ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: **N 2301 Strojní inženýrství**

Studijní zaměření: **Průmyslové inženýrství a management**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zhodnocení nasazení Manufacturing Execution System ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Autor: **Bc. Jan Szitás**

Vedoucí práce: **Ing. Petr Hořejší Ph.D.**

Akademický rok: 2018/2019

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: . . . . . …….……

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Szitás	**Jméno** Jan	
STUDIJNÍ OBOR	N 2301 Strojní inženýrství		
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Hořejší Ph.D.	**Jméno** Petr	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	**DIPLOMOVÁ**	~~**BAKALÁŘSKÁ**~~	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Zhodnocení nasazení Manufacturing Execution System ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.		

FAKULTA	Strojní		**KATEDRA**	KPV	**ROK ODEVZD.**	2019

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	94		**TEXTOVÁ ČÁST**	84	**GRAFICKÁ ČÁST**	10

STRUČNÝ POPIS **ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY**	Tato diplomová práce obsahuje popis a zhodnocení nasazeného IS - Manufacturing Execution System ve firmě ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Analýzou jednotlivých očekávaných přínosů systému, pomocí vhodných technik, práce reflektuje úroveň jejich naplnění. Práce obsahuje vyhodnocení provedených analýz spolu s formulacemi doporučených kroků.
KLÍČOVÁ SLOVA	Manufacturing Execution System, informační systém, kvalita dat

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	**Surname** Szitás	**Name** Jan
FIELD OF STUDY	N 2301 Strojní inženýrství	
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Ing. Hořejší Ph.D.	**Name** Petr
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	

TYPE OF WORK	**DIPLOMA**	~~**BACHELOR**~~	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	Evaluation of Manufacturing Execution System Deployment in ŠKODA TRANSPORTATION a.s.		

FAKULTA	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	KPV		**SUBMITTED IN**	2019

NUMBER OF PAGES (A4 and equivalents A4)

TOTALY	94		**TEXT PART**	84		**GRAPHICAL PART**	10

BRIEF DESCRIPTION **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	This master's thesis deals with description and evaluation deployed IS – Manufacturing Execution System in company ŠKODA TRANSPORTATION a.s. By analysing each anticipated aspect of the system the level of its fulfilment is reflected using proper techniques. The thesis contains an evaluation of the conducted analyses along with formulations of recommended further steps.
KEY WORDS	Manufacturing Execution System, Information System, Data Quality

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Petru Hořejšímu Ph.D. za ochotu a vstřícný přístup během zpracovávání této práce. Poděkování rovněž patří i mému konzultantovi Lukáši Joglovi, za velmi cenné rady a spolupráci. Další díky patří i všem dalším kolegům ze ŠKODA TRANSPORTATION a.s. V neposlední řadě velké poděkování rovněž náleží mé rodině a přátelům, ve kterých jsem měl během studia silnou podporu.

Obsah

1 ÚVOD 1
2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI 2
2.1 ŠKODA TRANSPORTATION a.s. 2
2.2 Historie ŠKODA TRANSPORTATION a.s. 2
2.3 Skupina ŠKODA TRANSPORTATION a.s. 3
2.4 Layout podniku a popis provozů 3
3 ÚVOD DO PROBLEMATIKY 5
3.1 Databáze v kontextu informačních systémů 5
3.1.1 Architektura informačního systému 5
3.1.2 Moderní databázové modely 7
3.1.2.1 Relační databáze 7
3.1.2.2 Objektové databáze 8
3.1.3 Klíče v relačních databázích 9
3.1.4 Datový model relační databáze 9
3.1.5 Řízení přístupu více uživatelů 10
3.2 Podnikové informační systémy 11
3.2.1 Klasifikace podnikových informačních systémů 11
3.2.1.1 ERP 12
3.2.1.2 SCM + APS 13
3.2.1.3 CRM 14
3.2.1.4 BI 14
3.2.2 MES 14
3.2.2.1 Zasazení MES v rámci dalších informačních systémů 15
3.2.2.2 Souhrn MES funkčních oblastí dle MESA 16
3.2.2.3 Core funkcionality MES 17
3.2.2.4 MES databáze a technické zajištění 18
3.2.2.5 Propojení MES s ERP 19
3.2.2.6 Využití APS v MES 20
3.2.2.7 Uživatelské rozhraní MES 21
3.3 Kvalita dat 22
3.3.1 Dimenze kvality dat 22
3.3.2 Způsoby pro zvýšení kvality dat 23
3.3.3 Přístupy k hodnocení kvality dat 24
3.3.4 Metody hodnocení kvality dat 25

3.3.4.1 Hodnocení kvality dat dle metodiky DQA 25
3.3.4.2 Další metodiky pro hodnocení kvality dat 26
3.3.4.3 Sestavení vlastních technik hodnocení kvality dat 27
4 POPIS STAVU PŘED IMPLEMENTACÍ 28
4.1 Popis procesu nakládání s normou 28
4.2 Diagram procesu nakládání s normou 29
4.3 Shrnutí stavu před implementací 30
4.4 Očekávaný přínos MES 30
4.5 Důležité aspekty řízení výroby – stav před implementací 32
5 POPIS IMPLEMENTOVANÉHO MES 34
5.1 Informační systémy ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. 34
5.2 Technická charakteristika systému 34
5.3 Interface systému pro výrobu 36
5.4 Interface systému pro THP 40
5.5 Popis principu fungování implementovaného DCIx MES 41
5.6 Strojní část MES 43
5.7 Napojení DCIx MES na BAAN V 45
5.7.1 Export dat z DCIx MES do BAAN V 45
5.7.2 Import dat z BAAN V do DCIx MES 46
5.8 Důležité aspekty řízení výroby – po implementaci DCIx MES 46
6 ANALÝZA OČEKÁVANÝCH PŘÍNOSŮ DCIx MES 48
6.1 Analýza očekávaného přínosu 1 48
6.1.1 Návrh postupu analýzy 48
6.1.2 Zpracování analýzy 48
6.1.3 Interpretace výsledků 52
6.2 Analýza očekávaného přínosu 2 54
6.2.1 Definice cílů hodnocení dat 54
6.2.2 Identifikace požadavků společnosti spojené s hodnocením kvality dat 54
6.2.3 Výběr příslušných aktivit, které splňují požadavky společnosti 54
6.2.4 Setřídění aktivit do vhodného pořadí 55
6.3 Analýza očekávaného přínosu 3 62
6.3.1 Návrh postupu analýzy 62
6.3.2 Zpracování analýzy 62
6.4 Návrh doplňkové analýzy - dotazník 66
7 VYHODNOCENÍ 69

7.1 Komentář ke stavu před / po implementaci DCIx MES ... 69
7.2 Vyhodnocení analýzy očekávaného přínosu 1 ... 71
7.3 Vyhodnocení analýzy očekávaného přínosu 2 ... 72
7.4 Vyhodnocení analýzy očekávaného přínosu 3 ... 73
7.5 Celkové shrnutí ... 74
7.5.1 Kladné aspekty systému ... 75
7.5.2 Záporné aspekty systému ... 76
8 ZÁVĚR ... 78
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 79
10 POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY ... 81
11 SEZNAM OBRÁZKŮ ... 82
12 SEZNAM TABULEK ... 84
13 SEZNAM GRAFŮ ... 84
14 PŘÍLOHY ... 85
14.1 Skriptem vygenerovaný formulář pro VYR520341 ... 85
14.2 VBA skript pro automatické sestavení přehledu aplikace DCIx_MES pro vybranou výrobní zakázku ... 87
14.3 Výrobní průvodka ... 92
14.4 Dotazník ... 93
14.5 Formulář sledování práce stroje ... 94

1 ÚVOD

Do počátku 19. století se rozvíjela světová produkce ve všech regionech relativně lineárně. Velký zlom přišel s tzv. první průmyslovou revolucí, snad nejdůležitější etapou v dějinách moderního lidstva. Z ruční výroby a zemědělství se přecházelo k výrobě strojní, dělbě práce a industrializaci všeobecně. Úroveň produktivity prudce rostla. Cíle byly jasné. Vyrábět více, vyrábět rychleji, kvalitněji a moderněji. Tento přístup natolik podobný dnešní situaci dal za vnik mimo jiné vědnímu oboru dnes známému jako průmyslové inženýrství. Výrobní podniky vznikající v té době položily základy pro principy fungování výroby, které se snažíme za použití nových technologií posunout na další úroveň. V současné době, kdy informační technologie jsou páteří celé civilizace, je možné na úrovni podniku zvládat to, na co by dříve bylo třeba násobně více lidí. Trend vyrábět více a lépe, ideálně v menším počtu pracovníků však přetrvává dál a vyzívá k hledání inovativních řešení. Nejvíce skloňovaným pojmem je v této souvislosti Indrustry 4.0, neboli již čtvrtá průmyslová revoluce, kde každý prvek ve výrobním i logistickém řetězci má svůj digitální obraz a interaguje s ostatními. Jedním ze základních stavebních kamenů pro dosažení této vize jsou podnikové informační systémy. Jednomu z nich se věnuje i tato diplomová práce.

Cílem práce je popsat implementovaný MES (Manufacturing Execution System) ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. s důrazem na technické souvislosti a na základě formulace očekávaných přínosů provést příslušné analýzy, díky kterým bude možné objektivně zhodnotit současný stav implementace systému, jeho faktický přínos a navrhnout případné budoucí kroky.

První část práce je zaměřena na seznámení s důležitými souvislostmi, které jsou relevantní pro pochopení popisu systému a následnou praktickou část. Po představení společnosti následuje úvod do databází v kontextu IS (informačních systémů) s cílem přiblížení základního technického principu jejich fungování. Následuje přehled IS v obecné rovině, jako podklad pro následné zasazení MES do souvislostí a detailní charakteristiku těchto systémů. První část práce poté uzavírá kapitola přibližující pojem kvalita dat a v souvislosti s tím i hodnotící metody.

Druhá část práce se již přímo zabývá konkrétním implementovaným systémem DCIx MES ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Zpočátku je popsán stav před implementací a jsou formulovány očekávané přínosy. Následuje popis implementovaného systému a jeho vlastní analýza, v rámci které jsou aplikovány vhodné postupy, které mají za cíl přímo reflektovat naplnění očekávaných přínosů. Práci uzavírá vyhodnocení výsledků a formulace doporučení.

2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

2.1 ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

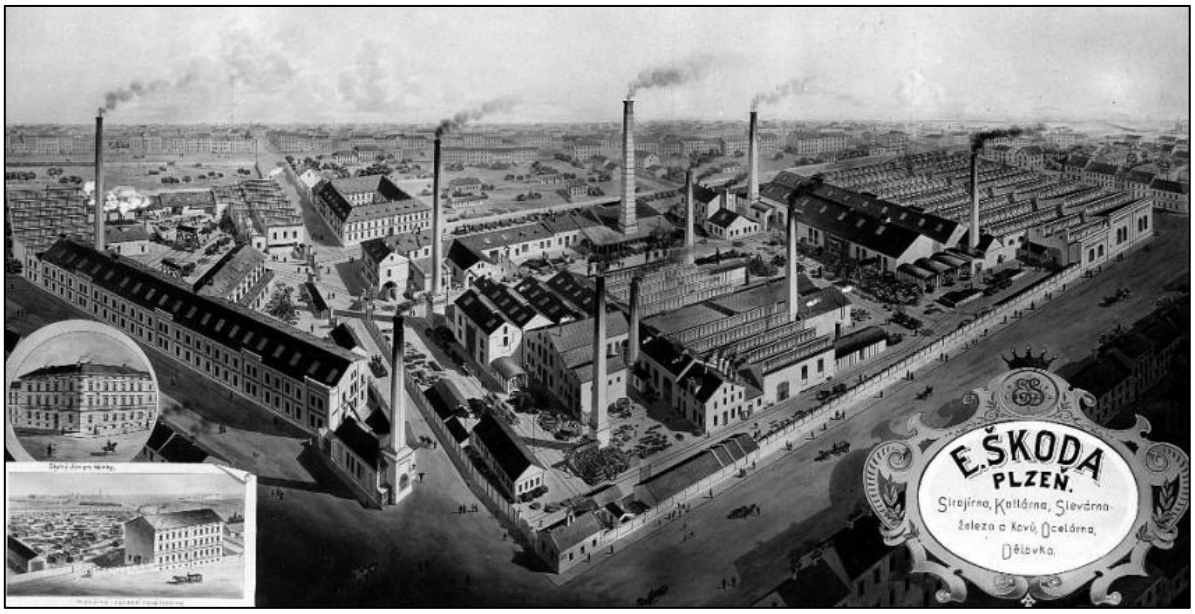
ŠKODA TRANSPORTATION a.s. je předním Evropským výrobcem vozidel pro městskou a železniční dopravu se sídlem v Plzni a mnohaletou tradicí. Mezi hlavní produkty společnosti patří moderní a technologicky na špičkové úrovni vybavené elektrické lokomotivy, tramvaje a metro.

2.2 Historie ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Základy pro vznik společnosti položil Emil Škoda ve chvíli, kdy se stává majitelem slévárny a strojírny v Plzni. Netrvá dlouho a závod se rozšiřuje a transformuje ve velmi moderní ocelárnu. Přes etapu, kdy byl závod zaměřen primárně na zbrojní výroby, se po první světové válce transformuje na koncern se širokým portfoliem. [1]

První lokomotiva byla dodána v roce 1920 a výroba dalších rychle následovala. Pouhých 7 let na to následovaly první rychlíkové elektrické lokomotivy. Po vyhlášení soutěže na dodávku trolejbusů pro hlavní město Prahu byl v roce 1936 zkonstruován první prototyp trolejbusu, což dalo za vnik novému výrobnímu oboru v rámci závodu. Po druhé světové válce byl podnik znárodněn, začal se postupně dělit a fungovat pod správou tehdejšího režimu. [1]

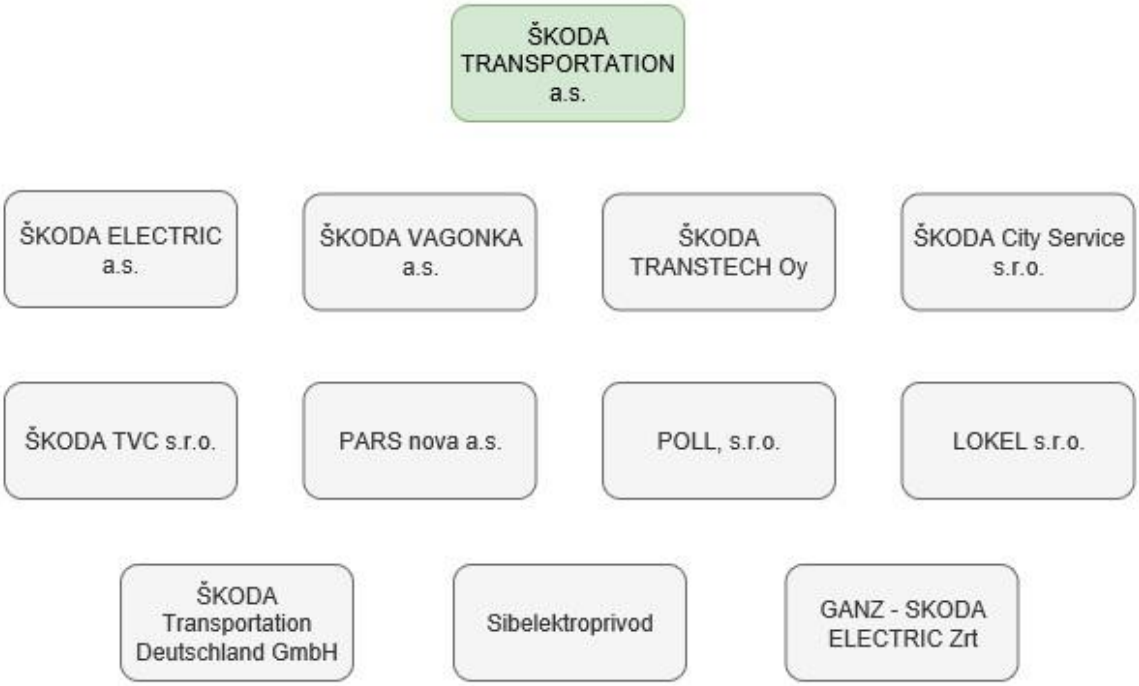
Po roce 1989 nastala transformace do podoby akciové společnosti. V současnosti jsou bývalé Škodovy závody rozděleny na množství samostatných firem a hlavním výrobním programem ŠKODA TRANSPORTATION a.s. jsou opět primárně kolejová vozidla.



Obrázek 2-1 – Škodovy závody [1]

2.3 Skupina ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

ŠKODA TRANSPORTATION a.s. nestojí jako samostatný subjekt, ale sdružuje níže uvedené společnosti do skupiny ŠKODA TRANSPORTATION a.s.. Tato diplomová práce svým rozsahem nepokrývá žádnou z dceřiných společností, nicméně může do budoucna sloužit jako jeden z podkladů pro případné rozšiřování MES v rámci skupiny.



Obrázek 2-2 – Skupina ŠKODA TRANSPORTATION a.s. [2]

2.4 Layout podniku a popis provozů

Hala 1.1.2.

- Svařování podvozků a podsestav
- Výroba drobných dílů a obrábění

Hala 1.3.2.

- Montáž železničních vozidel (montážní lodě 1 – 4)
- Montáž podvozků

Hala 1.3.1

- Lakovny
- Zkušebna + prostory pro výzkum

Hala 1.5.1.1.

- Skladovací prostory

Hala 1.5.1.2

Svařovna hrubých staveb a podsestav

Hala 1.5.1.3.

