

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V
PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA MATERIÁLŮ A TECHNOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VYUŽITÍ VÝROBNÍHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU PRO ZVÝŠENÍ
EFEKTIVITY VÝROBY

Autor práce: Bc. Petr Pelc

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Řeřicha PhD.

Plzeň 2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr PELC**
Osobní číslo: **E22N0013P**
Studijní program: **N0713A060011 Materiály a technologie pro elektrotechniku**
Téma práce: **Využití Výrobního informačního systému pro zvýšení efektivity výroby**
Zadávací katedra: **Katedra materiálů a technologií**

Zásady pro vypracování

1. Popište možnosti využití Výrobního informačního systému (MES) ve výrobě.
2. Zmapujte v současné době využívané MES systémy.
3. Zpracujte případovou studii implementace MES systému do výrobního podniku.
4. V rámci implementace stanovte kritické body a popište opatření pro jejich řešení.
5. Zhodnoťte očekávaný přínos navržených řešení.



Rozsah diplomové práce: **40-60**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

KURBEL, E., K.: Enterprise Resource Planning and Supply Chain Management: Functions, Business Processes and Software for Manufacturing Companies. Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN: 3662509865.
FUCHS, F., MEYER, H., THIEL, K.: Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal Design, Planning, and Deployment. McGraw Hill. 2009. ISBN: 978-0071623834
SCHOLTEN, B.: MES Guide for Executives: Why and How to Select, Implement, and Maintain a Manufacturing Execution System. International Society of Automation. 2009. ISBN: 978-1936007035
KLČOVÁ, H., SODOMKA, P.: Informační systémy v podnikové praxi. Computer Press. Praha. 2011. ISBN: 978-80-251-2878-7
JUROVÁ, M.: Výrobní a logistické procesy v podnikání. Expert. Praha. 2016. ISBN: 978-80-247-5717-9

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Řeřicha, Ph.D.**
Katedra materiálů a technologií

Datum zadání diplomové práce: **7. října 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2024**





Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 6. října 2023

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá implementací Výrobního informačního systému (MES) do výrobní společnosti Safran Cabin CZ s.r.o. Konkrétně byl použit systém DCIx MES (Manufacturing Execution System), jehož cílem je zvýšit efektivitu výroby a poskytnout přehlednost a dohledatelnost výrobního procesu. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí - teoretické a praktické. Teoretická část se věnuje obecnému popisu systému MES, jeho role ve výrobě a integraci se systémem ERP. Dále jsou představeny současně využívané systémy MES od nejvýznamnějších dodavatelů a analyzovány případové studie implementace do jiných výrobních společností. Praktická část se zaměřuje na samotnou implementaci systému DCIx MES do společnosti Safran Cabin CZ s.r.o. Popisuje proces implementace, včetně analýzy výrobního procesu, instalace softwaru a hardwaru, vývoje a nastavení systému a školení uživatelů. Důraz je kladen na popsání jednotlivých funkcí systému a jejich přínosů pro výrobu. Závěrečná kapitola shrnuje přínosy implementace a plány do budoucna, které zahrnují online integraci s ERP systémem, rozšíření funkcionalit a další vylepšení systému. Celkově diplomová práce přináší podrobný pohled na implementaci MES do konkrétní výrobní společnosti a navrhuje směry pro budoucí rozvoj v oblasti zvýšení efektivity a kvality výroby.

Klíčová slova

Výrobní informační systém (MES), implementace, efektivita výroby, dohledatelnost, výrobní proces, kvalita výroby

Abstract

This master's thesis deals with the implementation of a Manufacturing Execution System (MES) into the manufacturing company Safran Cabin CZ s.r.o. Specifically, the DCIx MES system (Manufacturing Execution System) was used, aiming to increase production efficiency and provide clarity and traceability in the manufacturing process. The thesis is divided into two main parts - theoretical and practical. The theoretical part provides a general description of the MES system, its role in manufacturing, and integration with the ERP system. Furthermore, currently used MES systems from the major suppliers are introduced, and case studies of implementation into other manufacturing companies are analyzed. The practical part focuses on the implementation of the DCIx MES system into Safran Cabin CZ s.r.o. It describes the implementation process, including the analysis of the manufacturing process, software and hardware installation, system development and configuration, and user training. Emphasis is placed on describing the individual system functions and their benefits for production. The final chapter summarizes the benefits of the implementation and future plans, which include online integration with the ERP system, expanding functionalities, and further system enhancements. Overall, the master's thesis provides a detailed view of MES implementation into a specific manufacturing company and proposes directions for future development in increasing production efficiency and quality.

Keywords

Manufacturing Execution System (MES), implementation, production efficiency, traceability, manufacturing process, production quality

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že při řešení této diplomové práce byl použit výhradně legální software.

V Plzni dne 24. května 2024

Petr Pelc

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomášovi Řeřichovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Rovněž děkuji také zaměstnancům spolupracujících společností za jejich spolupráci, pomoc a ochotu sdílet své znalosti.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ZČU č. SGS-2024-008 „Materiály a technologie pro elektrotechniku

Obsah

Úvod	11
1 Systém MES	12
1.1 Role MES ve výrobě	12
1.1.1 Přehled výrobního procesu	12
1.1.2 Klíčové vlastnosti systému MES	14
1.2 MES vs MOM	15
2 Systém ERP	17
2.1 Struktura systému ERP	17
2.1.1 Běžné moduly systému ERP	18
2.2 Integrace MES a ERP	19
3 Současně využívané systémy MES	20
3.1 SAP SE	20
3.2 SIEMENS AG	21
3.3 ABB Ltd.	22
4 Případové studie	24
4.1 MES MERZ ve společnosti OLMA	24
4.2 PROXIA MES ve společnosti MEBA	25
5 Implementace systému MES	26
5.1 Dodavatelská společnost	26
5.1.1 DCIx	27
5.1.2 DCIx MES	27
5.2 Safran Cabin CZ s.r.o	29
5.3 Důvody implementace systému MES	29
5.4 Popis implementovaného DCIx MES	30
5.4.1 Produkční transakce	30
5.4.1.1 Zahájení práce	31
5.4.1.2 Zahájení prostoje, Přerušení operace, Ukončení směny	32
5.4.1.3 Ukončení operace	33
5.4.1.4 Informace o operaci	33
5.4.1.5 Stav projektu	34
5.4.1.6 Změna jazyka	34

5.4.2	Andony	35
5.4.3	Transakce Team Leadera	35
5.4.4	Kmenová data	36
5.4.4.1	Uživatel	36
5.4.4.2	Role	37
5.4.4.3	Důvodové kódy	38
5.4.4.4	Položky	38
5.4.4.5	Kusovníky	38
5.4.4.6	Výrobní operace a Pracovní krok	38
5.4.5	Reporty	38
5.4.5.1	Report andonů	39
5.4.5.2	Report operátorů	39
6	Kritické body a opatření	41
7	Přínosy MES ve společnosti Safran Cabin CZ	43
8	Současný stav a cíle do budoucna	45
9	Závěr	47
	Seznam použité literatury	49
	Seznam obrázků	51

Zkratky

MES	Manufacturing Execution System
ERP	Enterprise Resource Planning
ISA-95	International Society of Automation Standard 95
PLC	Programmable Logic Controller
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
HMI	Human Machine Interface
MOM	Manufacturing Operations Management
PLM	Product Lifecycle Management
AI	Artificial Intelligence
HR	Human Resources
APS	Advanced Planning and Scheduling
MDE	Maschinendatenerfassung
BDE	Betriebsdatenerfassung
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OPC-UA	Open Platform Communications Unified Architecture
EDI	Electronic Data Interchange
WMS	Warehouse Management System
QMS	Quality Management System
JIT	Just-In-Time
JIS	Just-In-Sequence
PPS	Production Planning and Scheduling
YMS	Yard Management System
QR	Quick Response (Code)
CSV	Comma-Separated Values
ODD	Očekávaný datum dokončení
WiFi	Wireless Fidelity
PDM	Product Data Management
PDF	Portable Document Format

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá využitím Výrobního informačního systému pro zvýšení efektivity výroby. Konkrétně byl použit systém DCIx MES (Manufacturing Execution system). Ten byl implementován a testován ve společnosti Safran Cabin CZ s.r.o.

V první kapitole teoretické části je rozebírán obecně systém MES a jeho role ve výrobě. Jedná se o systém umožňující sběr dat ze strojů nebo celé výrobní linky, jejich následnou analýzu a zobrazení uživateli. Jeho hlavním cílem je zvýšit efektivitu výroby a zároveň poskytnout přehlednost a dohledatelnost celého výrobního procesu. Dále je rozebrán systém MES jako součást podnikové struktury a je popsán v rámci tzv. automatizační pyramidy.

Nejvyšším bodem automatizační pyramidy je systém ERP, který je předmětem druhé kapitoly. Systém ERP se v pyramidě nachází nad systémem MES a jedná se o systém schopný řídit celý podnik naskrz všemi odděleními, od financí, po výrobu až po skladové hospodářství. Právě spolupráce systémů ERP a MES může podniku přinést provozní přehlednost, kterou žádný ze systémů nemůže poskytnout sám o sobě.

Dále jsou popsány současně využívané systémy MES od nejvýznamnějších dodavatelů ve světě. Závěr teoretické části je věnován dvěma veřejně dostupným případovým studiím týkající se implementace systému MES do společností OLMA a MEBA.

Praktická část se zabývá implementací systému MES do společnosti Safran Cabin CZ s.r.o a jeho popisem. Obecně je zde popsán použitý software DCIx MES a následně jeho přizpůsobení na požadavky výrobní společnosti.

Popsány jsou zde kritické body a opatření, které byly potřeba v průběhu implementace projektu řešit. V kritických bodech implementace systému MES je zdůrazněna analýza procesu a tvorba Cílového konceptu, následovaná instalací hardwaru a softwaru a vývojem a nastavením samotného systému podle stanovených cílů. Dále jsou zde zmíněny všechny přínosy, které software DCIx MES společnosti přinesl. Zároveň je v poslední kapitole shrnut současný stav implementace systému a jeho plány na rozšíření do budoucna.

1 Systém MES

Předmětem této diplomové práce je tzv. Manufacturing Execution System (MES), jenž se často do češtiny překládá jako Výrobní informační systém.

MES je systém pro zvýšení efektivity výroby a její realizaci. MES umožňuje sběr dat ze strojů nebo celé výrobní linky, jejich analýzu a zobrazení uživatelsky přívětivým způsobem. Software MES je implementován tak, aby práce operátorů byla předvídatelnější a aby manažerům pomohl přijímat vhodnější rozhodnutí pro rychlejší a kvalitnější výrobu. [1]

Mezi hlavní výhody a přínosy tohoto systému patří dle [2] především: monitorování a synchronizace výrobní činnosti, pomoc při eliminaci lidské chyby ve výrobě tím, že poskytuje kontrolu kvality dat v reálném čase, poskytnutí flexibility pro modelování a změny složitých procesů a jejich okamžité nasazení. Dále také shromažďuje transakce pro vykazování do finančních a plánovacích systémů, poskytuje zpětnou vazbu v reálném čase potřebnou k rychlé identifikaci a řešení problémů pro neustálé zlepšování výrobků a procesů.

Tento systém vkládá přínos zejména pro regulovaná odvětví, jako je farmaceutický průmysl, potravinářství, zdravotnické přístroje, letectví a kosmonautika, obrana a biotechnologie – protože regulované společnosti musí dodržovat přísné předpisy, aby zajistily soulad s předpisy pro dohledatelnost. Musí se zajistit, že jsou zavedeny vhodné postupy pro vytváření vyhovujících výrobků, že jsou tyto postupy zdokumentovány a že výsledné výrobky lze v případě potřeby snadno stáhnout z trhu. [3]

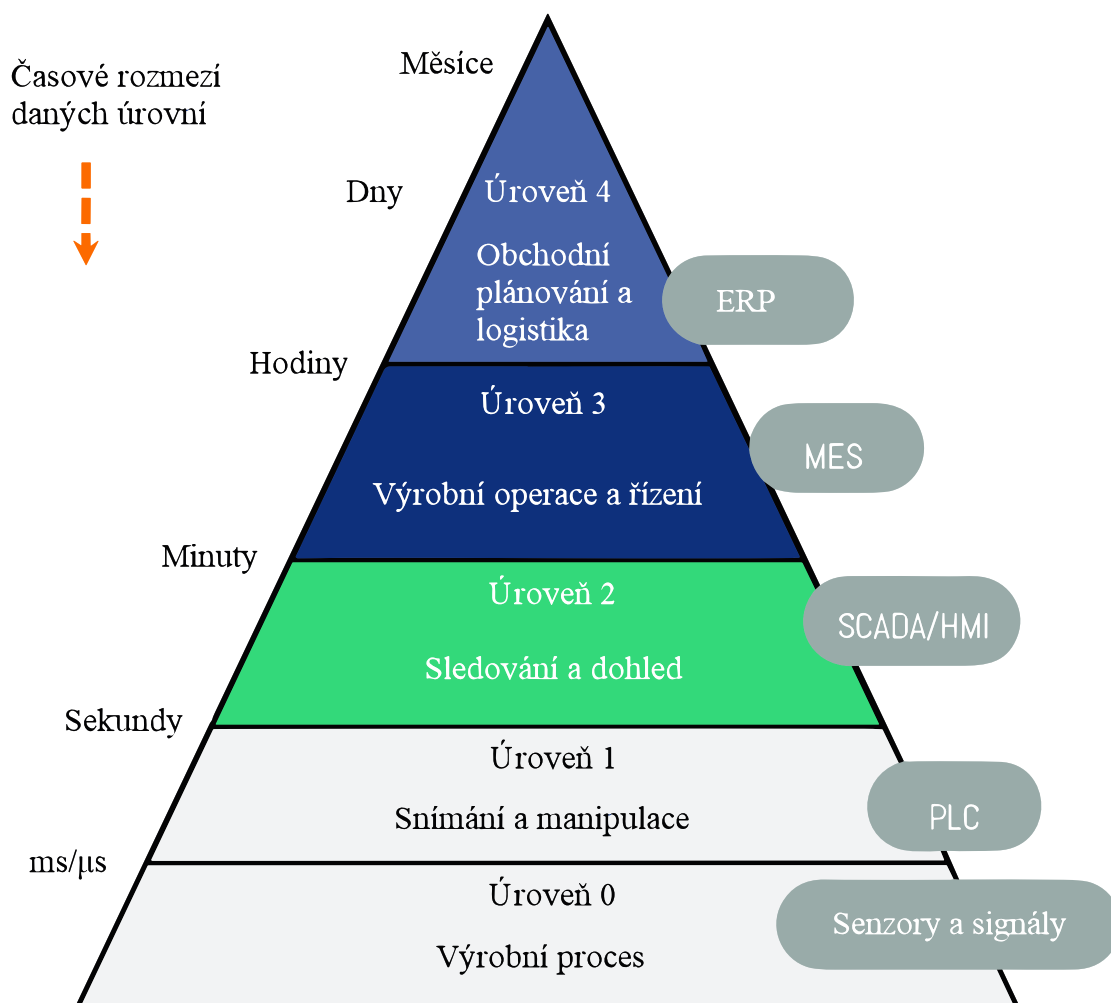
1.1 Role MES ve výrobě

O systému MES je třeba přemýšlet jako o jednom z několika dalších prvků sloužících k řízení výroby a zároveň i celé společnosti. Tudíž je pro úplné pochopení funkčnosti MES třeba znát obecnou strukturu řízení procesu podniku.

