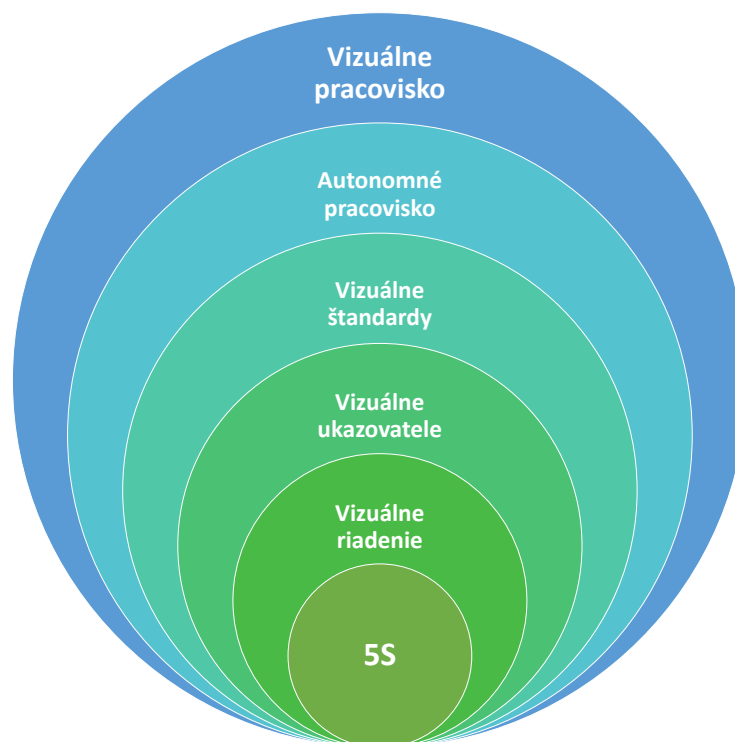
3.7 Vizualizácia

Pomocou vizualizácie aj v bežnom nevýrobnom prostredí sme schopný rýchlo a jednoducho pochopiť aktuálnu situáciu, správne zareagovať pri výskytu problému, chyby či odchýlky. Vizualizácia vo výrobnom prostredí slúži tak isto k včasnému upozorneniu na abnormality samotným procesom, aby následne mohol operátor pohotovo zareagovať. V neposlednom

rade vizualizácia napomáha k zásadnej redukcii času pri rozhodovaní operátora, či je produkt vyrobený správne alebo proces prebieha správne podľa definovaného štandardu (Košturiak, 2010, s. 205).

Vizualizácia je dôležitým počiatočným bodom operatívneho riadenia či už výrobných alebo iných procesov. Vizualizácia pomáha jednoznačne a rýchlo pochopiť status sledovaného systému a ihneď uprednostňovať disponibilné zdroje k okamžitým nápravným akciám. Implementáciou vizualizačných prvkov dokážeme nasadiť fiktívneho pozorovateľa plytvania vo výrobných procesoch a na základe zistení zlepšiť proces vedúci k eliminácii plytvania (Lane, 2007, s. 1).

Pomocou vizualizácie potrebné nástroje a pomôcky k správne fungovaniu procesov majú jasne definované svoje miesto a stav. Jednoduchá orientácia umožňuje pracovníkom pracovať efektívne a jednoducho odhaliť chyby. Vizualizácia môže naberať rôzne formy. Medzi najčastejšie formy vizualizácie patria farebné označenia v rámci 5S metódy, andon signalizujúci stav strojov, sledované ukazovatele vo forme „dash boardu“ na montážnych linkách a iné formy. Vizualizácia napomáha k zvýšeniu orientácie na pracoviskách, ohraničenie jednotlivých procesov, dodržovanie štandardov a tak isto podporuje odhaľovaniu plytvania a úzkych miest výroby (Váchal a Vochozka, 2013, s. 479).



Obrázok 13: Úrovne vizuálneho pracoviska (vlastné spracovanie podľa API ©, 2012)

Pracovisko využívajúce vizuálne prvky je usporiadané, riadené, organizované a všetky procesy sú popísané a definované. Takéto pracovisko má možnosť dosahovať autonómiu vďaka štandardom, ukazovateľom a vizuálnemu riadeniu. Tieto aspekty napomáhajú odhaľovať odchýlky a abnormality procesu každému pracovníkovi pôsobiacemu v montážnej linke (Váchal a Vochozka, 2013, s. 479).

4 ZHRNUTIE TEORETICKEJ ČASTI

Teoretická časť tejto diplomovej práce zhrnuje poznatky využité v praktickej časti. Prvá časť je zameraná charakteristike lean managementu a najmä jeho cieľom a spôsobom uvažovania dnešných výrobných manažérov využívajúcich princípy štíhleho výrobného podniku. Dobre známe princípy štíhlej výroby sú stále platné aj po niekoľkých desaťročiach aplikovateľné pre väčšinu globálnych podnikov. Medzi stále aktuálne problémy patrí 7 druhov plytvania, ktoré boli bližšie popísané v nadväznosti na návrh montážnej linky v praktickej časti práce s cieľom ich eliminácie.

V nadväznosti na lean management a tému tejto diplomovej práce boli popísané charakteristiky projektového riadenia a životný cyklus projektu a fáze, ktorými projekt prechádza. Tieto poznatky budú slúžiť k správne zostaveniu harmonogramu projektu. V rámci projektového riadenia boli popísané princípy nástrojov DMAIC, ktorý pôvodne vychádza z metodiky Six Sigma, PDCA, ktorý je vhodným nástrojom k efektívnemu riadeniu akcií spojených s operatívnym riadením projektu a FMEA nástroj vhodný k analýze rizík, v podmienkach tejto práce bude tento nástroj aplikovaný k analýze rizík projektu.

Medzi poslednú časť teoretickej časti patria definície a návody aplikácie vybraných nástrojov priemyselného inžinierstva vhodné k problematike tejto diplomovej práce. Analýza spotreby časov v spojení s analýzou objemov produkcie a výpočtom celkovej efektivity zariadenia nám umožní v praktickej časti práce správne definovať potrebné kapacity, balansovať operácie v najvhodnejšej variante usporiadania pracovísk s cieľom maximalizovať pridanú hodnotu a minimalizovať náklady výrobného podniku. V rámci charakteristiky jednotlivých typov usporiadaní bude najvhodnejšie usporiadanie podporené prvkami štandardizácie a vizualizácie pre zefektívnenie práce v novej montážnej linke. Ergonomické princípy, ako vyplýva z teoretickej časti práce sú neoddeliteľnou súčasťou dizajnu nových pracovísk, ktorých cieľom je vytvoriť dlhodobu udržateľný spôsob práce vzhľadom na fungovanie systému človek – stroj – prostredie.

Všetky nadobudnuté teoretické znalosti budú využité k naplneniu zadania projektu a prínosov diplomovej práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ZADANIE A ČASOVÝ PLÁN PROJEKTU

Táto práca sa zaoberá návrhom a projektovým riadením implementácie novej výrobnéj linky vo vybranej spoločnosti. Dôvodom implementácie novej montážnej linky je nový zákazník s požiadavkou na výrobu nového produktu. Vybraná spoločnosť v tomto projekte pôsobí ako OEM dodávateľ – výrobcom finálneho zariadenia, ktoré je na trhu propagované a predávané pod inou značkou. Zákazníkom je teda firma ponúkajúca produkt na trhu výrobkov pre koncového spotrebiteľa.

Nový produkt je určený pre zákazníka - domácnosti a slúži k filtrácií, karbonizácií a chladení vody priamo v zabudovanom systéme, ktorý sa nachádza v kuchynskom dreze. Dôvera zo strany vedenia spoločnosti mi bola zverená na základe predchádzajúcej spolupráce na projekte podobného zadania a naplnenia očakávaní u výstavby linky a prípravy výrobného systému na sériovú výrobu pre iného zákazníka.

5.1 Zadanie projektu

Výkonnosť a budúcnosť nového závodu v Brne priamo súvisí s uvádzaním nových projektov do výroby, pričom každý z nich musí prejsť veľkou radou činností. Zjednodušene sa dá povedať, že na začiatku existuje zákazník so svojou víziou finálneho produktu, požiadavkami na funkčnosť a cenou, ktorú je ochotný zaplatiť. Vybraná spoločnosť ako dodávateľ rieši realizovateľnosť vízie zákazníka tak, aby produkt splňal požiadavky a bol pre obe strany profitabilný.

Vo vybranej spoločnosti sa na každom projekte podieľa mnoho ľudí od vývoja až po samotnú výrobu, avšak projekt ako taký majú v réžii predovšetkým – programový manažér (PGM – Programm Manager) zodpovedný za pochopenie požiadavku zákazníka a implementáciu požiadavkou do finálneho produktu, dizajn inžinier (DE – Design Engineer), ktorý úzko spolupracuje s programovým manažérom na vývoji produktu, procesní inžinier (PE – Process Engineer) a kvality inžinier (QE – Quality Engineer) obaja zodpovední za podporu projektu vo fázy výroby prototypov a rozbehu sériovej výroby, výrobný manažér (PM – Production Manager) zodpovedný za prípravu a implementáciu novej výrobnéj linky, rozbeh a následnú stabilizáciu sériovej výroby. PM je zároveň aj vedúci projektového tímu a vystupuje aj v roli projektového manažéra.

Základom projektov, ktoré sa týkajú implementácie novej výrobnéj linky je definovaná štruktúra alebo postup. Na základe postupu je tím schopný navrhnuť efektívne výrobné

procesy s minimálnymi vstupnými nákladmi pre spoločnosť a vytvoriť investičný zámer výrobného systému. Jedná sa o procedúru, na ktorej sa podieľa predovšetkým PGM, PM, QE a PE a obsahuje základné výrobné údaje o projekte:

- Požadovaný objem produkcie
- Zákaznícky takt
- Technologický postup
- Balansovanie operácií
- Výpočty úzkych miest
- Layout výrobnéj linky
- Investičný plán nového výrobného systému

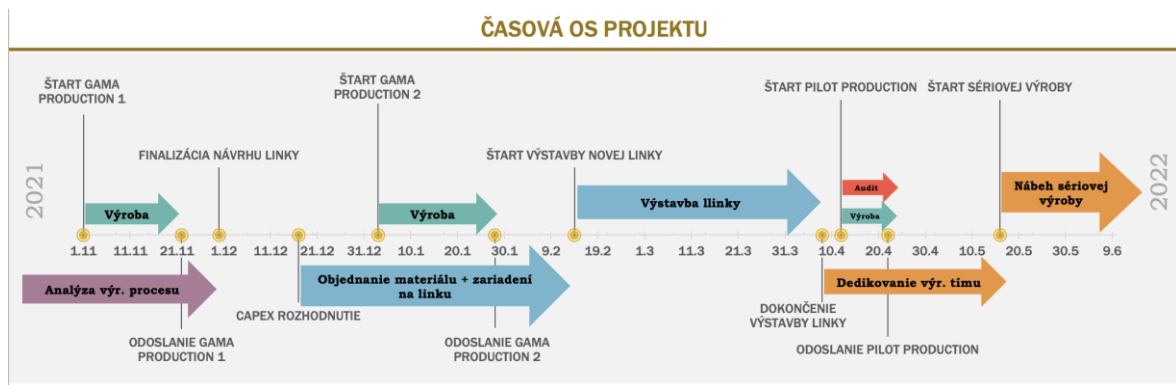
Projekt na seba priamo viaže analýzu budúcej výroby, návrh a samotnú implementáciu novej výrobnéj linky s maximálnou efektivitou kapitálu potrebného na industrializáciu daného projektu. V rámci projektu industrializácie je nevyhnutná spolupráca s finalizáciou vývoju produktu v rámci plánovaných prototypových výrobách. Tieto prototypové výroby budú realizované na dočasne dedikovanej výrobnéj linke. Zozbierané dáta z prototypových výrob pomôžu nasmerovať návrh novej výrobnéj linky a jej samotnú implementáciu správnym smerom.

5.2 Harmonogram projektu

Časový plán celého projektu zavedenia novej výroby vo vybranej spoločnosti je rozdelený na 5 hlavných fáz, ktoré na seba nadväzujú alebo prebiehajú paralelne. Harmonogram predstavuje hlavné míľniky a vizualizáciu do podoby kritickej cesty projektu.

Hlavné fázy zavedenia novej výroby:

- Analytická fáza (fialová ilustrácia)
- Prototypová výroba (zelená ilustrácia)
- Výstavba linky (modrá ilustrácia)
- Validácia výrobného systému (červená ilustrácia)
- Nábeh sériovej výroby (oranžová ilustrácia)



Obrázok 14: Časová os projektu (vlastné spracovanie)

5.2.1 Analytická fáza

Analytická fáza je prvým krokom industrializačnej časti projektu. Jej podstatou je analyzovať premenné, ktoré ovplyvňujú a vstupujú do návrhu výrobných liniek, ako napr. časová náročnosť úsekov montáže, požiadavky zákazníka na objem produkcie, technologický postup a kapacitné výpočty plniacich a testovacích zariadení v procese.

Analytická fáza prebieha najmä počas prvej prototypovej výroby, kedy sme schopní na reálnej montáži zozbierať potrebné dáta pre návrh linky. Výstup z analytickej fázy je nosným podkladom pre tvorbu investičného zámeru CAPEX a uvoľnenia financií na výstavbu novej výrobných liniek, preto aj míľnikom kedy musí byť dokončená je termín stanovený na 1.12. 2021 v rámci míľnika finalizácie návrhu budúcej montážnej linky. Na základe návrhu linky sú vykalkulované potrebné finančné prostriedky, ktoré sú charakterizované v investičnom zámere. V prípade oneskorenia by hrozilo oneskorené rozhodnutie o uvoľnení CAPEX finančných prostriedkov na výstavbu linky čo by mohlo mať za následok oneskorenie celého projektu.

V rámci druhej prototypovej výroby v období január 2022 sa overí hypotetická funkčnosť nového navrhovaného výrobného procesu. Overenie hypotézy a jej prípadná úprava je povolená len v minimálnom rozsahu vzhľadom na schválený CAPEX, nebude možné v tejto fáze dramaticky upraviť návrh montážnej linky.

5.2.2 Prototypová výroba

Prototypová fáza sa skladá z troch výrob, v rámci ktorých je jej podstatou odhaliť nedostatky dizajnu a poskytnúť spätnú väzbu vývojovému oddeleniu a zákazníkovi. Pre výrobný závod sú tieto prototypové výroby ideálnou príležitosťou zberu dôležitých dát a reálnej simulácie

možného navrhovaného procesu. Prvá a druhá prototypová výroba nebude prebiehať na novej výrobní linke ako vyplýva z podstaty harmonogramu projektu. V rámci prototypovej výroby budú montážny operátory pracovať výhradne iba pod dohľadom proces a kvality inžinierov pre zaistenie kvality výrobku a eliminácií možných problémov.

Záverečná, tretia prototypová výroba bude pilotnou produkciou na novej výrobní linke dedikovanej pre tento produkt, bude paralelne prebiehať aj s validačnou fázou projektu, kedy v rámci kontraktu je potrebné uvoľnenie sériovej výroby zo strany zákazníka a overenie splnenia všetkých požiadavkou sériového procesu.

5.2.3 Výstavba linky

Fáza výstavby linky má počiatok v míľniku CAPEX rozhodnutie, ktorý je jej priamym podmieneným predchodcom. Po kladnom rozhodnutí o uvoľnení finančných prostriedkov je zahájené objednávanie všetkých nevyhnutných materiálov, zariadení, inštalácií a komponentov potrebných pre výstavbu montážnej linky. Na objednanie a doručenie bolo na základe historických skúseností s výstavbou podobných liniek definovaných 30 pracovných dní. Druhá časť fáze začína po doručení materiálov a vyjednaní energetických inštalácií externými firmami. Najneskôr možným termínom dokončenia výstavby linky je štart pilotnej výroby 12.4. 2022.

Samotná výstavba linky má veľké množstvo akcií a činností, do vyšších celkov by sa dala rozdeliť nasledovne:

- Umiestnenie a ukotvenie dopravníkov
- Inštalácia energií
- Montáž odsávania a osvetlenia
- Montáž regálov na kanban materiál
- Príprava pracovísk zvarovania, montáže, testovania a balenia

Detailnejšie riadenia akcií prebiehalo formou pravidelných meetingov priamo na výrobní hale v priestoroch novej výrobní linky, tabule a za využitia karičkovej metódy s jednotlivými akciami. Účastníci meetingu boli:

- Vedúci údržby – zodpovedný za organizáciu inštalácie energií, montáž odsávania, osvetlenia a montáž regálov na kanban materiál,

- Procesní inženýři – zodpovědní za koordinaci návrhu a reálné výstavby linky definování a zajištění potřebného zariadenia k montáži,
- Kvality inženýři – zodpovědný za koordinaci kvalitativních aspektů projektu,
- Programový manažér – koordinace a poskytnutí zpětné vazby zákazníkovi o průběhu projektu, budování hlubších vztahů s zákazníkem,
- Výrobní manažér – zodpovědný za moderaci meetingu, plnění akcí v stanoveném termínu, dodržání časových plánů projektu, eskalace problémů spojených s výstavbou linky a koordinaci týmu počas celého harmonogramu projektu.

Na řízení velkého množství akcí spojených s výstavbou linky a řízení týmu byla aplikována kartičková metoda. Transformace PDCA cyklu do kartičkové metody řízení akcí výstavby linky zobrazuje následná ilustrace:

1. **Plan** – prázdný kruh - zodpovědná osoba je oboznámena s akcí, rozumie podstatu akcie a jej termínu dokončenia,
2. **Do** – poloplný kruh - zodpovědná osoba aktuálně pracuje na akci, celý tým dostává zpětnou vazbu o progresu,
3. **Check** – plný kruh - akcia je dokončená nasleduje kontrola zo strany celého tímu o jej splnení a kvalite plnenia,
4. **Act** – odlepenie kartičky z tabule - uzatvorenie akcie po jej validácii a otvorenie novej akcie podľa plánu, nevyhnutnosti a výstupe z meetingu.



Obrázok 15: Ilustrácia aplikácie PDCA cyklu v rámci riadenia akcií výstavby linky (vlastné spracovanie)



Obrázok 16: Tabula so zoznamom akcií výstavby novej montážnej linky (vlastné spracovanie)

Reálna fotka zachytáva tabulu vo finálnej časti výstavby linky. V ľavom okraji sa nachádza časová os, na týždennej báze a vrchný okraj charakterizuje iniciály zodpovednej osoby. Pod každou osobou sa nachádzajú akcie, bližšie popísané a vysvetlené v predchádzajúcom odseku a ilustrácií.

5.2.4 Validácia výrobného systému

V predposlednej fáze prebiehajú paralelne dve hlavné činnosti a tou je pilotná pred sériová výroba a s ňou spojená validácia výrobného systému zo strany zákazníka. Validáciou sa dá chápať audit. Pre budúce dodávateľsko-zákaznícke vzťahy je to veľmi dôležitý míľnik, na ktorý sa kladie dôraz už pri definícii projektu. V rámci auditu sa bude hodnotiť spôsobilosť výrobného procesu a jeho podporných procesov, pripravenosť na sériovú výrobu a jej stabilitu. Výsledkom auditu počas pilotnej pred sériovej produkcie sa bude priamo hodnotiť úspešnosť návrhu a implementácie výrobnéj linky. Za úspešné zvládnutie validácie sa považuje prehlásenie o spôsobilosti výrobného systému, vrátane montážnej linky v podmienkach sériovej výroby.

5.2.5 Rozbeh sériovej výroby

Záverečná fáza projektu charakterizuje rozbeh sériovej výroby a vytvorenie stabilného výrobného tímu. V tejto fáze sa projekt odovzdáva a cieľom je čo najrýchlejšie nabehtnutie štandardizovaných procesov a schopnosti štandardnej výroby v požadovanom množstve, kvalite a efektivity práce. V tejto fáze projektu sa nepočíta s veľkými prekážkami a odhalené minoritné nedostatky budú optimalizované operatívne, v rámci štandardnej agendy pracovného dňa kompetentného tímu.