Lepení

Sklad rozpracované výroby

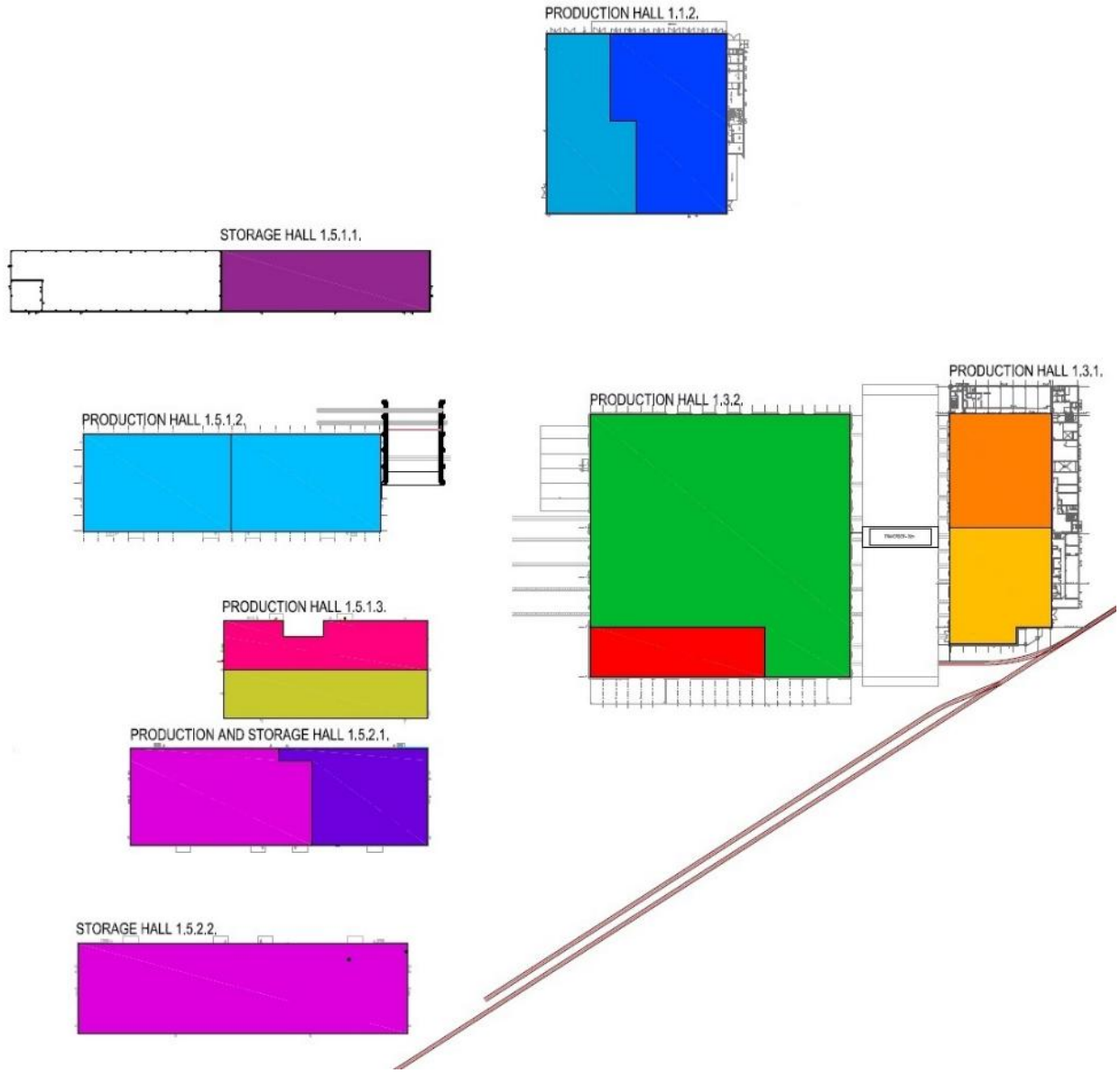
Hala 1.5.2.1.

Sklad materiálu

Příprava elektromontáže

Hala 1.5.2.2.

Sklad materiálu



Obrázek 2-3 – Layout ŠKODA TRANSPORTATION a.s. [12]

3 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

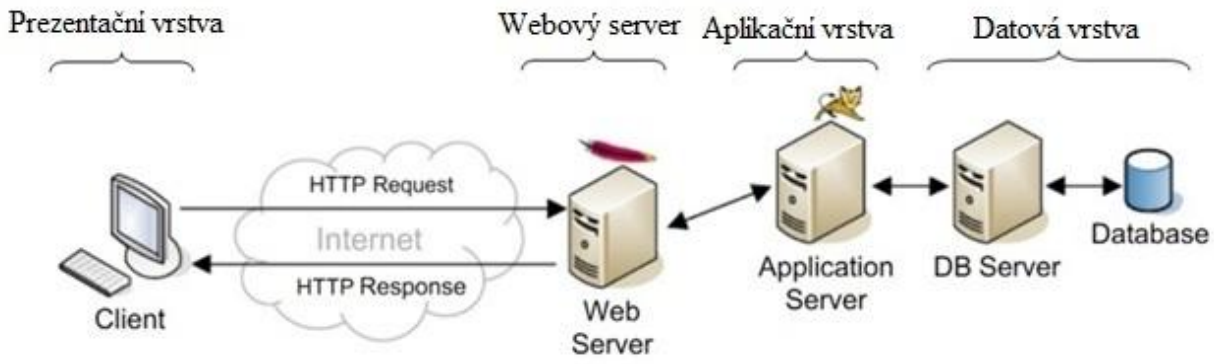
V této části práce budou nejprve přiblíženy informační systémy po technické stránce. Následuje popis všeobecného okolí informačních systémů, do kterého jsou MES zasazeny a detailně popsány. Kapitolu uzavírá pojednání o kvalitě dat.

3.1 Databáze v kontextu informačních systémů

Informační systém, jak už z názvu vyplývá, pracuje, vyhodnocuje a přijímá informace, které jsou shromážděny a uloženy ve formě dat. Je tedy bez pochyby, že správně navržené databáze jsou naprosto zásadní pro úspěšné fungování informačního systému. Uživatelské rozhraní takového systému je nástrojem pro prezentaci a zápis dat na příslušné úložiště. Tím je umožněno skupině uživatelů nahlížet na sdílená data tak, aby každý z nich mohl za pomoci systému dostat požadovanou informaci vhodnou formou, ve vhodném detailu atp. Jinými slovy jedná se o komplexní databázovou aplikaci.

3.1.1 Architektura informačního systému

Existují různé přístupy k tvorbě databázových aplikací. Jako příklad lze uvést již zastaralý model jednovrstvé centralizované architektury, nebo ustupující dvouvrstvou architekturu klient – server, kde klient zpracovává aplikační logiku. V kontextu podnikových informačních systémů ovšem jasně převládá vícevrstvá architektura stojící na síti internet, kterou vykresluje Obrázek 3-1 níže. Je samozřejmě možné, aby informační systém fungoval v rámci sítě LAN, či WAN nicméně současné požadavky na tyto aplikace hovoří jednoznačně pro internet.



Obrázek 3-1 – Obecné schéma vícevrstvé architektury databázové aplikace (upraveno z [21])

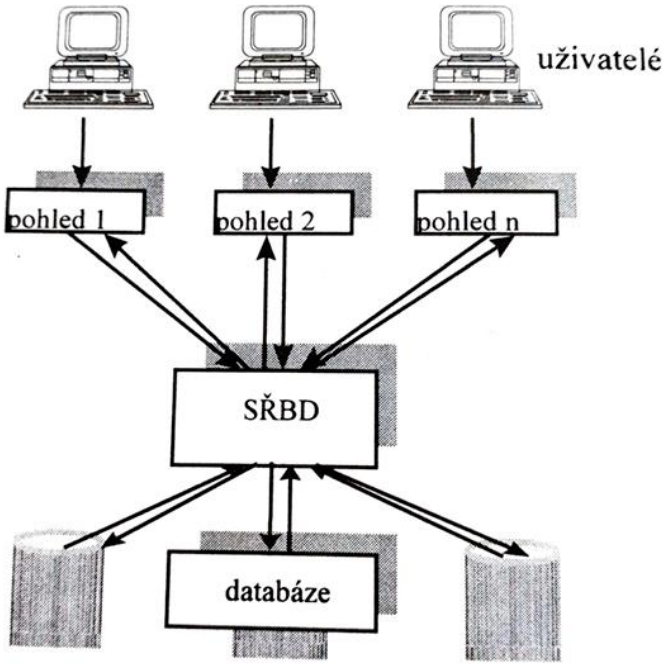
Principem fungování vícevrstvé architektury je oddělení uživatele od datové základny a rozložení části výpočetních operací do aplikační vrstvy. Díky tomu je možné, aby i prezentační vrstvy rozsáhlých databázových systémů neboli uživatelská rozhraní, fungovala na zařízeních s nízkým výpočetním výkonem a v korelaci s tím tedy i jejich cenou. [3]

- **Prezentační vrstva** - také uživatelské rozhraní, či front end zpracovává uživatelské vstupy a příkazy na základě kterých prostředí zobrazuje požadované informace.

Technické řešení této vrstvy je stále více realizováno přes webové prohlížeče. Ty přijímají HTML pakety z webového serveru, které jsou interpretovány v uživatelském prostředí. Prezentační vrstva nemusí nutně existovat jen v prostředí prohlížeče, ale např. také jako mobilní aplikace. Různé formy uživatelských rozhraní spolu mohou koexistovat a komunikovat s aplikační vrstvou. [4]

- **Webový server** - je odpovědný za vyřizování požadavků http protokolu (ideálně https) z prezentační vrstvy. Webový server může mít připravené datové soubory, nebo je shromáždit a zformátovat do HTML až na základě akce uživatele (čtení z databáze).[20]
- **Aplikační vrstva** – neboli také business logic definuje funkční logiku databázové aplikace. Na základě vstupů z uživatelského rozhraní se zde formulují dotazy pro datovou vrstvu. Oproti tomu výsledky dotazů zde mohou být formátovány a odeslány uživateli. Mezi další možné funkce lze zařadit ověření identity a bezpečnostní operace. Technické řešení této vrstvy stojí např. na JAVA, C++, C# a podobně. V české literatuře je možné setkat se se zkratkou SŘBD (Systém Řízení Bází Dat). [4][5]

Pro lepší pochopení fungování aplikační vrstvy a její interakce s uživatelským prostředím a databází lze její funkčnost demonstrovat na praktickém příkladu (Obrázek 3-2 níže). Díky ověření dentity uživatele jsou načtena příslušná databázová schémata, která jsou následně prezentována uživateli, včetně zpřístupnění či zamítnutí vybraných operací na základě přístupových práv. To znamená, že více uživatelů může nahlížet na stejnou entitní položku v jiných perspektivách na základě typu jejich účtu (např. pracovník HR uvidí u zaměstnance jiné datové schéma než mzdová účtárna). [5]



Obrázek 3-2 – Uživatelské pohledy [5]

- **Datová vrstva** – databázový server zpracovává dotazy, aktualizuje požadavky z aplikační vrstvy a odesílá výsledky. K přístupu k databázi je standardně využíváno jazyka SQL (Structured Query Language). Přenos mezi aplikační a datovou vrstvou se řídí dle příslušného protokolu. Datovou vrstvu mohou fyzicky tvořit jedna i více databází, na které je aplikační vrstva napojena skrze protokol ODBC (Open DataBase Connectivity) nebo například JDBC (Java DataBase Connectivity), či ADO.NET. [4]

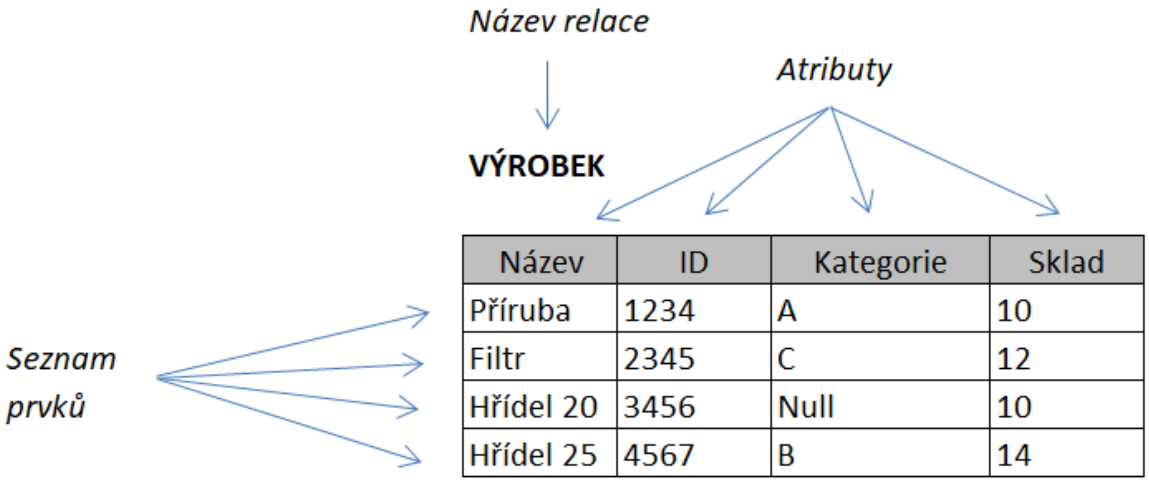
3.1.2 Moderní databázové modely

Způsob jakým jsou data a vazby mezi nimi ukládány definuje tzv. databázový model. Těchto modelů samozřejmě existuje určité množství a historicky vždy některý dominoval, podobně jako dnes.

3.1.2.1 Relační databáze

Do databáze jsou data vždy zapisována dle určitého principu. Ty pak vytváří pevně dané struktury. Na základě toho je možné určit typ databáze. Vedle již překonaných hierarchických a síťových databází je relační model stále dominantním přístupem.

Relační model databáze představuje kolekci relací. Jinými slovy, každá relace je tedy dvourozměrná tabulka hodnot v určitém vztahu provázána v kolekci s ostatními relacemi.[4] Příklad relačního schématu demonstruje Obrázek 3-3 jakožto relace VÝROBEK.



Název	ID	Kategorie	Sklad
Příruba	1234	A	10
Filtr	2345	C	12
Hřídel 20	3456	Null	10
Hřídel 25	4567	B	14

Obrázek 3-3 – Relace VÝROBEK (přepracováno z [4])

Relace VÝROBEK obsahuje v tomto případě 4 atributy a 4 záznamy, označené jako seznam prvků (v anglickém jazyce používaný výraz „Tuples“). Každý záznam představuje instanci relace. Dalším, v tomto případě již neviditelným parametrem relace je tzv. doména, neboli také datový typ. Jedná se o množinu přípustných hodnot, které mohou záznamy příslušného atributu nabývat. Pokud bychom se podívali na tuto relaci v jazyce SQL, dostáváme přístup i ke všem informacím o definovaných doménách a případných dalších parametrech relace viz Obrázek 3-4. Pokud je dovoleno, atribut může nabývat i hodnoty NULL, která reprezentuje prázdnou hodnotu, nebo hodnotu neexistující v příslušné instanci relace (v tomto případě Hřídel 20). Lze i nastavit výchozí hodnotu, jak je prezentováno v kódu dále.[4]

```
1  CREATE TABLE [dbo].[VYROBEK]
2  (
3      [Název] NVARCHAR(50) NOT NULL,
4      [Id] INT NOT NULL PRIMARY KEY,
5      [Kategorie] NCHAR(10) NULL DEFAULT 0,
6      [Sklad] TINYINT NOT NULL
7  )
```

Obrázek 3-4 – založení relace VYROBEK pomocí jazyka SQL

Vedle definic datových typů (NCHAR(10), TINYINT atd.) je možné dále pozorovat v SQL kódu zásadní prvek PRIMARY KEY (primární klíč), který jednoznačně identifikuje určitou instanci relace z databázové tabulky. Primární klíč může být složen i z více atributů, hovoříme pak o složeném klíči. Snaha je ovšem vždy definovat primární klíč co možná nejjednodušeji. Mimo jiné i s ohledem na výpočetní náročnost následných operací s relacemi. Pokud je primární klíč vybrané relace zároveň atributem jiné relace, hovoříme o něm v tomto kontextu jako o cizím klíči.

Při návrhu relací a jejich kolekcí je také nutné řídit se určitými pravidly. Aby nedocházelo ke vzniku redundantních dat a byla zajištěna snadná udržovatelnost a efektivita dotazování, existují tzv. normální formy (NF). Dána je řada normálních forem (od 0 až po 5), přičemž za standard pro většinu aplikací se považuje databáze ve třetí normální formě. Každá forma je podmíněna splněním požadavků na nižší formy. Konkrétním příkladem aplikovaných pravidel pak může být např. obsah pouze atomických (nedělitelných) hodnot v atributech, vyhnutí se tranzitivní závislosti (závislost hodnoty jednoho atributu na druhém) atd.[22]

3.1.2.2 Objektové databáze

V kontextu relačních databází je nutné zmínit i objektové databáze, jako nastupující trend. S příchodem objektově orientovaných programovacích jazyků (např. C++, C# a jiné) se objektová logika přenáší i do oblasti databází. Uplatnění objektového modelu je především u návrhu a implementace velmi komplexních databázových systémů v oblasti výroby, telekomunikací a multimédií (tzn. potřeba uložit širokou škálu objektů jako video, audio, e-knihy, obrázky a efektivně mezi nimi vyhledávat a třídit). Klíčovou vlastností je tedy možnost definovat strukturu databázových objektů a operace, které mohou s tímto objektem pracovat. [4]

Novější verze relačních databázových systémů ovšem začlenily některé objektové principy do svého modelu, čímž došlo ke vzniku tzv. objektově-relačních databází. To se také samozřejmě projevilo do samotného jazyka SQL. Nyní je možné využívat prvky jako uživatelsky definované typy pomocí „CREATE TYPE“, nebo využívat dědičnost pomocí „UNDER“ jak ilustruje Obrázek 3-5 níže.

```
CREATE TYPE STUDENT_TYPE UNDER PERSON_TYPE AS (
    MAJOR_CODE    CHAR (4),
    STUDENT_ID    CHAR (12),
    DEGREE        VARCHAR (5),
    TRANSCRIPT    GRADE_TYPE ARRAY [100]
```

Obrázek 3-5 – Objektové prvky v jazyce SQL

3.1.3 Klíče v relačních databázích

Jak již bylo naznačeno, klíče ve všeobecné rovině zajišťují jednoznačnou identifikaci prvku v relaci a to rámci jednoho unikátního atributu, nebo jejich kombinace. V takovém případě hovoříme o složených klíčích (často také používaný výraz „composite keys“ z anglického jazyka). Rozeznáváme více typů klíčů, převážně primární pro jednoznačnou identifikaci záznamu v relaci a cizí klíč, který je uveden jako atribut v nějaké relaci a zároveň je primárním klíčem relace jiné.