1.1.1 Přehled výrobního procesu

Mezinárodní společnost pro automatizaci ze Spojených států vytvořila normu ISA-95, Enterprise-Control System Integration, obecně známou jako automatizační pyramida. Cílem této normy je definovat model podniku, který rozlišuje softwarové systémy používané pro administrativní funkce, výrobní funkce a přenášená data. Při této analýze informačních toků je také záměrem přiřadit společnou terminologii typům softwarových systémů používaných organizacemi. [4]

Pyramida je rozdělena do několika úrovní. Počet úrovní se může lišit v závislosti na typu organizace, příčinou může být například integrace dvou úrovní v jednu. Z pravidla se však vždy vyskytuje 4, 5 nebo až 6 úrovní. [5]



Obrázek 1.1: Automatizační pyramida, převzato z [4].

Úroveň 0 - Výrobní proces: Zde probíhá výrobní proces. Zařízení, jako jsou senzory a akční členy, tento proces automatizují. Tato zařízení informují řídicí systém (např. PLC) úrovně 1 o jejich stavu (teplota, poloha/vzdálenost, otevřeno/zavřeno atd.). Rovněž provádí úkony po obdržení příkazu z PLC. Data se přenáší rychlostí v řádu milisekund nebo dokonce mikrosekund. [4, 5]

Úroveň 1 – Snímání a manipulace: Akční členy a senzory úrovně 0 jsou připojeny k PLC. Tato zařízení nepřetržitě provádějí programy, které čtou signály ze snímačů a zapisují do akčních členů. Podobně jako v předchozí vrstvě jsou tato zařízení umístěna vedle strojů a proto jsou robustní. Úroveň 1 přenáší informace jak do úrovně 0, tak i do úrovně 2. Frekvence přenosu do úrovně 2 nebo úrovně 0 může být od několika milisekund až po sekundy nebo minuty, v závislosti na potřebě vykonat proces, případně na potřebě získat informaci. Propojení mezi úrovní 1 a 2 je jedním z klíčových

aspektů konceptu Průmysl 4.0. Úroveň 1 v současné době nedisponuje velkými úložnými kapacitami, data se tak přenáší na úroveň 2 a pak se rozhoduje, zda je uložit na této úrovni, nebo na vyšších úrovních. [4, 5]

Úroveň 2 - Sledování a dohled: Druhá úroveň obsahuje systém SCADA. Tato zkratka znamená Supervisory Control and Data Acquisition system (systém pro dohledové řízení a sběr dat). Systém SCADA může v reálném čase monitorovat jedno nebo více PLC současně. Ze systému SCADA lze posílat příkazy jednomu nebo více PLC a koordinovat je společně. PLC na úrovni 1 budou zase řídit systémy, které jsou pod jejich kontrolou. SCADA obvykle přidává grafické uživatelské rozhraní neboli HMI (Human-Machine Interface). HMI je uživatelské rozhraní nebo panel, který spojuje osobu se strojem, systémem nebo zařízením. Základními příklady HMI jsou vestavěné obrazovky na strojích, počítačové monitory nebo tablety. [4, 5, 6]

Úroveň 3 – Výrobní operace a řízení: Předchozí úrovně jsou do značné míry spojeny s výrobními funkcemi. Na této úrovni jsou řídicí funkce vykonávány oddělením plánování. Tato úroveň obsahuje systém MOM (Operativní plánování a organizování výroby), který slouží k vytváření výrobních příkazů, které jsou nástrojem, díky němuž operátoři z oddělení výroby, logistiky a kvality vědí, co a kdy mají vyrábět. Zjednodušeně lze říci, že systém MES je součástí MOM. Tok informací se časově pohybuje v minutách až hodinách ve srovnání s předchozími úrovněmi, které se pohybovaly v minutách nebo méně. [4]

Úroveň 4 - Obchodní plánování a logistika: Softwarové aplikace v této úrovni jsou Enterprise Resource Planning (ERP, česky Plánování podnikových zdrojů) a Product Lifecycle Management (PLM, česky Řízení životního cyklu výrobku). Informace generované a dostupné na této úrovni využívá mnoho oddělení. Finanční oddělení může kalkulovat náklady, oddělení výzkumu a vývoje může navrhnout a aktualizovat vlastnosti výrobků. Vyšší management organizace využije data odtud k pochopení výkonnosti organizace. Úroveň 4 zahrnuje informace o zákaznících, dodavatelích, nabídkách, smlouvách, majetku, účetnictví, nákladech, řízení projektů atd. Časový rámec informací tedy může být od dnů, týdnů až po měsíce. [4, 5]

1.1.2 Klíčové vlastnosti systému MES

Systém MES pokrývá norma ISA95. V této normě je uvedeno 11 možných funkcí systému MES. Mezi tyto funkce patří dle [3, 7]:

1. **Správa zdrojů:** Umožňuje využívat data v reálném čase ke sledování a analýze stavu zdrojů, včetně strojů, materiálů a pracovní síly, a provádět tak úpravy v přidělování zdrojů.
2. **Detailní rozvrhování výroby:** Optimalizuje výkonnost plánováním, časováním a řazením činností na základě priorit a kapacity zdrojů.

3. **Dispečerské řízení:** Spravuje tok výrobních dat v reálném čase, aby bylo možné snadno provádět rychlé a kalkulované úpravy v dispečinku výroby.
4. **Správa dokumentace:** Správa a distribuce dokumentů, včetně pracovních pokynů, výkresů, standardních operačních postupů, záznamů o šaržích a dalších – tak, aby byly dostupné a upravitelné.
5. **Sběr dat a archivace:** Sleduje a shromažďuje data o procesech, materiálech a operacích v reálném čase, které lze využít k lepšímu rozhodování a zvyšování efektivity.
6. **Správa lidských zdrojů:** Sleduje rozvrhy, kvalifikace a oprávnění pracovníků a optimalizuje řízení práce s menšími investicemi času a zdrojů ze strany vedení.
7. **Řízení kvality:** Sleduje odchylky a výjimky v kvalitě pro lepší řízení kvality a dokumentaci.
8. **Procesní řízení:** Řízení celého výrobního procesu od vydání objednávky až po hotové výrobky. Zobrazuje přehled o úzkých místech a bodech, které ovlivňují kvalitu, a zároveň vytváří úplnou sledovatelnost výroby.
9. **Údržba:** Data ze systému MES lze využít k identifikaci potenciálních problémů se zařízením dříve, než nastanou, a upravit plány údržby zařízení, nástrojů a strojů, pro zkrácení prostoje a zvýšení efektivity.
10. **Genealogie a trasování výroby:** Sleduje vývoj svých výrobků a jejich genealogii pro informované rozhodování. Mít k dispozici údaje o úplné historii výrobku je velice užitečné pro výrobce, kteří musí dodržovat vládní nebo průmyslové předpisy.
11. **Výkonnostní analýza:** Porovnává výsledky a cíle, pro zjištění silné a slabé stránky celého procesu a využití těchto dat k zefektivnění systémů.

1.2 MES vs MOM

V oblasti výrobního průmyslu probíhala dlouhá diskuze ohledně rozdílu mezi termíny Manufacturing Operations Management (MOM) a Manufacturing Execution System (MES). Někteří odborníci jsou přesvědčeni, že tyto pojmy jsou v podstatě totožné a lze je používat jako synonyma a navrhují jejich sloučení do jednoho termínu. Další skupina má názor, že jeden z těchto termínů představuje vývoj druhého a že by měl nahradit starší verzi. [8]

MOM je zkratka pro Manufacturing Operations Management (Operativní plánování a organizování výroby). V užším slova smyslu se MOM vztahuje ke třetí vrstvě

ISA-95, tedy třetí úrovní automatizační pyramidy popsané na obrázku 1.1, souboru norem navržených Mezinárodní společností pro automatizaci, které slouží k přesnému porovnávání úrovně výroby na různých místech. [8]

V rámci ISA-95 je MES považován za podmnožinu MOM a odkazuje na jeden z mnoha vstupů, které jsou nutné k provozu dobře řízeného automatizovaného zařízení. [8]

Hlavním rozdílem mezi nimi je jejich rozsah. Systém MES je přímo spojen s událostmi ve výrobní hale. Software MES může výrobcům pomoci splnit větší cíle řízení výroby, ale jeho hlavním účelem je monitorovat, řídit a optimalizovat každodenní procesy uvnitř podniku pomocí dat. Naproti tomu MOM se zabývá především podnikovými operacemi jako celkem. Lze říci, že MOM je rozšířením MES; zahrnuje všechny základní funkce MES a také rozšířené funkce v oblasti logistiky (řízení skladu), kvality, sledování práce, údržby, integrace strojů a dodavatelského řetězce. [8, 9]

2 Systém ERP

Systém MES úzce souvisí se systémem ERP (Enterprise Resource planning). Jak bylo popsáno v předchozím textu pomocí automatizační pyramidy, systém ERP je ve vrstvě nad systémem MES. Systém MES umožňuje podnikům sledovat, monitorovat a shromažďovat přesná data o výrobním cyklu. ERP na druhou stranu zajišťuje páteř organizace tím, že zefektivňuje tok komunikace napříč všemi odděleními. Systém ERP dokáže řídit všechna oddělení: od účetnictví a financí až po skladové hospodářství, zásoby, prodej a nákup. Dále nabízí uživatelům přístup k datům v reálném čase a přehled o nich. [10]

Dnešní systémy ERP se jen málo podobají systémům ERP před desítkami let. Nyní jsou poskytovány prostřednictvím cloudu a využívají nejmodernější technologie - například umělou inteligenci (AI) a strojové učení, které zajišťují inteligentní automatizaci, vyšší efektivitu a okamžitý přehled o celém podniku. Moderní cloudový software ERP také propojuje interní operace s obchodními partnery a sítěmi po celém světě, což firmám poskytuje spolupráci, agilitu a rychlost, kterou dnes potřebují k tomu, aby byly konkurenceschopné. [11]

ERP systém poskytuje funkce, které jsou nezbytné pro efektivní provoz všech každodenních obchodních operací. Většina nebo veškerá data organizace by měla být uložena v ERP systému, aby poskytovala jediný zdroj informací napříč celým podnikem. Finance potřebují ERP systém k rychlé uzávěrce knih. Prodej potřebuje ERP k řízení všech objednávek zákazníků. Logistika spoléhá na dobře fungující ERP software pro dodávku správných produktů a služeb zákazníkům včas. Účetnictví potřebuje ERP k vyplácení dodavatelů správně a včas. Vedení potřebuje okamžitou viditelnost do výkonnosti společnosti, aby mohlo správně rozhodovat. A banky a akcionáři vyžadují přesné finanční záznamy, takže spoléhají na spolehlivá data a analýzu umožněnou ERP systémem. [11]

2.1 Struktura systému ERP

ERP systém je složen z integrovaných modulů, které mezi sebou komunikují a sdílejí společnou databázi. Každý modul se typicky zaměřuje na jednu oblast podnikání, ale pracují společně s použitím stejných dat, aby splnily potřeby výrobní společnosti. Finance, účetnictví, lidské zdroje, prodej, nákupy, logistika a dodavatelský řetězec jsou populárními výchozími moduly, které se implementují do ERP. Firmy si mohou vybrat a kombinovat moduly podle svých potřeb a mohou je přidávat a škálovat podle potřeby. ERP systémy také podporují specifické požadavky průmyslu, buď jako součást

základní funkcionality systému nebo prostřednictvím rozšiřujících aplikací, které se do systému integrují. Jednou z těchto rozšiřujících aplikací může být například i systém MES. [11]

2.1.1 Běžné moduly systému ERP

Systémy pro plánování podnikových zdrojů zahrnují řadu různých modulů. Každý modul ERP podporuje specifické oblasti podnikání, jako jsou finance, zásobování nebo výroba. Poskytuje zaměstnancům v daném oddělení transakce a potřebné informace pro jejich práci. [11]

Mezi nejčastěji užívané moduly patří moduly finance, prodej, výroba, logistika a řízení dodavatelského řetězce, servis, řízení lidských zdrojů (HR) nebo modul pro zdroje a nákupy.