5.3 Projektová FMEA rizík

V rámci zistenia rizík, ku ktorým môže dôjsť počas realizácie projektu, boli tieto riziká definované pomocou nástroju FMEA (Failure Modes of Effects Analysis). Obrázok nižšie kvantifikuje mieru jednotlivých možných udalostí na základe ich vážnosti, možného výskytu a rýchlosti odhalenia. Definícia rizikových oblastí a ich kvantifikácia prebiehala formou workshopu s vedením spoločnosti v rannej fáze projektu. Pred začatím hodnotenia jednotlivých rizík bolo interne vybranou spoločnosťou zvolená hranica rizikového čísla 90. Výsledné skóre u rizika nad hodnotu 90, bude podmienené nápravnými akciami k jeho zamedzeniu a zníženiu rizikového skóre. V rámci tohto workshopu autor diplomovej práce vystupoval ako moderátor.

Riziko Risk	Závažnosť Severity of Impact	Index	Výskyt Occurance	Index	Odhalení Detection	Index	RPN
Neochota spolupráce v tíme	Náročná komunikácia, rozpad tímu	8	U seniornejších zamestnancov pravdepodobné	6	V okamžiku zhoršenej komunikácie, v rámci f2f meetingov	2	96
Nedodržanie termínov (milníkov projektu)	Nesplnenie plánov a požiadavok spoločnosti a zákazníka	10	Správnou prípravou projektu je šanca na nedodržanie termínov znížená	3	U nesplnení milníkov projektu	4	120
Zamietnutie investície	Zdržanie projektu, nesplnenie kľúčových milníkov projektu	8	Správnou prípravou investičného zámeru CAPEX je šanca na zamietnutie znížená	3	V rámci pravidelných meetingov s vedením spoločnosti	3	72
Nedostatočné kapacity operátorov v rámci prototypových výrob	Nedodržanie termínov prototypovej výroby --> zdržanie projektu	10	Počas doby pandémie Covid-19 pravdepodobnosť výskytu je vysoká	6	Vysoká pravdepodobnosť odhalenia (nepřítomnosť pracovníka)	2	120
Absencia vedúceho projektu (choroba, iný dôvod)	Nedodržanie termínov realizácie, zdržanie projektu	8	Počas doby pandémie Covid-19 pravdepodobnosť výskytu je vysoká	6	Okamžité	1	48
Fluktuácia v projektovom tíme	Odchod člena tímu ohrozuje plynulosť projektu	8	Riziko výskytu vysoké vzhľadom na mladú a novú spoločnosť	4	Okamžité	1	32

Obrázok 17: FMEA - riziká projektu (vlastné spracovanie)

V rámci moderovaného workshopu slúžiaceho k analýze možných rizík, boli definované kritické situácie, ktoré by mohli ohroziť úspešnosť projektu. Obrázok znázorňuje tri kritické situácie, ktoré v súčte rizikového čísla presiahli úroveň skóre 90. Medzi kritické riziká patrí neochota spolupráce v tíme, čo môže mať za následok rozpad tímu. Nedodržaním termínov projektu je závažnosť na maximálnej hodnote, projekt by v takom prípade nebol považovaný za úspešný a nebolo by naplnené zadanie projektu. Medzi ďalšie riziká, ktoré ohrozujú projekt z podstatnej časti je zaradené aj riziko neschopnosti produkcie prototypovej výroby, v súčasnosti vysoký výskyt kvôli pandemií covid-19.

Pre nasledujúce riziká boli implementované nápravné opatrenia k zníženiu ich vplyvu na projekt. Po implementácii nápravných opatrení bola analýza rizík opakovane vyhodnotená. Jej stav popisuje nasledujúci obrázok.

Riziko Risk	Závažnosť Severity of Impact	Index	Výskyt Occurance	Index	Odhalenie Detection	Index	RPN
Neochota spolupráce v tíme	Náročná komunikácia, rozpad tímu	8	U seniornejších zamestnancov pravdepodobné	4	V okamžiku zhoršenej komunikácie, v rámci f2f meetingov	2	64
Nedodržanie termínov (milníkov projektu)	Nesplnenie plánov a požiadavok spoločnosti a zákazníka	10	Správnou prípravou projektu je šanca na nedodržanie termínov znížená	3	U nesplnení milníkov projektu	2	60
Zamietnutie investície	Zdržanie projektu, nesplnenie kľúčových milníkov projektu	8	Správnou prípravou investičného zámeru CAPEX je šanca na zamietnutie znížená	3	V rámci pravidelných meetingov s vedením spoločnosti	3	72
Nedostatočné kapacity operátorov v rámci prototypových výrob	Nedodržanie termínov prototypovej výroby --> zdržanie projektu	10	Počas doby pandémie Covid-19 pravdepodobnosť výskytu je vysoká	3	Vysoká pravdepodobnosť odhalenia (nepřítomnosť pracovníka)	2	60
Absencia vedúceho projektu (choroba, iný dôvod)	Nedodržanie termínov realizácie, zdržanie projektu	8	Počas doby pandémie Covid-19 pravdepodobnosť výskytu je vysoká	6	Okamžité	1	48
Fluktuácia v projektovom tíme	Odhod členov tímu ohrozuje plynulosť projektu	8	Riziko výskytu vysoké vzhľadom na mladú a novú spoločnosť	4	Okamžité	1	32

Obrázok 18: FMEA - implementované nápravné opatrenia k eliminácii rizík projektu (vlastné spracovanie)

Riziko neochoty spolupráce v tíme – za pomoci vedenia vybranej spoločnosti bol vybraný najvhodnejší projektový tím, ktorý pozostával s mladších pracovníkov a otvorených novým výzvam. Vďaka tomu bol výskyt možného rizika znížený a po druhom kole hodnotenia rizík bolo toto riziko vyradené z kategórie veľkého vplyvu na projekt. Závažnosť a odhalenie zostáva nezmenené a žiadne nápravné opatrenia v týchto aspektoch neprebehli.

Riziko nedodržania termínov (milníkov) – ďalším kritickým rizikom na projekt je oneskorenie jednej alebo viacerých z akcií ležiacich na kritickej ceste. V tomto prípade boli

implementované pravidelné denné meetingy tímu a týždenné meetingy s jednotlivými členmi tímu. V rámci denných meetingov bola hlavným bodom agendy revízia harmonogramu projektu. Parciálne akcie v rámci výstavby linky boli sledované pomocou nástroju popísaného v kapitole 5.2.3.

Riziko nedostatočných kapacít montážnych pracovníkov – riziko je spojené najmä s nepredvídateľnou absenciou pracovníkov ovládajúcich montáž produktu. Znalosti a zručnosti pracovníkov montáže sú značne obmedzené najmä vďaka nedokončenému dizajnu produktu počas týchto prototypových montáží, tak isto množstvo schopných pracovníkov je kľúčové vzhľadom na ich možnú absenciu kvôli ochoreniu covid-19. Pre elimináciu vplyvu rizika bol ako nápravné opatrenie implementovaný systém sledovania zručností pracovníkov a zaistenie ich dostatočného počtu počas projektu. Záložný pracovníci by boli v prípade absencie hlavných pracovníkov dedikovaných pre novú montážnu linku schopní zastúpiť a neohroziť tak míľniky projektu.

6 ANALÝZA OBJEMU PRODUKCIE

Analýza objemu produkcie je pre zavedenie novej výrobnéj linky zásadným bodom, ktorý určí budúcnosť celej funkčnosti výroby a úspechu projektu z hľadiska návratnosti a udržateľnosti.

Objemy produkcie kopírujú životný cyklus produktu, ktorý predpokladá základné štyri fázy vývoja produktu:

- Zavedenie nového výrobku
- Rast
- Zrelosť produktu
- Úpadok

Tieto fázy výroby sa dajú charakterizovať podľa ročných objemov objednávok. Výrobu bude vhodné navrhnuť na základe týchto objemov tak, aby výroba bola schopná plniť maximálne objemy výroby a to objemy, ktoré budú naviazané na fázu rast a zrelosť produktu, kde môžeme očakávať maximálne objemy výroby.

Fáza úpadku v odvetviach priemyslu znamená zrušenie alebo redukciu výroby, poprípade presunutie technológií do menej lukratívnych oblastí fabriky a to z dôvodu implementácie novej výroby / technológie. Odlišnosť sa viaže na charakteristiky výrobku, ktorý je v kategórii lukratívnych výrobkov, prémiového segmentu a nový trend v domácnostiach odhaduje zvyšovanie dopytu po podobných produktoch. V priemysle, na ktorý sa táto záverečná práca viaže, je fáza úpadku dôvodom na re-dizajn a vytvorenie novej generácie výrobku, avšak s podobnou technológiou a technologickým postupom výroby produktu. Na základe tejto skutočnosti je vysoko pravdepodobné, že v kontrakte novej generácie budú objemy väčšie a tak musí návrh novej výroby v neposlednom rade počítat' aj s možnosťou rozšírenia kapacít v budúcnosti.

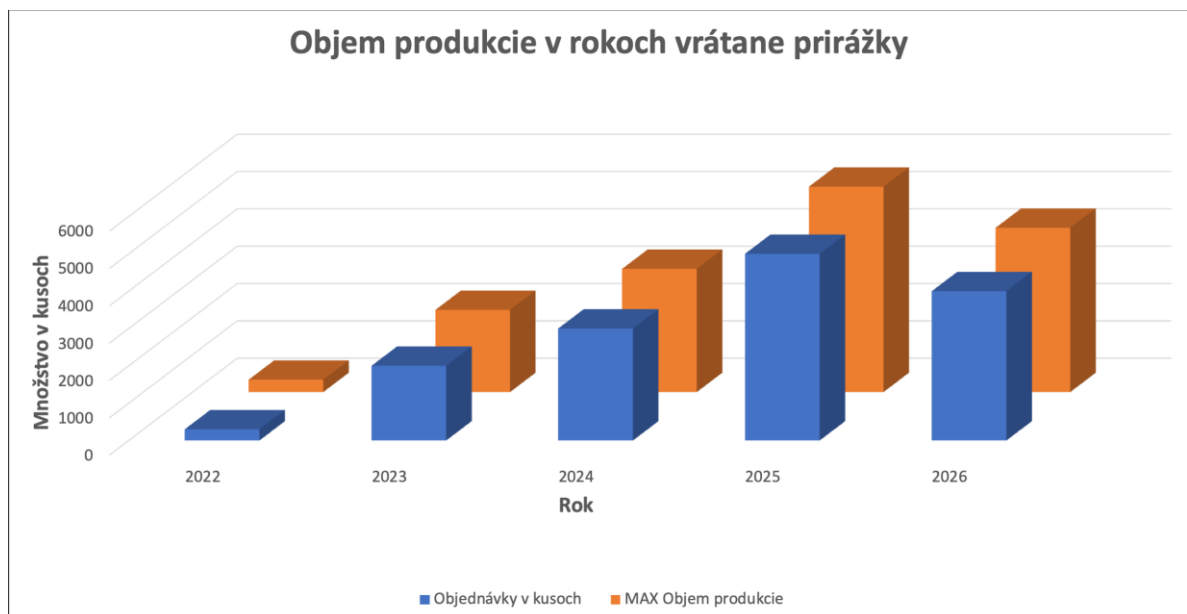
Flexibilita výrobnéj linky je zárukou, že takéto výkyvy v podobe budúcich trendov dokáže zastrešiť spôsobom pridania kapacitne najviac vyťažených výrobných zariadení a pracovnej sily na jednej alebo dvoch smenách.

6.1 Objemy produkcie v nasledujúcich rokoch

Pri zavedení nového projektu je predpokladom, že zákazník má stanovené objednávky v rokoch nasledovne ako je zobrazené v tabuľke.

Rok	2022	2023	2024	2025	2026
Objednávky v kusoch	300	2000	3000	5000	4000
10% Prirážka	30	200	300	500	400
MAX Objem produkcie	330	2200	3300	5500	4400

Tabuľka 1: Objemy produkcie v rokoch (vlastné spracovanie)



Obrázok 19: Objemy produkcie v rokoch vrátane prirážky (vlastné spracovanie)

Z tabuľky je zjavné, že výrobok dosahuje v prvom roku výroby 2022 takzvaný nábeh výroby, tejto fáze odpovedá aj objem produkcie, tzv. forecast. K tomuto výpočtu budúcich objemov výroby sa zo skúsenosti firmy pripočíta percentuálna prirážka množstva, ktorú podnik pripočítava k požadovaným objemom zákazníka. Jedná sa o prediktívne opatrenie, ktoré pokryje prípadné neočakávané odchýlky a nárasty dopytu produkcie zo strany zákazníka. Štandardizovaná prirážka je vo výške 10 % k množstvu stanovenom zákazníkom. Na obrázku je vidieť 10% nárast predpokladaných objednávok. Samozrejme paralela medzi objemom produkcie a životný cyklus výrobku zostáva zachovaná.

Po zohľadnení rokov 2022 až 2026 vzniká predpokladaný životný cyklus výrobku.



Obrázok 20: Životný cyklus výrobku (vlastné spracovanie)

6.2 Zákaznícky takt

Zákaznícky takt je jedným zo základných údajov, ktoré sú potrebné pre správnu tvorbu a balansovanie výrobných liniek.

Cieľom je zistiť čas, za ktorý bude zákazník od nás požadovať 1 ks hotového výrobku. Od tohto údaje sa odvíja čas, za ktorý podnik musí vyrobiť daný výrobok a tak uspokojiť dopyt zákazníka a naplniť zmluvné podmienky.

V kontexte štíhlej výroby je potrebné výrobu nastaviť tak, aby sme nerobili nadvýrobu, ktorá je jedným z najkomplexnejších druhov plytvania, nakoľko sa v nadvýrobe môže objavovať plytvanie v podobe nadbytočnej manipulácie, skrytia defektov, neplynulé materiálové toky a viaže na seba veľké finančné prostriedky, ktoré firme uberajú na cashflow. Vo filozofii Just-in-time musíme byť schopný vyrobiť potrebné množstvo za potrebný čas a v požadovanej kvalite.

Vzorec pre výpočet zákaznickeho taktu je nasledovný:

$$\text{Zákaznícky takt} = \text{Dostupný pracovný čas} / \text{Požiadavka zákazníka}$$

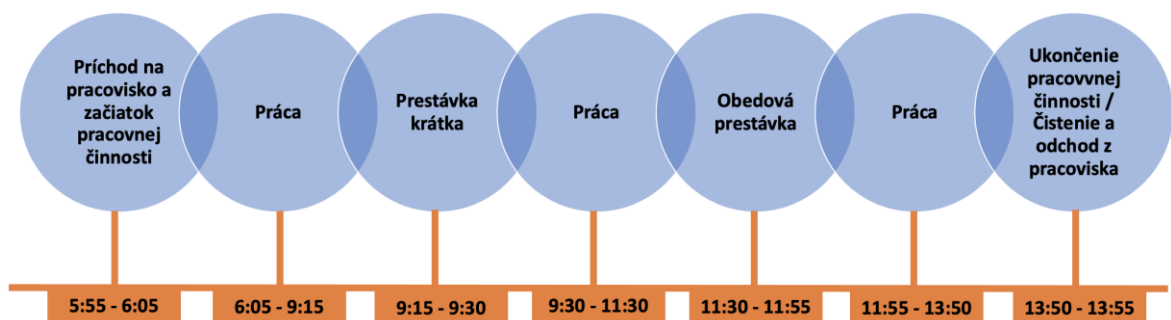
6.2.1 Dostupný pracovný čas

Plánované objemy produkcie sú vyčíslené v ročných objemoch, v štandardných kalkuláciách konkrétnej výrobných spoločnosti sa ročný objem produkcie rozpočíta na dni.

Preto kalkulácia požiadavkou zákazníka a dostupného pracovného času je potrebné vzťahovať na denný výstup výrobných linky.

Spoločnosť vyrába v hybridnom režime jedného a na vysoko objemových linkách dvojsmenného režimu. Preto je možnosť výrobu navrhnuť na obe varianty. Rozbeh výroby v prvých dvoch rokoch bude na základe expertného odhadu a plánovaných odvolávkach zákazníka dostatočne zastrešiť jednosmenou výrobou. Avšak kalkuláciu budeme počítat' na maximálny možný vyrábaný objem v nasledujúcich 5 rokoch a dvojsmenú výrobu. Jedna smena trvá 8 hodín teda 480 minút.

Od pracovnej doby je nutné odpočítat' prestávky na ktoré má zamestnanec nárok podľa zákonníka práce. Jedná sa o 15 minútovú prestávku po 3 hodinách práce a 25 minútovú prestávku, vždy po ďalších 2 hodinách práce (obedová / večerná prestávka) každá smena je počítaná s 5 minútovým nábehom a ukončením smeny. **Čistý pracovný čas je teda vyčíslený na 430 minút.** Priebeh ranej smeny je graficky znázornený na obrázku.



Obrázok 21: Priebeh zmeny (vlastné spracovanie)

Jak bolo zmienené, je potrebné pracovný čas vypočítat' na rok. V tejto kalkulácii použijeme 250 pracovných dní v roku s normálnym režimom výroby od pondelka do piatka a dvojsmenú výrobu, nakoľko objem produkcie od roku 2024 bude vyrábaný na dvojsmennej výrobe. To vyplýva z interného ustanovenia firmy.

*Dostupný prac. čas za rok = počet prac. dní * počet smien za deň * počet minút za smenu*

Dostupný pracovný čas za rok = 215000 minút

6.2.2 Požiadavka zákazníka

Požiadavka zákazníka je v ročných objemoch uvedený v kapitole 5.1 *Objem produkcie v nasledujúcich rokoch*

Smerodajný je najvyšší objem produkcie, teda rok v ktorom očakávame najvyšší vyrábaný objem, rok 2025. Tento objem produkcie vrátane prirážky bude použitý pre výpočet taktu.

Zákaznícky takt v nasledujúcich rokoch vyjadruje nasledujúca tabuľka:

Rok	2022	2023	2024	2025	2026
Objednávky v kusoch	300	2000	3000	5000	4000
10% Prirážka	30	200	300	500	400
MAX Objem produkcie	330	2200	3300	5500	4400
Zákaznícky Takt (min)	195,45	48,86	65,15	39,09	48,86

Tabuľka 2: Zákaznícky takt (vlastné spracovanie)

Jak je z tabuľky zrejmé, najvyšší objem vyvolá logicky najkratšiu dobu taktu. To znamená, že zákazník od nás kupuje v roku 2025 jeden výrobok každých 39,09 min. Disponibilný čas v prvom roku výroby 2022 je počítaný na 150 pracovných dní a to z dôvodu nábehu výroby v 6. kalendárnom mesiaci. Napriek tomu je rozdiel v zákazníckom takte v prvom a predposlednom roku výroby takmer 5-násobne dlhší. Dôvodom je vstup s novým produktom na trh, takže dopyt po produkte zatiaľ nie je presný a zákazník zvolil opatrnú marketingovú stratégiu vstupu na trh.

6.3 Takt výroby

Takt výroby sa odvíja od zákazníckeho taktu. Zohľadňuje však fakt, že nie všetky stroje fungujú po celú dobu stopercentne, výroba nedosahuje neustále stopercentnú kvalitu a ani výkony nemôžu byť vždy maximálne. Kombináciu kvality, dostupnosti a výkonu vzniká ukazateľ OEE (Overall Equipment Effectiveness) alebo inak povedané Celková efektívnosť zariadenia.