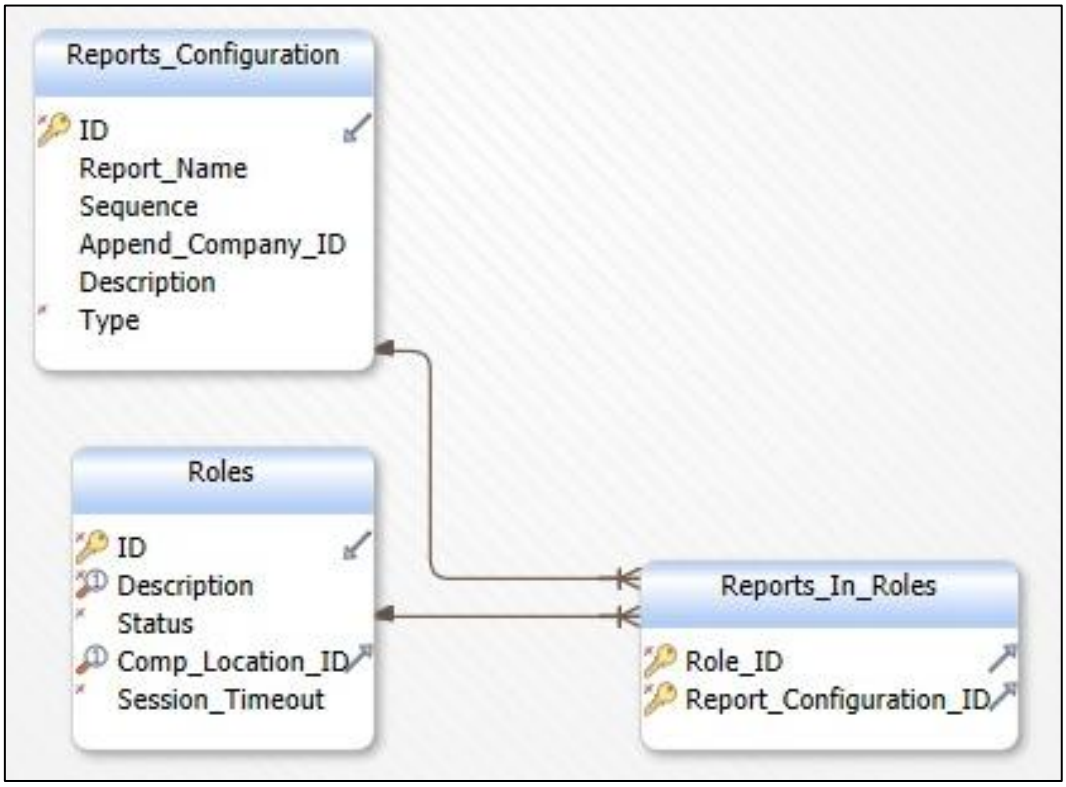
3.1.4 Datový model relační databáze

Ve chvíli, kdy jsou sestaveny všechny požadované relace, dochází k jejich vzájemnému propojení v datový model. Ten představuje určitou funkční mapu databáze znázorňující vzájemné vazby mezi relacemi (tzv. kardinalitu) a typy těchto vazeb. Ty vyplývají z integritních omezení, která jsou definována samotnou logikou věci, pro kterou je datový model sestavován spolu s architekturou relací samotných. Dostáváme tedy model databáze, s jasně definovanou strukturou, vztahy a formáty ve kterých budou data zpracovávána. Vztahy mezi relacemi mohou být následující:

- Bez vztahu – relace nejsou žádným způsobem provázány.
- Vztah 1 : 1 – jeden záznam v relaci odpovídá pouze jednomu záznamu v relaci druhé. Takový druh vztahu je vcelku ojedinělý. Pokud existuje, je možné relace sloučit v jednu a tím vztah zaniká. V případě, že obě relace v tomto vztahu mají nepovinné členství, propojují se přes vloženou relaci vazbou 1 : N.
- Vztah 1 : N – jeden záznam v relaci odpovídá n-záznamům v relaci druhé. Jedná se o nejčastější vztah a nutno zdůraznit, že záleží na směru, ve kterém je vztah zapsán. To znamená, že $1 : N \neq N : 1$.
- Vztah M : N – více záznamů v jedné relaci odpovídá více záznamům v relaci druhé. Tento druh vztahu je nutno přes vložené relace dekomponovat na 1 : N.

Vizualizace datového modelu se provádí E-R diagramy (Entity-Relationship). Příklad jednoduchého datového modelu zobrazuje Obrázek 3-6. Jedná se o diagram databázového uložení informací o reportech ze systému DCIx MES. Jednotlivé relace jsou propojeny spojnicemi, které definují vzájemné vztahy. V tomto případě např. relace Roles je ve vztahu 1 : N s Reports_In_Roles. Tedy 1 záznam v Roles ukazuje na N záznamů v Reports_In_Roles. V datovém modelu jsou také definovány primární a další klíče pro každou relaci (např. relace Reports_In_Roles obsahuje kompozitní klíč viz 3.1.3). V případě relace Roles je krom primárního klíče ID definován i unikátní index – kombinace atributů Description

a Comp_Location_ID, jejichž kombinace musí být unikátní. Jak je možné vidět, v tomto modelu jsou k relacím přiřazeny jejich atributy, hovoříme poté o E-R-A (attributes) diagramu. Metody vizualizace vztahů mezi relacemi a dalších parametrů se mohou v ostatních publikacích mírně lišit, nicméně vždy stojí na stejném principu.

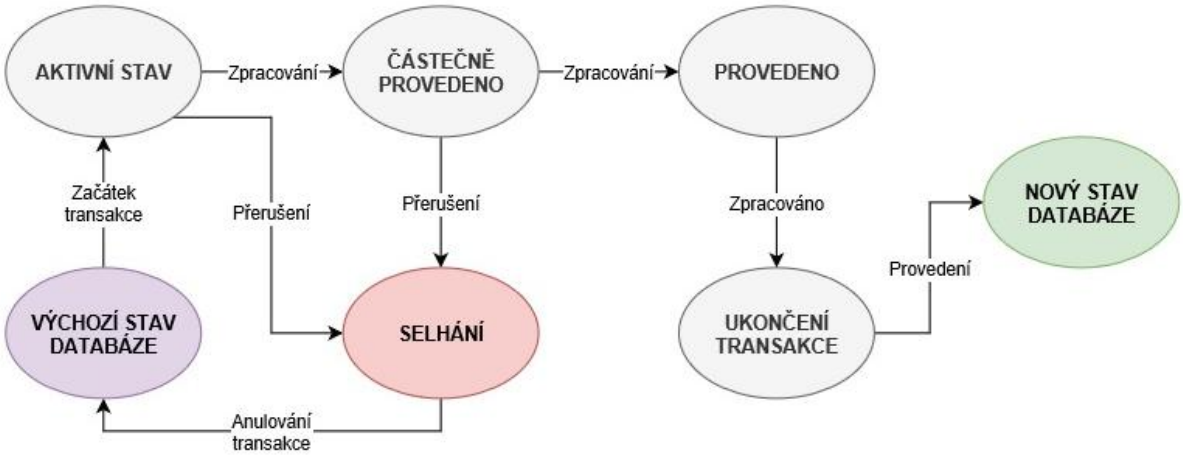


Obrázek 3-6 – příklad datového modelu informací o reportech z DCIx MES (nápověda)

3.1.5 Řízení přístupu více uživatelů

Pro podnikový informační systém je charakteristické, že s ním pracuje mnoho uživatelů najednou. To znamená, že v jednu chvíli mohou probíhat desítky i stovky operací, které mohou data číst, mazat, přidávat či aktualizovat. V rozsahu, jaký podnikový IS představuje, není výjimkou situace, že dva a více uživatelů budou chtít operovat se stejnými daty. V takovém případě si uživatelé tzv. konkurují. Pro to, aby databázová aplikace zvládala víceuživatelský přístup a nedošlo ke znehodnocení dat, je nutné, aby byl na úrovni systému řízení báze dat (SŘBD – Obrázek 3-2) instalován příslušný modul, který bude řídit tzv. konkurenční transakce. [4][6]

Modul v rámci SŘBD tedy kontroluje průběh víceuživatelských akcí pomocí transakcí. Obecný průběh transakce znázorňuje Obrázek 3-7 výše. Jak je možné vidět, změny v databázi se zapíší až ve chvíli kdy je transakce skutečně dokončena. Pokud se objeví chyba a transakci není možné dokončit, nebo jí ukončí předčasně uživatel, dojde k návratu databáze do původního stavu. Konkrétní logika nakládání s transakcemi se vždy odvíjí od charakteru věci, pro kterou je databáze tvořena a dle toho je využíváno příslušných metod jako např. binární zámky záznamů relace po dobu provádění transakce, nebo read/write zámků či časových razítek transakce. [4][6]



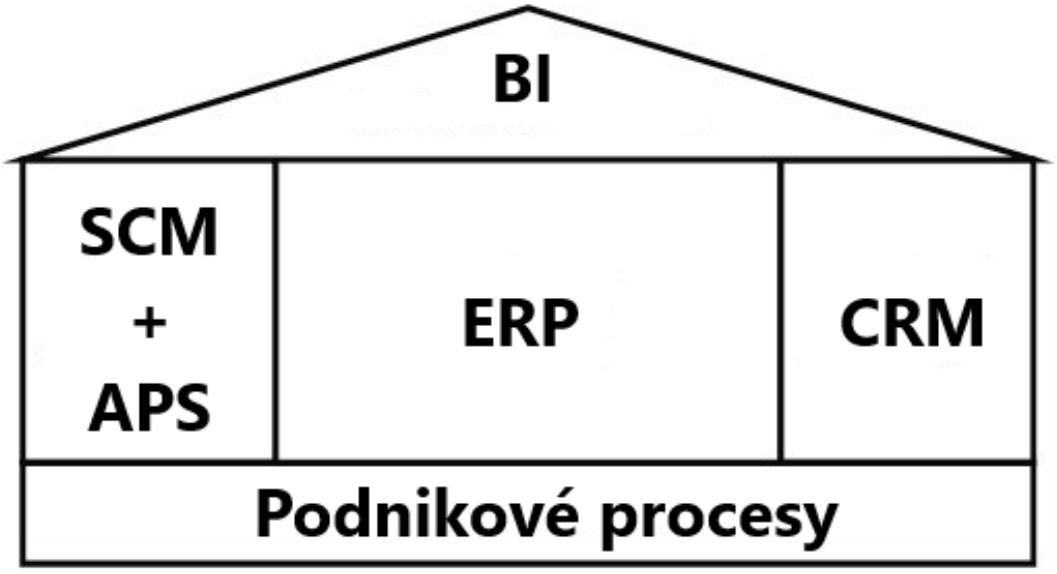
Obrázek 3-7 – průběh transakce (upraveno z [4])

3.2 Podnikové informační systémy

V předešlé kapitole 2.2 byl stručně naznačen princip fungování informačního systému po technické stránce. V této kapitole bude v obecné rovině představen pohled na podnikové IS a na závěr dojde již k detailnějšímu představení a popisu MES systému, který je hlavním předmětem této práce.

3.2.1 Klasifikace podnikových informačních systémů

Informační systémy se poměrně těžko klasifikují. Vezmeme-li do úvahy fakt, že jsou často individuálně upravovány dle potřeb klienta a nutno dodat, že i velmi specificky. Díky tomu nejsou v obecné rovině definované explicitní hranice a funkce jednotlivých systémů se mohou vzájemně prolínat. Jakousi výchozí představu poskytuje tzv. holisticko-procesní pohled. Jinými slovy celostní pohled na systém zohledňující procesy znázorňuje Obrázek 3-8 níže.[7]



Obrázek 3-8 – Holisticko-procesní schéma podnikových IS (upraveno z [7])

V tomto případě je holisticko-procesní schéma zobrazeno jako analogie ke konstrukci domu. Jako základ jsou samotné podnikové procesy, se kterými informační systémy pracují jako s datovým podkladem. Pokud není příslušný proces zmapován a odpovídajícím způsobem promítnut do informačních systémů, tak z jejich pohledu neexistuje. Podobně jako u staveb, kde platí, že špatné základy mají vliv na budovu jako celek, tak pokud jsou procesy ve firmě špatně zmapovány, nebo kvůli například nesystematičnosti nejsou zmapovány vůbec, bude IS odpovídat kvalitě jeho vlastních základů. Zbytek schématu pak představuje samotné typy systémů:

- **ERP (Enterprise Resource Plannig)** – Plánování podnikových zdrojů
- **CRM (Customer Relationship Management)** – Řízení vtahu se zákazníkem
- **SCM + APS (Supply Chain Management + Advanced Planning and Scheduling)** – Řízení dodavatelského řetězce + Pokročilé systémy plánování
- **BI (Business Inteligence)**

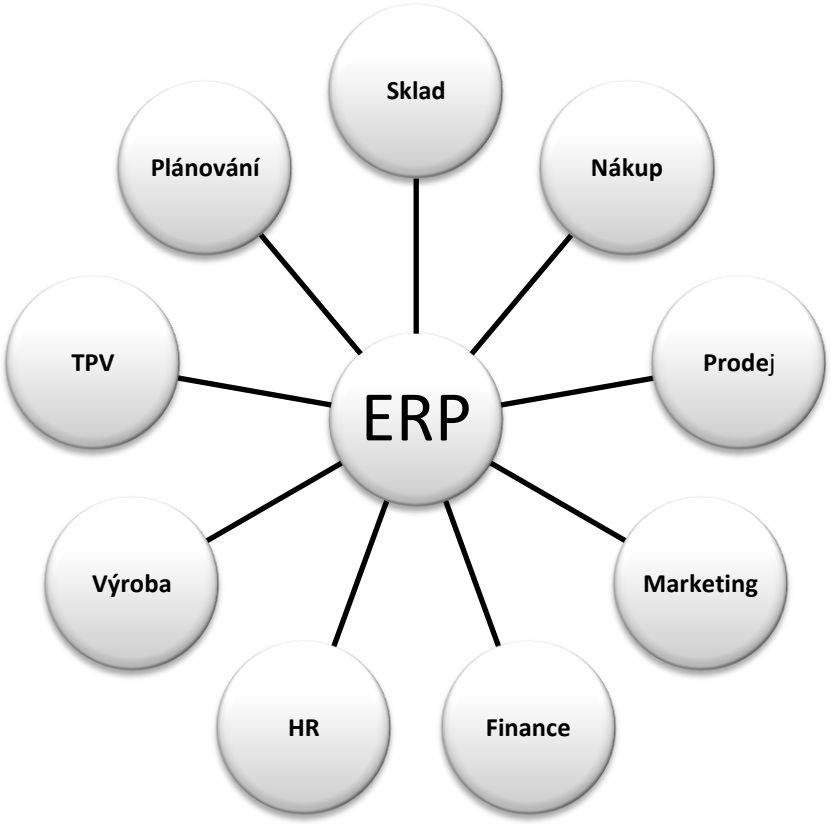
ERP představuje jádro, které se zaměřuje na řízení interních procesů. Obvodové zdi, které přichází do přímého styku s okolím, jsou pak CRM a SMC + APS. Na těchto systémech, podobně jako střecha, stojí BI, které čerpá ze systémů na kterých stojí a integruje informace z nich získané. To vše dohromady tvoří funkční centralizovaný celek se vzájemně propojenými relačními databázemi, kde dochází mezi systémy k importu a exportu potřebných dat. Takováto integrace systémů ve funkční celek je označována také jako ERP II, nebo Extended ERP. V následujících kapitolách budou zmíněné systémy postupně představeny.

3.2.1.1 ERP

Jak bylo zmíněno na začátku minulé kapitoly, informační systémy se těžko klasifikují a ani ERP není výjimkou. Na základě celosvětových výzkumů společnosti Delloite Consulting definoval Ing. Petr Sodomka, Ph.D. ve své knize Informační systémy v podnikové praxi ERP jako: [7]

„Informační systém kategorie ERP definujeme jako účinný nástroj, který je schopen pokrýt plánování a řízení hlavních interních podnikových procesů (zdrojů a jejich transformace na výstupy), a to na všech úrovních, od operativní až po strategickou.“

Ve zmíněné definici je velmi důležitý výraz „interní“, podobně jak je naznačeno v holisticko-procesním schématu (Obrázek 3-8). ERP samotné pokrývá všechny procesy, nad kterými má podnik plnou kontrolu (jádro). Pomocí modulů SCM + APS a CRM pokrývá i procesy externí či částečně externí. ERP tedy integruje, archivuje a zpřístupňuje informace napříč celým podnikem, ze všech jeho odvětví v reálném čase, jak je schematicky naznačeno na obrázkuObrázek 3-9. Jednotlivá odvětví pak pokrývají aplikace uzpůsobené charakteru probíhajících procesů (finance, personalistika apod.). Do určité míry se dá říci, že ERP je digitálním obrazem podniku a jeho procesů. Úroveň do jaké informační systém reflektuje objekty a procesy reálného světa je přímo závislá na kvalitě konkrétní implementace.