- **Modul finance a účetnictví** je základním modulem většiny ERP systémů. Kromě správy hlavní knihy a automatizace klíčových finančních úkolů pomáhá firmám například efektivně uzavírat účetní knihy, generovat finanční zprávy, dodržovat normy pro rozpoznání příjmů, snižovat finanční rizika a mnoho dalšího.
- **Modul HR** (lidské zdroje) poskytuje základní funkce, jako jsou evidence pracovní doby a výplaty.
- **Modul pro zdroje a nákupy** centralizuje a automatizuje nákupy, včetně požadavků na nabídky, vytváření smluv a schvalování.
- **Modul prodeje** sleduje komunikaci s potenciálními zákazníky. Obsahuje funkce pro proces od objednání po inkaso, včetně správy objednávek, smluv, fakturace, řízení výkonnosti prodeje a podporu prodejního týmu.
- **Modul dodavatelského řetězce** sleduje pohyb zboží a materiálů v celém dodavatelském řetězci organizace. Modul poskytuje nástroje pro správu skladů v reálném čase, provozování skladů, dopravu a logistiku - a může pomoci zvýšit viditelnost a odolnost dodavatelského řetězce.
- **Modul servisu** zahrnuje nástroje pro správu vnitřní opravy nebo náhradních dílů. Také poskytuje analýzy, které pomáhají servisním zástupcům a technikům rychle řešit technické problémy ve společnosti nebo u zákazníka.
- **Modul výroby** je klíčovou složkou ERP softwaru. Pomáhá firmám zjednodušit složité výrobní procesy a zajistit, aby výroba byla v souladu s poptávkou. Tento modul obvykle zahrnuje funkce pro plánování potřeby materiálu, plánování výroby, řízení kvality a mnoho dalšího. [11]

2.2 Integrace MES a ERP

V dnešním výrobním prostředí se nejedná o MES versus ERP. MES a ERP společně přinášejí provozní přehlednost, kterou žádný ze systémů nemůže poskytnout sám o sobě. [3]

Systém ERP se zaměřuje na vytváření a správu plánů závodu včetně výroby, využití materiálu, dodávek a expedice a také na shromažďování informací o podniku. MES se naproti tomu zaměřuje na řízení a sledování výrobních operací a na podávání zpráv o činnostech výrobní linky v reálném čase. [3]

Systémy ERP a MES společně vytvářejí integrovaný ekosystém, který nabízí ucelený pohled na finance, zásobování, řízení dodavatelského řetězce, výrobní logistiku a další oblasti. Kombinace těchto informací zvyšuje agilitu a poskytuje robustní data, která zlepšují prognózy ve všech oblastech od prodeje přes využití aktiv až po řízení výroby. [3]

Systémy ERP poskytují data pro určení, jaké výrobky vyrábět, zatímco systém MES integruje data ERP s informacemi z výrobních hal a určuje, jak tyto výrobky vyrábět s menším plýtváním a vyšším ziskem. [3]

3 Současně využívané systémy MES

Společností dodávající software MES je v současnosti velké množství. Z tohoto důvodu není možné sepsat úplný výčet všech dodavatelů tohoto softwaru. Byli tak vybráni pouze nejvýznamnější dodavatelé ve světě.

Výběr nejvýznamnějších poskytovatelů softwaru MES není jednoznačná volba. Je třeba vzít v potaz různé parametry daných společností a jejich produktu, popřípadě produktů. Mezi takové parametry lze zařadit například celkové příjmy, geografický dosah, uvádění nových produktů na trh, tržní iniciativy a investice do modernizace technologií, partnerství a dalších činností souvisejících s trhem.

Mezi významné společnosti poskytující systém MES lze zařadit například společnost Tulip, GE Digital, AVEVA, Oracle Corporation, Siemens, ABB nebo SAP. Podrobněji popsána je společnost SAP SE, hlavně z důvodu jejího výrazného zástupu na trhu s informačními systémy. Společnosti SIEMENS AG a ABB byly detailně popsány především pro jejich významnost v České Republice.

3.1 SAP SE

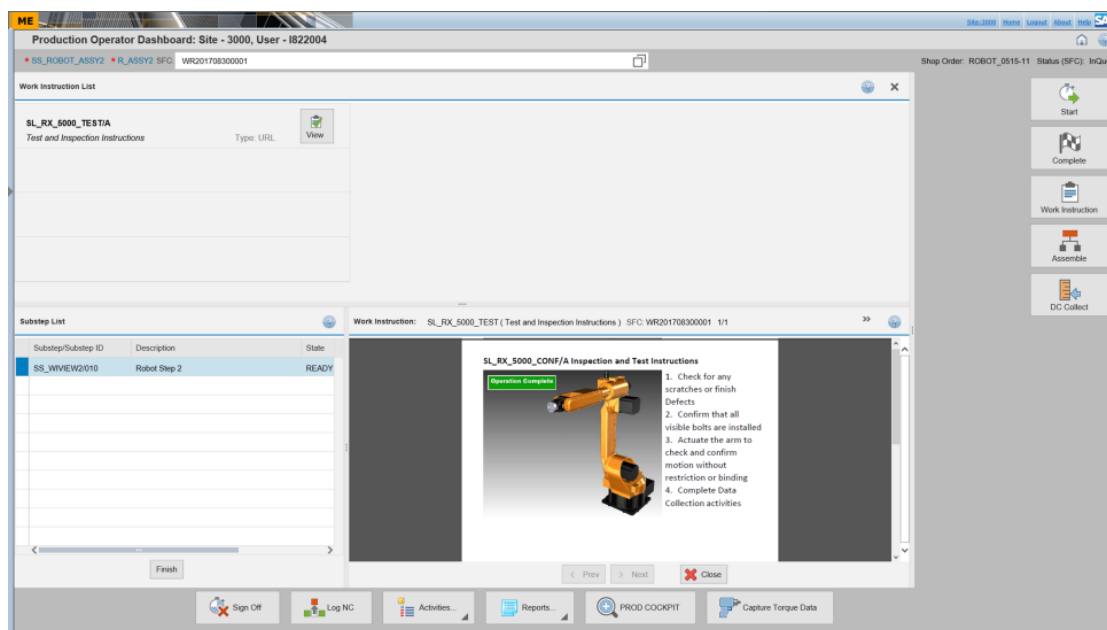
SAP SE je německá nadnárodní softwarová společnost se sídlem ve Walldorfu v Bádensku-Württembersku. Vyvíjí podnikový software pro řízení obchodních operací a vztahů se zákazníky. Společnost je předním světovým dodavatelem softwaru pro plánování podnikových zdrojů (ERP). SAP SE je podle tržeb největší neamerickou softwarovou společností a třetí největší veřejně obchodovanou softwarovou společností na světě. [12]

Po zavedení původního softwaru SAP R/2 a SAP R/3, společnost SAP vytvořila celosvětový standard pro plánování podnikových zdrojů (ERP). Dnes SAP S/4HANA posunuje ERP na vyšší úroveň díky výkonnému in-memory computingu, který umožňuje zpracování obrovských objemů dat a podporuje pokročilé technologie, jako je umělá inteligence (AI) a strojové učení. [12]

Společnost SAP ČR je dceřiná společnost SAP SE. Svoji pražskou pobočku otevřela v roce 1992 a dnes má již více než 1 300 zákazníků. SAP ČR zajišťuje obchodní aktivity včetně poradenství, implementace, školení a podpory zákazníků. Součástí SAP ČR je také brněnské vývojové centrum SAP Labs Česká republika, které je od roku 2016 součástí celosvětové sítě laboratoří SAP. Zabývá se podporou, lokalizací a vývojem produktů SAP S/4HANA včetně SAP Fiori, nového uživatelského prostředí pro software SAP. [12]

Jako hlavní a nejznámější produkt společnosti lze považovat jejich software SAP

ERP. Vedlejším produktem je software SAP Manufacturing Execution. Jedná se o vlastní systém MES, který je navržený pro řízení, monitorování a automatizaci výrobních procesů a operací. Mezi vlastnosti a výhody tohoto softwaru patří jeho zjednodušená integrace se softwarem SAP ERP, podrobný přehled o výrobě, možnost cloudové a lokálního nasazení. Software dále umožňuje snadněji a variabilněji vytvářet modely, které přesně odrážejí konkrétní proces, který je třeba analyzovat nebo simulovat. [12]



Obrázek 3.1: Ukázka rozhraní SAP MES

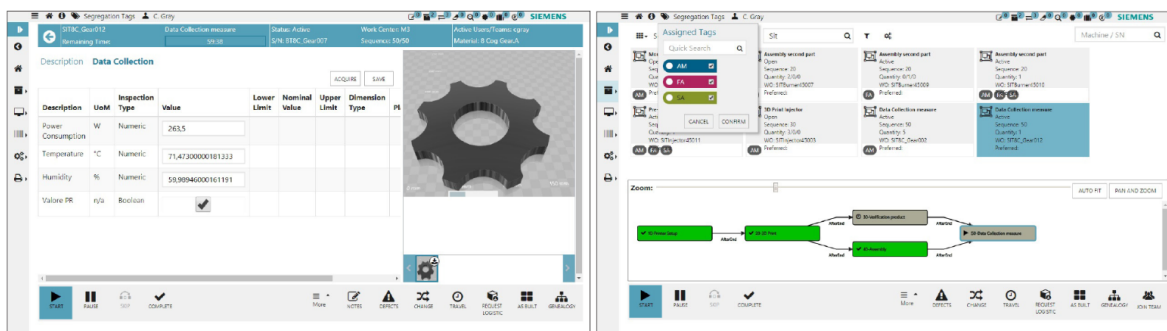
3.2 SIEMENS AG

Siemens AG je německý nadnárodní technologický konglomerát. Jeho aktivity zahrnují automatizaci a digitalizaci v procesním a výrobním průmyslu, inteligentní infrastrukturu pro budovy a distribuované energetické systémy, řešení pro železniční dopravu a také zdravotnické technologie a digitální zdravotnické služby. Siemens je největší průmyslovou výrobní společností v Evropě a drží pozici světového lídra na trhu průmyslové automatizace a průmyslového softwaru. [13]

Odvětví společnosti Siemens se zabývá produktovou řadou s názvem Opcenter. Opcenter je jednotné portfolio řešení pro řízení výrobních operací (MOM), sloužící k digitalizaci průmyslových podniků. Opcenter je možné rozdělit do několika různých řešení, patří sem například: Opcenter APS sloužící k plánování výroby, Opcenter Quality sloužící k plánování, monitorování a řízení kvality nebo Opcenter Intra Plant Logistics, který se stará o sklad a tok materiálů. Dalším řešením je Opcenter Execution, který vykonává funkci systému MES. [13]

Jakožto hlavní výhody Opcenter Execution společnost Siemens udává:

- Optimalizované seřazení - dosahování významného snížení doby cyklu tím, že se určuje a implementuje nejefektivnější seřazení výroby. MES také synchronizuje výrobní procesy napříč dodavatelským řetězcem.
- Rozdělování a kontrola zdrojů - správa a sledování pohybu a skladování materiálů, položek ve výrobě a hotových výrobků. Tyto schopnosti zlepšují využití zdrojů a minimalizují ztráty.
- Sledování výroby - sledování a zaznamenávání stavu výroby a rozložení práce, včetně prokazování a dokumentování regulačních a kvalitativních požadavků. Funkcionalita MES umožňuje sledovat pohyb komponent a jejich použití v rámci každého výsledného produktu.
- Výkonost zařízení a personálu - sledování využití zdrojů na základě uplynulého času používání a výrobních množství. Dále sledování požadavků na školení a certifikaci personálu a koordinace pracovních úkolů tak, aby se optimalizovala produktivita práce.
- Analýza výkonosti - poskytování aktuálního hlášení o skutečných výrobních operacích a porovnávání historických a očekávaných výsledků. Zpětná vazba v reálném čase umožňuje rychlé identifikování a řešení výrobních problémů.



Obrázek 3.2: Ukázka rozhraní Opcenter Execution

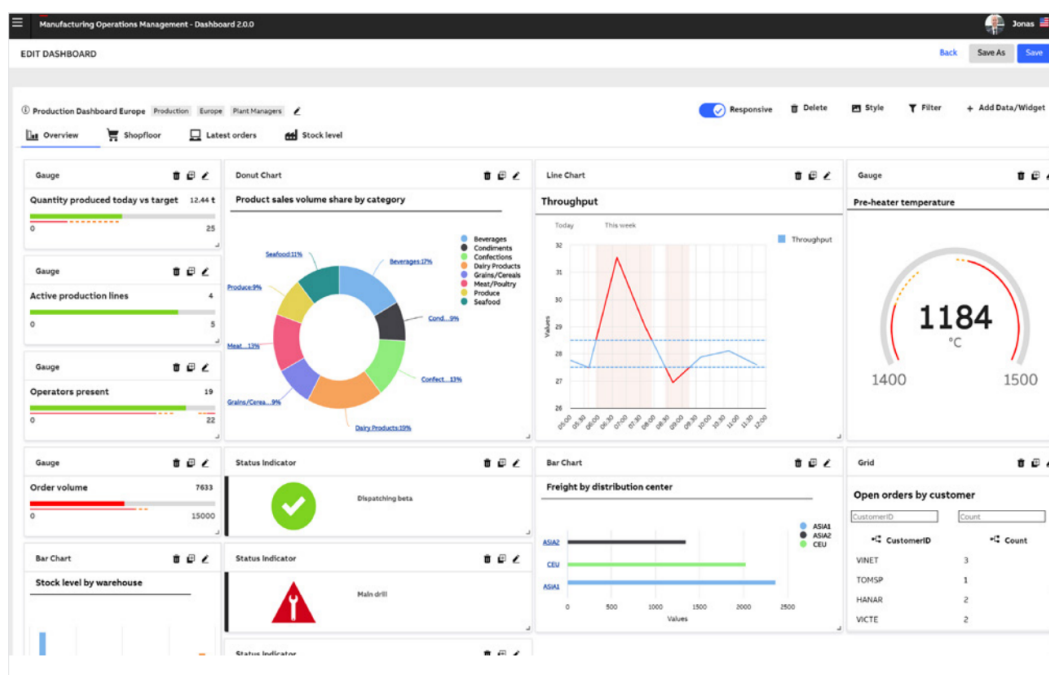
3.3 ABB Ltd.

ABB Ltd. je švédsko-švýcarská nadnárodní společnost se sídlem ve Västeråsu ve Švédsku a v Zürichu ve Švýcarsku. ABB má celkem 21 divizí zabývajících se různými produkty. Tyto divize lze rozdělit do čtyř globálních oblastí podnikání:

- Elektrifikace - Nabídka zahrnuje digitální a propojené inovace pro nízké napětí, včetně infrastruktury pro elektromobily, solárních měničů, modulárních rozvodných stanic, automatizace distribuce, ochrany elektrického napětí, příslušenství pro vedení elektrického proudu, rozvodny, skříně, kabely, senzory a řízení.

- Pohony - ABB poskytuje zákazníkům kompletní sortiment elektrických motorů, generátorů, pohonů a služeb, stejně jako integrovaná digitální řešení pro pohonné ústrojí. Slouží širokému spektru automatizačních aplikací v dopravě, infrastruktuře a diskrétním a procesním průmyslu.
- Automatizace procesů - Společnost ABB nabízí širokou škálu řešení pro průmyslové odvětví, včetně specifických integrovaných automatizačních, elektrifikačních a digitálních řešení, technologií řízení, softwaru a pokročilých služeb, stejně jako měření a analýzy a nabídek pro námořní průmysl.
- Robotika a automatizace - ABB poskytuje přidanou hodnotu v oblasti robotiky, strojní a tovární automatizace. Společnost se zaměřuje na inovace, jež zahrnuje rozsáhlou práci v oblasti umělé inteligence.