6.3.1 OEE

Pre výpočet taktu výroby bolo kalkulované s OEE 75% pre stabilizovanú výrobu a v rámci nábehu výroby bola kalkulované s OEE 60% a v následnom roku nábehu výroby 70% ako hodnotou prípustnou pre neznalosť nového produktu a stabilitu procesu.

Rok	2022	2023	2024	2025	2026
Objednávky v kusoch	300	2000	3000	5000	4000
10% Prirážka	30	200	300	500	400
MAX Objem produkcie	330	2200	3300	5500	4400
Zákaznícky Takt (min)	195,45	48,86	65,15	39,09	48,86
OEE %	60%	70%	75%	75%	75%
Výrobný Takt (min)	117,27	34,20	48,86	29,32	36,65

Tabuľka 3: Výrobný takt (vlastné spracovanie)

Jak vidíme, OEE logicky znižuje výrobný takt, aby v rozdiely zákaznickeho a výrobného taktu mohlo dôjsť k opravám strojov, odstráneniu nekvality alebo optimalizácií výkonu. Údaje o výrobnom takte budú využívané ďalej v priebehu práce v rámci návrhov layoutov a balansovania operácií. Linka bude navrhnutá na základe roku s najvyšším počtom objednávok. Pre balansovanie linky a tvorbu layoutu bude zvolený rok 2025, kedy objem produkcie dosahuje maximálnych hodnôt a výrobný takt v dvojzmennej výrobe definuje navrhnuť výrobnú linku schopnú produkovať každých 29 minút hotový kus. Avšak nábehový rok a roky s nižšími objemami výroby budú obsadené s menším počtom operátorov, aby sme udržali efektivitu výrobného závodu.

7 ANALÝZA VÝROBNÉHO POSTUPU

Kusovník produktu sa skladá z viac ako 100 jednotlivých komponentov, ktoré sa prevažne ručne zvárajú a montujú. Svojím určením a dizajnom produkt spadá do produktovej rady výrobníkov sódy pre domácnosti. Tieto predispozície mu určujú totožnosť základných procesov výroby ako sú pájené, testovanie a finálne balenie. Vďaka týmto predispozíciám sme schopný veľmi dobre odhadnúť budúci proces a s veľkou presnosťou ho navrhnuť správne na základe už známych problémov z iných výrobných liniek.

V rámci prvej prototypovej výroby prebiehala analýza výrobného postupu paralelne s nepriamym meraním spotreby času jednotlivých operácií pomocou metódy BASIC MOST.

7.1 Funkcia výrobku

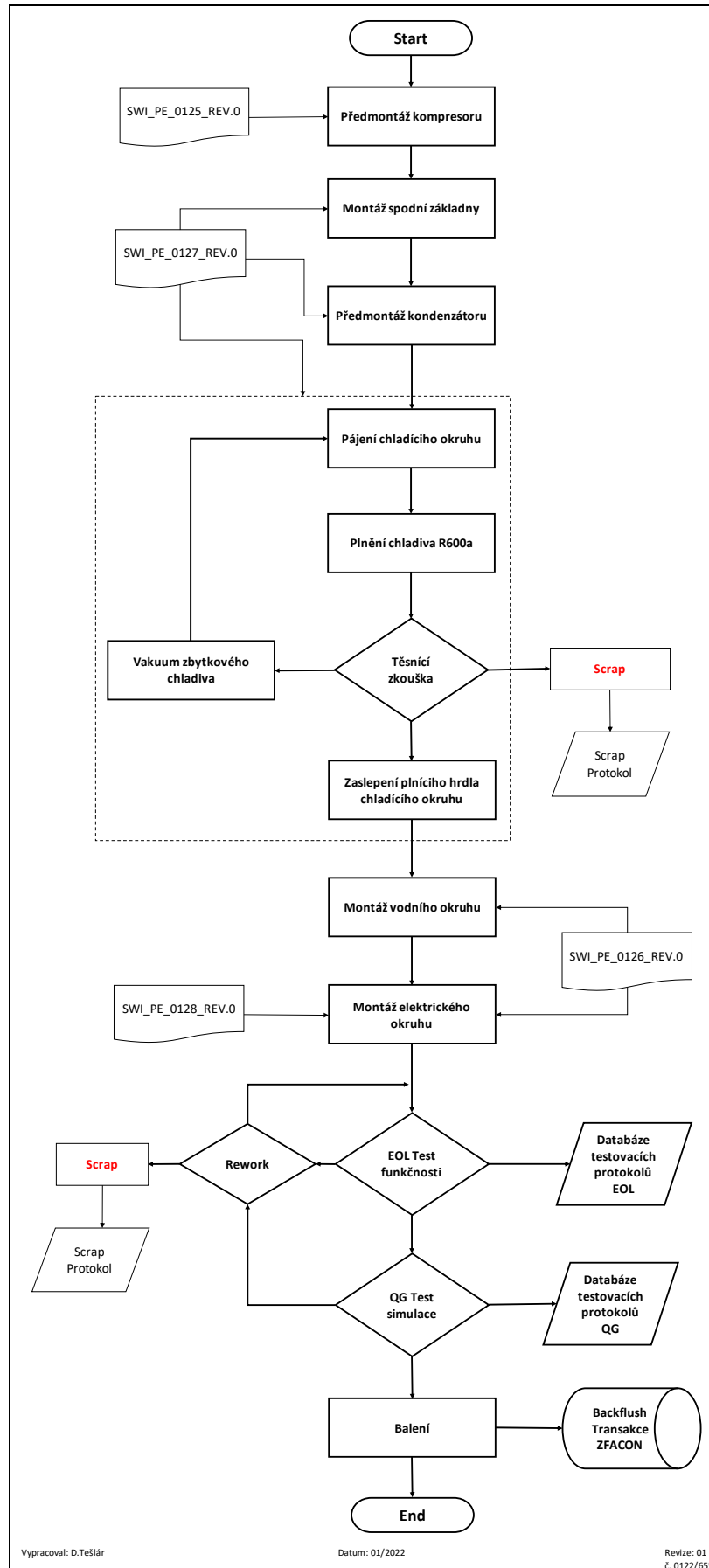
Produkt v domácnostiach nahrádza klasické známe spôsoby stravovania. Podobné produkty si v moderných domácnostiach nachádzajú stále viac obľuby. Vďaka funkcii výroby sódy a filtrovanej chladenej vody redukuje uhlíkovú stopu domácností a prispieva k zdravšiemu životnému štýlu. Vlastnosťami pripomína už dobre známy produkt Soda Stream, avšak jeho výhoda je v implementácii priamo do kuchynskej linky a kuchynského drezu, vďaka čomu stačí filtrovanú sódu získať na jeden klik tlačidla.

Jeho hlavná funkcia tak spočíva v chladení, filtrovaní a obohacovaní vody o CO₂ s výčapom priamo do pohára konzumenta.

7.2 Výrobný postup a časová analýza BASIC MOST

Výrobný postup je výsledkom DFM (Design For Manufacturing). Jedná sa o interný proces spoločnosti, kedy je už známy podrobná požiadavka zákazníka a je nutné definovať možné technologické prevedenie zákazníckych požiadaviek. Táto činnosť je synergiou vývojového a výrobného oddelenia spoločnosti. Následne bol definovaný nižšie zobrazený výrobný postup ako najlepší a odsúhlasený obidvomi oddeleniami.

V bezproblémovom výrobnom procese by produkt prešiel 12 majoritnými úsekmi výroby až by prešiel od prvej pred montáže kompresoru až po finálne balenie. Výrobný postup zobrazuje nižšie zobrazený procesný diagram.



Obrázok 22: Výrobný postup (vlastné spracovanie)

7.2.1 Pred montáž kompresoru, základni a kondenzátoru

Pred montáž kompresoru je prvou operáciou pri výrobe produktu. Táto operácia spočíva v príprave fixačných prvkov kompresora pred nasadením na základňu a ich následné spojenie. Pred montáž kondenzátoru prichádza na radu hneď po upevnení kompresoru k základni. Všetky operácie prebiehajú chronologicky a k ich prevedeniu nie sú za potrebné žiadne špeciálne nástroje alebo zariadenia. Operátor k tejto montáži bude potrebovať štandardné upevňovacie nástroje v podobe akumulátorovej utahovačky, sadu bitov a ohýbací prípravok pre prípravu základne.

V rámci prototypových produkcií boli jednotlivé procesné kroky analyzované pomocou nepriamej metódy merania času BASIC MOST. Spotreba času pomocou analýzy BASIC MOST na jednotlivé pred montáže je nasledujúca:

- Pred montáž kompresoru – 1,29 min / ks
- Pred montáž základnej dosky – 2,46 min / ks
- Pred montáž kondenzátoru – 1,84 min / ks

Poznámky:													
Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace: Předmontáž kompresoru	OP	Sekvence							A - Návrat	Frekvence	TMU
				ABG - Získat			ABP - Položit		MXI - Přemísti/Spustit				
		ŘP - řízení přemístění (Č - Procesní)	ŘP										
		N - Použití nástroje	N					Nástroj					
		J - Jeřáb	J	ATK - Získat			FVL - Položit		VPT - Položit stranou				
1	O	Uchopení kompresoru a uložení na stůl, kontrola štítků	NT	A 3 B 0 G 3	A 3 B 0 P 0	T 1	A 0 B 0 P 1	A 0	1,00	110			
2	O	Nachystání kompresoru do pozice montáže	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6	0		A 0	2,00	220			
3	O	Příprava gumových nožiček	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 1	0		A 0	4,00	400			
4	O	Vkládání gumových nožiček	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	4,00	360			
5	O	Odstavení krytky konektoru	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 1	0		A 0	1,00	60			
6	O	Nasazení bílé součástky na PIN	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0		A 0	1,00	60			
7	O	Nasazení černé součástky na dolní PIN	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0		A 0	1,00	60			
8	O	Uchopení kabelového svazku	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 3 P 0	0		A 0	1,00	80			
9	O	Uchopení šroubu a podložky + nasazení podložky na šroub	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 6	0		A 0	1,00	170			
10	O	Nasazení šroubu s podložkou na očko kabeláže	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	1,00	90			
11	O	Ustavení šroubu s kabelem na díru kompresoru	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	1,00	90			
12	P	Utažení šroubku	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	140			
13	P	Zapojení hnědého a modrého kabelu	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	2,00	180			
14	O	Uložení kompresoru na dopravník	OP	A 1 B 0 G 3	A 3 B 0 P 6	0		A 0	1,00	130			
Celková spotřeba času:				1,29			77,34			2150			
				minut			sekund			TMU			

Obrázok 23: BASIC MOST - pred montáž kompresoru (vlastné spracovanie)

V rámci analýz pomocou BASIC MOST techniky boli využité štandardizované formuláre, ktoré proces výrazne zefektívňujú. V rámci týchto formulárov boli oranžovou farbou znázornené činnosti, ktoré sú značne neefektívne, nepridávajú hodnotu produktu a značne celý proces predlžujú, čím zvyšujú náklady na výrobu. Tieto činnosti sú zapríčinené hlavne novým dizajnom produktu a táto spätná väzba slúžila pre dizajnérov v rámci finálnej fázy validácie upraviť produkt, tak aby bola jeho výroba štihlejšia. Samozrejme nie všetky potencionálne zdroje plytvania sú zapríčinené dizajnom. Činnosti, ktoré bude možné optimalizovať v rámci procesu budú predmetom optimalizácie v rannej fázy sériovej výroby, nakoľko ich optimalizácia vyžaduje presnejšiu analýzu v bežiacom procese, tak isto zdroje projektu nebolo možné využiť k ich úplnej eliminácii v rámci výstavby linky.

Poradové číslo	Použití rukou	Popis operace: Předmontáž základní desky		Sekvence						Frekvence	TMU
		OP	ŘP	ABG - Ziskat	ABP - Položit		Nástroj	ABP - Položit stranou	A - Návrat		
		N	J		ATK - Ziskat	FVL - Položit				VPT - Položit stranou	
1	O	Příprava fixtury	OP	A 6 B 0 G 1 1 1 1 1	A 6 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1,00	160	
2	O	Příprava základové desky	OP	A 1 B 3 G 3 1 1 1 1	A 1 B 3 P 6 1 1 1 1			A 0 1	1,00	170	
3	O	Odložení druhého kusu základové desky	OP	A 1 B 3 G 3 1 1 1 1	A 1 B 3 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1,00	140	
4	P	Příprava matic	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1			A 0 1	2,00	120	
5	P	Osazení držáků zákl. Desky plech. Maticemi	OP	A 3 B 0 G 3 1 1 1 1	A 3 B 0 P 6 1 1 1 1			A 0 1	2,00	300	
6	P	Zafixování matic	NF	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 6 1 1 1 1	F 6	A 0 B 0 P 0 1 1 1 1	A 0 1	2,00	300	
7	O	Položení sestavy kompresoru na zákl. Desku	OP	A 3 B 0 G 3 1 1 1 1	A 3 B 0 P 6 1 1 1 1			A 0 1	1,00	150	
8	P	Umístění pružných matic	OP	A 3 B 0 G 3 1 1 1 1	A 3 B 0 P 6 1 1 4 1			A 0 1	1,00	330	
9	P	Příprava podložek	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1			A 0 1	4,00	240	
10	O	Zalisování matic	NF	A 1 B 0 G 3 1 1 1 1	A 1 B 0 P 6 4 1 4 4	F 10	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	A 0 1	1,00	740	
11	P	Nasazení izolace	OP	A 3 B 0 G 1 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1,00	100	
11	P	Nasazení ochranného krytu	OP	A 3 B 3 G 3 1 1 1 1	A 3 B 3 P 6 1 1 1 1			A 0 1	1,00	210	
11	P	Ohnutí kabelu	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1,00	60	
11	P	Nalepení štítku	OP	A 3 B 0 G 1 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1,00	100	
12	O	Usazení karbonátu na zákl. Desku	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1 1	A 1 B 0 P 6 1 1 1 1			A 0 1	1,00	110	
13	P	Vložení papírového dokumentu k sestavě	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1,00	60	
14	O	Vložení vrcholové podsestavy	OP	A 3 B 0 G 3 1 1 1 1	A 3 B 0 P 6 1 1 1 1			A 0 1	1,00	150	
14	O	Usazení vrcholové podsestavy	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1 1	A 1 B 0 P 6 1 1 1 1			A 0 1	1,00	110	
15	P	Příprava šroubků	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1 1	A 1 B 0 P 6 1 1 1 1			A 0 1	2,00	220	
15	P	Příšroubování zákl. Panele k desce	NF	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1	F 6	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	A 0 1	2,00	280	
17	O	Úprava kabeláže	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1,00	60	
Celková spotřeba času:				2,46		147,84		4110			
				minut		sekund		TMU			

Obrázok 24: BASIC MOST - pred montáž základnej desky (vlastné spracovanie)

Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace:		Sekvence						Frekvence	TMU	
		Předmontáž kondenzátoru										
		OP - obecné přemístění	OP	ABG - Získat		ABP - Položit						A - Návrat
		ŘP - řízené přemístění (Č - F)	ŘP	MXI - Přemístění/Spustit		Nástroj		ABP - Položit stranou				
N - Použití nástroje	N			FVL - Položit		VPT - Položit stranou						
J - Jeřáb	J	ATK - Získat										
1	P	Příprava materiálu na prac. Stůl	O	A 6 B 3 G 1	A 6 B 3 P 1	0			A 0	2,00	400	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
2	P	Příprava větráku na prac. Stůl	O	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 1	0			A 0	1,00	100	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
3	P	Zabroušení hrany pilníkem	NS	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	S 32	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	400		
				1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1				
4	P	Příprava bílého rámečku	O	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0			A 0	1,00	60	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
5	P	Předvrtání děr do rámečku	ŘP	A 1 B 0 G 3	M 0 X 16 I 0				A 0	3,00	600	
				1 1 1 1	1 1 1 1				1			
6	O	Nasazení rámečku	O	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0			A 0	1,00	60	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
7	P	Ustavení šroubů do díry	O	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	3,00	270	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
7	P	Přišroubování rámečku	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	340		
				1 1 1 1	3 1 3 3	3 3	1 1 1 1	1				
8	P	Ohýbání	NC	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	C 6	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	430		
				1 1 1 1	3 1 3 3	3 3	1 1 1 1	1				
9	O	Umístění větráku do kondenzátoru	O	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	1,00	90	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
10	P	Ustavení šroubu	O	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	1,00	90	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
10	P	Zasroubování	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	140		
				1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1				
11	O	Odložení kondenzátoru do boxu	O	A 1 B 0 G 1	A 3 B 3 P 1	0			A 0	1,00	90	
			P	1 1 1 1	1 1 1 1	1			1			
Celková spotřeba času:						1,84	110,43	3070				
						minut	sekund	TMU				

Obrázok 25: BASIC MOST - pred montáž kondenzátoru (vlastné spracovanie)

7.2.2 Pájení a plnění chladiwa

Po prvých montážnych krokoch nasleduje zvrávanie chladiaceho okruhu. Túto operáciu musí vykonávať certifikovaný pracovník za dodržiavania všetkých predpísaných ochranných pomôcok a taktiež pracovisko musí obsahovať všetky bezpečnostné prvky. V rámci tejto operácie musí operátor zvráť dva typy spojov. Jedným a tým ľahším je homogénny spoj meď – meď. Pre tento spoj pracovník použije medenú pájku. Pre náročnejšie spoje na kvalifikáciu zvarača a kvalitu spoju je nutné heterogénne spoje zvariť striebornou pájkou, pretože sa jedná o spoj potrubia meď – nerez.

Po zvarení chladiaceho okruhu operátor naplní okruh chladiacim plynom R600a, izobután, ktorý je potrebné naplniť na špeciálnom automatickom zariadení. Po naplnení pracovník preverí kvalitu spojov pomocou testovacieho zariadenia na úniky. V prípade detekcie úniku je potrebné naplnený plyn z chladiaceho okruhu vyvakuovať a nekvalitný spoj opraviť, ak je to možné. Následne sa plniaci a kontrolný proces opakuje. Výstupom predchádzajúcich krokov pred montáže, zvrávanie a plnenie je polotovar označovaný ako chassis.

Celková spotřeba času pájení a plnění chladičového okruhu pomocí analýzy BASIC MOST v rámci prototypové produkce je 7,50 min / ks.

Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace: Pájení	OP	Sekvence							A - Návrat	Frekvence	TMU
				ABG - Získat			ABP - Položit		MXI - Přemísti/Spustit				
		ŘP - řízené přemístění (Č - Proc	ŘP										
		N - Použití nástroje	N				Nástroj		ABP - Položit stranou				
		J - Jeřáb	J	ATK - Získat			FVL - Položit		VPT - Položit stranou				
1	P	Sundání krytek na kondenzátoru	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 1	0				A 0	2,00	120	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
2	P	Nasunutí měděného vedení na nerezové potrubí.	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0				A 0	1,00	90	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
3	O	Nasazení ochranného hadru	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0				A 0	2,00	120	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
4	P	Nasadit ochranné pájecí kleště	OP	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 3	0				A 0	2,00	200	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
18	P	Napojení okruhu na dusík	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0				A 0	1,00	60	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
1	P	Uchopení pájecího drátu	OP	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 3	0				A 0	1,00	100	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
2	P	Umístění páječky na trysku	OP	A 3 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0				A 0	1,00	110	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
3	O	Pájení	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 0 X 54 I 6					A 0	2,00	1240	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
4	P	Sundání kleští	OP	A 1 B 0 G 3	A 3 B 0 P 1	0				A 0	2,00	160	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
5	O	Čistění pájených spojů	NS	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	S 16	A 1 B 0 P 1	A 0		A 0	1,00	400	
				1 1 1	2 1 2	2	1 1 1	1		1			
6	P	Odpojení dusíku	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0				A 0	1,00	60	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
7	O	Příprava sestavy natočením	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6	0				A 0	1,00	110	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
8	P	Napojení na dusík	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0				A 0	1,00	60	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
9	P	Odpojení krytek	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 1	0				A 0	2,00	120	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
10	P	Připojení měděného potrubí	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0				A 0	1,00	60	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
11	P	Napojení kapiláry do vysoušeče	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0				A 0	1,00	90	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
12	P	Použití samosvorných kleští	OP	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 6	0				A 0	1,00	130	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
13	P	Uchopení pájecího drátu	OP	A 3 B 0 G 3	A 0 B 0 P 3	0				A 0	1,00	90	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
14	P	Umístění páječky na trysku	OP	A 3 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0				A 0	1,00	110	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
15	O	Pájení	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 0 X 54 I 6					A 0	1,00	620	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
16	O	Zaslepení hrdla pájením	ŘP	A 3 B 0 G 1	M 0 X 54 I 6					A 0	1,00	640	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
17	O	Čistění pájených spojů	NS	A 3 B 3 G 1	A 3 B 3 P 1	S 16	A 1 B 0 P 1	A 0		A 0	1,00	320	
				1 1 1	1 1 1	1	1 1 1	1		1			
18	P	Odpojení dusíku	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0				A 0	1,00	60	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
19	P	Připojení plnicí spojky	OP	A 3 B 3 G 1	A 3 B 0 P 6	0				A 0	1,00	160	
				1 1 1	1 1 1	1				1			
Celková spotřeba času:				3,14				188,13				5230	
				minut				sekund				TMU	

Obrázok 26: BASIC MOST - pájení (vlastné spracovanie)

Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace: Plnění + test úniků		Sekvence							Frekvence	TMU
		OP	ABG - Získat	ABP - Položit			Nástroj	ABP - Položit stranou	A - Návrat			
		ŘP		MXI - Přemísti/Spustit								
		N		ABP - Položit								
J	ATK - Získat	FVL - Položit			VPT - Položit stranou							
1	O	Přesun a ustavení jednotky na další	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 6 B 0 P 3 1 1 1	0			A 0 1	1,00	110	
2	O	Nasazení plnicí pistole na spojku a spuštění plnění	ŘP	A 3 B 0 G 3 1 1 1	M 3 X 0 I 6 1 1 1	0			A 0 1	1,00	150	
1	O	Plnění	Č	čas 2,5 min							1,00	4167,5
3	P	Čistění sestavy vysavačem	NS	A 6 B 0 G 1 1 1 1	A 6 B 0 P 1 1 1 1	S 16	A 0 B 0 P 0 1 1 1		A 0 1	1,00	300	
4	P	Nasazení samosvorných kleští	OP	A 6 B 0 G 1 1 1 1	A 6 B 0 P 6 1 1 1	0			A 0 1	1,00	190	
5	P	Odpojení plnicí pistole	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1	A 1 B 0 P 0 1 1 1	0			A 0 1	1,00	50	
6	O	Ustavení jednotky na místo pájení	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 6 B 0 P 3 1 1 1	0			A 0 1	1,00	110	
7	P	Sejmutí plnicí spojky	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1	A 3 B 0 P 1 1 1 1	0			A 0 1	1,00	80	
8	O	Zaslepení měděného potrubí	NF	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 6 1 1 1	F 3	A 0 B 0 P 0 1 1 1		A 0 1	1,00	160	
9	P	Uchopení pájecího drátu	OP	A 3 B 0 G 3 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1	0			A 0 1	1,00	120	
10	P	Umístění páječky na trysku	OP	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 6 1 1 1	0			A 0 1	1,00	130	
11	P	Pájení plnicího hrdla	ŘP	A 0 B 0 G 0 1 1 1	M 0 X 16 I 6 1 1 1				A 0 1	1,00	220	
12	P	Ohnutí zaslepeného konce a sundání kleští	NC	A 0 B 0 G 3 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	C 16	A 1 B 0 P 1 1 1 1		A 0 1	1,00	210	
13	O	Přesun a ustavení jednotky na další	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1	A 6 B 0 P 3 1 1 1	0			A 0 1	1,00	130	
15	P	Nastavení detektoru úniku	NT	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 0 1 1 1	T 3	A 0 B 0 P 0 1 1 1		A 0 1	1,00	100	
16	P	Měření detektorem pájené spoje	ŘP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 0 X 6 I 1 1 1 1				A 0 1	10,00	900	
17	O	Přetažení izolace přes pájený spoj	ŘP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 3 X 0 I 0 1 1 1				A 0 1	1,00	50	
18	P	Nalepení štítku kontrola, vložení dokumentu	OP	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1	0			A 0 1	1,00	100	
Celková spotřeba času:				4,36			261,78			7277,5		
				minut			sekund			TMU		

Obrázok 27: BASIC MOST - plnenie chladiva (vlastné spracovanie)

7.2.3 Montáž vodného a elektrického okruhu

V rámci montáže sa na produkt domontuje vodný okruh, ktorý sa skladá z plastového potrubia pri zachovaní hygienických štandardov. Operátor na túto činnosť využíva štandardné pracovné pomôcky ako sú: akumulátorová utahovačka, šrobovák, rukavice, sťahovací klip.

Druhým krokom je montáž riadiacej jednotky a elektrického okruhu. Na tomto pracovisku musia byť dodržiavané štandardy ESD podľa normy ČSN EN 61340-X-X, ktorá je súborom

11 noriem popisujúcich všeobecné požiadavky, užívateľský návod, metódy simulácie a merania elektrostatických javov a štandardné testovacie metódy na takýchto pracoviskách.

Výsledok analýzy BASIC MOST pre montáž:

- Montáž vodného okruhu – 6,55 min / ks
- Montáž elektrického okruhu – 4,07 min / ks

Pořadové číslo	Popis operace: Montáž vodního okruhu		Sekvence							Frekvence	TMU
	OP	OP	ABG - Ziskat		ABP - Položit				A - Návrat		
	ŘP	ŘP	MXI - Přemístění/Spustit								
	N	N	ABP - Položit		Nástroj	ABP - Položit stranou					
J - Jeřáb	J	ATK - Ziskat		FVL - Položit		VPT - Položit stranou					
1	Přisunutí jednotky na pozici, kontrola přítomnosti štítků	NT	A 6 B 0 G 1	A 6 B 0 P 1	T 3	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	170		
2	Příprava kabelu čidla	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 3	0		A 0	1,00	120		
3	Připevnění čidla lepicí páskou	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6	0		A 0	3,00	330		
4	Nasunutí izolace	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	2,00	180		
5	Přilepení izolace	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6	0		A 0	2,00	220		
6	Osazení čerpadla fittingy	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6	0		A 0	4,00	440		
7	Zápis hodnoty do přiloženého dokumentu	NR	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 1	R 24	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	300		
8	Usazení pojistných kroužků	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6	0		A 0	3,00	330		
9	Natočení jednotky do další pozice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0		A 0	2,00	120		
10	Přelepení jádra lepicí páskou	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6	0		A 0	1,00	110		
11	Příprava izolace	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 0	T 1	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	40		
12	Ustříhnutí izolace	NC	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	C 10	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	160		
13	Nasazení izolace	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	1,00	90		
14	Přilepení izolace	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 6	0		A 0	11,00	1870		
15	Nasazení izolace	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	2,00	180		
16	Protážení kabelů	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0		A 0	1,00	60		
17	Nasazení hadičky do karbonátoru	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 6	0		A 0	1,00	170		
18	Nasazení pojistného kroužku	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 6	0		A 0	7,00	1050		
19	Natočení jednotky do další pozice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0		A 0	1,00	60		
20	Nasazení mezistěny na šasi	OP	A 3 B 0 G 3	A 3 B 0 P 6	0		A 0	1,00	150		
21	Příprava šroubku	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	4,00	360		
22	Utažení šroubků	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 3	A 0	1,00	460		
23	Natočení jednotky do další pozice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0		A 0	2,00	120		
24	Nasazení hadice do regulátoru	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	1,00	90		
25	Nasazení pojistného kroužku	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	1,00	120		
26	Propojení	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 1	1,00	550		
27	Přetočení jednotky	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3	0		A 0	3,00	240		
28	Instalace hadice	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 6	0		A 0	1,00	150		
29	Příprava šroubků a matic	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 1	0		A 0	6,00	720		
30	Připevnění šroubů	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 3	A 0	1,00	660		
31	Usazení podstavy předního panelu	OP	A 3 B 0 G 3	A 3 B 0 P 6	0		A 0	1,00	150		
32	Dosednutí předního panelu	NF	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	F 16	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	160		
33	Příprava šroubků	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0		A 0	4,00	360		
34	Utažení šroubků	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 3	A 0	1,00	460		
35	Přesun jednotky na další pozici	OP	A 1 B 1 G 3	A 3 B 3 P 3	0		A 3	1,00	170		
Celková spotřeba času:			6,55		392,81		10920				
			minut		sekund		TMU				

Obrázok 28: BASIC MOST - montáž el. okruhu (vlastné spracovanie)

Pořadové číslo	Popis operace: Montáž elekt.	OP	Sekvence							Frekvence	TMU
			ABG - Ziskat	ABP - Položit			Nástroj	ABP - Položit stranou	A - Návrat		
				MXI - Přemístiti/Spustiti							
Použití rukou	ŘP - řízené přemístění (Č - Procesní čas)	N	ATK - Ziskat	FVL - Položit	VPT - Položit stranou						
1	O Příprava jednotky z předcházející pozice	OP	A 10 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0			A 0	1,00	150	
2	P Připnutí ESD kabelu ke konstrukci linky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0			A 0	1,00	60	
3	O Příprava hadice přívodu vody	OP	A 3 B 3 G 3	A 3 B 3 P 6	0			A 0	1,00	210	
4	O Vložení hadice př. Vody do folie	OP	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	0			A 0	1,00	0	
5	O Ustřížení PE folie	NC	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 0	C 1	A 1 B 0 P 6		A 0	1,00	110	
6	O Přilepení konce folie s hadicí	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 6	0			A 0	1,00	170	
7	P Narovnění kabeláže v jednotce	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	2,00	180	
8	P Instalace kabeláže do ventilu	OP	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 6	0			A 0	1,00	190	
9	P Instalace kabeláže do ventilu Water In	OP	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 6	0			A 0	1,00	190	
10	P Příprava plastových háčků	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 6	0			A 0	2,00	300	
11	O Příprava černé hranaté packy	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 6	0			A 0	1,00	150	
12	P Příprava šroubků	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	0			A 0	3,00	120	
13	O Příprava PCB desky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 3 P 6	0			A 0	1,00	120	
14	O Zapojení kabelu do PCB desky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	2,00	180	
15	P Zohnutí zapojeného kabelu na PCB desce	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	1,00	90	
16	P Vložení šroubků do děr v PCB desce	OP	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 6	0			A 0	2,00	300	
17	O Ustavení PCB desky do jednotky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	1,00	90	
18	P Přišroubování PCB desky v jednotce	NF	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 3	F 6	A 1 B 0 P 3		A 0	1,00	580	
19	P Připojení kabelů do PCB desky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	7,00	630	
20	Příprava vazacích pásek	OP	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	0			A 0	1,00	0	
21	Stážení kabelů páskou	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	4,00	360	
22	Zastřížení vaz. Pásky	NC	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 3	C 1	A 1 B 0 P 1		A 0	1,00	200	
23	Připojení kabelů do PCB desky	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 6	0			A 0	5,00	850	
24	Úklid odstrižků	OP	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	0			A 0	1,00	0	
25	Příprava výztuhy a ustavení	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 3	0			A 0	1,00	140	
26	Příprava šroubků	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 6	0			A 0	2,00	340	
27	Šroubování výztuhy k jednotce	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 3		A 0	1,00	260	
28	Přetočení jednotky na pozici	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0			A 0	1,00	60	
29	Připojení hadice na přívod vody	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0			A 0	1,00	60	
30	Dotažení hadice k jednotce	NF	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3	F 24	A 0 B 0 P 0		A 0	1,00	280	
31	Dotažení hadice k jednotce klíčem	NF	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 6	F 10	A 1 B 0 P 1		A 0	1,00	270	
32	Omotání hadice kolem jednotky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	0			A 0	1,00	90	
33	Úprava kabelu a přetočení jednotky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	0			A 0	1,00	60	
Celková spotřeba času:				4,07		244,24		6790			
				minut		sekund		TMU			

Obrázok 29: BASIC MOST - montáž vodného okruhu (vlastné spracovanie)

7.2.4 EOL Testovanie

K funkčnému testu je za potrebné špeciálne testovacie zariadenie, ktoré je takmer plne automatické. Operátor na tomto pracovisku pripojí funkčný produkt k testovaciemu

zariadeniu a následná automatická testovacia sekvencia ho vyzve k potrebnému do nastaveniu napr. prietokov ak nespádajú do preddefinovaného intervalu. Po úspešnom funkčnom teste je produktu pridelené unikátne sériové číslo a produktový štítok.

V prípade NOK testu je produkt poslaný procesne na opravu a musí byť následne re-testovaný opäť štandardným testovacím protokolom.

Celková spotreba času pre procesný krok EOL Testovanie činí 18,6 min / ks. V rámci tohto času je operátor celý čas prítomný na pracovisku a aj počas automatickej testovacej sekvencie je povinný kontrolovať vizuálne a zmyslové kontrolné body. Výber zodpovedného pracovníka je pre toto pracovisko kľúčové.

Pořadové číslo	Popis rukou	Popis operace: EOL Test										Sekvence							Frekvence	TMU						
		OP	ABG - Získat					ABP - Položit		Nástroj	ABP - Položit stranou	A - Návrat														
			ŘP	N	J	ATK - Získat	FVL - Položit	VPT - Položit stranou																		
1	Přesun jednotky na testovací pozici	OP	A	6	B	0	G	3	A	6	B	0	P	3	0		A	0	1,00	180						
2	Dezinfekce kabelu přívodu vody	NS	A	3	B	0	G	1	A	3	B	0	P	1	S	6	A	1	B	0	P	1	A	0	1,00	160
3	Připojení kabelu přívodu vody	NF	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	6	F	24	A	0	B	0	P	0	A	0	1,00	350
4	Nasazení láhve CO2	NF	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	6	F	24	A	0	B	0	P	0	A	0	1,00	350
5	Dezinfekce filtrační záslepky	NS	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	1	S	6	A	1	B	0	P	1	A	0	1,00	140
6	Nasazení filtrační záslepky	NF	A	0	B	0	G	0	A	1	B	0	P	6	F	10	A	0	B	0	P	0	A	0	1,00	170
7	Připojení zemního kabelu	OP	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	0		A	0	1,00	60						
8	Dezinfekce hadičky přívodu vody	NS	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	1	S	6	A	1	B	0	P	1	A	0	1,00	140
9	Zapojení hadičky přívodu vody	OP	A	0	B	0	G	0	A	1	B	0	P	6	0		A	0	1,00	70						
10	Zapojení kabelu do PCB desky	OP	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	6	0		A	0	1,00	90						
11	Připojení černé svorky, komunik. kabelu a napájení	OP	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	6	0		A	0	3,00	330						
12	Spuštění testu	ŘP	A	1	B	0	G	1	M	1	X	0	I	0			A	0	2,00	60						
13	Skenování čár. Kódu	OP	A	3	B	0	G	1	A	3	B	0	P	6	0		A	0	1,00	130						
14	Test	Č	16															1,00	26672							
15	Nastavení průtoku	NF	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	6	F	3	A	1	B	0	P	1	A	0	1,00	140
16	Kontrola funkčnosti displeje	NT	A	0	B	0	G	0	A	0	B	0	P	3	T	6	A	0	B	0	P	0	A	0	1,00	90
17	Potvrzení testu zeleným tlačítkem	ŘP	A	1	B	0	G	1	M	1	X	0	I	0			A	0	9,00	270						
18	Odpojení kabelu	OP	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	3	0		A	0	5,00	400						
19	Vypuštění vzduchu	NF	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	6	F	6	A	0	B	0	P	0	A	0	1,00	150
20	Odpojení hadičky	OP	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	3	0		A	0	1,00	80						
21	Vyjmutí filtrační záslepky a CO2	NF	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	F	10	A	1	B	0	P	3	A	0	1,00	320
22	Odpojení přívodu vody	NF	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	F	16	A	1	B	0	P	6	A	0	1,00	270
23	Získání štítku	OP	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	1	0		A	0	1,00	60						
24	Umístění přípravku pro lepení	OP	A	3	B	0	G	1	A	3	B	0	P	3	0		A	0	1,00	100						
25	Nalepení štítku	OP	A	1	B	3	G	3	A	1	B	3	P	6	0		A	0	1,00	170						
26	Přesun jednotky na další test	OP	A	1	B	0	G	3	A	3	B	0	P	1	0		A	0	1,00	80						
Celková spotřeba času:							18,60		1116,26		31032															
							minut		sekund		TMU															

Obrázok 30: BASIC MOST - testovanie (vlastné spracovanie)

7.2.5 QG Simulácia

Ďalším procesným krokom je svojou charakteristikou testovacie pracovisko, kde sa simuluje domáce používanie produktu a jeho správanie v poli. Kontrolná procedúra je plne manuálna a snaží sa v testovacom cykle simulovať správanie produktu v bežných podmienkach používania. V prípade NOK výsledku testu je produkt opravený a re-testovaný.

Spotreba času pracovníka v procese QG simulácia je 6,89 min / ks. Rovnako ako EOL testovanie, aj pre toto pracovisko musí byť vybraný zodpovedný pracovník.

Poradové číslo	Použití rukou	Popis operace: QG Testování	OP	Sekvence						A - Návrat	Frekvence	TMU
				ABG - Získat	ABP - Položit	MXI - Přemístít/Spustit	ABP - Položit	Nastroj	ABP - Položit stranou			
		ŘP - řízené přemístění (Č - Procesní čas)	ŘP									
		N - Použití nástroje	N									
		J - Jeřáb	J	ATK - Získat	FVL - Položit			VPT - Položit stranou				
1		Přivezení jednotky	OP	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 3				A 0	1,00	100	
2		Vizuální kontrola štítku a zapojení kabelů	NT	A 1 B 0 G 0	A 1 B 0 P 0	T 3	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	50		
3		Připojení hadice přívodu vody	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	F 16	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	250		
5		Dezinfekce filtrační záslepky	NS	A 1 B 3 G 1	A 1 B 3 P 1	S 6	A 1 B 0 P 1	A 0	2,00	360		
6		Instalace filtrační záslepky	NF	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3	F 10	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	140		
7		Nasazení láhve CO2	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 3	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	90		
8		Připojení komunikačního a síťového kabelu	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6			A 0	2,00	180		
9		Kontrola kapacity filtru CO2	NT	A 1 B 0 G 0	A 1 B 0 P 0	T 3	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	50		
10		Otevření přívodu vody + plnění	ŘP	A 1 B 3 G 1	M 3 X 81 I 0			A 0	1,00	920		
12		Dotažení láhve s CO2	NF	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3	F 32	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	360		
13		Kontrola funkce chlazení	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	T 3	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	70		
14		Spuštění testu	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 1			A 0	9,00	360		
15		Test – voda	Č	0,5					1,00	833,5		
16		Zavření přívodu vody a otevření přívodu vzduchu	ŘP	A 1 B 3 G 1	M 3 X 0 I 0			A 0	2,00	160		
17		Nastavení max. Objemu a odpouštění vody	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 3 X 32 I 0			A 0	1,00	370		
18		Odšroubování láhve s CO2	NL	A 0 B 0 G 0	A 1 B 3 P 1	L 10	A 1 B 0 P 3	A 0	1,00	190		
19		Spuštění odpouštění vody	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 1			A 0	8,00	320		
20		Odpouštění vody	Č	2,3	0				1,00	3834,1		
21		Odpojení a opětovné připojení jednotky	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6			A 0	2,00	220		
22		Kontrola vysušení jednotky	NT	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	T 10	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	100		
24		Otevření a zavření přívodu CO2	ŘP	A 1 B 3 G 1	M 3 X 32 I 0			A 0	2,00	800		
25		Reset jednotky	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 3 X 6 I 0			A 0	1,00	110		
27		Odpojení jednotky	OP	A 3 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3			A 0	4,00	400		
28		Odpojení hadice přívodu vody	NL	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	L 16	A 1 B 0 P 3	A 0	1,00	260		
29		Odpojení záslepky filtrace	NL	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	L 10	A 1 B 0 P 3	A 0	1,00	200		
30		Zakrytování přívodu vody žlutou záslepkou	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 6			A 0	1,00	170		
31		Přesun jednotky na další pozici	OP	A 1 B 0 G 3	A 6 B 0 P 3			A 0	1,00	130		
32		Čistění předního panelu	NS	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	S 10	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	160		
33		Sepnutí folie a hadici přívodu vody	NC	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	C 1	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	70		
34		Kontrola zapojení všech spojů a pojistných kroužků	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	T 10	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	140		
35		Vložení papírového dokumentu k jednotce	OP	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 3			A 0	1,00	100		
Celková spotřeba času:				6,89		413,58		11497,6				
				minut		sekund		TMU				

Obrázok 31: BASIC MOST - QG simulácia (vlastné spracovanie)

7.2.6 Balenie

V poslednom procesnom kroku je produkt zakrytovaný a podľa špecifikácie zákazníka zabalený. Každý produkt je zabalený samostatne v krabici. Na tomto pracovisku sa nachádzajú baliace automatické a poloautomatické nástroje a zariadenia slúžiace k efektívnemu procesu balenia. Napriek tomu je na pracovisku veľkým predpokladom vysoká ergonomická záťaž a z toho dôvodu bude tento proces a pracovisko predmetom ergonomickej simulácie popísanej spolu s jej výsledkami v ďalších kapitolách diplomovej práce. Celková spotreba času na zabalenie jedného produktu je 5,07 min / ks.