Obrázek 3-9 – vizualizace možných oblastí integrovaných do ERP

3.2.1.2 SCM + APS

Výraz Supply Chain Management označuje jak samotný dodavatelský řetězec

dodavatel – výrobce – distributor – prodejce – zákazník

tak i softwarové nástroje, jeho činnost podporující. Právě ty představují modul ERP a jednu z pomyslných zdí. Všeobecně jde o nástroje a procesy, díky kterým se zvyšuje celková efektivita řetězce, z čehož profitují všechny jeho články. Takové propojení dodavatelů a odběratelů skrze informační a komunikační technologie má za následek efektivní spolupráci vedoucí k větší spokojenosti zákazníka, rychlejšímu dodání, lepšímu plánování a nárůstu flexibility celého řetězce. To vše je podmíněno odpovědným přístupem a transparentností dat napříč celou strukturou. [8]

Pro výrobní subjekty v rámci SCM, má tento systém velký vliv až na úroveň rozvrhování výroby. Z důvodů zmíněné flexibility je pak zásadní rychle reagovat a vyhodnocovat plán výroby s uvážením dostupných zdrojů. Pro tento účel jsou zde v rámci výrobních IS systémy pokročilého plánování – APS, které [Basl, 2012] popsal:

"APS charakterizuje současně synchronizované plánování všech zdrojů s respektováním všech známých omezení. V systému se definují výchozí podmínky i vstupní parametry a systém APS má následně za úkol nalézt optimální variantu řešení. Se změnou vstupních parametrů se mohou měnit i výsledná doporučení systému. Optimalizační algoritmy pracují na základě kriteriálních funkcí, kde je každý požadavek ohodnocen."

K získání zmíněných vstupních parametrů je APS napojen na SCM a ERP (případně jen ERP). Systém vyhodnotí dostupné kapacity a navrhne možné plány výroby, díky čemuž je možné rychle získat data o termínech dodání a dochází k citelné úspoře času.

3.2.1.3 CRM

Systematičnost a řízení kontaktu se zákazníky zajišťuje modul CRM, který částečně čerpá z interních dat (např. nově vyráběné výrobky) a slučuje s nimi data o klientech, která mohou být pak využívána k dalšímu kontaktu (např. zasílání emailu o nových produktech na základě koupě produktu podobného typu), nebo BI účelům.

Základní funkcionality CRM jsou pak následující:[8]

- **Operativní** – eviduje interakce se zákazníky jako komunikace.
- **Kooperativní** – sdílení zákaznických dat napříč odděleními.
- **Analytická** – analyzuje zákaznická data z různých pohledů.

CRM je tedy schopno shromažďovat klíčové informace zákaznického životního cyklu. Díky komunikačním záznamům poskytuje CRM snadnou zastupitelnost pracovníků při následném obnovení kontaktu. Pomocí sdílených dat umožňuje poskytovat produkty, které lépe reflektují zákaznické požadavky a podobně. To vše s cílem zlepšování vztahu se zákazníky.

3.2.1.4 BI

Pro účely vyhodnocování dat, hledání korelací mezi jednotlivými aspekty a pohledu na činnost společnosti v širším časovém měřítku slouží modul Business Inteligence. Ten je napojen na vybraná data v rámci ERP s cílem podpořit rozhodovací procesy vyššího a středního managementu.

BI poskytují možnosti:[8]

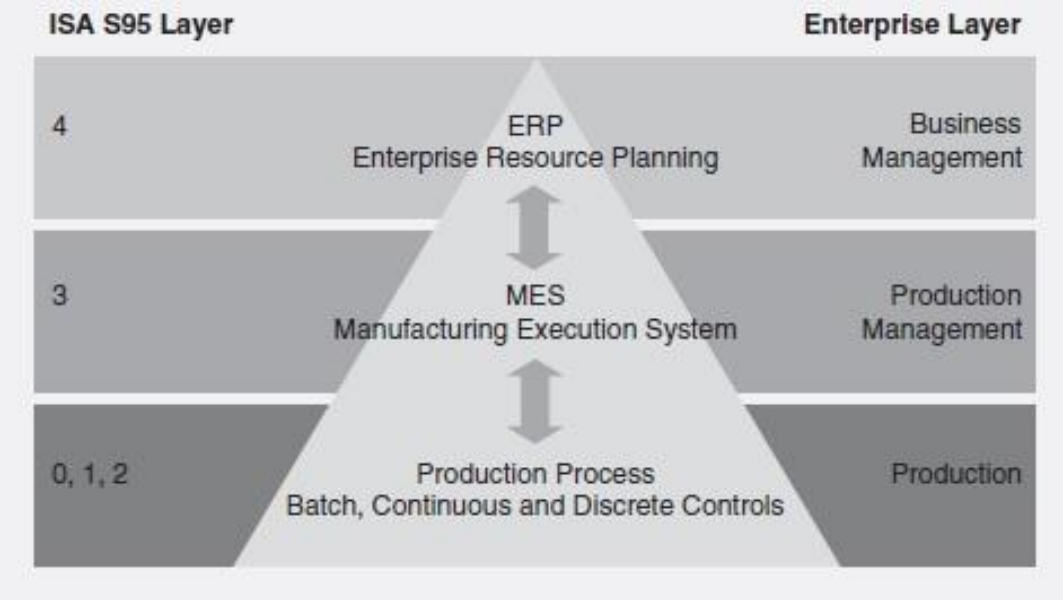
- **Reporting** – výsledky z vybraných oblastí nesoucí požadovaná data.
- **Analýzy** – multidimenzionální rozbory dat a hledání korelací.
- **Dotazy** – nástroje pro individualizaci dotazů.

3.2.2 MES

Manufacturing Exectuion System, jinými slovy také výrobní informační systém. Všudypřítomné ERP jsou v jádru systémy pro řízení financí a neměla by být snaha vyřešit všechny aspekty firmy skrze jeho moduly, jako se tomu úspěšně děje například v případě marketingových funkcí v rámci CRM. Úroveň výrobního managementu (vrstva 3 – Obrázek 3-10) zahrnuje jak samotnou výrobu produktu, tak i jeho vývoj. Pro ten existuje řada vlastních nástrojů, avšak co se oblasti výroby týče, pro tu je zde systém MES. Plně funkční MES by měl mít pod kontrolou všechny výrobní aspekty a brát v úvahu jednotlivé prvky výrobního procesu včetně pracovníků, strojů, vstupů a podobně. Vnik systémů MES měl podobu pouze ve sběru výrobních dat, k čemuž následně přibývaly další funkce, které se postupně překrývaly s funkcemi dalších informačních systémů. Z počátku se na MES pohlíželo jako na nadbytečný systém, jehož práci zastoupí ERP. Ukázalo se však, že těžkopádný ERP není vhodný pro výrobní real-time orientované prostředí. [9][10]

3.2.2.1 Zasazení MES v rámci dalších informačních systémů

V kontextu hierarchie podnikových systémů ISA S95 (International Society of Automation) zasazuje MES do příslušné úrovně podle následujícího schématu:



Obrázek 3-10 – MES v úrovních podnikových IS [11]

ISA S95 rovněž uvádí úkony, které mají jednotlivé vrstvy zajistit. Tabulka 1 níže dává do kontrastu příklady úkonů vrstvy 3 a 4 ve všeobecné rovině, čímž podtrhuje vzájemné rozdíly a pomáhá znázornit, jakým směrem se funkcionalita MES ubírá. Za zmínku rovněž stojí, že zmíněné IS v rámci kapitoly 2.3.1 spadají rovněž do vrstvy 4 spolu s ERP s výjimkou APS. Více v následujících kapitolách.

Production Management	Business Management
• Vyhodnocení výrobních dat, včetně určení reálných výrobních nákladů. • Řízení dat ve spojitosti s výrobou, jako materiály, lidé a jejich kvalifikace, náhradní díly. • Monitorování procesů. • Poskytnutí funkcí pro management kvality, tvorba reportů. • Rezervace zdrojů a přidělení	• Správa materiálů a náhradních dílů včetně jejich kmenových dat. • Řízení kmenových dat potřebných pro údržbu. • Správa osobních dat pro HR. • Hrubý plán produkce a jeho úpravy s ohledem na kapacity a údržbu • Správa skladových dat. • Definování optimálních skladových

materiálů. • Detailní plánování pro každou divizi, zahrnující údržbu, transport atd.	zásob, náhradních dílů zahrnující ověření dostupnosti pro výrobu.

Tabulka 3-1 – Úkony Production managementu vs. Business managementu [11]

Po objasnění požadavků úrovně kde MES působí, zbývá formulovat konkrétní výčet funkčních oblastí.

3.2.2.2 Souhrn MES funkčních oblastí dle MESA

Je nezpochybnitelné, že každá implementace MES systému se bude více méně lišit, bude cílit na jiný druh výroby a budou očekávány jiné výstupy. Pro souhrn funkčních oblastí tedy lépe než konkrétní příklad poslouží představa komplexního „koncepčního“ MES systému. Dle asociace MESA (The Manufacturing Enterprise Solutions Association), která se zaměřuje na zlepšování procesů ve výrobním sektoru skrze optimalizaci existujících aplikací a uvádění nových inovativních informačních systémů, je zde celkem 11 funkčních oblastí v rámci MES:[11]

1) **Detailní plánování toku práce** – plánování ideální sekvence práce s ohledem na zdroje a dalších podmínky jako procesní čas, personál apod. (viz 2.3.1.2).
2) **Řízení zdrojů** – řízení a monitoring zdrojů jako stroje, personál, nástroje.
3) **Řízení výrobní jednotky** – řízení toku produkovaných jednotek. Na události během probíhající výroby je reagováno okamžitě a plán je upraven, pokud je to nutné (viz 2.3.2.6).
4) **Řízení informací** – veškeré informace relevantní pro výrobní proces (bezpečnostní instrukce, CAD apod.) jsou zpřístupněny personálu ve správný čas na správném místě.
5) **Provozní zaznamenávání dat** – zaznamenání všech dat se vztahem k výrobě příslušné výrobní jednotky.
6) **Personální management** – záznamy odpracovaných hodin s možností ruční editace.
7) **Management kvality** – analyzuje v reálném čase naměřená data (předpokladem je určitá automatizace) s cílem včas identifikovat případné problémy.
8) **Proces management** – monitoring reálného průběhu procesu zahrnující funkce upozornění.
9) **Řízení údržby** – zaznamenávání množství vykonané práce a hodin s cílem vytvořit preventivní periodické úkony údržby. Systém rovněž podporuje provedení údržbového úkonu.
10) **Zpětná sledovatelnost** – záznam všech dat v souvislosti s výrobou tak, aby byla zabezpečena sledovatelnost výrobku celým výrobním řetězcem.
11) **Analýza výkonnosti** – pomocí např. diagramů systém vyhodnocuje výrobu, zohledňuje prostoje, narušení procesů apod.

Jak již bylo zmíněno v předcházejících kapitolách – informační systémy se vzájemně překrývají a i v tomto případě je možné najít funkce, které standardně zajišťují ERP tam, kde

MES (či obecně výrobní informační systém) není implementován, jako např. personální management, řízení údržby a další.

3.2.2.3 Core funkcionality MES

Funkční schéma koncepčního MES systému se dá shrnout do základních kategorií, které představují tzv. core funcionality, které znázorňuje Obrázek **3-11** níže. Zmíněné funkční oblasti dle MESA lze poté přiřadit do jednotlivých fází procesu.

Obrázek 3-11 – core funkcionalita MES [11]

1) **Tokově orientovaný návrh výroby** – v prvním kroku je výrobní proces zmapován uživatelem / analytikem pomocní zpravidla grafických plánovacích nástrojů. Takto sestavený výrobní tok je poté uložen jako datový model, tudíž jeho kvalita je naprosto zásadní. Případné změny se pak samozřejmě musí aktualizovat (naznačeno přerušovanou čarou).
2) **Tokově orientovaný plán výroby** – výrobní tok je naplánován ve formě po sobě jdoucích výrobních objednávek. Tokově orientovaný přístup nezahrnuje jen samotné objednávky, ale také všechny nezbytné zdroje s tím spojené, jako personál, materiál, nebo polotovary.
3) **Zpracování výrobních objednávek** – výrobní proces je řízen a monitorován. Výrobní data a data o produktech jsou zaznamenána a archivována s ohledem na výrobní tok.

3.2.2.4 MES databáze a technické zajištění

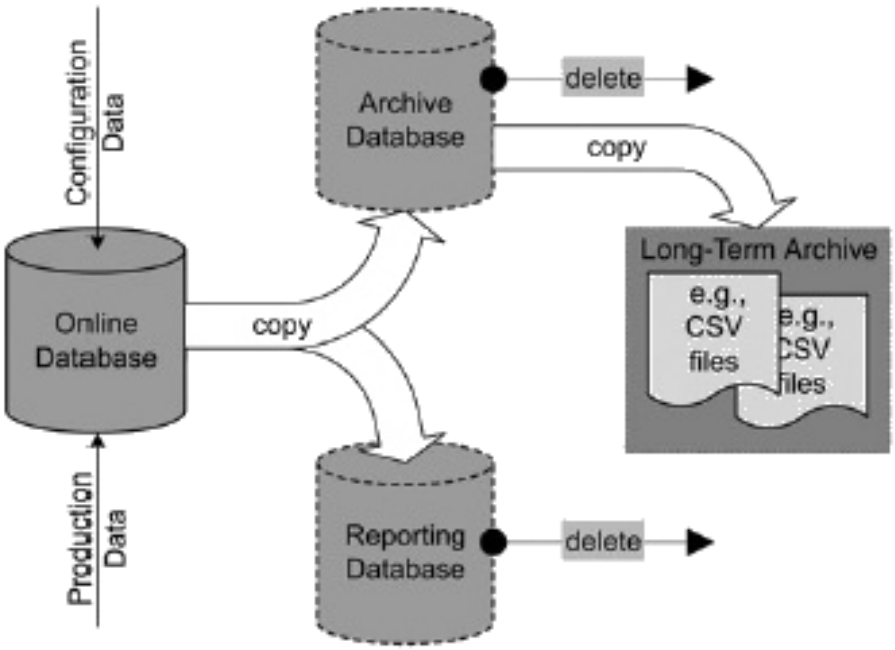
Databáze systému MES je jeho nedůležitější součástí a je zpravidla řešena jako centrální. Velmi důležité je rovněž navrhnout architekturu databáze co nejlépe před samotnou implementací, následné změny, nebo přechod na jiný databázový systém jsou za provozu značné komplikované. Ve chvíli, kdy je databáze v provozu, vyžaduje údržbu. Pro tyto potřeby musejí být stanovena pravidla a zajištěn kvalifikovaný správce. V závislosti na rozsáhlosti implementovaného MES a tedy datové náročnosti musí být odpovídajícím způsobem zajištěn server tak, aby nedocházelo ke zpomalování systému a uživatel při čtení / zápisu nečekal. V případě architektury systému s aplikačním serverem je třeba vzít v úvahu zejména: [11]

- Požadavky na výkon procesoru aplikačního serveru na základě transakcí v systému – transakce inicializovaná uživatelem vyvolá sérii dotazů, práci s daty, kalkulace. Na základě toho může být odhadnuto zatížení procesoru. Druhou možností (nebo verifikací odhadu) je poté zkouška na testovací platformě.
- Nároky na operační paměť vzhledem k procesům čtení a zápisu.
- Zadávání dat do databáze prostřednictvím databázového připojení – ovladače pro přístup aplikací třetích stran do databáze.
- Nároky na kapacitu úložišť serverů, a to jak aplikačních tak databázových.
- Rozsah funkčních oblastí, které má MES pokrývat.

V této souvislosti je vhodné zmínit odlišnosti v technickém řešení lokálním (v rámci podniku) a korporátním (v rámci více vzdálených podniků). V druhém případě je vhodné zajistit distribuovanou architekturu serverů, pro každou lokalitu jeden. Tím nevzniká tzv. single point of failure (bod který když selže, vyřadí z provozu celý systém) a případné výpadky, updaty, upgrady ovlivní vždy jen příslušnou lokalitu. [12]

Další otázkou je, jak dlouho a jakým způsobem je třeba MES data uchovávat. Rozdíl bude mezi daty na operační úrovni a BI úrovni. Tedy taková data, která systém potřebuje pro řízení a plánování budou v jiné struktuře a objemu, než ta pro strategický reporting. Rovněž není reálné, aby databáze rostla do nekonečna spolu s délkou provozu systému. Řešením je vícevrstvý archivační koncept naznačený na obrázku dále.