Společnost ABB nabízí software MES, jakožto klíčový komponent jejich ABB Ability™ Manufacturing Operations Management (MOM). Přínos tohoto softwaru je dle společnosti ABB výrobní flexibilita pro efektivnější dodavatelské řetězce, průhlednost operací a přesné výrobní pokyny, viditelnost výroby, zlepšená kvalita výrobků, spolehlivost a sledovatelnost.



Obrázek 3.3: Ukázka rozhraní ABB Ability MOM

4 Případové studie

Pro přiblížení funkce systému MES a jeho přínosu pro výrobní společnosti byly nalezeny veřejně dostupné případové studie týkající se implementace tohoto systému do podniku. Každá tato studie obsahuje stručné informace týkající se samotného podniku, zaváděného systému MES a hlavně výhod, jež toto zavedení přinese.

4.1 MES MERZ ve společnosti OLMA

Tato případová studie popisuje implementaci systému MES od společnosti Merz s.r.o. do výroby v podniku OLMA, a.s.

Společnost OLMA se zabývá zpracováním mléka s denní kapacitou až 400 tisíc litrů mléka. Do roku 2013 OLMA využívala pouze papírový systém. Nevýhodou tohoto systému je však vysoká pracnost, nepřesnost, chybovost a neaktuálnost dat. Vedení společnosti se tak rozhodlo nasadit systém sběru výrobních dat, pro jehož realizaci byla vybrána společnost Merz s.r.o.

Cílem zavedení systému MES Merz bylo získání informací o stavu balícího procesu v reálném čase a pomocí těchto informací dále tento proces zlepšovat. Projekt byl implementován a spuštěn za tři a půl měsíce.

Po nasazení systém MES dodával přesné informace o stavu balícího procesu celkem na šesti sledovaných linkách. Ulehčení práce systém MES přinesl obsluze strojů a mistrům oddělení, jelikož nebylo třeba ručně zapisovat různé údaje. Mezi údaje, které nyní monitoruje systém MES patří veličiny popisující stav stroje (výroba, prostoj, čištění), počet vyrobených kusů, dobu mezi dokončením dvou po sobě jdoucích výrobků (tj. výrobní takt) a typ poruchy. Tyto údaje jsou dále zpracovávány do online reportů dostupných určeným pracovníkům.

Dalším přínosem systému MES je jeho kooperace s již zavedeným systémem Profylax, který slouží k evidenci údržeb strojních zařízení. Díky této kooperaci je zlepšen přehled o nutných údržbách, preventivních zásazích a opravách.

Zefektivnění práce MES přinesl manažérům výroby, kteří mohou importovat excelové výrobní plány přímo do systému MES. Jelikož je celý systém online, vedoucí výroby mají ke všem terminálům přístup z jednoho místa.

V případové studii jsou mimo jiné uvedeny i plány do budoucnosti, které by přinesly například napojení ERP systému nebo zavedení check-listů. [14]

4.2 PROXIA MES ve společnosti MEBA

Tato případová studie popisuje implementaci systému MES od firmy PROXIA do výroby společnosti MEBA Metall-Bandsägemaschinen GmbH.

Společnost MEBA byla založena v roce 1958 a zabývá se strojovým řezáním kovových pásů. Původní systém, který se používal pro řízení strojů a montážních pracovišť, byl již zastaralý. Velká část dat byla pečlivě analyzována ručně v programu Excel. Ukázalo se, že stávající způsob získávání výrobních dat je vzhledem k různorodým přáním zákazníků a jednotlivým výzvám již neudržitelný. Hlavním cílem implementace systému MES byla větší transparentnost sledování, validní analýza a lepší sběr dat ze strojů a dílny.

Dle požadavků zákazníka firma PROXIA implementovala několik komponentů. Jednalo se o MDE (sběr dat ze strojů), BDE (sběr produkčních dat), reporty (produkční kokpit, OEE), Proxia XI gateway. MDE zajišťuje analýzu dat o strojích a optimalizaci výroby. Díky MDE lze stroje a systémy dokonale monitorovat. Zatímco se pracovník věnuje svému stroji, záznam MDE běží automaticky na pozadí. To znamená, že výrobní data v systému MES nebo ERP mohou být vždy aktuální – zvyšuje se včasnost dodávek a produktivita.

BDE zaznamenává aktuální stav ve výrobě nebo montáži. Všichni uživatelé jsou tak neustále informováni o aktuálním stavu výroby. Díky bezproblémovému zaznamenávání procesu, lze díky možnostem včasného varování, monitorování a hlášení identifikovat slabá místa a rychle zahájit vhodná opatření. Další významnou výhodou je propojení systému BDE se softwarem řídicího centra nebo se systémem ERP. Obousměrná výměna dat usnadňuje následné výpočty dokončené zakázky. [9] Protože systémy průmyslu 4.0 vyžadují komunikaci prostřednictvím OPC-UA, ale mnoho strojů a systémů může komunikovat pouze na základě jiných technologií, komponent XI gateway od společnosti PROXIA transformuje různé typy komunikace a protokolů do OPC-UA, čímž jednoduše a nekomplikovaně zpřístupňuje data strojů pro systémy průmyslu 4.0. [15]

5 Implementace systému MES

Hlavním cílem této diplomové práce je popis implementace systému MES do konkrétní společnosti. Dodavatelská společnost, tj. člen, který vlastní, vyvíjí a implementuje konkrétní systém MES, si přála zůstat v anonymitě. Z toho důvodu v textu bude nadále označována pouze jako dodavatelská společnost.

Dodavatelská společnost byla vybrána především kvůli již zavedené spolupráci se Západočeskou univerzitou v Plzni. Společnost, do které byl systém implementován, byla zvolena po konzultaci se zástupci dodavatelské společnosti. Jedná se o společnost Safran Cabin CZ s.r.o., zabývající se výrobou a montáží interiérů do letadel. Tato volba byla provedena zejména pro vhodnost popisu implementace systému MES. Dále zde vyhovovala ochota spolupráce a lokace společnosti. Implementace systému MES již oficiálně proběhla a další rozvoj tohoto systému ve společnosti Safran Cabin CZ nadále probíhá.

Údaje uvedené v této a následujících kapitolách jsou pouze pro ilustrativní účely a nepředstavují skutečná čísla. Slouží jako hypotetický příklad k demonstraci potenciálních scénářů/schopností nástroje.

5.1 Dodavatelská společnost

Dodavatelská společnost poskytuje specializované IT aplikace a řešení pro výrobní a logistické organizace. Jejich hlavním cílem je optimalizovat výrobu a logistiku jejich zákazníků pomocí vlastních softwarových nástrojů. Specializují se na komunikaci mezi firmami (B2B), správu skladů, plánování výroby, kvality a logistiky.

Tato společnost nabízí mnoho různých produktů. Mezi ně patří například produkt **Sappy**. Jedná se o soubor šablon, pomocí kterých je možné flexibilně přizpůsobit prostředí SAP ve společnosti.

Dále nabízí například implementaci produktu **EDI as a Service**. EDI (Electronic Data Interchange) je obecně definována jako elektronická výměna obchodních informací za použití standardizovaného formátu. Jedná se o proces, který umožňuje jedné společnosti posílat informace druhé společnosti elektronicky, nikoli na papíře. Výhodou EDI as a Service je mimo jiné možnost integrace do systému SAP. [16]

Díky spolupráci s japonským partnerem Asprova, dodavatelská společnost nabízí implementaci systému **Asprova APS**. Tento systém je využíván především na efektivní plánování výroby.

5.1.1 DCIx

Nejdůležitějším produktem dané společnosti je pro tuto diplomovou práci produkt DCIx. DCIx je produkt v oblasti řízení výrobních operací (MOM), který zahrnuje řadu funkcionalit, včetně řízení interních logistických procesů (WMS), on-line připojení strojů a sběru dat z výroby (MES), řízení kvality (QMS), řízení expedice v módech Just In Time a Just In Sequence (JIT/JIS), operativního plánování a organizace výroby (PPS), řízení nakládky a vykládky pomocí grafických plánovacích tabulí (YMS) nebo automatického řízení pohybu manipulačních jednotek a využívání technologií pro automatizaci skladových procesů. [17]

DCIx umožňuje standardní integraci s různými typy informačních systémů, jako jsou ERP, APS, EDI, docházkové systémy a systémy pro expedici. Navíc nabízí rozhraní pro technologická zařízení, jako jsou automatické skladovací systémy, dopravníky, bezobslužné manipulační techniky, závory, třídiče, bezobslužné vozíky, Pick by Light, Pick by Voice, skenery a váhy. [17]

DCIx také přináší přednastavené procesy pro jednotlivá odvětví na základě osvědčených postupů v konkrétním průmyslovém sektoru. Dodavatelská společnost, jako vývojář tohoto produktu, využívá více než dvacetileté zkušenosti zejména v automobilovém a plastikářském průmyslu, strojírenství, distribuci a logistických společnostech. [17]

5.1.2 DCIx MES

DCIx MES je informační systém navržen pro podrobné sledování průběhu výroby. Tento systém sleduje aktuální stav výrobních zakázek, situaci na jednotlivých výrobních strojích, aktuální přidělení pracovníků k jednotlivým zakázkám a objem rozpracované výroby. Informace o dokončení zakázek, počtu vyrobených kusů, vadných kusů, pracovních hodinách a přestávkách, včetně jejich příčin, jsou získávány buď od pracovníků nebo automaticky ze strojů. [18]

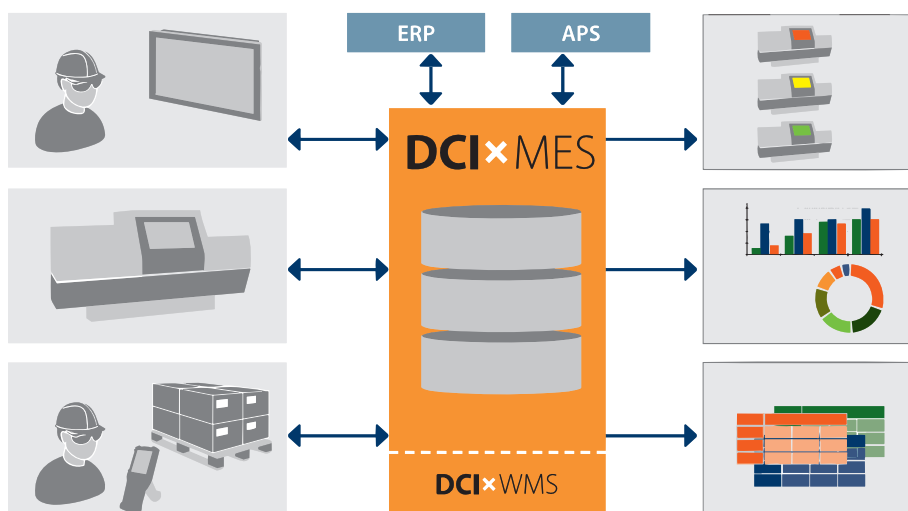
DCIx MES dokáže navazovat spojení s různými typy strojů, a to bez ohledu na jejich úroveň vybavenosti. Moderní stroje často disponují integrovaným řídicím systémem, který umožňuje komunikaci pomocí různých datových rozhraní, jako jsou Ethernet, sériové sběrnice nebo USB. U starších strojů se informace získávají přímo z ovládacího panelu a z vestavěných snímačů a relé. Pokud jsou stroje bez možnosti přímého připojení, lze je dodatečně vybavit spínači a snímači, které jsou speciálně určeny pro komunikaci s DCIx MES. [18]

Pracovníci v systému DCIx MES komunikují pomocí dotykových terminálů. Každý pracovník se přihlašuje pod svým osobním účtem, obvykle prostřednictvím docházkové karty a vybírá si z nabídky akcí a důvodů. Dotykový terminál je vybaven snímačem čárových kódů nebo čipových karet, což usnadňuje rychlé a pohodlné zadávání dat.

Grafické rozhraní na terminálu je plně konfigurovatelné a zobrazuje pouze funkce relevantní pro konkrétního pracovníka a aktuální stav jeho práce. Tato jednoduchost ovládání má několik výhod. Pracovník může rychle a snadno zadávat potřebné údaje, což minimalizuje jeho ztrátu času. Taktéž se snižuje riziko chyb, protože čím méně možností má pracovník na výběr, tím méně chyb může udělat. Kromě toho se zkracuje čas potřebný pro školení nových pracovníků, protože systém je intuitivní a snadno se naučí obsluhovat. [18]

Klíčovým prvkem DCI_x MES jsou reportovací nástroje, které zahrnují tvorbu pracovních výkazů a analýzu dat. Pracovní výkazy poskytují aktuální přehled o stavu výroby a umožňují podrobnou analýzu získaných dat. Okamžitý přehled lze prezentovat nejen v tabulkové formě, ale také graficky, například na velkých obrazovkách s vizuálním zobrazením pracujících strojů nebo pracovníků. Reporty, které se týkají pracovníků, strojů, jednotlivých dílů nebo zakázek, lze využít pro pozdější analýzy. Tyto analýzy umožňují odhalit problémové oblasti ve výrobním procesu a umožňují řešení těchto problémů. Navíc je snadné sledovat vliv jednotlivých změn ve výrobním procesu a určit jejich přínos. Hlavním přínosem DCI_x MES je umožnit efektivní řízení výroby tím, že poskytuje aktuální informace o stavu výroby a umožňuje detailní analýzu dat pro zlepšení procesů. [18]

Hlavním benefitem DCI_x MES je těsná integrace s DCI_x WMS pro skladové řízení, což umožňuje zákazníkovi získat přehled o současném stavu výroby, rozpracovaných zakázkách a umístění zásob u strojů ve výrobním procesu i na skladu. Samozřejmě, že není opomenuto propojení s ostatními informačními systémy typu ERP nebo APS. [18]



Obrázek 5.1: Propojení DCI_xMES, převzato z [18]

5.2 Safran Cabin CZ s.r.o

Safran S.A. je mezinárodní technologická skupina, která působí v oblasti letectví (pohony, vybavení a interiéry), obrany a vesmíru. Safran má celosvětovou působnost, 83 000 zaměstnanců a tržby ve výši 19,0 miliard eur v roce 2022. Společnost Safran realizuje výzkumné a vývojové programy, aby zachovala environmentální priority svého plánu výzkumu a vývoje a inovací. [19]

Safran Cabin CZ s.r.o. je společnost skupiny Safran, která se zabývá návrhem a výrobou interiérů a vybavení kabin pro letadla. Ve společnosti se specializují na výrobu kuchyňských modulů a šatních skříní, zejména pro letadla rodiny Airbus A320, a rovněž na tvorbu odpočinkových prostor pro posádky větších letadel typu Airbus A330. V roce 2011 získala významný kontrakt, který jí poskytl výhradní právo dodávat kuchyňské moduly pro nový typ letadla A320. Společnost byla před rokem 2018 známa jako Zodiac Aerospace. V roce 2018 ji převzala skupina Safran a v březnu 2019 došlo k jejímu oficiálnímu přejmenování na Safran Cabin CZ s.r.o. K roku 2023, tato společnost zaměstnává přes 1000 zaměstnanců. [20]



Obrázek 5.2: logo Safran

5.3 Důvody implementace systému MES

Ve společnosti Safran probíhá výroba kuchyňských linek, šatních skříní nebo toalet do letadel. Tato výroba spočívá v manuální montáži těchto produktů, nejedná se tak o výrobu sériovou. Z tohoto důvodu může být výroba náročnější na manuální zručnost zaměstnance. Zároveň je zde však kladen důraz i na celkový přehled o tom, kdo co dělá. Zatímco u sériové výroby je zřejmé, že operátor na daném místě dělá danou činnost, v případě této výroby připadá v úvahu, že operátor na daném místě může provádět několik různých činností. Byla třeba zařídit přehledná sledovatelnost výrobku a práce zaměstnanců. Právě z tohoto důvodu se společnost Safran rozhodla spolupracovat se společností dodávající DCIx MES a proběhlo rozhodnutí o jeho implementaci. Pomocí softwaru MES je manažér výroby schopný přehledně sledovat momentální stav výroby a má okamžitý přehled o všech prostojích a problémech řešených na daných stanovištích. Implementace systému přineslo i několik dalších výhod, ty jsou shrnuty v kapitole 7.