Poradové číslo	Popis operácie: Balenie	OP	Sekvence					Frekvencia	TMU
			ABG - Ziskat	ABP - Položit	MXJ - Přemístt/Spusit	Nastroj	ABP - Položit stranou		
Použití nástroje	RP - řízení přemístění (C - Procesní čas)	N	ATK - Ziskat	FVL - Položit		VPT - Položit stranou			
J - Jeřáb		J							
1	Příprava jednotky na pozici	OP	A 6 B 0 G 3	A 6 B 0 P 3			A 0	1,00	180
2	smotání hadice přívodu vody	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6			A 0	1,00	90
3	Zafixování hadice přívodu vody	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	F 6	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	150
4	Příprava krytu jednotky	NT	A 10 B 3 G 3	A 10 B 3 P 3	F 6	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	380
5	Stážení ochranné fólie	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 1			A 0	1,00	60
6	Odstranění ořepů	NS	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	S 24	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	300
7	Nasazování krytu na jednotku	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6			A 0	1,00	110
8	Kontrola pinů čidla a připojení zemního kabelu	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	T 0	A 3 B 0 P 0	A 0	1,00	120
9	Nasazení šroubku na bit šroubováku	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6			A 0	6,00	540
10	Šroubování krytu	NF	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	F 6	A 1 B 0 P 3	A 0	1,00	660
11	Přetožení jednotky	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3			A 0	3,00	240
12	Čištění předního panelu a krytu jednotky	NS	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	S 10	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	160
13	Příprava podsestavy servisní klapky	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6			A 0	1,00	90
14	Čištění servisní klapky	NS	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	S 10	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	160
15	Pověšení papírové visačky na servisní klapku	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6			A 0	1,00	90
16	Připojení zdrojového kabelu, kontrola displaye	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	T 6	A 0 B 0 P 0	A 0	1,00	150
17	Připojení zdrojového a zemního kabelu k jednotce	NT	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6	T 1	A 0 B 0 P 0	A 0	2,00	200
18	Spuštění testu uzemnění	RP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 54 I 0			A 0	1,00	590
19	Zápis naměřené hodnoty	NR	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 1	R 6	A 1 B 0 P 1	A 0	1,00	120
20	Naskenování čárového kódu	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 6			A 0	1,00	90
21	Odpojení zdrojového kabelu	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3			A 0	1,00	80
22	Příprava vyčištěného štítku	OP	A 3 B 0 G 3	A 3 B 0 P 1			A 0	1,00	100
23	Příprava spodní skořepiny	OP	A 3 B 0 G 3	A 6 B 0 P 1			A 0	1,00	130
24	Vložení jednotky do spodní skořepiny	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6			A 0	1,00	110
25	Příprava horní skořepiny	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 1			A 0	1,00	60
26	Vložení kabelu napájení	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6			A 0	1,00	110
27	Kompletace balíčku s příslušenstvím	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3			A 0	4,00	320
28	Vložení balíčku s příslušenstvím do horní skořepiny	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3			A 0	1,00	60
29	Vložení čís. tablet, filtru 2x návod	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 3			A 0	1,00	440
30	Vložení adaptéru do horní skořepiny	OP	A 1 B 3 G 3	A 1 B 3 P 3			A 0	1,00	140
31	Vložení lahve CO2 do horní skořepiny	OP	A 6 B 3 G 3	A 6 B 3 P 3			A 0	1,00	240
32	Zakrytí jednotky PE sáčkem	OP	A 1 B 3 G 3	A 3 B 0 P 6			A 0	1,00	160
33	Vložení horní skořepiny na jednotku	OP	A 1 B 0 G 3	A 3 B 3 P 6			A 0	1,00	160
34	Přibalení armatury	OP	A 3 B 6 G 3	A 3 B 6 P 3			A 0	1,00	240
35	Vložení kartonového obalu na jednotku	OP	A 3 B 3 G 3	A 3 B 3 P 6			A 0	1,00	210
36	Založení kartonového obalu	RP	A 1 B 3 G 1	M 6 X 0 I 3			A 0	4,00	560
37	Přesun jednotky do balicího stroje	OP	A 1 B 6 G 3	A 6 B 6 P 6			A 0	1,00	280
38	Zapáskování kartonového obalu jednotky	RP	A 6 B 0 G 0	M 0 X 10 I 0			A 0	1,00	160
39	Přesun na paletu	OP	A 1 B 0 G 3	A 3 B 6 P 6			A 0	1,00	190
40	Nalepení štítku na kartonový obal jednotky	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 6			A 0	2,00	220
Celková spotřeba času:			5,07 minut		303,96 sekund		8450 TMU		

Obrázok 32: BASIC MOST - balenie (vlastné spracovanie)

7.3 Analýza výrobných zariadení

Jak je popísane v kapitole 6.2, do prevažne manuálneho výrobného postupu vstupujú dve moderné automatické zariadenia. Všetky údaje o zariadeniach sú zistením na základe údajov už aktuálnych zariadení dedikovaných iným projektom, poprípade na základe ponuky od dodávateľa. Tieto moderné testovacie a plniace zariadenia sú veľmi nákladné na kúpu a preto ich nákup musí byť podložený výpočtami využitia a návratnosti.

Testovacie zariadenie EOL a plniace zariadenie sa nachádzajú vo vedľajších blokoch B a D na iných vysoko objemových výrobných linkách. Preto možnosť ich zdieľania a využitia aj pre novú výrobnú linku ktorej sa venuje táto práca by bolo veľmi efektívne a úsporné.

7.3.1 Kapacita EOL testovacieho zariadenia

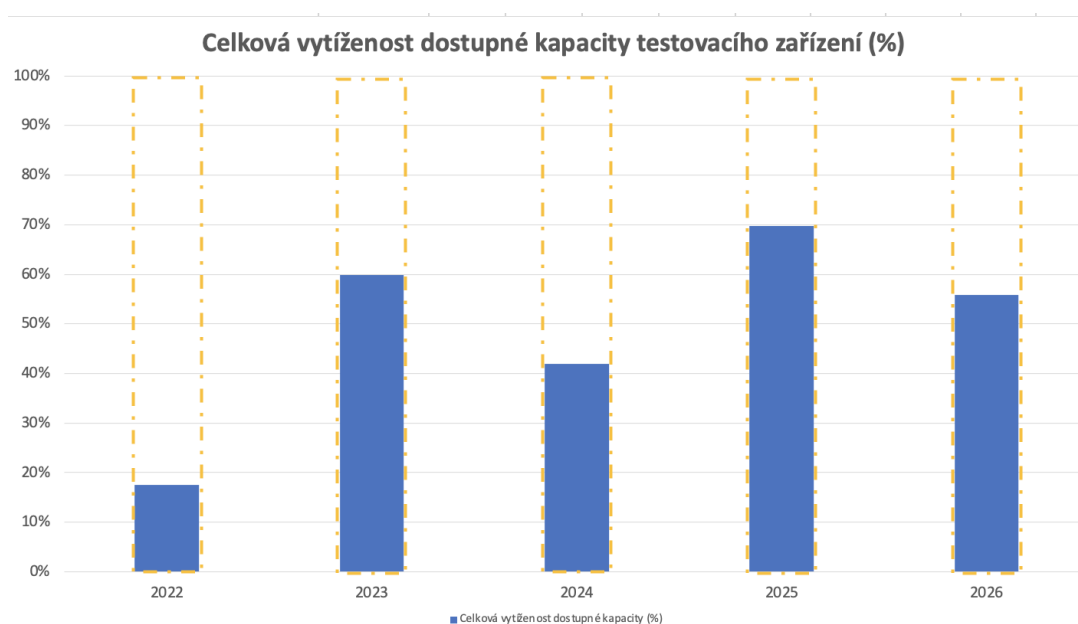
Vzhľadom na známe požiadavky zákazníka pred začatím projektu a návrhu výrobných linky, je podmienkou úspešnej validácie výrobného systému dedikované testovacie zariadenie EOL špeciálne iba pre novú výrobnú linku, ktorou sa zaoberá táto práca. Dôležitou otázkou však naďalej zostáva, koľko je potrebných testovacích zariadení EOL mať inštalovaných. Skúsenosti z okolitých výrobných liniek a štruktúra výrobného procesu určuje, že testovacie zariadenie bude pravdepodobne „bottleneck“ tzv. úzkym miestom výrobných linky. Je teda dôležité výpočty kapacít testovacieho zariadenia prepojiť so zákazníckym a výrobným taktom z kapitoly 5.3 a uspokojiť dopyt zákazníka v nasledujúcich rokoch a tak navrhnuť potrebné kapacity testovacieho pracoviska. Náklad na jedno testovacie zariadenie sa pohybuje okolo 45 000 €.

Analýza požadovaných kapacít vzhľadom na výrobný takt a predpokladané OEE ukazuje pre nasledujúcich 5 rokov výroby požadovaný počet vyťaženie testovacích zariadení. Samozrejmosťou je zaokrúhľovanie desatinného čísla potrebného počtu testovacích zariadení smerom hore. Tabuľka zobrazená nižšie ukazuje potrebu zakúpenia jedného testovacieho zariadenia. Jedno testovacie zariadenie v jednozmennej prevádzke do roku 2024 a dvojjzmennej prevádzke od roku 2024 bude dostatočné na požadovaný objem výroby od zákazníka. V roku s najvyšším objemom produkcie bude jedno testovacie zariadenie vyťažené na 70% dostupných kapacít.

Rok	2022	2023	2024	2025	2026
Objem produkce (ks)	300	2000	3000	5000	4000
Cyklový čas testování + 10 % (min)	20,46	20,46	20,46	20,46	20,46
Zákaznický Takt (min)	195,45	48,86	65,15	39,09	48,86
OEE %	60%	70%	75%	75%	75%
Požadovaný cyklový čas (min)	117,27	34,20	48,86	29,32	36,65
Celková vytiženost dostupné kapacity (%)	17%	60%	42%	70%	56%
Potřebný počet testovacích zařízení	0,2	0,6	0,4	0,7	0,6

Tabuľka 4: Kapacity testovacieho zariadenia (vlastné spracovanie)

Grafické zobrazenie percentuálneho využitia jedného testovacieho zariadenia a teoreticky zostávajúcich voľných kapacít vypočítaných z tabuľky zobrazuje graf nižšie. Graf potvrdzuje hypotézu maximálneho využitia v roku 2025 a to na 70 % dostupných kapacít. Prvý, tzv. nábehový rok bude jedno testovacie zariadenie využité len na 17 % dostupných kapacít. V nasledujúcom roku je predpokladom v rámci stabilizácie výrobného procesu vyrábať v jednozmennej prevádzke, z toho dôvodu je využitie testovacieho zariadenia v roku 2023 na úrovni 60 %. Výsledkom analýzy je kvantifikácia potreby nákupu jedného testovacieho zariadenia. Nákup tohto testovacieho zariadenia bude investičným zámerom CAPEX a zobrazená analýza bude kľúčovým podkladom u obhajoby zámeru.



Obrázok 33: Vytiaženost testovacieho zariadenia v rokoch (vlastné spracovanie)

7.3.2 Kapacita plniacej stanice

Zariadenie plniace chladivo do produktu je moderné a plne automatické. Jeho využívanie podlieha prísnyim bezpečnostným pravidlám, vzhľadom na vlastnosti chladiva založeného na bázy izobutánu.

Je veľmi pravdepodobné, že pri správnom návrhu novej výrobnéj linky je možné toto zariadenie zdieľať s vedľajším výrobným blokom D. Táto teória musí byť overená a podložená kapacitnými výpočtami na základe predpokladaného vyt'aženia. Náklad na kúpu nového plniaceho zariadenia sa pohybuje okolo 100 000 € s termínom dodania viac ako 25 kalendárnych týždňov.

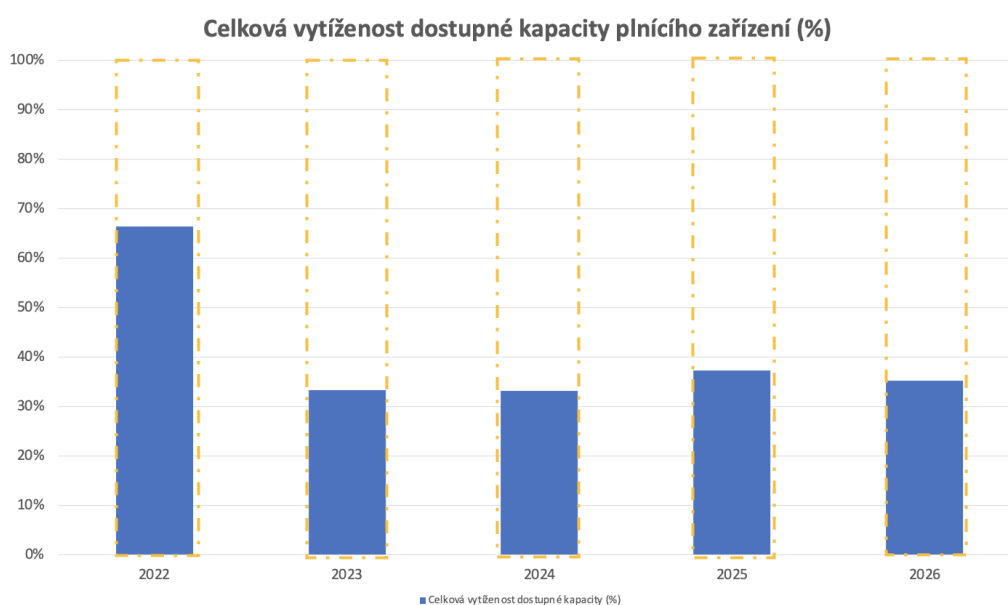
Z časovej analýzy nepriameho merania detailnejšie popísanej v kapitole 6.2.2 je výsledkom čas plnenia a nevyhnutných úkonov s tým spojených na pracovisku plnenia. Tento čas bude podľa interného ustanovenia firmy kalkulovaný s 10% navýšením, ako bezpečnostným koeficientom, aby plniace pracovisko nebolo preťažované a pracovné tempo bolo normálne. **Celkový čas ktorý je zariadenie obsadené plnením jedného výrobku je 3,28 min / ks.** Pre kalkuláciu kapacitného vyt'aženia plniaceho zariadenia z výrobného bloku D bol pripočítaný výrobný plán linky, ktorej momentálne plniace zariadenie patrí a splnenie tohto plánu je prioritné.

V rámci analýzy využitia plniaceho zariadenia bolo počítané s aktuálnym objemom výrobného bloku linky D a potencionálneho dodatočného objemu výroby projektu, ktorým sa zaoberá táto práca. Požadovaný výrobný takt na plniacom zariadení je najvyšší v prvom roku nábehu novej výroby, dosahuje obsadenosť zariadenia na úrovni 66 %. Dôvodom je vyšší objem výroby na linke D v tretom a štvrtom kvartály roka 2022. Analýzu využitia kapacít plniaceho zariadenia zo susedného výrobného bloku D popisuje zobrazená tabuľka nižšie.

Rok	2022	2023	2024	2025	2026
Stávající objem produkce linky D (ks)	7526	13312	13312	13312	13312
Požadované navýšení (ks)	300	2000	3000	5000	4000
Cyklový čas plnění + 10 % (min)	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28
Zákaznický takt včetně produkce linky D (min)	8,24	14,04	13,18	11,74	12,42
OEE %	60%	70%	75%	75%	75%
Požadovaný cyklový čas (min)	4,95	9,83	9,89	8,81	9,31
Celková využitelnost dostupné kapacity (%)	66%	33%	33%	37%	35%

Tabuľka 5: Vyt'aženosť plniacej stanice (vlastné spracovanie)

Grafické zobrazenie percentuálneho využitia plniaceho zariadenia a teoreticky zostávajúcich voľných kapacít vypočítaných z tabuľky zobrazuje graf nižšie. Graf potvrdzuje hypotézu o možnosti zdieľaní tohto zariadenia medzi dvomi výrobnými blokmi a tak aj úsporu nákladov v podobe kúpy nového zariadenia pre tento projekt. Na plniacom zariadení výrobného bloku D je v nasledujúcich 5 rokoch dostatok kapacít v prípade zvýšenia odvolávok od zákazníka, alebo implementácie iných projektov s podobným výrobným postupom využitia chladiva R600a. Úspora nákladov v rámci výstavby linky tak predstavuje viac ako 100 000 €.

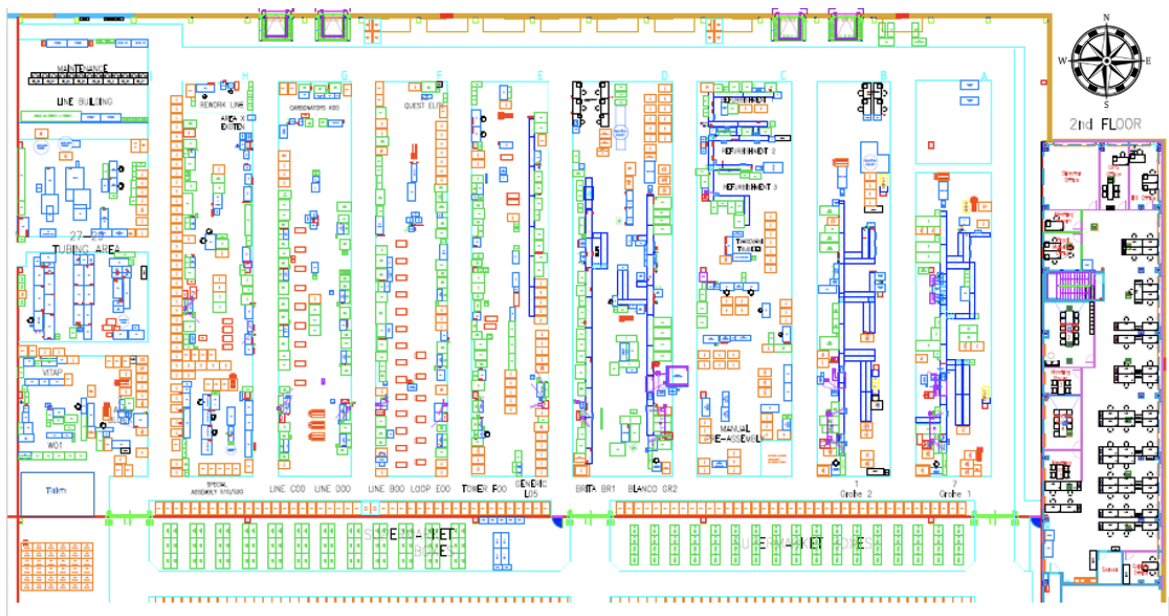


Obrázok 34: Vyt'aženosť plniacej stanice v rokoch (vlastné spracovanie)

8 LAYOUT

Layout, alebo inak povedanie rozmiestnenie výrobných liniek na disponibilnom priestore výrobnéj haly je nutnou súčasťou každého nového ale aj aktuálneho projektu. Optimálny layout v sebe nesie benefity ergonomie človeka, úsporu nákladov na plochu a efektívitu výroby a materiálových tokov. Materiálový tok by mal byť priamy a na prvý pohľad identifikovateľný.