Výrobní data a nastavení jsou zaznamenávána a archivována do tzv. online databáze, která slouží pro operační chod systému. Po uplynutí stanovené doby, kdy už data neslouží pro operační potřeby systému (např. pro výpočty dostupnosti) jsou přesouvány do archivační, případně ještě reportingové databáze. Tento přesun může být realizován jako přímé kopírování dat, nebo formou datové pumpy, kde tedy dojde k určitému pročištění dat a částečné změny struktury. Doba, po kterou jsou data v online databázi archivována, se liší projekt od projektu a její stanovení je nelehká záležitost. Nepotřebná data jsou v této úrovni odstraňována a případná další archivace může být zajištěna formou CSV (textový formát pro archivaci tabulkových dat) souborů v datovém skladu. [11]



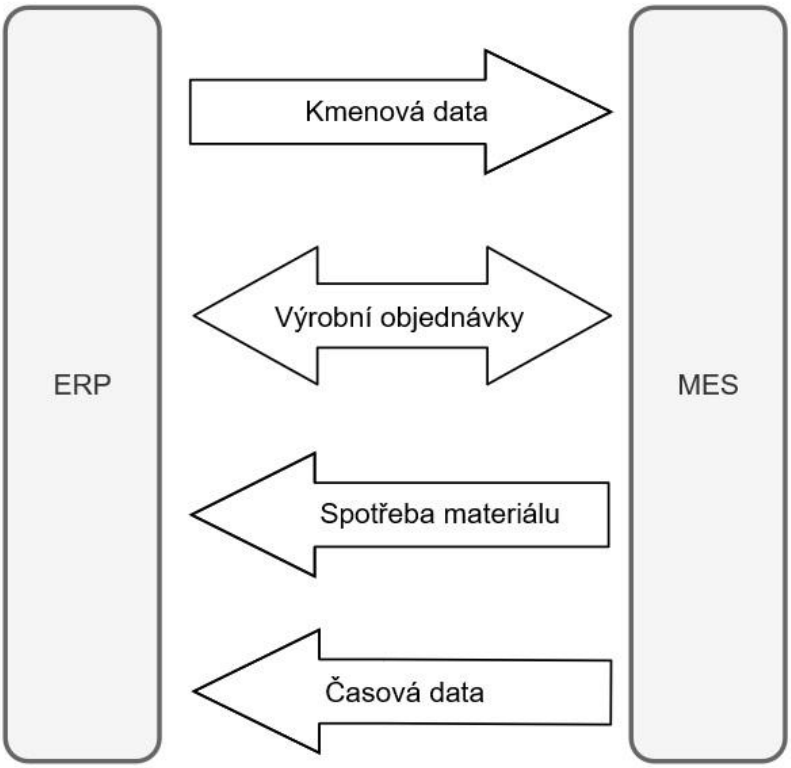
Obrázek 3-12 – Vícevrstvé nakládaní s MES daty [11]

3.2.2.5 Propojení MES s ERP

Úroveň interakce MES systému s podnikovým ERP závisí na rozsahu implementovaných oblastí v rámci MES. Základní verze MES například pouze sledující výrobu, ale bez řídících funkcí bude jednoduše plnit ERP daty (nějaká samozřejmě importuje pro svůj chod). Složitější situace nastává v případě, kdy MES je komplexnější a svou funkčností se částečně překrývá s ERP. Typickým příkladem může být správa materiálu (v rámci MES spadající do funkční oblasti 2 řízení zdrojů). Zde je nepřijatelné, aby byl materiál řízen ve dvou systémech zároveň z důvodu možnosti vzniku duplicit a dalších chyb, kterým by nebylo možné se vyvarovat. Možná řešení problému jsou následující:

1) První a ideální možností je využití takzvané architektury orientované na služby (SOA = Service Oriented Architecture), kde služba představuje určitou část funkčnosti, která je zpřístupněna okolním aplikacím. V tomto případě, by tedy MES využíval ERP funkci správy materiálu jako službu s přesně definovaným rozhraním a formátem výměny dat. [11]
2) Dalším použitelným řešením je uložení dat z obou systémů do datového skladu, jehož funkcí je mimo jiné schopnost zápisu dat z různých datových zdrojů a sloučení do společné a konsistentní sady dat (s potřebným formátováním). [11]

Vedle zmíněných funkcí, které se překrývají, si také systémy vyměňují bezkonfliktní data, se kterými poté dál pracují. Typické rozhraní ERP/MES znázorňuje Obrázek 3-13, vždy ovšem záleží na konkrétní implementaci a rozhodnutí v kterém systému jaká data budou zpracovávána.



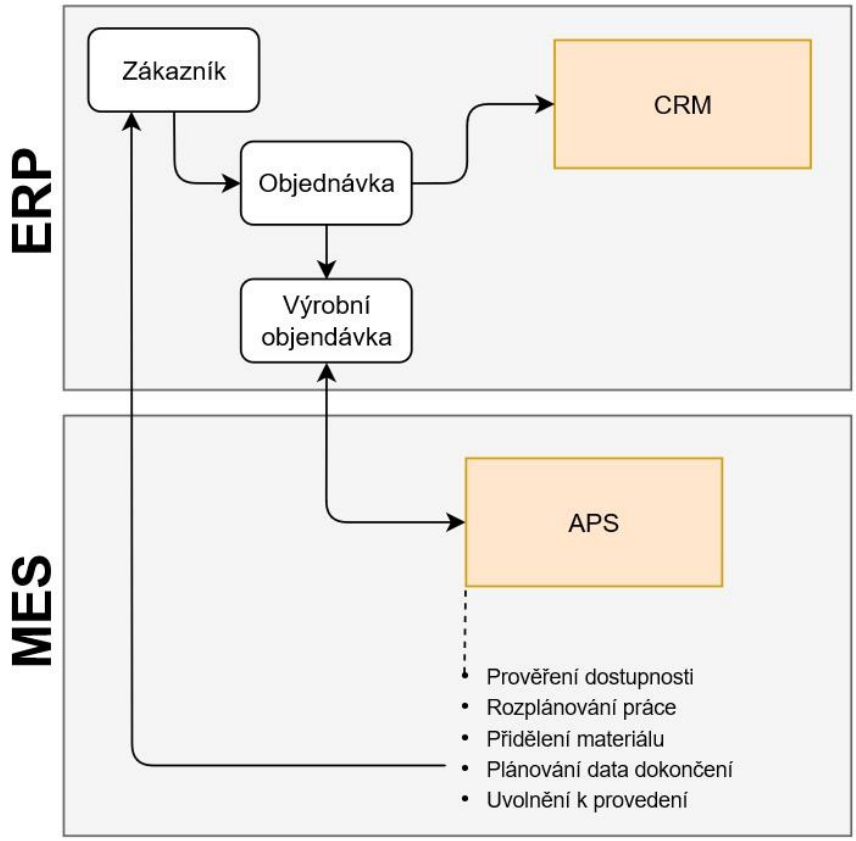
Obrázek 3-13 – rozhraní mezi MES a ERP přepracováno z [11]

Data, která MES čistě čerpá z ERP pro svůj provoz, jsou kmenová data. Jedná se zejména o kusovníky, postupy zaměstnance, produkty, stroje a další. Ta jsou využita pro zpracování výrobních objednávek, které spolu nesou data jako ID objednávky, ID produktu, počet kusů a datum dodání. MES následně vrací ERP potvrzené, případně aktualizované výrobní objednávky s ohledem na kapacity spolu s plánovaným datem dokončení, počtem kusů, přehledem přidělených kapacit atd. Dále MES předává data do ERP o spotřebě materiálu, případně i časech jako mzdový, nebo operační čas.

3.2.2.6 Využití APS v MES

V případě že implementovaný MES pokrývá funkční oblast 1 – detailní plánování toku práce (viz 2.3.2.2) je nutné, aby obsahoval vhodný nástroj který tuto funkcionalitu zajistí. Udržovat celý výrobní plán pouze lidskou silou by nebylo moc rozumné, zejména v situacích, kdy nastanou změny, či zpoždění se ve větším objemu neobejdeme bez pomoci výpočetní kapacity počítače (systém nemusí nutně plánovat autonomně, ale může pracovat ve spolupráci s plánovačem a nabízet možné varianty). Pro tento účel zpracování výrobních objednávek a jejich rozplánování do výrobních kapacit využívá MES optimalizačních algoritmů již dříve zmíněného APS (kapitola 3.2.1.2). Aby mohla být implementace APS úspěšná, musí podnik dosáhnout určité úrovně informační připravenosti. Jinými slovy také kvality dat, které bude APS importovat, ať už z ERP nebo MES.

Ve schématu (Obrázek 3-14) je dále demonstrován příklad integrace APS v MES. Spolu s tím je zasazen do kontextu ERP poskytující výrobní objednávky, na základě kterých APS vytvoří plán.



Obrázek 3-14 – vizualizace možné integrace APS v MES (přepracováno z [11])

Ve vizualizaci jsou rovněž uvedeny kroky, které APS provede. Data vzniklá rozplánováním nemusí nutně sloužit jen pro interní účely a výrobu, ale mohou být využita např. k informování zákazníka, kdy může očekávat dokončení své objednávky. Díky integraci do MES, který zaznamenává skutečný průběh výroby, je APS rovněž schopen aktualizovat plán výroby pokud nastanou např. nepředpokládaná zdržení jako porucha stroje, či jiné odchylky od plánu. Z této spolupráce mezi MES a APS systémy plynou mimo jiné i následující možné přínosy: [11]

- **Vyhodnocování plánu** – generování reportů o průběhu nebo dokončení plánu.
- **Zpětná vazba z výroby** – porovnání plánů a reality znázorňuje odchylku mezi výrobními postupy a jejich reálným vykonáním, to umožňuje zpřesňovat normy a tím tedy i kalkulace.
- **Potlačení opakujících se chyb** – APS umožňuje reportovat nejčastější chyby, které je pak možné analyzovat a odstraňovat.
- **Plánování operátorů** – vyhodnocením dat je možné určit, kteří pracovníci na kterých pracovištích pracují nejefektivněji.

3.2.2.7 Uživatelské rozhraní MES

Aby bylo možné všechny přínosy MES systému implementovat do samotné výroby, zpracovat výrobní objednávky a sledovat jejich průběh musí existovat uživatelské rozhraní,

které to umožní. O úspěchu, či neúspěchu MES systému je rozhodováno převážně v této souvislosti. Výrobní personál je často neinformovaný, nebo neochotný pochopit souvislosti při zavádění nových informačních technologií. Dostatečné vysvětlení významu a cílů MES je tedy prvním nezbytným krokem, pro využití potenciálu systému. [11]

Zpracování výrobní objednávky provádí buď přímo stroj (MES poskytuje automaticky potřebná data řídicímu systému, který zpětně komunikuje), nebo člověk. V tomto případě systém musí být schopen informace předat a přijmout v jednoduché formě. Řešení je v podobě terminálů s vhodně navrženým uživatelským interface tak, aby byly zobrazeny všechny souvislosti potřebné pro provedení konkrétního procesu. Terminály jsou řešeny v podobě aplikace na klasickém PC, nebo dotykovém panelu, který je vhodný zejména do výroby. Pro výrobní terminál jsou důležité zejména: [11]

- Jednoduchost ovládání a přehlednost prostředí.
- Zobrazení přidělené výrobní objednávky (nebo jiné úkony) k provedení.
- Potřebné informace pro provedení úkonu (např. postup, čas dokončení, počet kusů apod.).
- Panel pro zadávání událostí (např. prostoje, poruchy, přestavení stroje apod.).

3.3 Kvalita dat

Rozhodnutí provedená na základě určitých dat mohou být pouze tak kvalitní jak kvalitní jsou data, na kterých tato rozhodnutí stojí. Kvalita dat je sama o sobě velmi subjektivní pojem a nedá se nijak univerzálně stanovit, co jsou kvalitní data a co již ne. Data určité kvality (např. přesnost naměřených hodnot délky) mohou být na jednu stranu naprosto dostačující a v jiném případě nepoužitelně nepřesná. Kvalita dat by se tedy dala definovat jako:

Úroveň naplnění očekávání příjemce dat.

Tato definice rovněž v přeneseném smyslu velmi dobře odpovídá obecné definici kvality, dle normy ISO 9001.

3.3.1 Dimenze kvality dat

Ke kvalitě dat je vhodné přistupovat z různých pohledů tzv. dimenzí. Publikace Methodologies for Data Quality Assessment and Improvement [14], která analyzuje množství literatury na téma kvality dat, definuje základní dimenze následovně:

- **Přesnost** – úroveň do jaké míry data reflektují sledované objekty, nebo procesy reálného světa.
- **Úplnost** – úroveň do jaké míry uvažovaná kolekce dat zahrnuje data popisující příslušný objekt nebo proces reálného světa. Pokud nějaká data v relaci chybí, ještě to nutně nemusí znamenat pokles v úplnosti. V kontextu relačních databází je v tomto ohledu zásadní, aby data nechyběla v důležitých atributech. Oproti tomu pokud chybí tam, kde je povolena hodnota NULL, vliv na úplnost může být minimální.

- **Konzistence** – data ve všech systémech odrážejí stejné informace a jsou vzájemně synchronní v rámci celého podniku. Data jsou tedy konzistentní, pokud respektují integritní omezení databáze.
- **Včasnost** – určuje, zda jsou data k dispozici ve chvíli, kdy jsou potřeba. Jedná se tedy o prodlevu mezi změnou v reálném světě a následným propsáním této změny do datového stavu.

Pro účely této diplomové práce, vzhledem k očekávaným přínosům systému, který je popsán dále v kapitole 4.4, budou data vyhodnocována převážně z hlediska přesnosti a proto i v následujícím textu je nahlíženo na kvalitu dat primárně z této perspektivy. Je velmi důležité nezaměňovat pojmem „přesnost“ a „správnost“ (také validita). Informace jsou validní, pokud vyhovují daným pravidlům, zejména datovému formátu. Kontrolu kvality dat je možné z tohoto pohledu tedy provést automaticky. Oproti tomu však přesnost dat může být ověřena pouze jejich přímým porovnáním vzhledem k realitě. [14][15]

3.3.2 Způsoby pro zvýšení kvality dat

Dosažení 100% přesnosti dat je v praxi nereálné a informace uložené v databázích budou vždy částečně zkreslené. Nicméně cílem je tuto odchylku minimalizovat na úroveň takovou, aby neměla znatelný vliv na výstupy, které jsou od dat očekávány. V opačném případě se mohou data stát i naprosto nepoužitelná. Následující výčet ilustruje možné způsoby jak úroveň přesnosti dat zlepšit: [18]

1) **Identifikovat zdroje nepřesných dat** – jednoznačně nejdůležitějším krokem ke zlepšení je určení odkud nepřesná data pocházejí a tento problém odpovídajícím způsobem odstranit. Vyšší chybovost bude zpravidla vykazovat jako původce dat člověk, než správně nastavený automatizovaný systém.
2) **Definovat cíle v přesnosti dat** – nastavit konkrétní, reálné a měřitelné cíle jaké přesnosti dat má být dosaženo. V případě, že ve společnosti neexistují ukazatele reflektující úroveň naplnění těchto cílů je nutné je navrhnout.
3) **Vyhnout se nátlaku na původce dat** – pokud je původcem dat člověk, je nutné myslet na to, aby nebyl vyvíjen přílišný nátlak, ať už formou negativní motivace nebo pracovní zátěží. Výrazně se tak zvyšuje možná chybovost, přesnost dat je tedy v ohrožení.
4) **Implementovat kontrolu / přezkoumání dat** – je vhodné v daných časových intervalech kontrolovat, zda jsou zadávaná data správná, případně nedochází ke zkreslení ukazatelů naplnění cílů přesnosti z bodu č. 2. Je-li to možné, je vhodné jít cestou automatizace těchto úkonů.
5) **Implementovat standardy pro kvalitu dat** – využitím standardů pro zadávání jako např. data profiling, nebo data monitoring dochází primárně ke zvyšování validity dat, což má nepřímý, nicméně značný vliv i na jejich přesnost.
6) **Nastavit příjemné pracovní prostředí** – pokud je původcem dat člověk, tak skutečnost, že se cítí v pracovním prostředí příjemně má přímý vliv na jeho míru chybovosti.

Zmíněné postupy představují obecné metody, jejichž aplikace by měla vést k celkovému zlepšení na poli přesnosti dat. Nicméně v případě konkrétní implementace těchto metod je vždy nutné zvážit relevantní souvislosti a rozhodnout, kterým postupům věnovat vyšší míru pozornosti. Bez ohledu na to, jádrem věci musí být vždy identifikace zdroje nepřesných dat a dále již postupovat individuálně.

3.3.3 Přístupy k hodnocení kvality dat

Jak již bylo zmíněno v předcházejících kapitolách, tak kvalita dat je úroveň naplnění očekávání příjemce dat. Není tedy možné jednoduše definovat, která data jsou kvalitní a která ne bez individuálního posouzení perspektivy příjemce dat. Z logiky této definice, by tedy bylo možné prohlásit, že i metriky příslušných metod pro hodnocení kvality dat se budou odvíjet od specifických okolností řešeného problému. Správnost této úvahy pak podporuje např. publikace Data Quality Assessment [17], dle které je většina metrik pro kvalitu dat vyvíjena jednoúčelově v závislosti na konkrétním případě a universální metriky pro její hodnocení nejsou řešením.