Obrázek 5.3: Probíhající montáž v Safranu

5.4 Popis implementovaného DCIx MES

Výroba ve společnosti je rozdělena do několika různých oddělení a pracovních stanovišť. V každém stanovišti probíhá jiný druh činnosti. Na stanovištích jsou umístěny HMI (Human Machine Interface) panely, jejichž pomocí jsou dělníci schopni interagovat se systémem MES. Pro interakci se systémem se musí každý zaměstnanec nejprve přihlásit svou zaměstnaneckou kartou prostřednictvím skeneru, náležícímu danému HMI panelu. Zaměstnanec je pak schopný vybrat z několika různých činností, jako například zahájení a ukončení operace, ukončení směny atd.

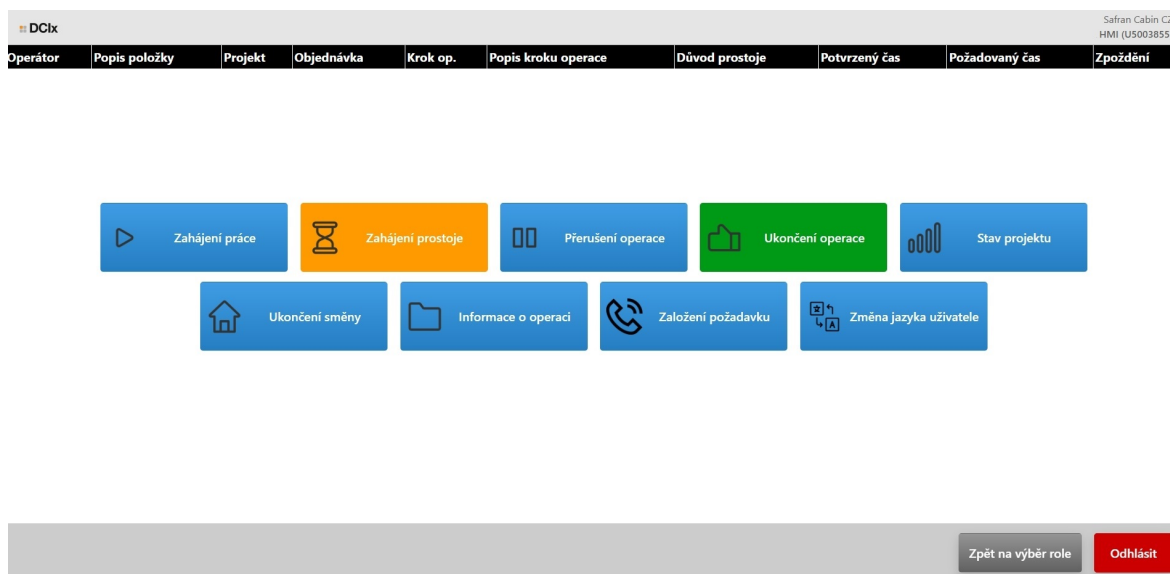
Je zřejmé, že nelze implementovat naprosto totožný systém MES do různých společností. Každý zákazník má jiný druh a procesy výroby, jiné možnosti a s tím souvisí tedy i jiné požadavky na implementovaný systém MES. DCIx MES je dostatečně variabilní software, který je schopný vyhovět různým požadavkům zákazníka a je tak možné ho různě přizpůsobit.

Systém je tvořen takzvanými transakcemi. Tyto transakce si lze představit jako různé bloky, které si zákazník může do jisté míry vybrat dle svých požadavků a vytvořit si tak vlastní MES systém nejlépe vyhovující jeho požadavkům. Pro detailnější vysvětlení všech implementovaných funkcí budou popsány vybrané transakce, díky kterým je uživatelská společnost schopna čerpat hlavních výhod systému MES.

5.4.1 Produkční transakce

Hlavní funkce systému jsou realizovány produkčními transakcemi. Ty jsou zobrazeny na HMI panelu po přihlášení uživatelem. Jednotlivé transakce jsou uživateli nabídnuty

na základě jeho role. Mezi základní definované role patří role Operátora nebo Team Leadera. Transakce pro tyto role jsou podrobně rozebrány v následujících kapitolách.



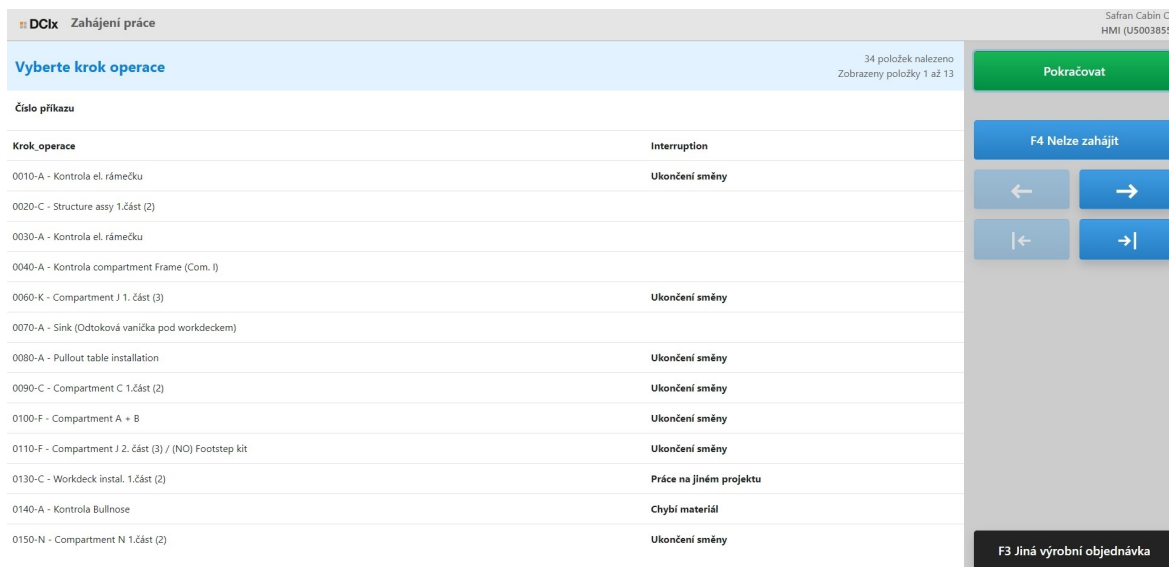
Obrázek 5.4: Menu Operátora

5.4.1.1 Zahájení práce

Tato transakce je používána pro zahájení práce na konkrétní výrobní operaci. Uživatel zahájí transakci jejím zvolením na HMI panelu a následně naskenuje QR kód výrobní operace, který je předtištěný z firemního ERP.

Po naskenování systém v první řadě zkontroluje uživatelské dovednosti. Uživatel může zahájit práci na základě dovedností přiřazených k jeho účtu. Jako dovednost je v tomto případě uživateli zapisováno přímo číslo dané operace (dále označováno jako TaskNumber). To znamená, že je-li v dovednostní tabulce zaznamenána kombinace TaskNumberu a přihlášeného uživatele, systém bude pokračovat v ověření další podmínky. Pokud uživatel není zaučen na danou operaci, systém zahlásí chybu a uživatel není schopen zahájit práci. Přiřazení TaskNumberu k uživateli v dovednostní tabulce je možné pomocí transakce Uživatelské dovednosti. Dovednosti zaměstnanci přiřazuje po provedení zaškolení Team Leader.

Systém nadále kontroluje zda je stav výrobní operace ve stavu "Zahájeno". Pokud technolog výroby již nastavil výrobní operaci do stavu "Zahájeno", systém poté poskytne uživateli seznam pracovních kroků výrobní operace, ze kterého si uživatel vybere jeden. Po výběru pracovního kroku se v systému zahájí výkaz práce, jehož čas je zaznamenáván.



Obrázek 5.5: Zahájení práce

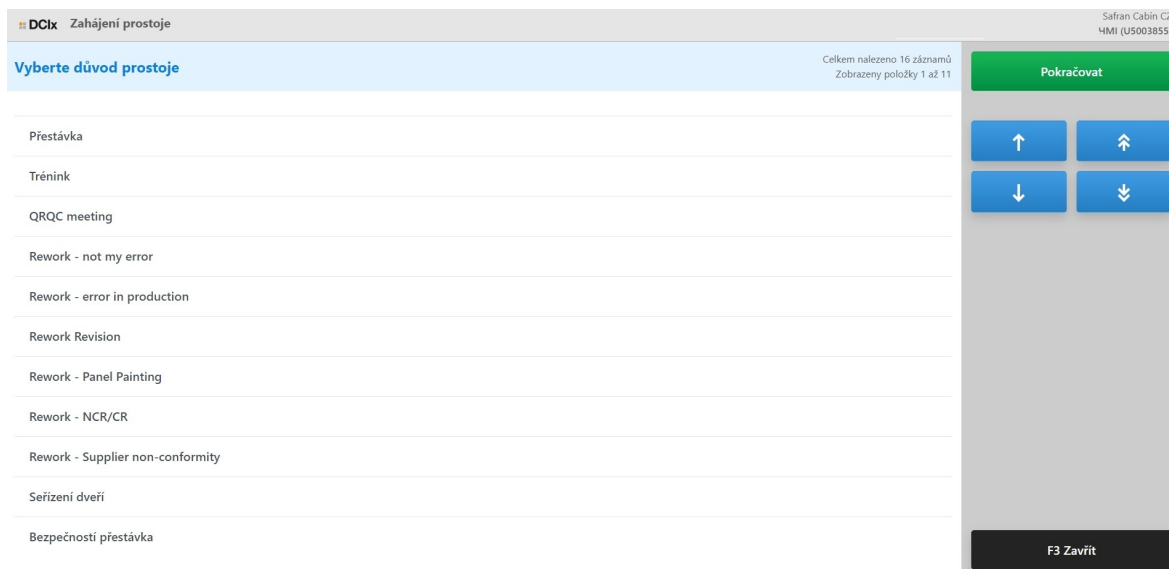
5.4.1.2 Zahájení prostoje, Přerušení operace, Ukončení směny

Tato transakce je určena k zahájení prostoje na výrobní operaci, která je již částečně dokončená. Když uživatel spustí tuto transakci, systém mu nabídne seznam důvodů pro prostoj. Poté, co uživatel vybere požadovaný důvod, systém provede ukončení výkazu práce a spustí nový výkaz typu prostoj s vybraným důvodem a měří jeho čas. Současně systém zaznamená zvolený důvod prostoje. Mezi důvody může patřit například zaměstnanecká přestávka, trénink, schůzka atd.

Po skončení prostoje zaměstnanec přijde na stanoviště, přihlásí se a pokračuje v rozdělané práci zvolením transakce Zahájení práce. Pokračuje tedy v práci, kterou si zvolil před zahájením prostoje.

Transakci Přerušení operace uživatel zvolí v případě, že již není z nějakého důvodu (například chybějící materiál, chybná součástka, chybná dokumentace atd.) možné pracovat na daném pracovním kroku. Po spuštění transakce uživatel vybere důvod přerušení a systém zaznamená časové údaje o době strávené na práci, přeruší provádění aktuálního kroku operace a zaznamená důvod přerušení. Uživateli je následně zobrazena možnost vybrat další krok v rámci výrobní operace. Přerušovaný krok je možné obnovit v budoucnu stejným či zcela jiným uživatelem.

Jako speciální transakci lze uvést ukončení směny. Ta funguje obdobně jako přerušování operace, ale již zde není třeba vybírat důvod přerušování (důvodem je vždy ukončení směny).



Obrázek 5.6: Zahájení prostoje

5.4.1.3 Ukončení operace

Ukončení operace je transakce používaná k dokončení pracovního kroku výrobní operace. Po spuštění transakce uživatel zadá informace o ukončení kroku, včetně případného množství vyprodukovaných výrobků. Systém pak ukončí všechny probíhající výkazy práce a prostoje spojené s tímto krokem, aktualizuje jeho stav na "Dokončeno", zaznamená dobu trvání výkazu a umožní uživateli vybrat další krok v rámci výrobní operace. V případě, že se jedná o poslední krok operace, uživatel je upozorněn a vybídnut k naskenování další výrobní operace.

5.4.1.4 Informace o operaci

Transakce Informace o operaci slouží k zobrazení informací o probíhající práci. Zobrazuje odkazy na dokumenty ve formátu PDF obsahující například pracovní instrukce nebo kartu kvality k aktuálně prováděné výrobní operaci.

DCIx Informace o operaci Safran Cabin CZ
HMI (U5003855)

Instalovat vše z výkresu STRUCTURE ASSY.

V průběhu operace rozpojit galley (přední a zadní část).