V prvej fáze tvorby layoutu pre novú výrobnú linku je definícia plochy vhodnej pre výstavbu. Vzhľadom na nový layout výrobnéj haly po transferu z inej krajiny je layout čerstvý, a tak definícia zóny pre novú linku bola náročná vzhľadom na budúci vývoj ďalších zmien v layoutu a príchodom ďalších výrobných liniek z Anglicka.



Obrázok 35: Layout výroby (interné materiály vybranej spoločnosti)

Výroba je rozdelená do dlhých blokov a to z dôvodu plánovanej milk runovej trasy naprieč celou výrobou a tak i efektívnemu zásobovaniu kanbanovým systémom za pomoci pravidelných doplnovacích intervalov. Priamy tvar výrobných liniek umožňujú tok jedného kusu a jednoduchú identifikáciu materiálových tokov. Ďalšou významnou výhodou schémy výrobnéj haly je priamy materiálový tok medzi príjmom komponentov a expedíciou hotovej výroby. V južnej časti vstupuje materiál do skladu a cez vstupnú kontrolu a príjem, je následne zaskladnený v 5. poschodových moderných regáloch a následne vyskladňovaný do kanbanu alebo na tzv. „pick list“. Po vyskladnení ide materiál priamou cestou do výroby kde sa po zprocesovaní severnou časťou budovy expeduje do pripravených „stand-by koncept“

kamiónov a smeruje k zákazníkovi. V tomto jednoduchom materiálovom toku firma získava veľkú výhodu a vďaka minimalizácii manipulácie dokáže byť efektívna v logisticko-výrobných procesoch.

8.1 Výber optimálnej lokality v layoutu firmy

Keďže sa jedná o výrobok určený pre konečného zákazníka v domácnostiach a teda na účely rodinného používania, najvhodnejšou lokalitou z hľadiska charakteru výroby bola divízia „Vody“. Zóna sa nachádza úseku „Voda“ ktorou je označovaná výroba produktov určených pre domácnosti a jednotlivcov. Táto výroba sa charakterizuje vysokým objemom a nízkou variabilitou. Divízia sa nachádza vo východnom krídle blízko administratívnej časti budovy v ktorej sídlia všetky oddelenia firmy. Divízia voda sa rozprestiera na výrobných blokoch A-D. Pri detailnejšom pohľade a analýze výrobných plochy na tejto divízií som zistil, že najvhodnejšou lokalitou bude výrobný blok C. Tento blok je momentálne obsadený najviac flexibilnou časťou výroby a tak je predpokladom jednoduchšia zmena rozmiestnenia.

8.2 Varianty layoutu

Výber najvhodnejšej varianty layoutu prebiehal formou workshopu, ktorého súčasťou bol Production Manager, Procesní Inžinier, Operations Director EMEA, Operations Manager a LEAN Manager. Kritéria pre výber najvhodnejšej varianty boli zvolené s ohľadom na možný budúci vývoj projektu a objem výroby, aktuálne dostupnú výrobnú plochu, minimalizáciu nákladov na kúpu moderného zariadenia na plnenie chladiaceho média do výrobku a totožnosť komponentov so susediacou výrobnou linkou v bloku D, kde je očakávaný prínos v procese zásobovania milkrunu / zásobovania oboch liniek rovnakými komponentami v rovnakom okruhu.

Všetky tri varianty layoutu teda splňujú kritéria využitia plniaceho zariadenia Agramkow susediacej linky z bloku D, orientáciu dopĺňovania hlavných montážnych komponentov taktiež so susediacou linkou.

V nábehu výroby je plánovaná nižšia obsadenosť výrobných liniek operátormi, ktorí budú pracovať na viacerých pracoviskách a to z dôvodu maximálnej produktivity práce a splnenia zákazníckeho požiadavku.

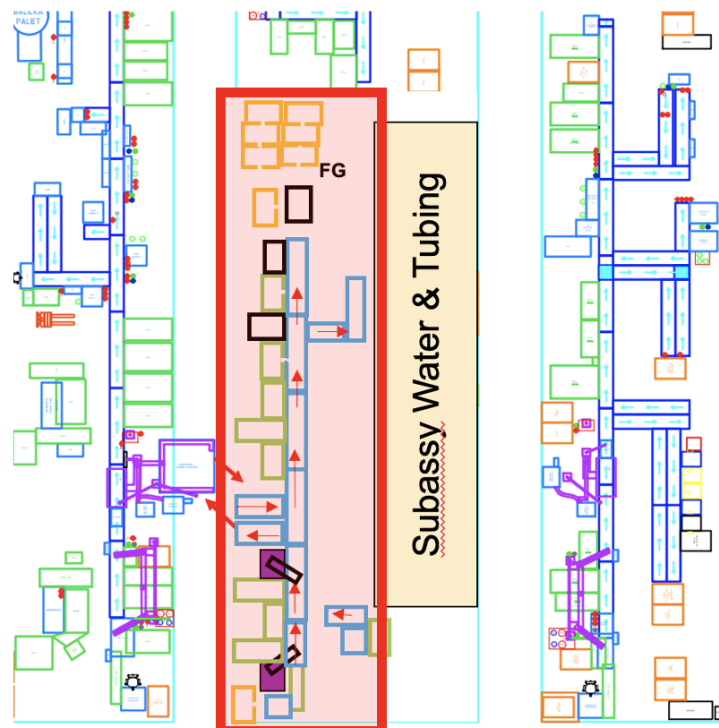
Zvolená forma návrhov k zhodnoteniu plusov a mínusov slúži len ako ilustrácia možného usporiadania pracovísk vo výrobných linkách. Táto ilustrácia slúžila ako podklad workshopu.

Následná zvolená varianta bola prekreslená do layoutu výrobnjej haly pomocou programu profesionálneho softwaru AUTOCAD v rámci všetkých štandardov podniku.

8.2.1 Zhodnotenie varianty A

Varianta „A“ uvažuje o návrhu linky do priameho tvaru. Tvar linky zapadá najviac koncepcne do dizajnu všetkých ostatných výrobných liniek na hale. Má jasný materiálový a procesný tok, to znamená, že sme jednoznačne schopný identifikovať vstup do procesu a výstup z procesu. Predpokladom takejto výrobnjej linky je jednoduchšia identifikácia úzkych miest a lepšia organizácia toku jedného kusu. Začiatok procesu by bol orientovaný čo najbližšie ku skladu komponentov v južnej časti, aby sa zaistilo najkratšia cesta doplnovania materiálu a hotová výroba by sa expedovala v rovnakom toku ako výroby okolitých vysoko objemových výrobných liniek smerom na sever. Tok je znázornený šípkami a modrými prvkami, ktoré symbolizujú dopravníkové dráhy. Zelená ilustrácia symbolizuje kanbanové regály v zásobovacej uličke a predpokladanej dráhe okruhu milkrunu.

Medzi najväčšie nevýhody patrí obsadenie veľkej výrobnjej plochy a statické prvky výrobnjej haly, ktoré sú limitujúce prvky vo výstavbe linky. Na základe chronometráže a balansovania operátorov je táto varianta najmenej vhodná a to z dôvodu veľkého objemu chôdze operátorov pri práci na viacerých pracoviskách. Flexibilita práce a činnosti, ktoré charakterizujeme ako prídávajúce hodnotu sú v tejto variante layoutu najnižšie ohodnotené.

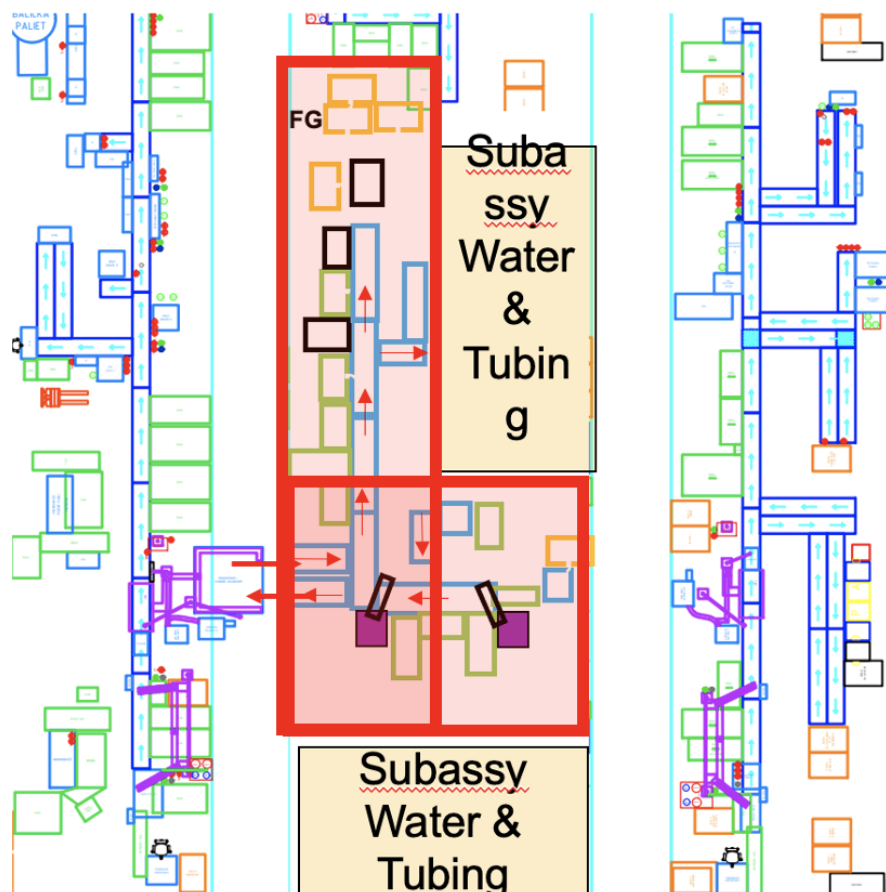


Obrázok 36: Varianta layoutu A (vlastné spracovanie)

8.2.2 Zhodnotenie Varianty B

Varianta B uvažuje o návrhu linky do tvaru „L“. Výhodou je flexibilnejšie prepojenie pracovísk zvráťania, pred montáže kondenzátoru a prvej pozície montáže, ktoré by mohol flexibilnejšie obsluhovať jeden operátor. Táto výhodu bude viditeľná v nábehu a prvom roku výroby kedy zákaznícky takt umožňuje balansovanie operácií medzi menej operátorov a nie je potrebná veľká výkonnosť výrobnéj linky. Medzi ďalšie výhody varianty B patrí aj zásobovanie hlavnej montáže v rámci rovnakého milkranového okruhu so susediacou výrobnou linkou v bloku D. Blízkosť skladu v južnej časti zostáva takmer totožná s variantou A. Expedícia hotovej výroby by prebiehala severnou časťou výrobnéj haly.

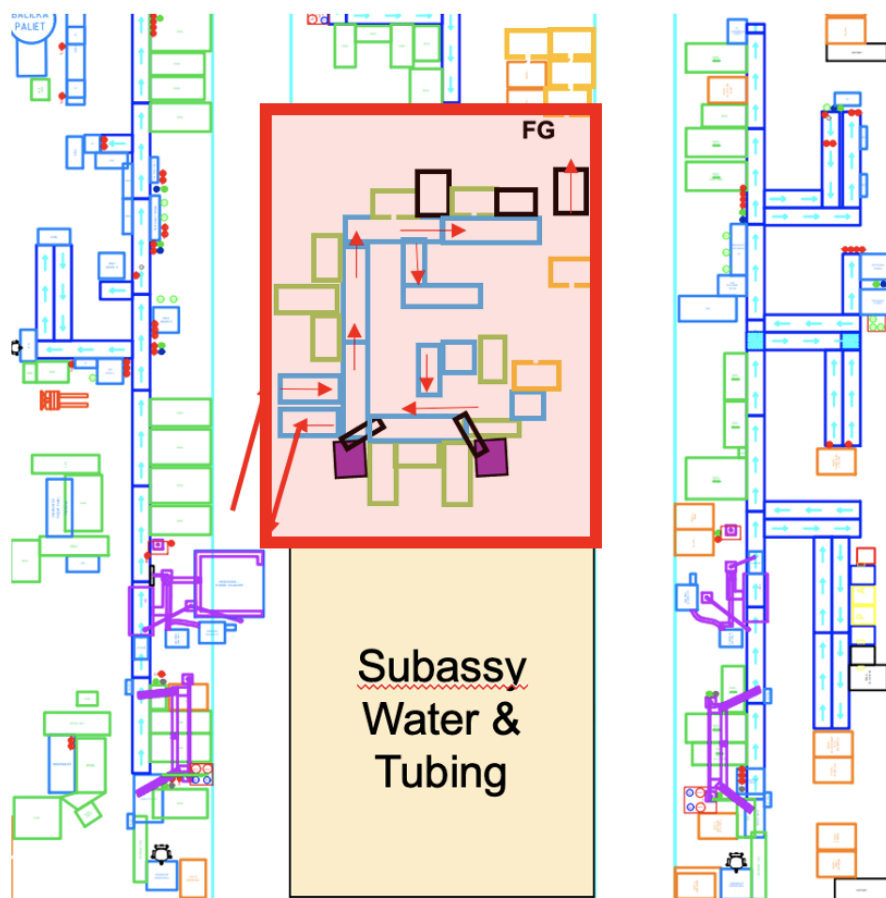
Nevýhodou layoutu je nekonceptné riešenie tvaru linky, ktoré rozdeľuje pracoviská Subassy Water medzi dve pracoviská. Táto nevýhoda by mala za dôsledok náročnejšiu organizáciu práce a nejasné materiálové toky pre obe výrobné oblasti.



Obrázok 37: Varianta layoutu B (vlastné spracovanie)

8.2.3 Zhodnotenie varianty C

Varianta C uvažuje o návrhu linky do tvaru „U“. Pozitíva návrhu spočívajú v minimalizácii nárokov na výrobnú plochu, vysokú flexibilitu v rámci balansovania operácií medzi operátormi a úsporu v podobe minimálnych energetických inštalácií. Konceptia synergie medzi susediacou výrobnou linkou z bloku D zostáva zachovaná a tak aj predpokladané efektívne zásobovanie pomocou milkrunu. Nevýhodou je nižšia flexibilita v prípade neočakávaného nárastu požadovaného objemu produkcie.



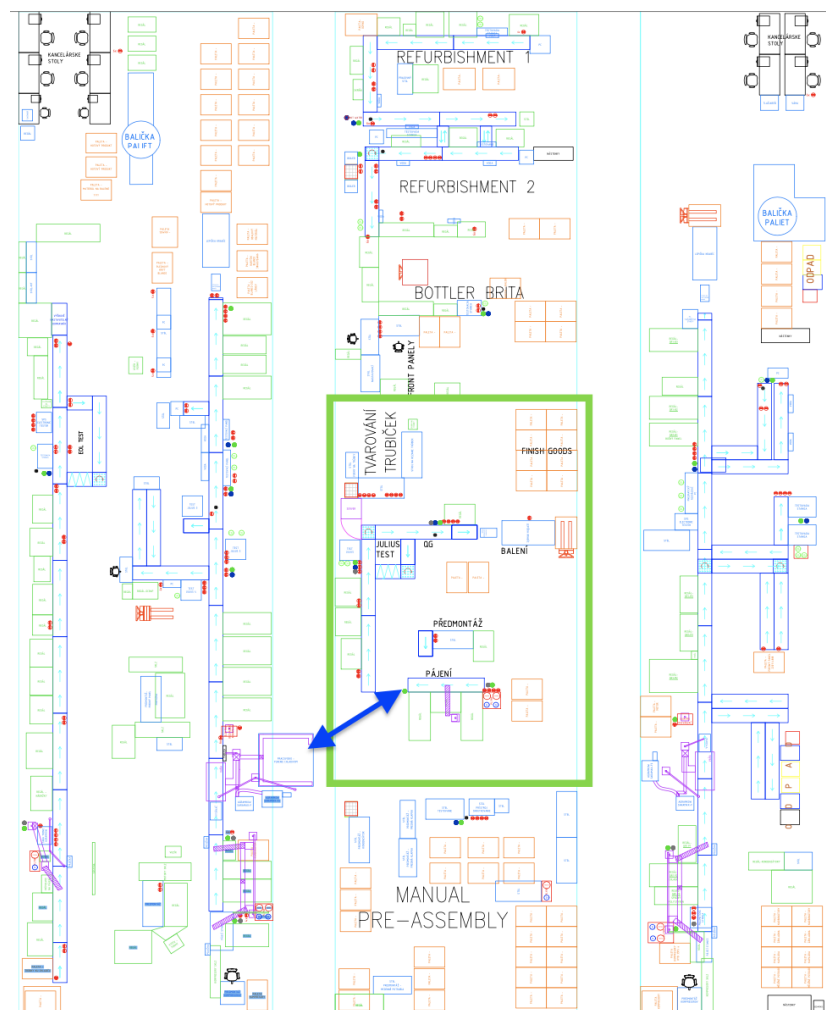
Obrázok 38: Varianta layoutu C (vlastné spracovanie)

8.3 Detail zvolenej varianty

Zvolená varianta C, ktorá definuje implementáciu novej montážnej linky do tvaru „U“ bola rozhodovacím tímom zvolená ako najvhodnejšia. Pre zvolenú variantu bude vypracovaná kalkulácia nákladov a zakreslenie do oficiálneho layoutu výrobnjej haly.

Nová montážna linka bude využívať moderné plniace zariadenie z výrobnjej linky v bloku D, vďaka čomu sa náklady na výstavbu linky dramaticky zredukujú. Červená šípka

v zakreslenom layoute symbolizuje tok zvarného chasi produktu k plniacej stanici medzi výrobnými blokmi C a D. V rámci manipulácie s ohľadom na ergonomické štandardy bude operátor využívať pneumatický pojazdný vozík, vďaka čomu bude manipulácia ťažkého bremena minimalizovaná. Po naplnení produktu chladiacim plynom je celý okruh uzavretý a po úspešnej skúške produkt po dopravníku presunutý na montáž vodného a elektrického okruhu. Tok znázorňuje aj naďalej červená šípka. Kompletáciou montáže produkt získava funkčné vlastnosti a je pripravený na funkčný test v rohu linky. V prípade NOK testu produkt vrámci dopravníkovej slučky prechádza reworkom a retestom. Po úspešnom absolvovaní funkčného testu nasleduje simulácia domáceho používania označovaná ako „Quality Gate“, finalizáciou rozumieme krytovanie a balenie. Pomocou automatického páskovacieho stroja je produkt zabalený a uložený na paletu v počte 8 kusov je paleta ovinutá fóliou a pripravená na expedíciu. Celý materiálový tok sa uzatvára do zvoleného tvaru „U“.