Je však možné rozeznávat a kategorizovat přístupy k hodnocení kvality dat, jak ilustruje obrázek níže.[17]

Obrázek 3-15 – Přístupy k hodnocení kvality dat [17]

Subjektivní hodnocení reflektují znalosti a názory jednotlivců či skupin v souvislosti se zkoumanými daty. Typicky se subjektivní hodnocení zjišťují formou dotazníků, kde každý jednotlivec účastnící se šetření vyjadřuje vlastní, tedy subjektivní pohled na daný problém. Oproti tomu objektivní hodnocení pak reflektuje nezkreslený a nezaujatý pohled, zpravidla založený na tvrdých datech bez lidského faktoru (např. automatické číselné ukazatele). Objektivní přístup se pak dále rozpadá na úlohově závislý a nezávislý. To má přímý vliv na to jakým způsobem uvažovat nad metrikami jednotlivých metodik pro hodnocení kvality dat. Druhé zmíněné, tedy úlohově nezávislé jsou takové metriky, které reflektují stav dat bez znalosti kontextu jejich aplikace a mohou být použity na jakoukoliv sadu dat. V tomto případě

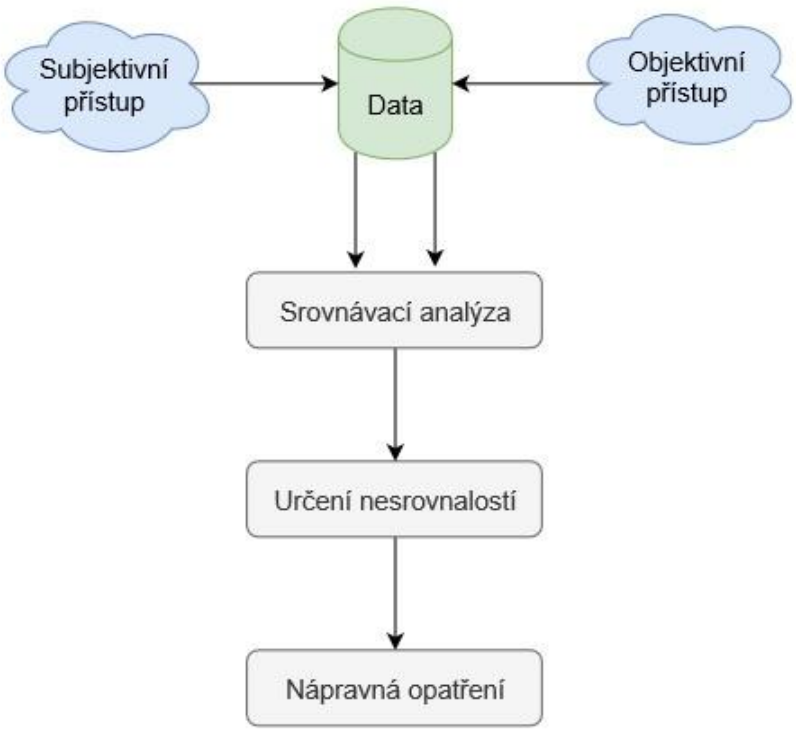
se může jednat např. o metriky hodnotící kvalitu z hlediska úplnosti, nebo formátování dat dle daných standardů. Oproti tomu úlohově závislé, jsou takové metriky, které jsou sestaveny pro specifickou aplikaci a kontext. Ta může být ovlivněna například interními podnikovými pravidly, právy uživatele, nebo omezením databáze.

3.3.4 Metody hodnocení kvality dat

Vzhledem k tomu jak subjektivní pojem kvalita dat je, je zřejmé, že existence exaktních postupů v jejím určování je v obecné rovině nereálná. Nicméně existují universální postupy, jejichž individualizací je možné dobrat se kýženého výsledku. Nutno říci, že bez ohledu na to, zda je v praxi využita některá z metod uvedená v následujících kapitolách, nebo jiná, vždy tyto metody představují jen jakýsi rámcový postup, který je třeba s patřičným úsilím rozpracovat v kontextu jeho konkrétní aplikace.

3.3.4.1 Hodnocení kvality dat dle metodiky DQA

Metodika DQA přímo souvisí s kapitolou 3.3.3. Vedle určení přístupů k hodnocení kvality dat se publikace Data Quality Assessment také zabývá sestavením vlastní metodiky, která přímo vychází ze zmíněných přístupů. Princip ilustruje obrázek Obrázek 3-16:



Obrázek 3-16 – Princip hodnocení kvality dat dle DQA (upraveno z [17])

Jak je zřejmé z obrázku, tak metodika uplatňuje hodnocení dat z pohledu obou přístupů současně. Je důležité, aby hodnocení bylo skutečně provedeno nad shodným balíkem dat z obou pohledů. Následuje srovnávací analýza, na základě které se určí nesrovnalosti mezi aplikovanými přístupy. V praxi to pak může představovat např. rozdíl mezi subjektivním očekáváním uživatele o přesnosti dat a relevantním objektivním ukazatelem. Nápravná

opatření pak mohou řešit příčiny nesrovnalostí a využít například některý z postupů zvyšování kvality dat z kapitoly 3.3.2, nebo řešit proč se očekávání neshodují s objektivním stavem.

Výhoda této metodiky je, že velmi dobře bere v úvahu samotnou podstatu kvality dat tím, že se snaží eliminovat rozdíly mezi subjektivním pohledem uživatele na data a objektivními metrikami, ať už úlohově závislými, či nezávislými. To ovšem může v jistých případech představovat i nevýhodu. Je možné, že nastane situace, kdy subjektivní přístup je pro kvalitu dat málo podstatný až irelevantní a rozhodujícím přístupem v kvalitě je převážně přístup objektivní.

Ačkoliv DQA velmi dobře vymezuje přístupy k hodnocení kvality dat a je vhodné toto paradigma i nadále využívat, tak samotná hodnotící metodika již nemusí vyhovovat konkrétní aplikaci. Z toho důvodu je nutné rozšířit perspektivu i o další existující metody.

3.3.4.2 Další metodiky pro hodnocení kvality dat

S výběrem mohou pomoci přehledové tabulky srovnávající jednotlivé metodiky pro analýzu kvality dat publikované v práci Methodologies for Data Quality Assessment and Improvement [14]. Vhodným příkladem může být Tabulka 3-2 níže.

Step/Meth Acronym	Data Analysis	DQ Requirement Analysis	Identification of Critical Areas	Process Modeling	Measurement of Quality	Extensible to Other Dimensions and Metrics
TDQM	+		+	+	+	Fixed
DWQ	+	+	+		+	Open
TIQM	+	+	+	+	+	Fixed
AIMQ	+		+		+	Fixed
CIHI	+		+			Fixed
DQA	+		+		+	Open
IQM	+				+	Open
ISTAT	+				+	Fixed
AMEQ	+		+	+	+	Open
COLDQ	+	+	+	+	+	Fixed
DaQuinCIS	+		+	+	+	Open
QAFD	+	+	+		+	Fixed
CDQ	+	+	+	+	+	Open

Tabulka 3-2 – Přehledová tabulka metod pro hodnocení kvality dat [14]

Jak je možné vidět, každá metodika (včetně DQA) má v tabulce přiřazeny příslušné atributy, které reprezentují oblasti, které příslušná metodika pokrývá. Podrobný rozbor všech metodik již překračuje rozsah této práce.

Vzhledem k nepřebernému množství možných specifických požadavků na analýzu kvality dat je nutné zamyslet se nad scénářem, že žádná z existujících metodik nebude vyhodnocena jako zcela ideální pro konkrétní situaci, nebo bude panovat nejistota nad tím, kterou zvolit. Řešení této situace objasňuje následující kapitola.

3.3.4.3 Sestavení vlastních technik hodnocení kvality dat

Odpověď na nastíněné problémy přináší výzkum university v Cambridge – Data Quality Assessment: The Hybrid Approach [19]. V rámci tohoto výzkumu proběhla analýza většiny dostupných metodik pro hodnocení kvality dat. Cílem bylo existující postupy dekomponovat a na základě toho pak prezentovat mechanismy pro vývoj vlastních hodnotících metodik datové kvality splňující specifické požadavky, avšak s respektem tzv. best practices z již existujících metod.

Jedním z výsledků takového rozboru je seznam doporučených aktivit, které by měla implementovat každá nová metodika, nicméně není to nutnou podmínkou. Následující seznam je tedy jakýsi obecný derivát všech analyzovaných postupů.

1) Vybrat položky dat.
2) Určit místo kde mají být data měřena.
3) Určit referenční data.
4) Identifikovat dimenze kvality dat.
5) Identifikovat metriky kvality dat.
6) Provést měření dat.
7) Analýza výsledků.

Je pochopitelně možné metodiku rozšířit i o další nezákladní aktivity. Jejich celkový přehled je součástí citovaného výzkumu, nicméně níže jsou pro názornost vybrány některé z nich:

- Diskutovat a sdílet výsledky
- Provést profilování dat
- Identifikovat náklady spojené s kvalitou dat
- Validovat metriky datové kvality
- Shromáždit obecná metadata
- Seskupit data do kategorií

Vlastní postup jak sestavit metodiku shrnují následující body: [19]

A) Definovat cíl hodnocení dat.
B) Identifikovat požadavky společnosti spojené s hodnocením kvality dat.
C) Vybrat příslušné aktivity, které splňují požadavky společnosti.
D) Setřídit aktivity do vhodného pořadí.

4 POPIS STAVU PŘED IMPLEMENTACÍ

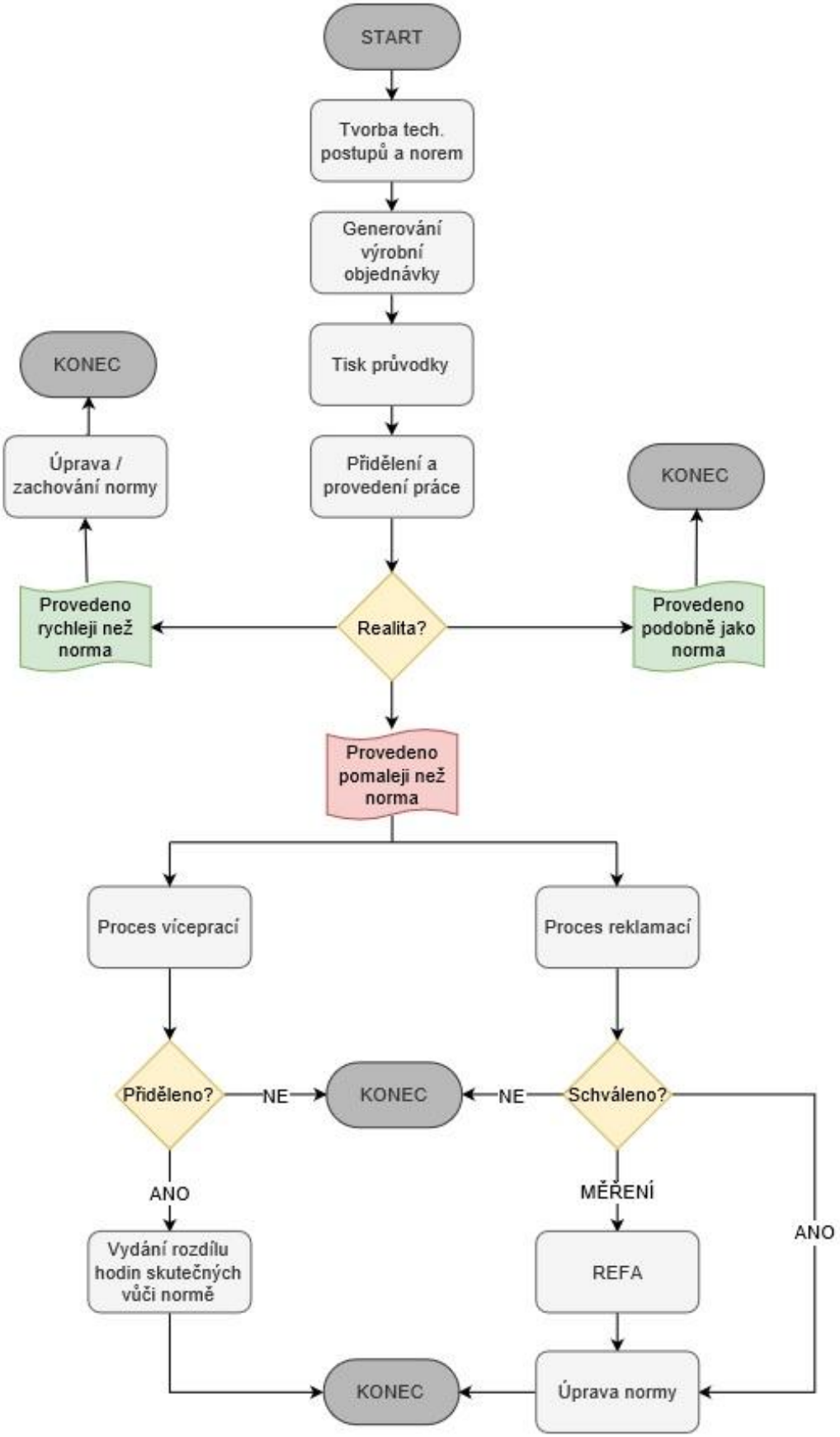
Před zavedením DCIx MES neexistoval ve firmě způsob jak systematicky zpětně monitorovat výrobu a přehled nad aktuální výrobou mělo pouze pár tím pověřených pracovníků. Souvislá výrobní data, bylo velmi náročné někdy až nemožné shromažďovat. Jedinou přímou vazbou bylo manuální přezkoumávání norem technologem. Z toho důvodu byl nasazen systém DCIx MES. Pro pochopení zlepšení mezi stavem před a po implementaci systému budou v této kapitole popsány a shrnuty relevantní informace o výchozím monitoringu výroby a s tím spojených procesů. V rámci této kapitoly budou rovněž formulovány konkrétní očekávané přínosy nasazení DCIx MES, které představují hlavní body popisovaného systému a tedy budou sloužit jako hlavní předmět pro analytickou část práce.

4.1 Popis procesu nakládání s normou

Vzhledem k tomu, že nasazení MES je v monitorování výroby ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. krokem de facto ze stavu nula, bude vhodné stav před nasazením demonstrovat na procesu, který je do značné míry nasazením systému ovlivněn. Tím je proces nakládání s normou, protože má blízkou vazbu na oblast reálného průběh výroby. Tedy tu, kde je MES primárně nasazen.

1) **Tvorba technologických postupů a stanovení normy v TPV2000+** – norma je stanovena odborným odhadem na základě podobnosti s již dříve vyráběným dílem / sestavou. V případě úplně nové výroby prostým odhadem.
2) **Vygenerování výrobní objednávky v ERP systému BAAN s výrobními operacemi dle technologického postupu.**
3) **Vytištění průvodky s čárovým kódem u každé operace.**
4) **Přidělení práce příslušnému dělníkovi, nebo skupině dělníků.**
5) **Provedení činnosti** – vzhledem k času, který byl třeba pro provedení činnosti, nastávají tři možné scénáře:
   a) Činnost byla provedena rychleji než norma – mělo by dojít k novému normování operace, ale zpravidla si výroba tyto „nadělané“ hodiny nechávala k pokrytí neefektivity na jiných operacích.
   b) Činnost byla provedena podobně jako norma – vše v pořádku, technolog však v žádném systému nevidí přesný odpracovaný čas.
   c) Činnost byla provedena pomaleji než norma – dochází k deficitu, klesá ukazatel plnění a zaměstnanec přichází o část variabilní složky mzdy. V případě, že se nejedná o neefektivitu pracovníka, ale chybu v podpůrných procesech, nebo špatně nastavené normě proběhne proces víceprací a souběžně s tím proces reklamace (evidence nedostatků ve výrobní dokumentaci a podnět technologovi). V případě že je žádost oprávněná, technologie vydá dodatkovou operaci, kterou výroba odvede a deficit je vyrovnán. Pokud žádost oprávněná není, může dojít k přímému zamítnutí, kde může následovat přeměření procesu (snímek REFA) a úpravě normy podle reality.

4.2 Diagram procesu nakládání s normou



Obrázek 4-1 – Proces nakládání s normou před implementací MES

4.3 Shrnutí stavu před implementací

Z popisu a znázornění procesu před implementací lze vyvodit následující souvislosti:

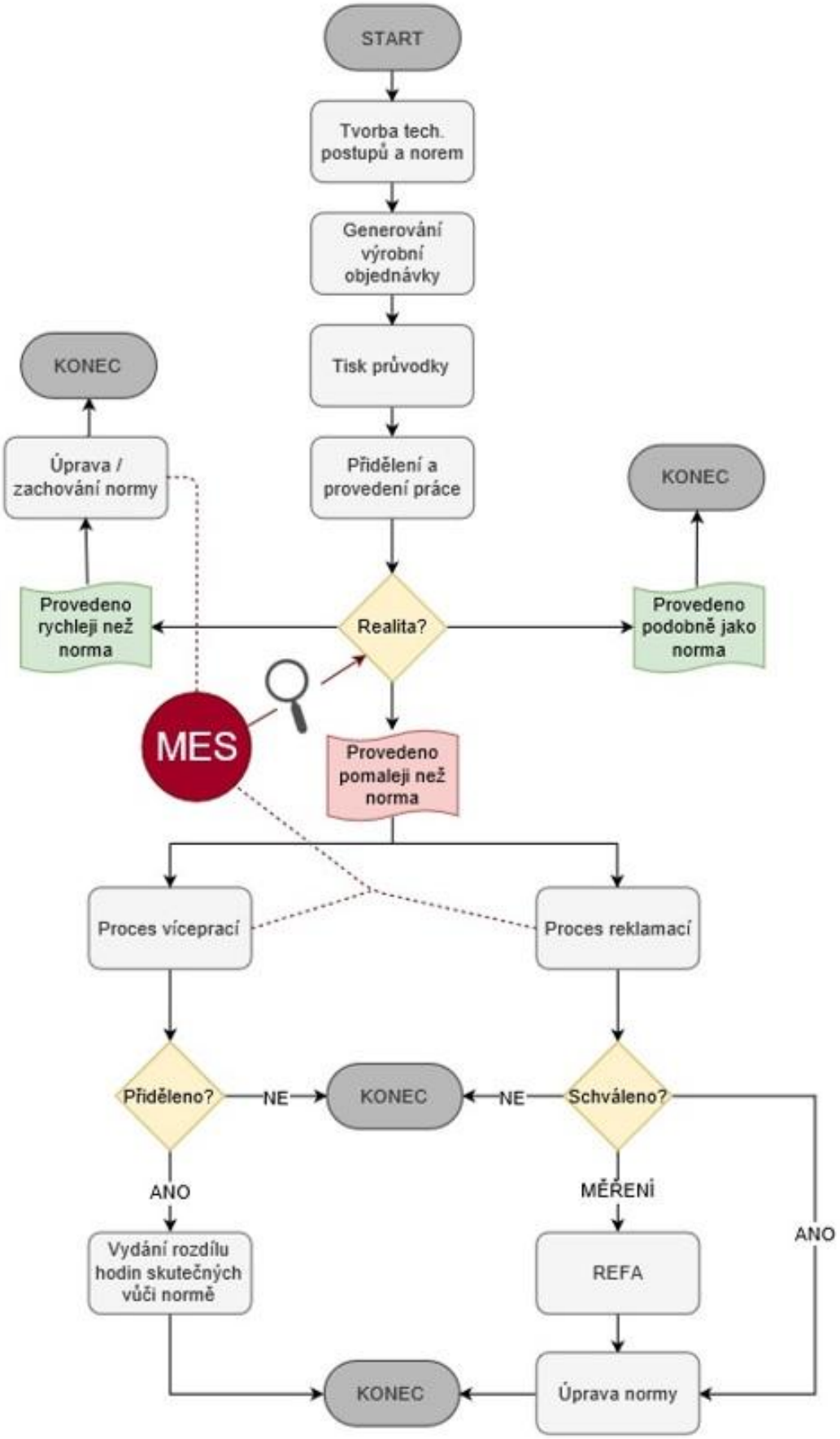
1) **Reálný průběh výroby se z časového hlediska a lidských zdrojů téměř vůbec nesledoval** – výjimkou je pouze situace, kdy byla operace měřena snímkem REFA.
2) **Absolutní absence měření a vyhodnocování prostojů** – nebyl způsob jak sledovat a kategorizovat prostoje. V případě REFA sice byly prostoje zaznamenány, ale výsledkem byl pouze čistý čas pro normu a s prostoji se dále žádným způsobem nepracovalo.
3) **Ukazatel „plnění“** – byl nevhodně nastaven a jeho úroveň nemá reálnou informační hodnotu (umělé dosahování požadovaných hodnot za účelem zachování variabilních složek mzdy).
4) **Pouze ruční sběr dat pro vyhodnocení strojního vytížení** – závislost pouze na řádném vyplňování obsluhou stroje.