MIMO:

- Profilu k workdecu 603852-13
- Madla
- Panel Assy (hokejka)
- Sump
- Sink
- Trojúhelníku (air gasper/ spigot)
- Close panel (com. I)
- Guide rail

NAVÍC:

- Profil z Waste compart. N
- Dlouhý boční profil z com. J (bez spodní části, instaluje se společně s (NO) Footstepem)
- Horní profil z com. A - B
- Top attachment

INSTALUJ VČETNĚ:

Projekt: PMP999999
Skupina příkazů: S3_DRA_ROOT
Operace: 0020-C
Název operace: Structure assy 1.část (2)

Pokračovat

F4 Pracovní instrukce

F5 Kvality karty

F6 Obrázky

F8 Obnovit

Obrázek 5.7: Informace o operaci

5.4.1.5 Stav projektu

Transakce Stav projektu nabídne seznam běžících výrobních operací spadající k danému stanovišti. Po zvolení výrobní operace uživatelem, systém nabídne seznam existujících pracovních kroků. Ke každému kroku je uveden stručný popis a aktuální stav.

DCIx Stav projektu Safran Cabin CZ
HMI (U5003855)

23 položek nalezeno
Zobrazeny položky 1 až 13

Projekt: PMP999999
Položka: TEST_ITEM
Výr. Objednávka: PM9999999

Popis položky: Test item **114%**

State	Operace	Popis_operace	Důvod_přerušení	Efektivita
Finished	0010-B	Elektro instalace 1.část (3)		377%
Finished	0050-B	NO Air extraction 1.část (2)		13%
Started	0060-A	Potable water inst. - voda 1.část (3)	Vadný díl	
Started	0070-A	No steam oven	Ukončení směny	
Started	0080-A	Elektro instalace 2.část (3)	Nedokončená operace	
Finished	0090-A	Waste water inst. - odpad 1.část (2)		463%
Started	0100-B	Fresh air instalation 1.část (2)	Ukončení směny	
Started	0110-B	Elektropanel	Chybná dokumentace	
Started	0120-A	Potable water inst. - voda 2.část (3)	Ukončení směny	
Started	0130-A	Compartment E - F	Chybí materiál	
Released	0150-A	Elektro instalace 3.část (3)		
Started	0160-A	Kontrola červených bodů		
Released	0170-A	Compartment I		

Pokračovat

F8 Obnovit

← →

|← →|

F3 Zavřít

Obrázek 5.8: Stav projektu

5.4.1.6 Změna jazyka

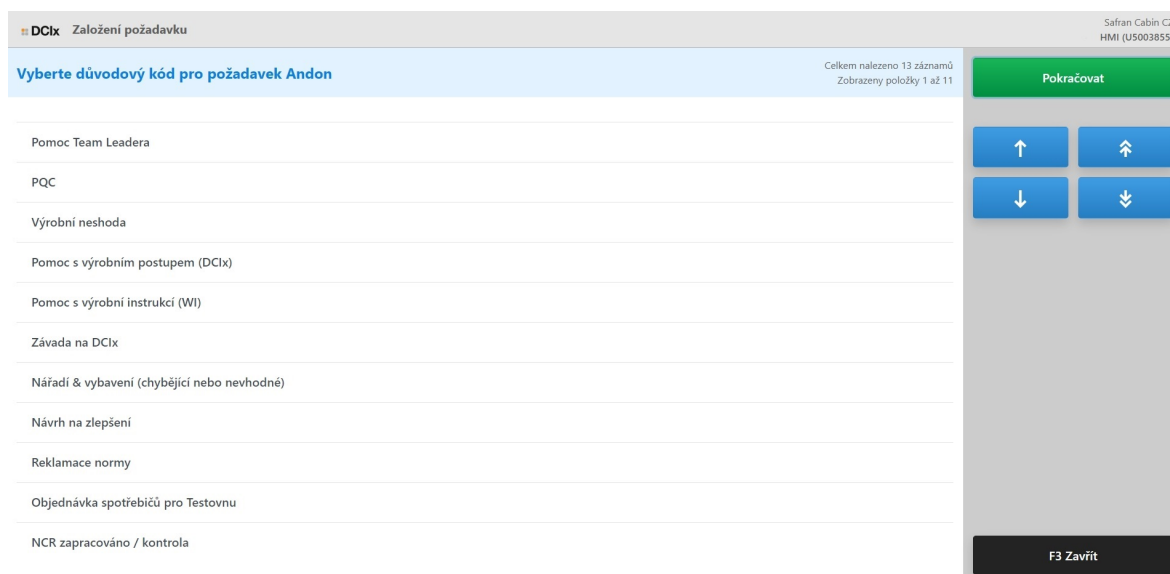
Každý uživatel bez ohledu na roli má k dispozici transakci Změny jazyka. Systém momentálně nabízí šestnáct různých jazyků, do kterých je celé prostředí přeloženo. Pracovníci často využívají nerodný jazyk, což přispívá k jeho procvičení a minimalizuje se tak jazyková bariéra mezi zaměstnanci různých národností.

5.4.2 Andony

Speciální funkcí využívanou ve výrobě jsou andony. Andon v oblasti výroby označuje systém, který upozorňuje manažery, údržbu a další pracovníky na problém s kvalitou nebo procesem. Díky andonům je uživatel schopný efektivně nahlásit problém ve výrobě a zažádat tak o pomoc nejvhodnější osoby.

Z panelu HMI může uživatel pomocí transakce Vytvoření požadavku požádat o pomoc. Uživatel vybere kód důvodu z nabídky a definované osobě je odeslán email s informací o vytvoření požadavku. Osoby, jimž přijde email jsou definovány na základě příslušné tabulky. Tabulka je složena ze dvou sloupců, v prvním sloupci jsou rozděleny kódy důvodů na jednotlivé skupiny. Ke každé této skupině je do druhého sloupce přiřazen vhodný uživatel, kterému přijde email. Do druhého sloupce lze také použít funkci "nadřazený zaměstnanec", která posílá email přímo nadřazenému pracovníkovi uživatele, jež vytvořil požadavek.

Jednotlivé požadavky se ukládají a je tak možné s nimi dále pracovat. Uživatel je schopný po vyřešení problému požádat o uzavření andonu. Dále je možné požádat o přiřazení andonu konkrétní osobě nebo o jeho přeposlání dalším osobám.



Obrázek 5.9: Založení požadavku (Andonu)

5.4.3 Transakce Team Leadera

Team Leader má k dispozici jiné transakce než operátor ve výrobě. Mezi společné transakce patří Stav projektu, Změna jazyka a Tvorba andonu (Team Leader má navíc oproti operátorovi právo andon uzavřít). Dále má vedoucí týmu k dispozici transakce Školení uživatelů, Přiřazení a Oddělení operátorů k Team Leaderovi, Uvolnění pracovního kroku a Adminovské uzavření operace.

Aby mohl operátor pracovat na dané operaci je třeba ho zaškolit. Po zaškolení musí Team Leader do systému zadat činnost na kterou byl operátor zaškolen pomocí transakce Školení uživatelů, aby jí následně mohl operátor v systému volit a pracovat na ní.

Transakce Přiřazení a Oddělení operátorů k vedoucímu týmu slouží k definování podřízených daného vedoucího týmu.

Uvolnění pracovního kroku je transakce, která má za úkol znovu otevřít již uzavřený pracovní krok. Tato situace může nastat například v případě, že operátor omylem ukončí pracovní krok, který ještě nedokončil. V tom případě požádá vedoucího týmu, který je schopný krok znovu uvolnit.

Transakce Adminské uzavření operace automaticky vyhledá všechny neuzavřené pracovní kroky pro danou operaci a ukončí je. Tato transakce se používá v případě, že je všechna práce na operaci hotová, ale operátor zapomněl některý z kroků uzavřít.



Obrázek 5.10: Menu Team Leadera

5.4.4 Kmenová data

Pro správnou funkci systém DCIx MES je třeba nadefinovat všechna potřebná kmenová data. Jedná se o informace, které musí nejprve technolog nadefinovat pro správnou funkčnost systému. Základní kmenová data jsou definována pomocí funkcí Uživatel, Role, Položky, Důvodové kódy, Kusovníky a další.

5.4.4.1 Uživatel

Pomocí této funkce je možné vytvářet a upravovat uživatelské účty. Změny v nastavení uživatelských účtů se projeví okamžitě po odhlášení a opětovném přihlášení uživatele. Tato funkce umožňuje:

- Vytvořit uživatelský účet - Uživatel je schopný se přihlásit do systému.
- Změnit uživatelské nastavení - Například změna jazyka systému.
- Zakázat uživatelský účet - Zakázaný uživatelský účet nelze přihlásit do systému.
- Přiřazení role uživateli - Přiřazení jedné nebo více rolí uživateli. Přiřazením rolí je uživateli umožněn přístup k funkcím systému, které jsou s danou rolí spojeny.
- Odebrat roli uživatele - Odebere uživateli již přiřazenou roli. Nejprve se zvolí konkrétní uživatel a pro něj je následně odebrána role (ve funkci Role se jedná o opačný postup).
- Změnit uživatelské heslo - Každý uživatel si může změnit své vlastní heslo. Uživatel s rolí Administrátora může měnit hesla ostatních uživatelů.
- Nastavit tisk - Přiřadí skupiny tiskáren uživateli.
- Přiřadit kontakt na uživatele - Přiřadí telefonní číslo, email, atd.

5.4.4.2 Role

Díky této funkci je možné v systému DCIx vytvářet, upravovat, zakazovat, přiřazovat role (například TeamLeader, Operátor, Administrátor atd.) uživatelům, odebírat role uživatelům atd. Tato funkce umožňuje:

- Vytvořit roli - Vytvoří nové role ve společnosti. Role slouží k definování přístupů k různým transakcím v nabídce systému.
- Zakázat roli - Role označené jako zakázané nebudou nabízeny k přiřazení. Pokud byla zakázaná role již dříve přiřazena uživatelům, bude jim odebrána - uživatelé nebudou moci již přistupovat k transakcím přiřazeným této roli.
- Hromadné přiřazení role uživatelům - Přiřadí jednu roli více uživatelům.
- Odebrat roli uživatele - Funguje na stejném principu jako ve funkci uživatel. V tomto případě se nejprve zvolí konkrétní role a následně uživatel, kterému je role odebrána.
- Přiřazení/odebrání transakce k roli - Přiřadí nebo odebere transakci, která je dostupná uživateli s danou rolí.

5.4.4.3 Důvodové kódy

Důvodové kódy jsou volitelné položky v systému, které může uživatel vybrat v případě vzniku určité události nebo situace. V systému DCIx je možné evidovat důvodové kódy pro dobu, kdy je stroj zastaven, nebo pro případy, kdy je nutné zdokumentovat důvod špatně vyrobených kusů. Z toho vyplývá, že technolog tak vytváří dva listy různých důvodových kódů (prostoje a odmítnutí kvality).

5.4.4.4 Položky

Funkce Položky slouží k vytváření položek v systému představující vyráběný produkt. Obdobně jako u předchozích funkcí je možné například přidávat nové položky zadáním unikátního kódu, jeho popisu a množství. Po přidání lze jednotlivé produkty zpátečně upravit nebo odstranit. Případně je možné produkt pouze dočasně zakázat, tím se nebude zobrazovat v seznamu produktů. Další možnou funkcí je vytvářet nový produkt pomocí kopírování již vytvořeného produktu. V současnosti se nejčastěji veškeré položky importují pomocí CSV souborů ze systému ERP.

5.4.4.5 Kusovníky

Funkce Kusovník v systému DCIx umožňuje definovat a pracovat s kusovníky. Kusovník definuje všechny materiály nebo polotovary použité při výrobě položky (produktu). Jedna položka může mít jeden nebo více kusovníků, v takovém případě je pro položku vždy jeden hlavní kusovník a jeden nebo více vedlejších kusovníků v závislosti na konkrétním projektu. Funkce umožňuje přidávat a upravovat záznamy v kusovníku, definovat množství potřebné pro výrobu, plánovanou míru odmítnutí výrobku a komponent (například ztráty nebo poškození během výroby) a další úpravy.

5.4.4.6 Výrobní operace a Pracovní krok

Technolog dále pro každou položku definuje výrobní operace a pro každou výrobní operaci přiřazuje detailní pracovní kroky. Výrobní operace jsou operace již definované v ERP systému a je možné je pouze naimportovat. Pracovní kroky jsou již specifické pouze pro systém MES a v ERP systému nejsou. Z toho důvodu se vytváří přímo v prostředí DCIx MES.

5.4.5 Reporty

Součástí systému DCIx MES je i funkce poskytující různé druhy reportů v reálném čase. Ty nejčastěji využívá Team Leader pro ucelený přehled o momentálním stavu výroby. Jako příklad lze uvést Report andonů nebo Report operátorů.

5.4.5.1 Report andonů

Díky Reportu andonů je uživatel schopný v reálném čase (aktualizace probíhá každých 30 sekund) sledovat všechny probíhající andony. Vyřešené andony jsou vypsané po dobu 24 hodin a následně z report odstraněny.

Ukázka reportu je na Obrázku 5.11. Report obsahuje několik sloupců. V prvním sloupci se nachází identifikační číslo andonu. V dalších sloupcích je operátor zakládající andon, datum a čas založení, trvání andonu ve dnech, důvodový kód, linka, pracoviště na nichž byl andon založen a jméno Team Leadera, který má andon na starosti. Dále je zobrazeno číslo výrobní objednávky, typ operace a číslo projektu. Sloupec ODD projektu představuje datum a čas, na kdy je naplánováno dokončení projektu. Poslední dva sloupce se týkají vyřešených andonů a zobrazují datum a čas vyřešení andonu a jméno osoby, která jej vyřešila. Report zobrazený na Obrázku 5.11 byl focen 8.4.2024, v čase 15:00.