Obrázok 39: Zvolená varianta layoutu (interné materiály vybranej spoločnosti)

Odhadované náklady na výstavbu kostry linky boli vyčíslené v nasledujúcom prehľade. Odhad kalkuluje s materiálom a komponentami potrebnými pre kostru linky a neuvažuje o nákladovosti špeciálneho testovacieho zariadenia, ktorý bude predmetom separátneho investičného zámeru iného oddelenia podniku. Detailná kalkulácia kostry linky je predpokladaná 1/3 celkových nákladov na implementáciu projektu výrobné linky daného. Uvedený prehľad je v anglickom jazyku z dôvodu obhajoby potrebných nákladov zahraničnému vedeniu v USA.

Celkové odhadované náklady, v tomto prípade k odhadovanej cene bola pripočítaná prirážka 20 % z pôvodnej ceny, dosiahli výšku 30720 €.

Výrobná linka sa skladá z nasledujúcich segmentov, ktoré boli rozpadnuté v rámci investičného zámeru výstavby linky pre väčší detail:

- S1 - Pred montáž kompresoru
- S7 - Pred montáž kondenzátoru
- S2 - Zváranie chladiaceho okruhu
- S3 - Montáž
- S4 - EOL Testovanie & Rework
- S5 - Quality Gate
- S6 – Balenie

Návratnosť nákladov dedikovaných k implementácií novej montážnej linky bola vypočítaná na základe internej metodiky finančného oddelenia. V rámci výpočtu boli zohľadnené vstupné náklady detailne popísané v tabuľke nižšie, prevádzkové náklady na chod linky v rámci jedného roku a príjmy z predaja výrobkov. Návratnosť investície bola vypočítaná pre 32,5 mesiaca od začiatku sériovej výroby. Táto hodnota slúžila ako podklad pre rozhodnutie vedenia spoločnosti o uvoľnení finančných prostriedkov určených k implementácií novej montážnej linky.

Station	Description	Quantity	Estimated Cost [€]	Estimated costs [€] incl. Contingency
S1	Table Compressor Subassy	1	100,00	120,00
S1	Conveyor Compressor Subassy	1	100,00	120,00
S1	Rack Compressor Subassy	1	150,00	180,00
S1	electric drill	1	150,00	180,00
S2	Main roller conveyor	1	0,00	0,00
S2	Rack for ground metal sheet	1	0,00	0,00
S2	Rack for low volume material	1	0,00	0,00
S2	Rack for Carbonators	1	200,00	240,00
S2	Air extraction System	1	7000,00	8400,00
S2	Soldering table	1	500,00	600,00
S2	soldering equipment	1	1500,00	1800,00
S2	electric Drill	1	150,00	180,00
S2	Rivet tool	1	300,00	360,00
S2	Jig for soldering	1	100,00	120,00
S3	Outgoing roller Conveyor	1	150,00	180,00
S3	Ingoing roller Conveyor	1	150,00	180,00
S3	Main roller conveyor	1	0,00	0,00
S4	Rack for low Volume material	2	0,00	0,00
S4	Main Roller Conveyor	1	0,00	0,00
S4	Rack for pumps	1	0,00	0,00
S4	electric Drill	1	150,00	180,00
S4	ESD pad	1	500,00	600,00
S5	Main roller conveyor	1	0,00	0,00
S5	roller conveyor for rework	2	1400,00	1680,00
S5	EOL	1	0,00	0,00
S5	Label printer	1	400,00	480,00
S5	Zebra multi-barcode scanner	1	300,00	360,00
S5	Rack for low volume material	1	0,00	0,00
S5	ESD pad	1	1000,00	1200,00
S6	Main roller conveyor	1	1000,00	1200,00
S6	Rack for low volume material	1	0,00	0,00
S6	Jig for packaging	1	1500,00	1800,00
S6	Packaging machine	1	4300,00	5160,00
S6	Strapping machine	1	2000,00	2400,00
S6	Table	1	100,00	120,00
S6	Roller Conveyor Subassy	1	100,00	120,00
S6	Rack for small material	1	100,00	120,00
S6	special electric screw driver	1	200,00	240,00
overall	Lights	20m	2000,00	2400,00
Total costs				30720,00

Tabuľka 6: Zoznam odhadovaných nákladov na kostru montážnej linky (vlastné spracovanie)

9 ROZBALANCOVANIE OPERACIÍ

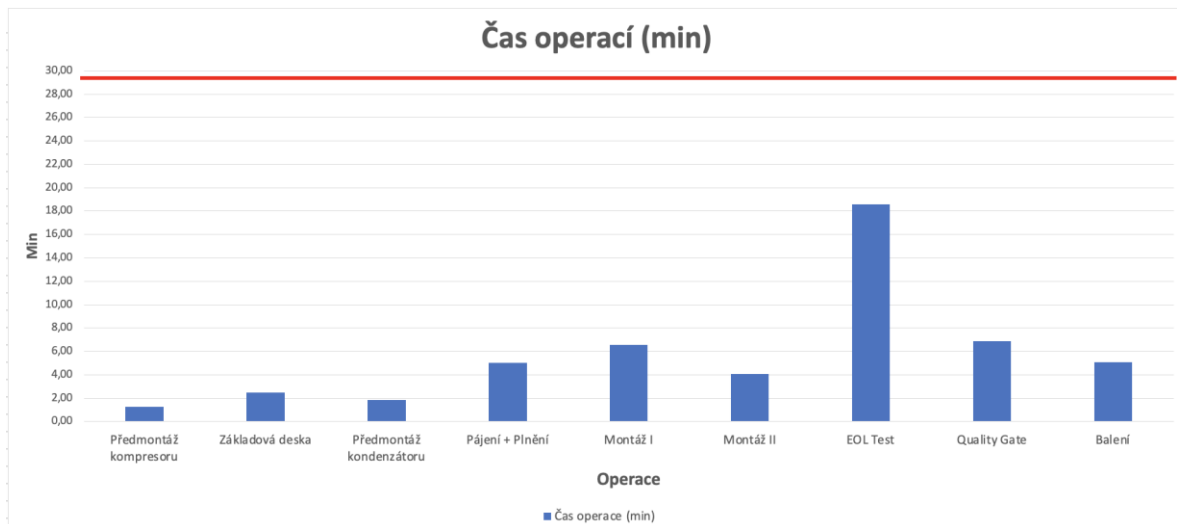
Pre balansovanie operácií je zásadné poznať zákaznicky takt. Zo zákaznického taktu vychádza výrobný takt, ktorý navyše zohľadňuje celkovú efektivitu zariadenia. Zákaznicky a výrobný takt boli vypočítané v kapitole 5.3.1 kde po zohľadnení OEE vyšiel výrobný takt na 29,32 minút u dvojzmennej prevádzky v období s najvyšším objemom odvolávok od zákazníka.

Název operace	Čas operace (min)
Předmontáž kompresoru	1,29
Základová deska	2,46
Předmontáž kondenzátoru	1,84
Pájení + Plnění	5,00
Montáž I	6,55
Montáž II	4,07
EOL Test	18,60
Quality Gate	6,89
Balení	5,07
Celkový čas	51,8

Tabuľka 7: Prácnosť výrobku (vlastné spracovanie)

Celková časová náročnosť výrobku vrátane plnenia chladiva a funkčného testu EOL je 51,8 min / ks. Tieto časy jednotlivých operácií vyplývajú z kapitoly 6.2. Pre správny výpočet potrebných operátorov a ich balansovanie naprieč linkou musíme počítať iba manuálne časy. Vďaka tomu do práce nepočítame 2,5 minúty automatického plnenia chladiva. V tento čas nie je operátor aktívny a tento čas môže byť využitý pre činnosti prídávajúce hodnotu výrobku. Naopak počas EOL testovania operátor má v náplni práce kontrolovať chod jednotky a v rámci toho musí sledovať zaznamenávané parametre a vizuálne kontrolne body.

Časy jednotlivých operácií predstavujú v grafe modré stĺpce a červená línia predstavuje výrobný takt vypočítaný na základe zákaznického taktu a očakávaného OEE linky. Z grafu je jasné vidieť, že výrobný postup so zdieľaným plniacim zariadením a jedným EOL testovacím zariadením budú kapacitne dostatočne pokrývať výrobný takt a tak najväčšia potreba spadá na balansovanie operácií medzi operátorov linky.



Obrázok 40: Časová náročnosť jednotlivých operácií (vlastné spracovanie)

Pre správne balansovanie výroby použijeme metriku indexu vyváženosti. Tento ukazovateľ nám umožní ohodnotiť a kvantifikovať kvalitu navrhovaného stavu operátorov a budúcu efektivitu organizácie linky. U balansovania operácií je dôležité poznať detailný výrobný postup, pretože nie všetky operácie sa dajú medzi sebou balansovať. Detail výrobného postupu a časovej náročnosti operácií vychádza z kapitoly 6.

Vzorec pre index vyváženosti je nasledovný:

Index vyváženosti = suma všetkých časov manuálnych operácií / maximálny čas operátora x počet operátorov x 100 %

Výpočet teoretickej potreby pracovníkov nám poskytne informáciu pre balansovanie linky. V prvom rade z tabuľky časovej náročnosti operácií získame súčtom všetkých operácií čas ktorý vydělíme výrobným taktom.

Potrebný počet operátorov = 51,8 min / 29,32 min

Potrebný počet operátorov = 1,77 → 2 operátory

V momente keď nám je známy potrebný počet operátorov pre splnenie zákazníkoho taktu, máme na výber z dvoch možností balansovania operácií. Tým prvým konceptom je tzv. „chasing“ – teda prenasledovanie, kedy operátori postupujú s produktom od jeho začiatku až po koniec v rovnakých cykloch. Výhodou tohto systému je jednoduché riadenie frekvencie linky, avšak náročnosť tohto konceptu spočíva v zaškolení operátorov. Tento koncept je vhodný pre jednoduchšie a menej náročné výrobné postupy. Na základe tejto

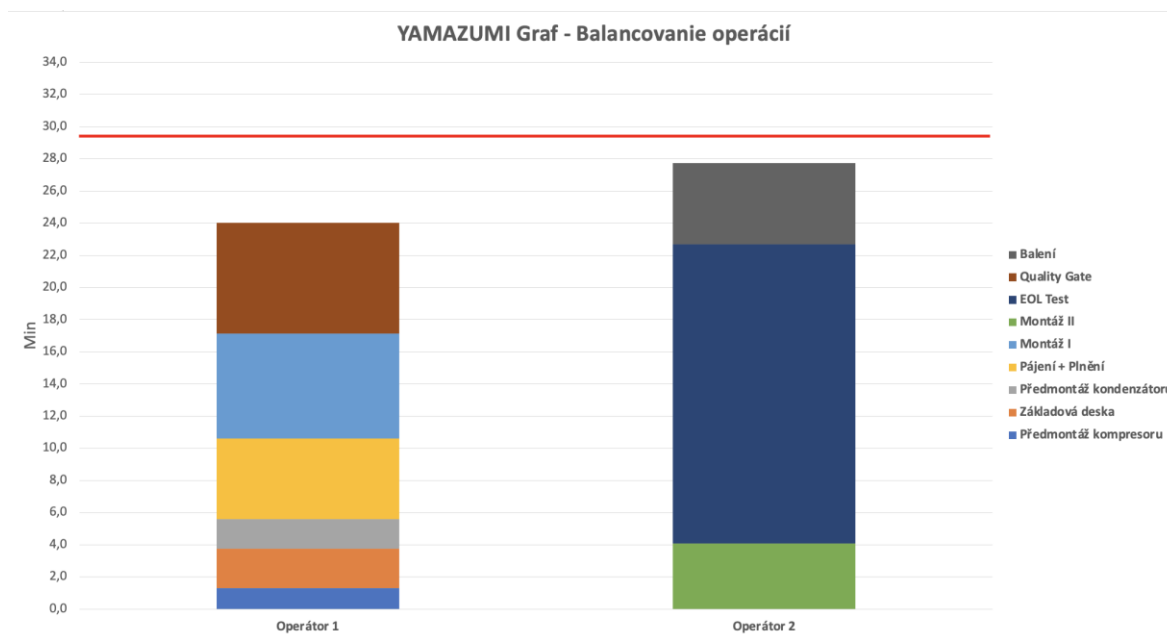
úvahy, bude balansovanie operácií medzi operátormi, iným konceptom, tak aby každý operátor bol rovnako vyťažený a náročnosť svojho úseku dokázal zvládnuť.

9.1 YAMAZUMI - Návrh balansovania operácií

V rámci balansovania medzi dvoch operátorov bolo potrebné zachovať určité podmienky výrobného postupu a rozdeliť EOL testovanie medzi jedného operátora a QG testovanie medzi druhého. Takto zachováme princíp „4 eyes“ – princíp štyroch očí a zabránime tomu, aby ten istý operátor kontroloval sám seba.

Název operace	Operátor 1 (min)	Operátor 2 (min)
Předmontáž kompresoru	1,3	
Základová deska	2,5	
Předmontáž kondenzátoru	1,8	
Pájení + Plnění	5,0	
Montáž I	6,5	
Montáž II		4,1
EOL Test		18,6
Quality Gate	6,9	
Balení		5,1
Celkový čas	24,0	27,7

Tabuľka 8: Návrh rozdelenia operácií medzi 2 OP (vlastné spracovanie)



Obrázok 41: YAMAZUMI graf (vlastné spracovanie)

Index vyváženosti = 51,8 / 27,7 x 2 x 100 %

Index vyváženosti = 93,5 %

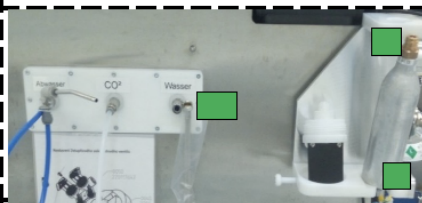



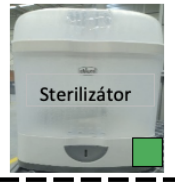


Výstupom yamazumi grafu a overenia efektivity organizácie linky v podobe indexu vyváženosti je rozhodnutie vyrábať na dvojzmennú prevádzku s dvomi operátormi na jednej zmene. V tomto rozložení operácií bude možné uspokojiť dopyt zákazníka v podobe hotového kusu každých 29,32 minúty. Pre spoločnosť to znamená očakávané splnenie záväzku voči zákazníkovi a predpokladanú efektivitu procesu nad aktuálny štandard závodu.

10 TPM

Pre testovacie pracovisko, na ktorom sa nachádza testovacie zariadenie bol v rámci projektu implementácie novej montážnej linky vytvorený štandard, ktorý spadá pod TPM. Štandard sa týka testovacieho pracoviska, testovacieho zariadenia, príslušenstva a periférií pracoviska. Štandardizácia je dôležitým a kľúčovým prvkom prípravy montážnej linky a testovacieho úseku linky pre jej spustením v sériovej výroby. Vďaka štandardizácií bude proces montáže a testovania pravdepodobne stabilnejší a eliminujeme tak potencionálne problémy plynúce z prestojov testovacieho úseku linky.


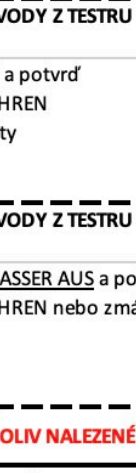

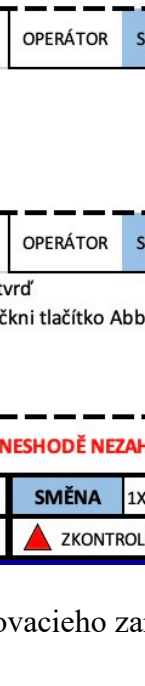

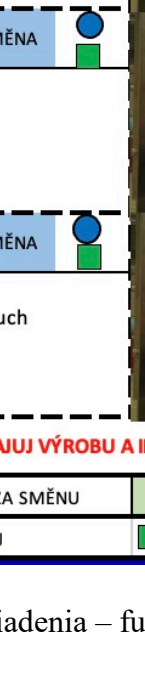

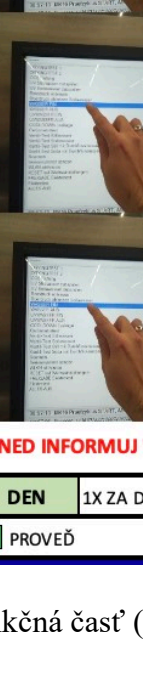

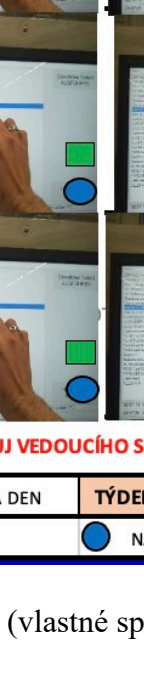



10.1 TPM štandardizácia – testovacie zariadenie

Pre testovacie zariadenie bola štandardizovaná hygienická a funkčná zložka TPM. Pre dodržanie hygienických požiadaviek je sterilizácia vodných rýchlo prípojok medzi testovacím zariadením a testovaným výrobkom prvým krokom pred začatím smeny a testovaním prvého produktu. Popis pravidelnej údržby je definovaný na zmennej bázy a doplnený o vizualizáciu v podobe značiek a fotiek s detailom.

		Predpis údržby TPM pro VÝROBU			
Pracoviště:		Testovací stanice			
DEZINFEKCE PŘÍPRAVKŮ	OPERÁTOR	SMĚNA	<input type="checkbox"/>		
Ručně dezinfikuj šroubení do vstupu jednotky, celý držák pro "dummy" láhev včetně zátky.					
STERILIZACE PŘÍPRAVKŮ - KROK 1	OPERÁTOR	SMĚNA	<input type="checkbox"/>	 	
Před ukončením směny vlož do sterilizátoru kolínko s nerezovou trubičkou, zátku a dummy láhev. Zapni proces sterilizace.					
STERILIZACE PŘÍPRAVKŮ - KROK 2	OPERÁTOR	SMĚNA	<input type="checkbox"/>	 	
Před zahájením testu si odeber ze sterilizátoru sterilní, kolínko s nerezovou trubičkou, zátku a dummy láhev. Sterilizovanou dummy láhev uchop jen za tělo láhve, nedotýkej se šroubení láhve. Zátku uchop za černé madlo, ne za bílou zátku. Kolínko s nerezovou trubičkou uchop pouze za kolínko.					
PŘI JAKÉKOLIV NALEZENÉ NESHODĚ NEZAHAJUJ VÝROBU A IHNED INFORMUJ VEDOUCÍHO SMĚNY!!!					
FREKVENCE A ZODPOVĚDNOST	SMĚNA	1X ZA SMĚNU	DEN	1X ZA DEN	TÝDEN 1X ZA TÝDEN
TVAR = DRUH ČINNOSTI		ZKONTROLUJ	<input type="checkbox"/>	PROVEĎ	 NASTAV

Obrázok 42: TPM testovacieho zariadenia – hygienická časť (vlastné spracovanie)

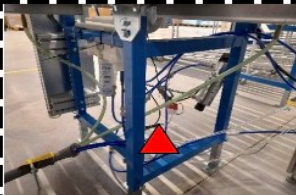
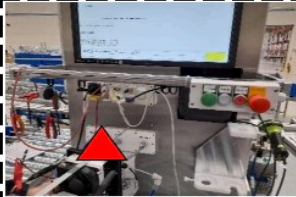

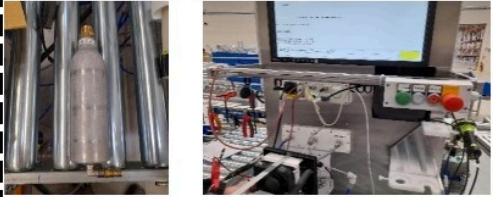
Do pravidelnej údržby testovacieho zariadenia bola implementovaná aj funkčná zložka. V rámci tejto pravidelnej procedúry pracovník skontroluje základné funkcie zariadenia a nastaví testovací cyklus, popřípade upraví hodnoty pred začatím testovania sériovej výroby. Tento štandard je doplnený o vizuálne prvky, vďaka čomu pracovník na tejto pozícii dokáže na prvý pohľad vykonať požadovanú procedúru.