4.4 Očekávaný přínos MES

Ve spolupráci s interní osobou odpovědnou za implementaci MES byly sestaveny následující body shrnující firmou očekávané klíčové přínosy implementace:

1) **Kvalitní záznam o využití strojů** – cílem je sbírat data o průběhu práce strojů zejména s důrazem na ukazatel jejich využití. Cílem je také v reálném čase poskytovat informace o aktuálním stavu výroby (který stroj co a kolik vyrábí atp.).
2) **Podpora hodnocení výkonnosti pracovníků a verifikace norem** – cílem je na základě sbíraných dat poskytnout informační podporu pro nakládání s normou a hodnocení výkonnosti pracovníků.
3) **Kvalitní záznam o reálném průběhu výroby a montáže** – cílem je sbírat taková data, která reflektují skutečný průběh výroby / montáže a tedy rovněž umožňují prezentovat aktuální stav výroby (tzn. co, kde a kým je vyráběno).

Mimo zmíněné hlavní body přináší implementovaný MES pochopitelně širokou řadu vedlejších funkcí a možností. Každé oddělení ve společnosti pak také předkládá rozdílné požadavky a očekávání. Pohled na systém a tedy i hodnotící kritéria může být značně subjektivní v závislosti na pozici hodnotitele, a proto pokrytí všech těchto aspektů výrazně překračuje rozsah této práce. Hodnoceny budou tedy pouze hlavní očekávané přínosy, které bez ohledu na perspektivu zastřešují ostatní podružné a odvozené funkce. Obrázek 4-1 – Proces nakládání s normou před implementací MES je na následující straně rozšířen o ilustraci, které oblasti by v tomto ohledu měly být podpořeny implementací MES.



Obrázek 4-2 – Uplatnění MES v procesu nakládání s normou

4.5 Důležité aspekty řízení výroby – stav před implementací

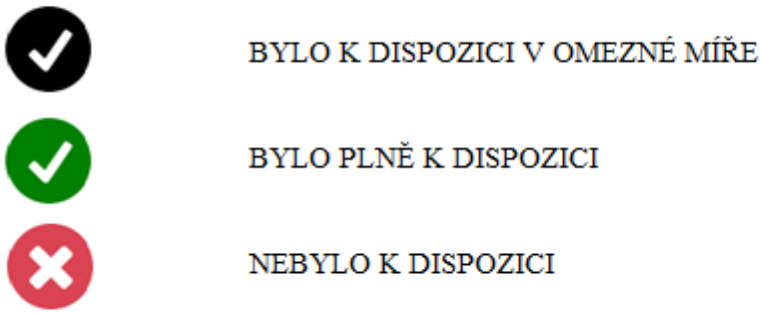
Následující tabulka shrnuje důležité relevantní aspekty řízení výroby a znázorňuje, které z nich byly obsluhovány ještě před zavedením DCIx MES pomocí ERP systému BAAN. Legenda k tabulce je dispozici na Obrázek 4-3 na následující straně.

	BaaN	BaaN + DCIxMES
ASPEKTY	**PŘED IMPLEMENTACÍ**	**PO IMPLEMENTACI**
Možnost odvádět po kusech	✓	
Sledování průběhu ručních prací	✗	
Sledování průběhu práce stroje*	✗	
Sledování vytížení strojů	✗	
Přehled pracovníků přihlášených k práci	✗	
Přehled o rozpracovanosti projektu	✓	
Sledování trvání prostojů*	✗	
Rozlišování typů prostojů*	✗	
Dynamické přeplánování	✗	
Kalkulace na základě reálné délky procesu	✗	
Kalkulace na základě normohodin	✓	
Kontrola odvedení materiálu před odvedením operace	✓	

Tabulka 4-1 – Aspekty řízení výroby před implementací DCIx

*V případě strojů bylo sledováno ručně zápisem do formuláře a přepsáno do Microsoft Excel

Jak je naznačeno v záhlaví tabulky, stav před implementací, který je předmětem této kapitoly, je znázorněn prvním sloupcem. Jednotlivé grafické symboly značí rozsah pokrytí vybraných aspektů ERP systémem. Druhý sloupec, kde je již naznačena spolupráce BAAN a DCIx MES představuje stav po implementaci, díky tomu pak bude vyobrazen kontrast mezi těmito stavy. Dokončení srovnávací tabulky, ilustrující změnu ze stavu nula na současný stav, je pak součástí závěru následující kapitoly 5, která podrobně popisuje implementovaný DCIx MES. Konkrétně se jedná o Tabulka 5-2 – Aspekty řízení výroby po zavedení DCIx MES.



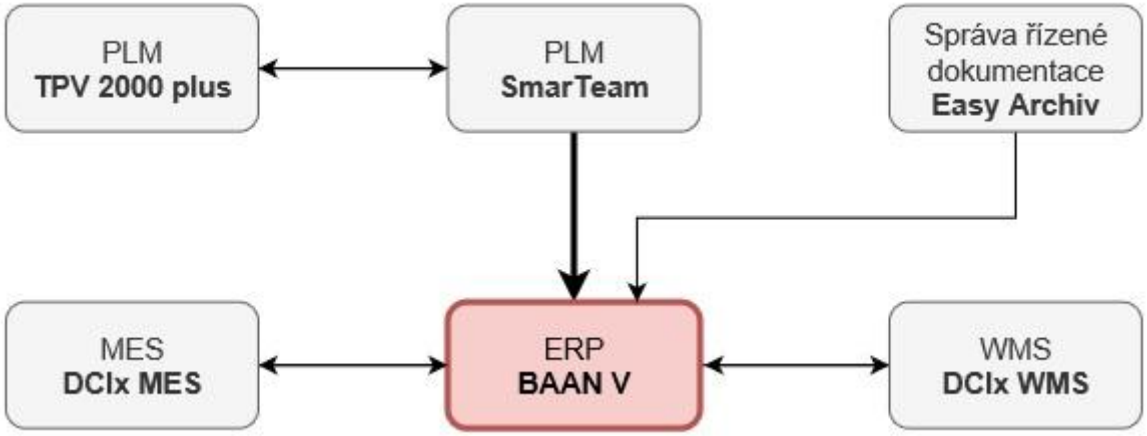
Obrázek 4-3 – Legenda pro srovnávací tabulku 1

5 POPIS IMPLEMENTOVANÉHO MES

Implementovaným MES systémem je DCIx MES od společnosti AIMTEC. Tato kapitola se soustředí na zmapování a popis systému po technické stránce, vysvětlení jeho fungování v rámci podniku a uvedení důležitých souvislostí. Metodické postupy pro práci se systémem pro jednotlivé kategorie uživatelů (např. manuál pro pracovníka / mistra) jsou již zpracovány ve formě návodů a uloženy v příslušném adresáři.

5.1 Informační systémy ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Následující schéma představuje mapu informačních systémů ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s..



Obrázek 5-1 – Mapa informačních systémů ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Jádrem informačních systémů ve společnosti je ERP systém BAAN V, který si obousměrně vyměňuje data se systémy DCIx MES a WMS. Jsou zde také systémy pro řízení životního cyklu produktu (PLM). Hlavním z nich je SmarTeam, jehož funkce doplňuje TPV2000+ a společně plní daty ERP. Téměř samostatně stojící archivní systém EasyArchiv se stará o uložení a aktualizaci dokumentů jako návody, směrnice apod. Část položek jednosměrně exportuje do BAAN V.

5.2 Technická charakteristika systému

Technické informace k analyzované verzi MES v době vypracování

Verze DCIx:	STD601.80
Datum verze DCIx:	4. 9. 2018
Datum verze dokumentace:	26. 9. 2018
Framework DCIx:	6.1.74

Platnost licence do:	neuvedeno
Počet uživatelů s transakcemi:	100
Počet strojů:	100
Počet zařízení s Android klientem:	100

DCIx MES rozlišuje celkem tři prostředí. Prvním je testovací, pro zkušební příkazy a např. studijní úkony. Další prostředí je archivační – pouze pro čtení, kam jsou přesouvány data z produkční aplikace po uzavření příslušné výrobní zakázky, aby nedošlo ke snižování výkonnosti. Archivační proces je automatický a nenarušuje chod systému ani reporting. Z pohledu provozního prostředí – čtení / zápis není poté možné archivovaná data zobrazit (z archivačního je však možné nahlížet do provozního). Databáze pro tyto prostředí existují v rámci jedné instance MS SQL serveru.

Systém je postaven na programovacím jazyce JAVA a lze ho provozovat v prostředí Intranet i Internet. Veškerá správa se odehrává na straně serveru, takže konfigurace na straně klienta jsou minimální. Pokud je systém postaven dle doporučené konfigurace pro DCIx, tak nesmí sloužit k jiným účelům. Výkonnost a správa serverů je proto velmi důležitá – zajišťuje ŠKODA ICT. [12]

Pro bezchybný chod systému je také nutné, aby klient byl vždy v online režimu, měl ničím neovlivněné připojení k DCIx serveru se stabilním připojením a rychlostí (odezva pod 100ms). V případech kdy se pokrytí MES systémem rozrůstá, je nutné pamatovat na určité hardwarové limity serveru v souvislosti s množstvím vstupních impulsů a tyto skutečnosti konzultovat se ŠKODA ICT a AIMTEC. Obrázek 5-2 dále ilustruje doporučené hardwarové konfigurace DCIx MES (verze 6.1) pro aplikační a databázový server s počtem impulsů zhruba do 100 000 / den. [12]

	Aplikační server	Databázový server
CPU	2x (v)Core	4x (v)Core
RAM	12GB	24GB
HDD *	1x RAID-1 146GB SAS 10k/15k	1xRAID-1 74GB 1xRAID-1 300GB 1xRAID-5 300GB SAS 10k/15k
OS	Windows Server 2008 Standard R2, 2012 Standard R2, 2016 Standard	
SQL	Microsoft SQL 2012/2014/2016 Client Tools**	Microsoft SQL 2012 Standard, SQL 2014 Standard, 2016 Standard
Virtualizace (VM-ware, Hyper-V)	ANO	ANO
Platforma	64b	64b
Požadovaná velikost DB	není	10GB
Další	Síťová karta min. 1Gb/s Ethernet CD-ROM pro instalaci SW (příp. podpora jiné metody instalace) RAID controller s min 512MB zálohované cache	

Obrázek 5-2 – Doporučená HW konfigurace serverů pro DCIx MES [12]

V současné době (informace platná k 25. 2. 2019) má systémové zajištění následující parametry:

Databázový server:

- SQL server 2012.
- SQL server je sdílený spolu s dalšími systémy.
- Pro DCIx MES je pevně alokovaná operační paměť SQL serveru 43GB z celkových 128GB.
- Fyzická velikost databáze DCIx MES v současnosti 130GB.
- Diskové pole připojeno pomocí technologie SAN.

Aplikační server:

- Sdílený s WMS a MES ve ŠKODA Electric a.s.
- Pro DCIx MES alokováno 18GB operační paměti a 3 procesory.
- Virtualizace serveru Hyper-V.

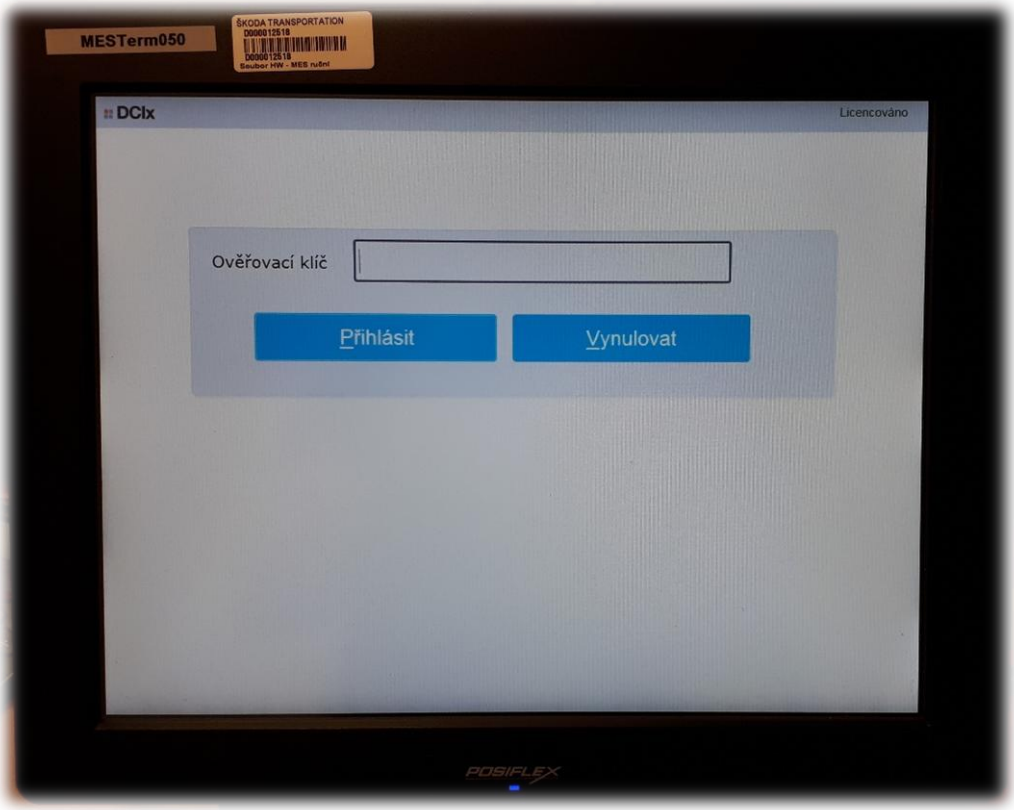
5.3 Interface systému pro výrobu

Prezentační vrstva (viz. 3.1.1) pro pracovníky výroby slouží výhradně pro monitoring probíhajícího procesu výroby. Přístup k systému je řešen přes dotykové terminály s na míru naprogramovaným interface s důrazem a jednoduchost a přehlednost. V současné době převládají 15“ PS-3315E od firmy POSIFLEX, které postupné nahrazují starší modely firmy AXIOMTECH. Navzdory tomu, že používané terminály POSIFLEX nejsou určené pro výrobní provozy (např. zvýšenou odolností) tak se v praxi osvědčily nízkou poruchovostí a oproti AXIOMTECH znatelně lepším fungováním dotykového displeje. Terminály jsou rozmístěny po výrobních a montážních prostorech tak, aby bylo zajištěno dostatečné pokrytí a každé pracoviště mělo terminál co možná nejblíže. Jediné prostory, které nejsou pokryty MES terminály jsou skladovací hala 1.5.1.1. a skladovací část haly 1.5.2.1 – viz. Obrázek 2-3 – Layout ŠKODA TRANSPORTATION a.s..

Obrázek 5-3 – Terminál PS-3315E

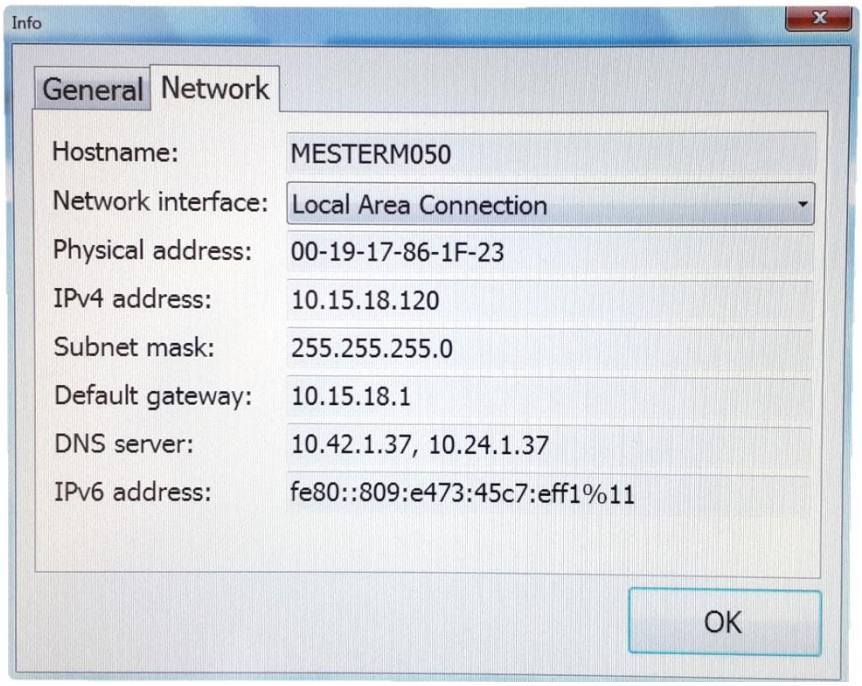
V průběhu vypracování této diplomové práce byla autorem na oddělení technologie aktualizována (listopad, 2018) přehledová tabulka terminálů obsahující informace o umístění terminálů, jejich označení, IP adresy, LAN zásuvky atd. Spolu s tím byly také aktualizovány pozice terminálů zakreslené do layoutů příslušných hal.