Číslo Andon	Operátor	Založeno	Trvání	Důvodový kód	Linka	Pracoviště	Team Leader	Výrobní objednávka	Popis operace	Číslo projektu	ODD Projektu	P/N finálního výrobku	Uzavřeno	Vyřešil/a
AN0010747		06.04.2024 10:36:46	2	Výrobní neshoda	FAG1-L2	FAG1-L2-E		PM1641330	System Installation G1	PMP123541	10.04.2024 08:00:00	601889-001501_M		
AN0010749		06.04.2024 12:22:54	2	Výrobní neshoda	FAG1-L1	FAG1-L1-A		PM1642962	Final Assy G1	PMP123228	22.05.2024 08:00:00	6019F0-000101_M		
AN0010765		08.04.2024 10:17:26	1	Výrobní neshoda	FAG1-L1	FAG1-L1-F		PM1653029	Final Assy G1	PMP123003	23.04.2024 08:00:00	601851-030201_M		
AN0010766		08.04.2024 10:24:54	1	Výrobní neshoda	FAG1-L3	FAG1-L3-05		PM1645452	Final Assy G1	PMP123577	19.04.2024 08:00:00	6019A2-000201_M		
AN0010772		08.04.2024 12:28:34	1	Výrobní neshoda	FAG1-L3	FAG1-L3-05		PM1645452	Final Assy G1	PMP123577	19.04.2024 08:00:00	6019A2-000201_M		
AN0010773		08.04.2024 12:34:18	1	Výrobní neshoda	FAG1-L1	FAG1-L1-C		PM1645449	Final Assy G1	PMP123428	17.04.2024 08:00:00	6018A6-003101_M		
AN0010776		08.04.2024 13:20:53	1	Výrobní neshoda	FAG1-L3	FAG1-L3-06		PM1645224	Final Assy G1	PMP124255	12.04.2024 08:00:00	6018A5-000301_M		
AN0010777		08.04.2024 13:33:34	1	Objednávka spotřebičů pro Testovnu	TESTING	TESTING-1		PM1645412	Testing	PMP123960	10.04.2024 08:00:00	601851-030901_M		
AN0010778		08.04.2024 13:48:26	1	Výrobní neshoda	FAG5-L3	FAG5-L3-07		PM1648768	Final Assy G5	PMP123811	11.04.2024 08:00:00	6018A4-003201_M		
AN0010780		08.04.2024 13:57:12	1	Objednávka spotřebičů pro Testovnu	TESTING	TESTING-1		PM1648735	Testing	PMP123961	10.04.2024 08:00:00	601857-034301_M		
AN0010781		08.04.2024 14:37:21	1	Výrobní neshoda	FAG5-L3	FAG5-L3-06		PM1648774	Final Assy G5	PMP123423	11.04.2024 08:00:00	6018A4-001401_M		
AN0010782		08.04.2024 14:37:35	1	Výrobní neshoda	FAG5-L3	FAG5-L3-06		PM1648774	Final Assy G5	PMP123423	11.04.2024 08:00:00	6018A4-001401_M		
AN0010783		08.04.2024 14:55:43	1	Výrobní neshoda	FASTW-L1	FASTW-L1-04		PM1641263	Final Assy STW	PMP123547	09.04.2024 08:00:00	601874-019701_M		
AN0010784		08.04.2024 15:02:35	1	Objednávka spotřebičů pro Testovnu	TESTING	TESTING-2		PM1645079	Testing	PMP123738	03.04.2024 08:00:00	6019H7-000101_M		
AN0010770		08.04.2024 12:23:40	1	Výrobní neshoda	FAG1-L1	FAG1-L1-C		PM1645449	Final Assy G1	PMP123428	17.04.2024 08:00:00	6018A6-003101_M	08.04.2024 14:22:27	
AN0010771		08.04.2024 12:23:46	1	Výrobní neshoda	FAG1-L1	FAG1-L1-C		PM1645449	Final Assy G1	PMP123428	17.04.2024 08:00:00	6018A6-003101_M	08.04.2024 14:22:31	
AN0010774		08.04.2024 12:53:12	1	Výrobní neshoda	FAG5-L3	FAG5-L3-07		PM1648768	Final Assy G5	PMP123811	11.04.2024 08:00:00	6018A4-003201_M	08.04.2024 13:34:24	
AN0010775		08.04.2024 13:07:43	1	Výrobní neshoda	FASTW-L1	FASTW-L1-06		PM1652140	Final Assy STW	PMP120800	18.04.2024 08:00:00	601859-009502_M	08.04.2024 13:12:58	
AN0010779		08.04.2024 13:49:39	1	Výrobní neshoda	FASTW-L1	FASTW-L1-06		PM1657950	Final Assy STW	PMP124309	24.04.2024 08:00:00	601859-021201_M	08.04.2024 14:34:48	

Obrázek 5.11: Report andonů

5.4.5.2 Report operátorů

Report operátorů zobrazuje všechny operátory výroby ve společnosti a jejich aktuální činnosti. V tabulce je vždy vypsané jméno operátora a k němu příslušný krok operace, číslo projektu a výrobní objednávky a název operace. Dále je zde uveden potvrzený čas, představující dobu v minutách a sekundách, která uběhla od počatí operace. Požadovaný čas je stanovený čas, jenž představuje odhadovanou dobu trvání operace. V případě, že operátor přesahuje požadovaný čas, jeho řádek svítí červeně. Je-li operátor v normě požadovaného času, svítí zeleně. Oranžovou barvou jsou vybarveny řádky představující prostoje.

Operátor	Projekt	Výrobní objednávka	Krok operace	Název operace	Požadovaný čas	Potvrzený čas	Důvod prostoje
	PMP120821	PM1643165	U050-A	Sealing spojení Galley a práce po spojení galley	03:39	01:50	Trenink
	PMP123961	PM1648735	0070-A	8.6, 8.7, 8.8 WASTE WATER SYSTEM	00:34	00:11	
	PMP124255	PM1645224	0290-L	Compartment I / H 2. část (2)	01:06	00:45	
	PMP123685	PM1645200	0030-B	Broušení	00:42	00:25	
	PMP123576	PM1652193	D120-A	El.Installation - GDN 10.část (barva 2.vrstva)	00:07	00:31	
	PMP124445	PM1657022	U020-A	Lepení	20:38	07:51	
	PMP124378	PM1648953	U070-A	Pod STABBING panelem	17:48	28:09	
	PMP123229	PM1641806	U060-A	Sealing dokončení Galley	02:25	01:27	
	PMP123126	PM1652104	U040-A	Vnější vybavení	13:21	11:27	
	PMP123487	PM1648969	U010-A	Elektro instalace	04:54	13:45	
	PMP124235	PM1650406	0270-A	Instalace placard	02:35	02:02	
	PMP123488	PM1643339	U100-A	Nad STABBING panelem	14:08	25:16	
	PMP124320	PM1655976	0010-B	Structure (horní polovina)	06:45	07:58	
	PMP118086	PM1645431	0110-F	Compartment J 2. část (3) / (NO) Footstep kit	06:52	00:22	
					00:00	02:00	Práce na jiném workcentru (bez DCIx)
	PMP123366	PM1645647	U030-B	Sealing dokončení Galley	00:23	00:27	
	PMP123512	PM1649796	0060-A	Compartment C - D / Workdeck	03:30	00:15	
	PMP115476	PM1652197	D310-A	Com. A, B, E-G - přední část	01:48	00:01	
					00:00	00:29	Nepracuji - Uklízím
	PMP114380	PM1661367	D020-A	Zemnění volných dílů	01:07	01:28	
					00:00	01:24	Přípravné pracoviště
	PMP123187	PM1645418	U030-B	Broušení	00:42	00:17	
	PMP118086	PM1645431	0010-B	Elektro instalace 1.část (3)	08:06	07:43	
	PMP115476	PM1652197	D090-A	Seal černý - zadní část com. A, B, C	01:29	01:25	
	PMP124460	PM1648762	0150-B	Compartment R, Z 1.část (2)	02:54	00:56	
	PMP124122	PM1657020	U020-A	Lepení	32:39	12:06	
	PMP123850	PM1653108	0010-B	Elektro instalace 1.část (3)	08:01	06:49	

Obrázek 5.12: Report operátorů

6 Kritické body a opatření

Implementace tohoto systému přesně podle požadavků zákazníka vyžaduje značné množství času. Celá implementace systému MES trvala celkem pět měsíců počínaje prvním objednááním systému společností Safran a končícíce interním uzavřením celého projektu.

Projektový plán celého průběhu implementace je zobrazen na obrázku 6.1. V prvním sloupci jsou vypsány všechny aktivity potřebné pro úspěšnou implementaci systému. Jednotlivé aktivity jsou dle plánu přiřazeny k týdnům v měsíci. Šedý obdelník představuje předpokládanou dobu trvání aktivity, zatímco modré obdelníky určují plánovanou dobu konkrétních kroků dané aktivity. V další části této kapitoly se již budou postupně popisovat veškeré kroky a činnosti.

Jako první bod je uvedena WiFi rádiová síť. Ta je v plánu uvedena jakožto podmínka pro další prováděné činnosti, neboť bez sítě WiFi by nebylo možné například instalovat čtečky QR kódů atd. V případě tohoto projektu se nejednalo o problém. Celý závod byl sítí WiFi již pokrytý.

Dále je uvedena činnost Implementační služby. Ta označuje celý proces implementace a začíná objednávkou systému. Jakmile se systém objedná, je možné začít připravovat projekt.

V první řadě se připraví zakládací listina projektu, kde jsou uvedeni členové spolupracujících týmů na straně zákazníka a dodavatele, a projektový plán. Další týden už je naplánovaný takzvaný Kick-off meeting, kde se setkají zainteresované strany, seznámí se, zrekapitulují plán řízení projektu a oficiálně oznámí začátek realizace projektu.

Většina projektů dodávající systém MES do výroby začíná nejprve analýzou procesu. Dodavatel společně se zákazníkem prochází proces výroby, zjišťuje všechny zákaznické požadavky a navrhuje pro ně možné řešení. Z této analýzy vychází dokument označovaný jako Cílový koncept. Ten obsahuje jednotlivé funkce v systému DCIX MES, které budou do společnosti implementovány. Cílový koncept je následně předáván mezi zákazníkem a dodavatelem tak dlouho dokud nejsou zapracovány všechny připomínky. Finální verze konceptu je podepsána a odsouhlasena zákazníkem a je tak možné pokračovat v dalších fázích projektu.

V dalším bodě je uvedena Instalace hardwaru a softwaru. V tomto případě se jedná o instalaci HMI panelů, které si v tomto případě zákazník objednal přímo u dodavatele systému MES. Dodavatel HMI panely nastaví a nainstaluje takovým způsobem, aby je zákazník pouze fyzicky připojil do výroby a vše již fungovalo dle požadavků.

Časově nejnáročnější část projektu připadá vývoji a nastavení systému. Po odsouhlasení Cílového konceptu je na jeho základě možné začít připravovat, vyvíjet a upra-

7 Přínosy MES ve společnosti Safran Cabin CZ

V kapitole 5.3 byl popsán důvod pro implementaci systému MES do výrobní společnosti Safran. Hlavním požadavkem společnosti byla možnost přehledné sledovatelnosti výrobku a práce zaměstnanců. Tento nedostatek byl implementací systému zcela vyřešen. Kromě tohoto implementace systému přinesla navíc další užitečné funkce, které jsou nad očekávání společnosti Safran.

Implementace systému MES ve společnosti Safran přinesla významné změny v organizaci výrobního procesu. Tento systém přináší efektivní řešení problémů a zlepšuje celkovou dohledatelnost informací z výroby. Následující text podrobněji představuje výhody a novinky, které systém MES přináší do prostředí výroby ve společnosti Safran.

Prostoje ve výrobě vznikaly i díky neefektivnímu hlášení a řešení problémů. V případě, že vznikne problém (přestane fungovat informační systém, objeví se chybná dokumentace v systému, na pracovišti chybí nebo se rozbije nářadí atd.) pracovník často zkouší řešit problém po svém, teprve poté hledá svého nadřízeného, který nemusí být vždy k dispozici. Všechny tyto úkony mohou zabírat hodně času a vznikají tak dlouhé a zbytečné prostoje.

Systém MES přinesl způsob řešení tohoto problému pomocí tzv. andonů. Andon je původně systém první použit v Japonsku společností Toyota, sloužící k upozornění ostatních pracovníků na problém na pracovišti, týkající se procesu nebo kvality. Při zmáčknutí tlačítka tak došlo k vizuální signalizaci, popřípadě i pozastavení linky pro možnost řešení problému. V případě systému DCIx MES jsou andony použity jako způsob hlášení chyb přímo v aplikaci. Andony jsou sepsané nejčastější možné problémy, které je zaměstnanec schopný zvolit a ohlásit po přihlášení do systému, který je přímo na pracovišti. V momentě, kdy se problém nahlásí, nadřízenému přijde upozornění a ten je tak schopný co nejrychleji zakročit. [21]

Určité množství dat sledující stav výroby je průběžně ukládáno, díky čemuž přichází další výhoda systému MES, a tou je tzv. životopis projektu. Díky ukládání těchto dat je možné kdykoliv otevřít jakýkoliv projekt a sledovat tak celý jeho průběh. Příslušný pracovník tak může zjistit například efektivitu na konkrétním kroku, problémy daného projektu, kdo tyto problémy řešil a jak je řešil. Celková dohledatelnost informací z výroby je tak díky systému MES na lepší úrovni.

Systém MES je pro společnost Safran přínosný i co se týče zobrazování návodů výroby. Před nástupem DCIx MES probíhaly veškeré montáže pomocí tzv. návodek. Tyto návodky byly z velké části v papírové podobě a konkrétně se jednalo o typ výkresu,

kde byl zakreslený způsob montáže na daných částech produktu. Nevýhodou tohoto systému byla samozřejmě nutnost tisku a množství papíru, ačkoliv je třeba poznamenat, že návody bylo možné zobrazit na síti Safranu, popřípadě byly uloženy v systému PDM. Systém PDM (Product Data Management) slouží ke správě dokumentace a byl v Safranu zaveden ještě před systémem MES, ale jeho využití nepokrývalo více než jednu třetinu výroby. Bez ohledu na čtení z papíru, či ze sítě nebo PDM, za hlavní nevýhodu byly považovány nároky na požadované znalosti montéra. Od montéra je vyžadováno umět číst z výkresu a výkresu rozumět na tolik dobře, aby smontoval celý produkt. S tímto souvisí mnohdy zdlouhavější a náročnější zaučování zaměstnanců na pozici montéra.

Nároky na zaučování zaměstnanců byly tak do jisté míry sníženy s příchodem DCIx MES. V systému jsou zavedeny jednotlivé pracovní instrukce, jež představují jeden krok v postupu montáže daného produktu. Tyto instrukce je montér schopný otevřít na dotykové obrazovce umístěné přímo na pracovišti. Instrukce obsahují písemný postup výkonu montáže a navíc mohou obsahovat další věci, jako například výkresy nebo fotky dokumentující postup montáže. Nejenom, že jsou návody s nástupem systému MES nyní jednodušší a pochopitelnější, ale zároveň jsou všechny na jednom místě, dobře přístupné a přehledně seřazené přímo pod instrukcí, kterou chce zaměstnanec provádět. Odpadá tak i čas potřebný k hledání návodů.