		Předpis údržby TPM pro VÝROBU				
Pracoviště:		Testovací stanice				
MANUÁLNÍ VYPUŠTĚNÍ VODY Z TESTRU JULIUS - KROK 1 Manuálně vypust vodu z testru po dobu 2 minut		OPERÁTOR	SMĚNA			
MANUÁLNÍ VYPUŠTĚNÍ VODY Z TESTRU JULIUS - KROK 2 Zmáčkni <u>WASSER EIN</u> a potvrď Gewahlen Befehl AUSFUHREN Délka vypouštění 2minuty		OPERÁTOR	SMĚNA			
MANUÁLNÍ VYPUŠTĚNÍ VODY Z TESTRU JULIUS - KROK 3 Zastav vypouštění <u>WASSER AUS</u> a potvrď Gewahlen Befehl AUSFUHREN nebo zmáčkni tlačítko Abbruch		OPERÁTOR	SMĚNA			
MANUÁLNÍ VYPUŠTĚNÍ VODY Z TESTRU JULIUS - KROK 4 Zmáčkni <u>UVWASSER EIN</u> a potvrď Gewahlen Befehl AUSFUHREN Délka vypouštění 2minuty		OPERÁTOR	SMĚNA			
MANUÁLNÍ VYPUŠTĚNÍ VODY Z TESTRU JULIUS - KROK 5 Zastav vypouštění <u>UVWASSER AUS</u> a potvrď Gewahlen Befehl AUSFUHREN nebo zmáčkni tlačítko Abbruch		OPERÁTOR	SMĚNA			
PŘI JAKÉKOLIV NALEZENÉ NESHODĚ NEZAHAJUJ VÝROBU A IHNED INFORMUJ VEDOUcíHO SMĚNY!!!						
FREKVENCE A ZODPOVĚDNOST	SMĚNA	1X ZA SMĚNU	DEN	1X ZA DEN	TÝDEN 1X ZA TÝDEN	
TVAR = DRUH ČINNOSTI		ZKONTROLUJ		PROVEĎ		NASTAV

Obrázok 43: TPM testovacieho zariadenia – funkčná časť (vlastné spracovanie)

10.2 TPM štandardizácia – pracovisko, periférie a príslušenstvo

Posledným štandardom v rámci TPM testovacieho zariadenia, je kontrola príslušenstva potrebného k správne fungovaniu. Pracovník na začiatku každej zmeny kontrolu spoje hadíc médií (vzduch, voda, CO₂), následne vizuálne kontrolu káblové prípojky. Pre správne fungovanie testovacieho programu je potrebné mať správne tlaky CO₂, preto je pracovník povinný skontrolovať kapacitu CO₂ fľašky. V prípade nedostatočného tlaku, je pracovník povinný požiadať o výmenu fľašky svojho vedúceho.

		Předpis údržby TPM pro VÝROBU			
Pracoviště:		Testovací stanice			
HADICE MÉDIÍ	OPERÁTOR	SMĚNA	▲		
Zkontroluj poslechem a rukou možné úniky vzduchu, CO ₂ a vody.					
ELEKTRICKÉ KABELY	OPERÁTOR	SMĚNA	▲		
Zkontroluj pohledem nepoškozenost elektrických kabelů na připojení testovaného kusu.					
MANOMETR	OPERÁTOR	SMĚNA	▲		
Pohledem zkontroluj nastavení správného tlaku na manometru tlakové láhve. Ručička manometru musí být v zeleném poli.					
TESTOVACÍ LAHEV	OPERÁTOR	SMĚNA	▲		
Zkontroluj pohledem a rukou nepoškozenost testovací láhve a ostatních konektorů na připojení kusu.					
PŘI JAKÉKOLIV NALEZENÉ NESHODĚ NEZAHAJUJ VÝROBU A IHNED INFORMUJ VEDOUcíHO SMĚNY!!!					
FREKVENCE A ZODPOVĚDNOST	SMĚNA	1X ZA SMĚNU	DEN	1X ZA DEN	TÝDEN 1X ZA TÝDEN
TVAR = DRUH ČINNOSTI	▲ ZKONTROLUJ	■ PROVEĎ	● NASTAV		

Obrázok 44: TPM testovacieho zariadenia - pracovisko (vlastné spracovanie)

11 ZHRNUTIE PRAKTICKEJ ČASTI

Praktická časť začína podrobným vysvetlením zadania projektu a definíciou očakávaní a požiadavkou. Zadanie projektu bolo implementovať novú montážnu linku za pomoci vytvoreného podporného projektového tímu zloženého z proces inžiniera, kvality inžiniera, dizajn inžiniera, programového manažéra a projektového manažéra. Autor tejto diplomovej práce vystupuje v rámci projektu ako projektový manažér.

Úlohou projektu bolo na základe analyzovaných objemov výroby, spotreby časov operácií pomocou metódy nepriameho merania BASIC MOST stanoviť vstupné dáta pre návrh najvhodnejšej varianty layoutu. Následne zvolená varianta layoutu v bunkovom usporiadaní s využitím dvoch operátorov prináša najprínosnejší efekt z pohľadu efektivity práce a miesta.

Celá výstavba linky bola riadená autorom diplomovej práce s podporou projektového tímu. V rámci výstavby bolo potrebné industrializovať návrhy za pomocou interných a externých zdrojov. Tieto akcie vyplývajú z harmonogramu projektu, ktorý určuje aj kritickú cestu projektu. Pre úspešné projektové riadenie boli použité princípy nástrojov DMAIC a PDCA, ktoré pomohli množstvo akcií udržať v systematickej podobe a riadení.

Na základe využitia BASIC MOST analýzy bola zistená celková prácnosť výrobku 51,8 minút. V závislosti na vypočítaný zákaznícky takt na základe objemu produkcie v nasledujúcom období od zákazníka bolo možné stanoviť výrobný takt s ohľadom na celkovú efektivitu zariadení a tak získať dáta potrebné pre stanovenie potrebného počtu pracovníkov. Z týchto analytických úsekov praktickej časti bolo navrhnuté vyrábať v dvojzmennej prevádzke s dvomi pracovníkmi na zmenu. V tomto rozložení pracovníkov a usporiadaní pracovísk by bol teoretický balančný index 88%, čo sa v prostredí vybranej spoločnosti považuje za veľmi kladný výsledok. Tento hypotetický balančný index odzrkadľuje spôsobilosť novej montážnej linky do budúcnosti.

Výsledkom tak praktickej časti je aplikovanie metód a nástrojov priemyselného inžinierstva, projektového riadenia a princípov štíhlej výroby, ktoré boli nadobudnuté v teoretickej časti práce. Za pomoci týchto znalostí bola v rámci princípov štíhlej výroby postavená nová montážna linka, nastavený výrobný proces pripravený pre budúce požiadavky zákazníka a vybranej spoločnosti v ktorej bola táto diplomová práca realizovaná.

ZÁVĚR

Táto diplomová práca bola zameraná na projekt implementácie novej montážnej linky vo vybranej spoločnosti.

Teoretická časť zoznamuje čitateľov s problematikou projektu, jeho uchopenia z pohľadu štíhlej výroby a uvádza metódy priemyslového inžiniera využiteľné v tejto problematike.

Na základe zadania projektu bolo najprv nutné uskutočniť analýzu objemu produkcie s cieľom definovať zákaznícky a následne výrobný takt, ako jeden z kľúčových aspektov návrhu novej montážnej linky a balansovania pracovníkov v rámci linky. Determinujúca podmienka tvorby optimálneho usporiadania pracoviska a potrebných zdrojov k výrobe bol záväzok voči zákazníkovi o ročných množstvách daného produktu.

K zvolenej variante bolo projektovo riadená výstavba montážnej linky vrátane inštalácií energií a zariadení podľa interne odsúhlaseného časového plánu a kľúčových míľnikov. Súčasťou projektu bola aj spolupráca s dizajn autoritou v rámci finálnej fáze vývoja projektu vstupujúceho do sériovej produkcie s ohľadom na poskytnutie spätnej väzby o montáži a testovaní daného projektu. Míľniky projektu predstavovali kritickú cestu, na ktorú bola upriamená pozornosť počas celej doby projektu, v konečnom dôsledku boli míľniky obsiahnuté v tejto diplomovej práci naplnené v stanovených termínoch a tak môžeme považovať kritickú cestu za úspešne zvládnutú z pohľadu projektového riadenia implementácie novej montážnej linky.

V spolupráci s dizajnovým a procesným oddelením bol ustanovený výrobný postup pre výrobu nového produktu, na ktorého základe bola uskutočnená časová analýza pomocou nepriamej metódy merania časov BASIC MOST. Výsledky analýzy boli kľúčovým prvkom balansovania a taktovania novej montážnej linky vedúce k naplneniu zákazníckych požiadavkou a zároveň dodržania princípov štíhlej výroby a požiadaviek spoločnosti.

S presným návrhom layoutu došlo k balansovaniu operácií pre dvoch pracovníkov na dvojzmennú prevádzku, čo sa stalo štandardizovaným výrobným procesom danej montážnej linky v období maximálneho dopytu. Návrh rozmiestnenia usporiadania layoutu, scenár výroby a samotná konštrukcia linky a výrobných zariadení bola uskutočnená na základe ergonomických princípov.

Obsahom tejto práce bol projekt implementácie novej montážnej linky a tak naplniť požiadavky zainteresovaných strán v rámci filozofie lean pred začatím sériovej výroby na

danej montážnej linke. Diplomová práca sa považuje za prínosnú, nakoľko 19.3. 2022 bola implementovaná montážna linka úspešne validovaná zo strany zákazníka a prehlásená za pripravenú k sériovej výrobe podľa požiadaviek.

Táto práca bola pre mňa nesmiernou skúsenosťou a príležitosťou vzhľadom na rozsah a náročnosť projektu, prevedením teoretických znalostí do hmotných výsledkov a taktiež zodpovednosťou za publikované závery, nakoľko na základe návrhov bola montážna linka vybudovaná, operácie rozdelené a plán výrobných kapacít nastavený a v blízkej dobe bude produkt sériovo vyrábaný na základe navrhnutých a následne aj implementovaných riešení tejto práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BARSALOU, Matthew A. *Root Cause Analysis: A Step-By-Step Guide to Using the Right Tool at the Right Time*. New York: Productivity Press, 2015, 148 s. ISBN 978-1482258790.

BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

BOČKOVÁ HRAZDILOVÁ, Kateřina. *Projektové řízení*. E-knihy jedou, 2016, 470 s. ISBN 978- 80-7512-431-9.

BUTTERWORTH, Jonh a Geoff THWAITES. *Thinking Skills: Critical Thinking and Problem Solving*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013, 348 s. ISBN 978-1-107-60630-2.

COX, James F. a John G. SCHLEIER. *Theory of constraints handbook*. New York: McGraw-Hill, 2010, 1175 s. ISBN 978-0071665544.

DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 223 s. ISBN 978-1498708876.

DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce In: *E-API* [online] 29. 10. 2015 [cit. 2022-04-13]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>

DLABAČ, Jaroslav. *Produktivita a inovace v souvislostech: Analýza a měření práce; ergonomie*. Úspěch. Želevčice: API, 2016, 34 s. ISSN 1803-5183.

DLABAČ, Jaroslav. *Produktivita a inovace v souvislostech: Přidejme hodnotu... Úspěch*. Želevčice: API, 2017, 34 s. ISSN 1803-5183.

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA. 2., aktualiz. a dopl.* Praha: Grada, 2012, 526 s. ISBN 978-80-247-4275-5.

HITZMANN, Bernd. *Measurement, Modeling and Automation in Advanced Food Processing*. Cham: Springer, 2017, 198 s. ISBN 978-3-319-60111-3.

CHLOPECKÝ, Jakub, 2018. Procesní a projektový management – studijní opora pro kombinované studium. In: *Moravská vysoká škola Olomouc* [online]. [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.mvso.cz/wp-content/uploads/2018/02/Procesn%C3%AD-a-%20projektov%C3%AD-management-studijn%C3%AD-text.pdf>

CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG, 2011, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0.

CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. Žilina: GEORG, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.

JANUŠKA, Martin. *Úvod do operativního řízení podniku*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2018, 170 s. ISBN 978-80-261-0800-9.

JEŽKOVÁ, Zuzana, Hana KREJČÍ, ŠVEC Jaroslav a Branislav LACKO. *Projektové řízení. Jak zvládnout projekty*. 2013. 381 s. ISBN 978-80-905297-1-7.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016, 254 s. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 2013, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2012, 153 s. ISBN 978-80-7179-319-9.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 978-80-86851-38-9.

KOŠTURIÁK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Brno: Computer Press, 2010, 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2.

KOVÁČ, Jozef a Edita SZOMBATHYOVÁ. *Ergonómia*. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2010, 121 s. ISBN 978-80-553-0538-7.

MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. *ABC ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010, 386 s. ISBN 978-80-7431-027-0.

MANN, David. *Creating a lean culture: tools to sustain lean conversions*. Boca Raton: CRC Press, 2015, 367 s. ISBN 978-1482243239.

MAREK, Miroslav. Transport a manipulace. *Svět Produktivity* [online]. 2012, 01.09.2012 [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-transport-a-manipulace.htm>

MARR, Bernard. *Key performance indicators: the 75 measures every manager needs to know*. Harlow: Pearson, 2012, 347 s. ISBN 978-0-273-75011-6.

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 311 s. ISBN 978-80-902235-6-1.

Metody a nástroje: TPM. 2012. API – akademie produktivity a inovací [online]. Slaný: API, [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>

PIVODOVÁ, Pavlína, 2013a. Studie metod a měření práce.

PIVODOVÁ, Pavlína, 2013b. Měření práce.

ROTHER, Mike. *Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*. Praha: Grada Publishing, 2017, 285 s. ISBN 978-80-271-0435-2.

SARTOR, Marco a Guido ORZES. *Quality management: tools, methods, and standards*. United Kingdom: Emerald Publishing, 2019, 293 s. ISBN 978-1-78769-804-8.

SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management*. Praha: Grada, 2016, 421 s. ISBN 978-80-271-0075-0.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014, 366 s. ISBN 978-80-247-4486-5.

TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 298 s. ISBN 80-7318-381-1.

VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 2013, 685 s. ISBN 978-80-247-4642-5.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PE	Process Engineer
QE	Quality Engineer
DE	Design Engineer
PM	Production Manager
PGM	Programm Manager
DFM	Design For Manufacturing
OEM	Overall Equipment Manufacturer
CAPEX	Capital Expendures

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázok 1: 7 druhov plytvania (vlastné spracovanie podľa Dudbridge, 2011, s. 147)	14
Obrázok 2: Prvky projektového managementu (vlastné spracovanie podľa Svozilová, 2016, s. 24).....	18
Obrázok 3: Fázy životného cyklu projektu (Svozilová, 2016, s. 41).....	20
Obrázok 4: Ilustrácia cyklu PDCA (vlastné spracovanie podľa Svozilová, 2011, s. 89)....	22
Obrázok 5: Rozdelenie priameho merania (vlastné spracovanie podľa Dlabáč, 2012).....	27
Obrázok 6: Rozdiel zákaznickeho a výrobné taktu (Rother, 2017, s. 100)	28
Obrázok 7: Technologické usporiadanie (Jurová, 2016, s. 134)	32
Obrázok 8: Predmetné usporiadanie (Jurová, 2016, s. 134)	33
Obrázok 9: Systém človek - stroj - prostredie (vlastné spracovanie podľa Kováč a Szombatyová, 2010, s. 17).....	35
Obrázok 10: OEE (API ©, 2012).....	37
Obrázok 11: Kroky k autonómnej údržbe (vlastné spracovanie podľa API ©, 2012).....	38
Obrázok 12: Štandardizácia procesov (vlastné spracovanie podľa API©, 2012).....	39
Obrázok 13: Úrovně vizuálneho pracoviska (vlastné spracovanie podľa API ©, 2012).....	40
Obrázok 14: Časová os projektu (vlastné spracovanie).....	46
Obrázok 15: Ilustrácia aplikácie PDCA cyklu v rámci riadenia akcií výstavby linky (vlastné spracovanie).....	48
Obrázok 16: Tabuľa so zoznamom akcií výstavby novej montážnej linky (vlastné spracovanie).....	49
Obrázok 17: FMEA - riziká projektu (vlastné spracovanie).....	50
Obrázok 18: FMEA - implementované nápravné opatrenia k eliminácii rizík projektu (vlastné spracovanie)	51
Obrázok 19: Objemy produkcie v rokoch vrátane prirážky (vlastné spracovanie)	54
Obrázok 20: Životný cyklus výrobku (vlastné spracovanie).....	55
Obrázok 21: Priebeh zmeny (vlastné spracovanie).....	56
Obrázok 22: Výrobný postup (vlastné spracovanie).....	60
Obrázok 23: BASIC MOST - pred montáž kompresoru (vlastné spracovanie)	61
Obrázok 24: BASIC MOST - pred montáž základnej desky (vlastné spracovanie).....	62
Obrázok 25: BASIC MOST - pred montáž kondenzátoru (vlastné spracovanie).....	63
Obrázok 26: BASIC MOST - pájení (vlastné spracovanie)	64
Obrázok 27: BASIC MOST - plnenie chladiwa (vlastné spracovanie).....	65
Obrázok 28: BASIC MOST - montáž el. okruhu (vlastné spracovanie)	66
Obrázok 29: BASIC MOST - montáž vodného okruhu (vlastné spracovanie)	67
Obrázok 30: BASIC MOST - testovanie (vlastné spracovanie).....	68

Obrázok 31: BASIC MOST - QG simulácia (vlastné spracovanie)	69
Obrázok 32: BASIC MOST - balenie (vlastné spracovanie).....	70
Obrázok 33: Vyťaženosť testovacieho zariadenia v rokoch (vlastné spracovanie).....	72
Obrázok 34: Vyťaženosť plniacej stanice v rokoch (vlastné spracovanie)	74
Obrázok 35: Layout výroby (interné materiály vybranej spoločnosti).....	75
Obrázok 36: Varianta layoutu A (vlastné spracovanie).....	77
Obrázok 37: Varianta layoutu B (vlastné spracovanie)	78
Obrázok 38: Varianta layoutu C (vlastné spracovanie)	79
Obrázok 39: Zvolená varianta layoutu (interné materiály vybranej spoločnosti).....	80
Obrázok 40: Časová náročnosť jednotlivých operácií (vlastné spracovanie).....	84
Obrázok 41: YAMAZUMI graf (vlastné spracovanie).....	85
Obrázok 42: TPM testovacieho zariadenia – hygienická časť (vlastné spracovanie)	87
Obrázok 43: TPM testovacieho zariadenia – funkčná časť (vlastné spracovanie)	88
Obrázok 44: TPM testovacieho zariadenia - pracovisko (vlastné spracovanie).....	89

SEZNAM TABULEK

Tabuľka 1: Objemy produkcie v rokoch (vlastné spracovanie).....	54
Tabuľka 2: Zákaznícky takt (vlastné spracovanie).....	57
Tabuľka 3: Výrobný takt (vlastné spracovanie)	58
Tabuľka 4: Kapacity testovacieho zariadenia (vlastné spracovanie).....	72
Tabuľka 5: Vyt'aženosť plniacej stanice (vlastné spracovanie).....	74
Tabuľka 6: Zoznam odhadovaných nákladov na kostru montážnej linky (vlastné spracovanie).....	82
Tabuľka 7: Prácnosť výrobku (vlastné spracovanie).....	83
Tabuľka 8: Návrh rozdelenia operácií medzi 2 OP (vlastné spracovanie)	85