Jakožto shrnutí předchozích odstavců je možné uvést přehledný výpis všech přínosů, které systém MES zavedl do firmy Safran Cabin CZ:

- Detailní sledování výroby
- Andony - hlášení problémů ve výrobě
- Životopis projektu, dohledatelnost
- Zobrazení návodů a pracovních instrukcí

8 Současný stav a cíle do budoucna

V čase psaní této diplomové práce byla provedena implementace základních funkcí systému DCIx MES do společnosti SAFRAN Cabin CZ. Mezi tyto funkce lze zařadit:

- Zahájení a ukončení práce - Jsou přidány transakce zaznamenávající časy pracovních výkazů, tj. časy různých pracovních kroků.
- Prostoje - Systém zaznamenává časy prostoje a jejich důvody.
- Uživatelské dovednosti - Definuje jaké operace je uživatel schopný zahájit na základě jeho tréninku.
- Zobrazení dokumentace - V systému lze zobrazit dokumentaci k dané operaci, například PDF pracovní instrukce, PDF karty kvality, nákresy a obrázky
- Andony - Systém obsahuje Andony, pomocí nichž může uživatel efektivně požádat o pomoc nadřízenému pracovníkovi.
- Reporty - Systém generuje různé druhy reportů, vhodné pro sledování výroby v reálném čase.

Systém MES je již ve funkčním stavu a je úspěšně používán ve výrobě. Spolupráce mezi dodavatelskou firmou a společností Safran stále pokračuje a do budoucna jsou naplánovány další funkce pro tento nově implementovaný systém. Budoucí vývoj DCIx MES v Safranu je rozdělen do čtyř fází.

V první fázi bude probíhat online integrace systému MES s již zavedeným systémem ERP. V současnosti probíhá řízení firmy převážně pomocí systému ERP. Každá objednávka je řešena nejprve právě v tomto systému. Začátkem každého dne je tak vždy třeba manuálně exportovat data z ERP systému do systému MES. Zároveň přijde-li objednávka během dne, většinou je tak do systému MES nahrána až druhý den. Z tohoto důvodu proběhne online integrace těchto dvou systémů, tím budou data v obou systémech vždy aktuální.

V další, druhé fázi je v plánu implementovat balíček dalších funkcionalit. Mezi tyto funkcionality patří:

- Dohledatelnost materiálů - Tato funkce umožňuje zaznamenávání použitých materiálů pro daný projekt, čímž se zlepšuje dohledatelnost a životopis projektu se stává detailnější
- Manuální zadání parametrů - Uživatel z důvodů kvality zadá do systému definované parametry výrobku (například rozměry, váha, teplota, ...)

- Eskalace andonů - Jedná se o rozšíření funkce andonů, kdy jsou definovány pravidla takovým způsobem, aby se andon v případě nevyřešení problému do určitého časového intervalu předal (eskaloval) na další osobu.
- Připojení strojů - V plánu je připojit do systému výrobní stroje a sledovat jejich stav (v provozu nebo vypnutý).
- Rozšíření reportování - Již implementované reporty v reálném čase by bylo možné ukládat do datového skladiště. Na základě těchto dat by bylo možné vytvářet reporty pomocí platformy Power BI.
- Rozšíření uživatelských dovedností - V současném stavu je možné nastavit uživateli pouze Vyškolený a Nevyškolený a navíc přibude Práce pouze pod dozorem. Dále bude možné nastavit vypršení platnosti dovednosti s tím, že po uplynutí stanovené doby je nutná rekvalifikace.

V poslední fázi bude do systému implementována:

- Údržba strojů - Systém bude schopný upozornit na případnou údržbu stroje na základě počtu vyrobených kusů nebo času provozu stroje.
- Evidence náradí - Uživatel zaznamenává které náradí bylo použito pro danou operaci.
- Sběr dat ze strojů - Pomocí PLC zařízení bude možné sbírat ze strojů data jako například teplota nebo hmotnost a přenášet je do systému MES. Tato funkce může do jisté míry nahradit manuální zadávání parametrů z předchozí fáze.

9 Závěr

Cílem diplomové práce byla implementace systému MES do výrobní společnosti. V první části práce jsem popsal systém MES, jeho funkci, využití a přínos pro výrobní společnost. Dále jsem popsal systém ERP, který se systémem MES úzce souvisí. Vysvětlil jsem jeho užití, strukturu a důležitost integrace se systémem MES.

V další kapitole jsem se věnoval současně využívaným systémům MES. Z důvodu velkého množství společností dodávající tento systém byli vybráni nejvýznamnější dodavatelé ve světě a jejich softwaru MES byly krátce představeny.

Následně byly ve čtvrté kapitole vybrány dvě případové studie popisující implementaci systému MES do výrobní společnosti. Zpracovány byly implementace systému MES do společností OLMA a MEBA.

V praktické části této diplomové práce jsem se věnoval implementaci softwaru DCIx MES do společnosti Safran Cabin CZ s.r.o. Dvě společnosti spolupracující na implementaci byly v práci krátce představeny, společně s obecným popisem implementovaného softwaru DCIx MES.

Zmíněny byly důvody implementace výrobního systému. Důvody implementace systému MES ve společnosti Safran zahrnovaly potřebu přehledné sledovatelnosti výroby a práce zaměstnanců, řešení problémů s prostoji a zajištění efektivního monitorování momentálního stavu výroby.

V následujících částech byly detailně popsány jednotlivé funkce implementovaného softwaru DCIx MES. Postupně byly rozepsány a vysvětleny všechny produkční transakce. Jedná se o funkce, pomocí jichž uživatel komunikuje se systémem. Komunikace probíhá prostřednictvím HMI panelů umístěných na jednotlivých stanovištích. Pomocí produkčních transakcí uživatel může zahájit například výkaz aktuálně vykonávané práce, zahájit prostoje, zobrazit si návody nebo stav projektu, ukončit směnu atd. Všechny časy zahájených výkazů jsou ukládány a je možné je následně vyhodnotit.

Velkým přínosem nově implementovaného systému byly takzvané andony, díky nimž je uživatel schopný efektivně nahlásit problém ve výrobě, který se například prostřednictvím emailu automaticky ohlásí předem určené nejvhodnější osobě.

Kromě produkčních transakcí, jenž jsou určeny pro operátory výroby, jsem popsal i transakce Team Leadera. Ten má navíc k dispozici například transakce sloužící ke zaznamenání proběhnutého školení uživatelů nebo transakce sloužící k opravě chyb v systému způsobené operátorem výroby (například neúmyslné uzavření pracovního kroku).

Důležitou částí systému jsou takzvaná kmenová data. Jedná se o informace, které musí technolog nadefinovat pro správnou funkčnost systému. Mezi tyto data patří na-

příklad tvorba uživatelského účtu, role (Team leader, Operátor výroby) nebo důvodové kódy, které si následně uživatel vybírá pro daný typ prostoje nebo odmítnutí kvality.

V poslední části jsem zmínil reporty vznikající v reálném čase pomocí systému MES. Reporty ve výrobě využívají nejčastěji Team Leaderi pro ucelený přehled o momentálním dění ve výrobě. Často používaným reportem je například Report andonů, který vypisuje všechny momentálně založené andony. Dalším užitečným reportem je Report operátorů, ten zobrazuje prováděné činnosti daných operátorů v reálném čase.

V šesté kapitole jsem uvedl kritické body v průběhu implementace systému. Implementace systému MES společností Safran trvala celkem pět měsíců a proběhla dle plánu stanoveného v projektovém plánu. Prvním krokem byla analýza procesu výroby a následně vytvoření Cílového konceptu, který byl schválen zákazníkem. Poté následovala instalace hardwaru a softwaru, vývoj a nastavení systému a následné zkoušení a školení klíčových uživatelů. Po přípravě na provoz výroby následovalo pět týdnů montáže produktů s implementovaným systémem, s nepřetržitou podporou dodavatele. Celkově probíhala spolupráce bez větších odchylek od plánu, ačkoliv po oficiálním uzavření projektu trvá spolupráce s dodavatelem nadále.

V další kapitole jsem se věnoval shrnutí přínosů implementace systému MES. Implementace ve společnosti Safran přinesla značné inovace do organizační struktury výrobního procesu. Systém MES efektivně řeší problémy výroby a zlepšuje celkovou transparentnost informací. Výhody zahrnují implementaci andonů pro rychlé hlášení problémů, ukládání dat pro vytvoření životopisu projektu a zlepšení dohledatelnosti informací. Nově zavedené pracovní instrukce přinášejí snížení nároků na zaučování zaměstnanců a usnadňují přístup k montážním návodům. Celkově lze říci, že systém MES přinesl do prostředí výroby Safranu Cabin CZ detailní sledování výroby, efektivní řešení problémů a zlepšenou přístupnost pracovních instrukcí, což přispělo k celkovému zvýšení produktivity a kvality výroby.

Poslední kapitola se věnuje vytyčeným cílům do budoucna týkající se zavedeného systému MES. Budoucí vývoj systému je rozdělen do čtyř fází. V první fázi proběhne online integrace s existujícím systémem ERP, následováno implementací dalších funkcionalit jako dohledatelnost materiálů, eskalace andonů a připojení strojů. Ve třetí fázi se plánuje rozšíření reportování a uživatelských dovedností, zatímco poslední fáze zahrnuje implementaci údržby strojů, evidence náradí a sběr dat ze strojů. Tyto kroky směřují k dalšímu zlepšení efektivity a kvality výroby v SAFRAN Cabin CZ.

Seznam použité literatury

- [1] *Production under control with modern MES* [online]. [cit. 2023-09-11]. Dostupné z: <https://antsolutions.eu/products/mes-manufacturing-execution-system/>.
- [2] *Manufacturing Execution Systems (MES)* [online]. [cit. 2023-09-11]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/manufacturing-execution-systems-mes/38072>.
- [3] *What is an MES (manufacturing execution system)?* [online]. [cit. 2023-09-11]. Dostupné z: <https://www.sap.com/insights/what-is-mes-manufacturing-execution-system.html>.
- [4] *Automation pyramid* [online]. [cit. 2023-09-21]. Dostupné z: <https://learn.umh.app/lesson/introduction-into-it-ot-automation-pyramid/>.
- [5] *Pyramid of automation and industry 4.0* [online]. [cit. 2023-09-21]. Dostupné z: <https://www.witorg.com/pyramid-of-automation-and-industry-4-0/>.
- [6] *WHAT IS THE AUTOMATION PYRAMID?* [online]. [cit. 2023-09-21]. Dostupné z: <https://realpars.com/automation-pyramid/>.
- [7] *MES systém - základní funkcionality* [online]. [cit. 2023-10-13]. Dostupné z: <http://www.mescenter.org/cz/clanky/6-zakladni-funkcionality-mes-systemu>.
- [8] *MOM vs. MES: What's the Difference?* [online]. [cit. 2023-10-13]. Dostupné z: <https://matics.live/blog/mom-vs-mes-whats-the-difference/>.
- [9] *MES and MOM: Do You Know the Difference?* [online]. [cit. 2023-10-13]. Dostupné z: <https://blog.3ds.com/brands/delmia/do-you-know-the-difference-between-mes-and-mom/>.
- [10] *ERP and MES* [online]. [cit. 2023-10-15]. Dostupné z: <https://www.optiproerp.com/blog/erp-and-mes-the-relationship-explained/>.
- [11] *What is ERP?* [online]. [cit. 2023-10-16]. Dostupné z: [https://www.sap.com/products/erp/what-is-erp.html#:~:text=Enterprise%20resource%20planning%20\(ERP\)%20is,services%2C%20procurement%2C%20and%20more..](https://www.sap.com/products/erp/what-is-erp.html#:~:text=Enterprise%20resource%20planning%20(ERP)%20is,services%2C%20procurement%2C%20and%20more..)
- [12] *Společnost SAP* [online]. [cit. 2023-10-25]. Dostupné z: <https://www.sap.com/>.

- [13] *Siemens* [online]. [cit. 2023-11-01]. Dostupné z: <https://plm.sw.siemens.com/>.
- [14] *MES MERZ sleduje a vyhodnocuje výrobu v OLMA, a.s.* [online]. [cit. 2023-11-01]. Dostupné z: https://www.merz.cz/IS/pu_data/send_files/File/merz_cz/download/studie/Pipadova_studie_OLMA_2016.pdf.
- [15] *Introduction of PROXIA MES-Software at MEBA Metall-Bandsägemaschinen GmbH* [online]. [cit. 2023-11-01]. Dostupné z: <https://www.proxia.com/images/documents/case-studies/proxia-case-study-meba-en.pdf>.
- [16] *What is Electronic Data Interchange (EDI)?* [online]. [cit. 2023-12-08]. Dostupné z: [https://www.up.com/suppliers/order_inv/edi/what_is_edi/#:~:text=Electronic%20Data%20Interchange%20\(EDI\)%20is,electronically%20are%20called%20trading%20partners..](https://www.up.com/suppliers/order_inv/edi/what_is_edi/#:~:text=Electronic%20Data%20Interchange%20(EDI)%20is,electronically%20are%20called%20trading%20partners..)
- [17] *Co je DCIx?* [online]. [cit. 2023-12-08]. Dostupné z: <https://stackopera.com/aplikace/dcix>.
- [18] *DCIx MES – výkonný nástroj pro řízení a optimalizaci výroby* [online]. [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/9725.pdf.
- [19] *Safran Group* [online]. [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: <https://www.safran-group.com/companies?page=1>.
- [20] *Kdo jsme* [online]. [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: <https://www.delamedoletadel.cz/my-jsme-safran-cabin-cz/>.
- [21] *WHAT IS ANDON IN LEAN MANUFACTURING?* [online]. [cit. 2023-01-11]. Dostupné z: <https://www.planview.com/resources/guide/what-is-lean-manufacturing/andon-lean-manufacturing/>.

Seznam obrázků

1.1	Automatizační pyramida, převzato z [4].	13
3.1	Ukázka rozhraní SAP MES	21
3.2	Ukázka rozhraní Opcenter Execution	22
3.3	Ukázka rozhraní ABB Ability MOM	23
5.1	Propojení DCIxmES, převzato z [18]	28
5.2	logo Safran	29
5.3	Probíhající montáž v Safranu	30
5.4	Menu Operátora	31
5.5	Zahájení práce	32
5.6	Zahájení prostoje	33
5.7	Informace o operaci	34
5.8	Stav projektu	34
5.9	Založení požadavku (Andonu)	35
5.10	Menu Team Leadera	36
5.11	Report andonů	39
5.12	Report operátorů	40
6.1	Projektový plán	42