Operační systém terminálů je Windows Embedded POS Ready 7 a jsou vybaveny čtečkou čárových kódů. Po zapnutí terminálu se systém DCIx MES automaticky spouští a čeká interakci s uživatelem. Je nutné rozeznat identitu uživatele a dle toho zobrazit příslušnou prezentační vrstvu (viz. 3.1.1). To je řešeno pomocí ověřovacího klíče, který odpovídá osobnímu číslu zaměstnance. Klíč zle zadat načtením čárového kódu, který je zpravidla natištěn na čipové kartě zaměstnance. V případě, že je terminál vybaven klávesnicí, je možné zadat klíč i tímto způsobem.



Obrázek 5-4 – Přihlášení do MES terminálu

I bez přihlášení do terminálu je možné zobrazit jeho síťové informace a možnosti nastavení poklepáním na symbol DCIx v levém horním rohu. Každý terminál musí mít originální IP adresu. Tu lze tedy využít pro jeho jednoznačnou identifikaci, případně i pro vzdálený přístup. První tři oktety IPv4 adresy jsou pro všechny terminály stejné (10.15.18.) a definují tedy podsíť LAN, ve které jsou terminály jednoznačně definovány čtvrtým oktetem (např. 10.15.18.120). Bylo by samozřejmě možné terminál identifikovat fyzickou adresou MAC, nebo pomocí IPv6 adresy, nicméně primárně se využívá právě IPv4 (např. v již zmíněné přehledové tabulce terminálů).

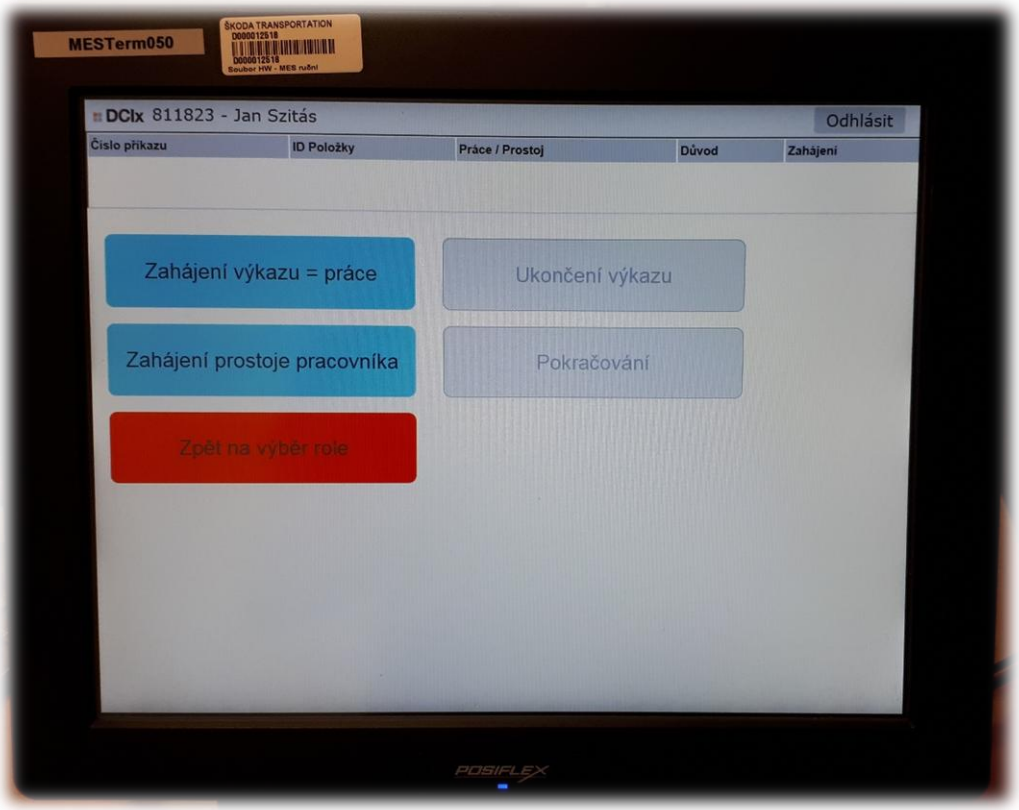


Obrázek 5-5 – síťové informace MES terminálu

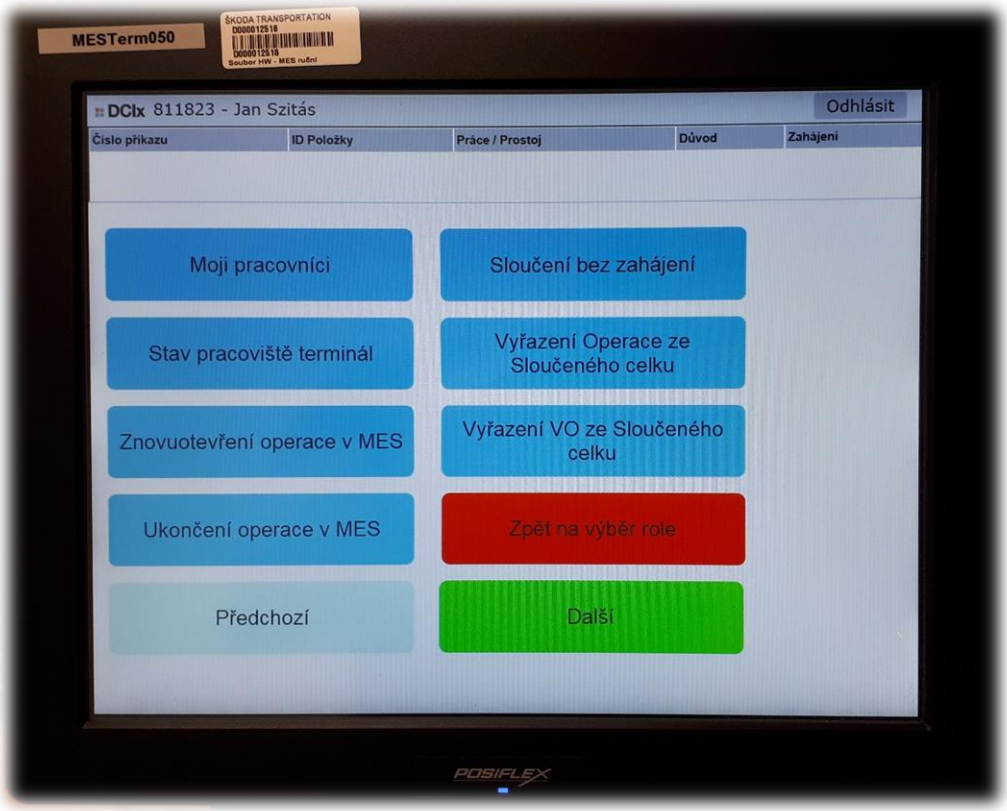
Po vyhodnocení identity, z pohledu výroby systém rozlišuje dva typy zobrazení:

1) **Terminal** – slouží pro výrobní personál. Pracovník pomocí něho eviduje průběh směny, jedná se tedy o primární zdroj dat pro DCIx MES databázi. Pracovníci pracující na stroji mají zobrazení přizpůsobeno (viz kapitola Strojní část MES). Hlavní úkony jsou:
    - Zahájení výkazu práce – pomocí čtečky čárových kódů dělník načte příslušnou výrobní operaci v průvodce, na které zahájil práci (viz příloha Výrobní průvodka).
    - Zahájení prostoje – v případě, že práci přeruší, zvolí na terminálu příslušný typ prostoje (např. přestávka, chybí materiál, porucha zařízení, čekání na technickou kontrolu atd.).
    - Ukončení výkazu – pokud práci na výrobní operaci dokončí (nebo je ukončen prostoj) vybere dělník ukončení výkazu.

2) **Terminal_Mistr** – mistři mají možnost přihlásit se do systému s rozšířenými právy a zobrazit si relevantní informace jako stav konkrétního terminálu (jaké operace/prostoje a kým byly zadány) a informace o podřízených pracovnících (např. na čem pracují). Vedle toho mohou vytvářet z výrobních operací sloučeniny a dále je podle potřeby upravovat. Je zde také možnost znovuotevření výrobní operace, na kterou již byla práce vykázána. Interface pro mistry je mimo terminálového rozhraní k dispozici i přes web.



Obrázek 5-6 – zobrazení Terminal (standard)



Obrázek 5-7 – Zobrazení Terminal_Mistr

Pro interface Terminal (standard/stroj) i Terminal_Mistr byly v rámci společnosti zpracovány podrobné návody popisující práci v příslušném prostředí. Související informace jsou tedy k dispozici v následujících dokumentech:

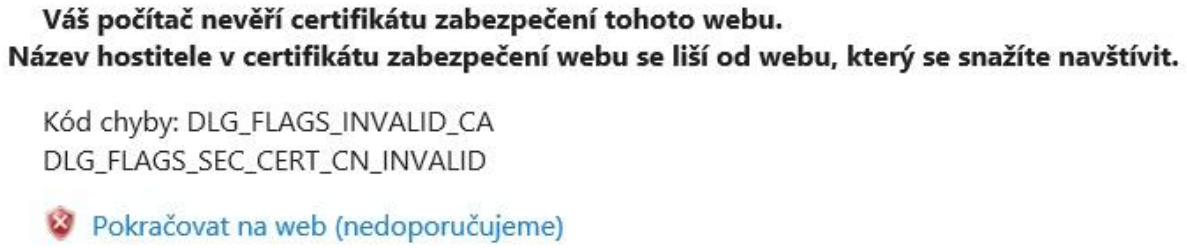
- Manuál pro pracovníka MES2.
- Manuál pro mistra MES2.
- Aplikace DCIx MES – manuál pro obsluhu stroje.

5.4 Interface systému pro THP

Prezentační vrstva (viz. 3.1.1) pro THP pracovníky sloužící pro práci se systémem, prohlížení, export dat a zejména reporting je řešena skrze webové rozhraní uzpůsobené pro práci na PC. Pro přístup je doporučován Internet Explorer 11, případě Microsoft Edge s následující URL adresou pro přístup v místní síti (provozní prostředí):

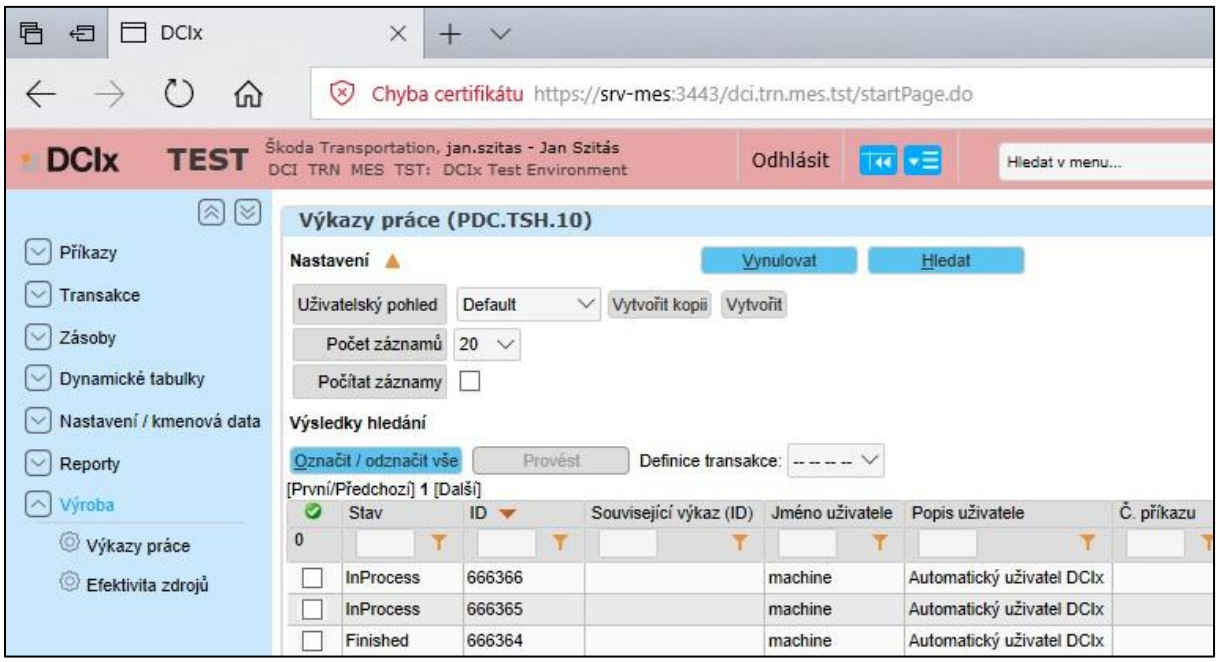
https://srv-mes:4443/dci.trn.mes

Po zadání URL adresy se mohou objevit bezpečností varování. V případě, že je adresa zadána správně, znamená to, že certifikát není nainstalován do úložiště důvěryhodných kořenových certifikačních autorit. Z uživatelského pohledu je možné upozornění ignorovat, než bude problém IT oddělením vyřešen.



Obrázek 5-8 – Možné problémy s certifikátem zabezpečení při přístupu do MES

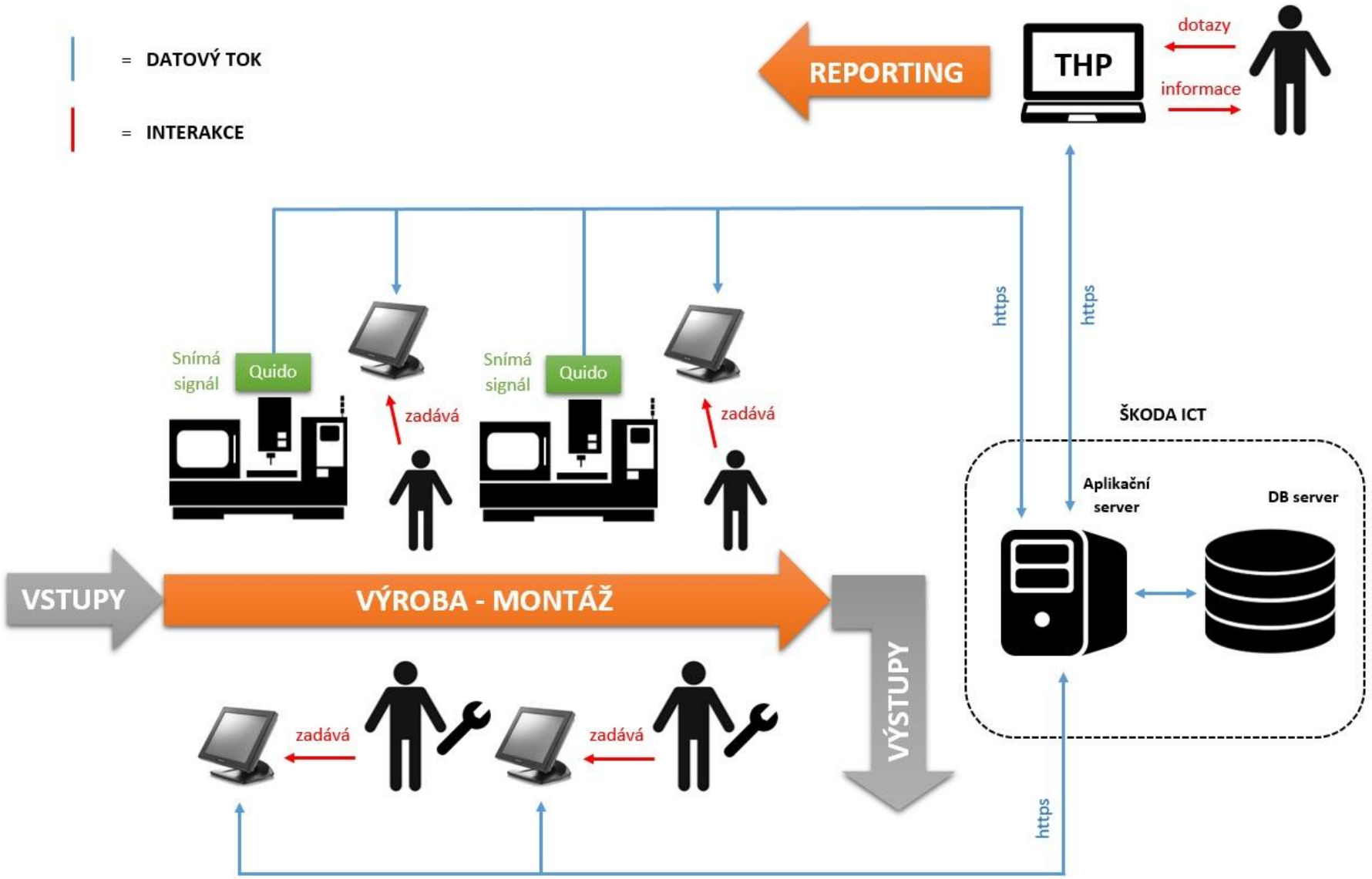
Následuje výzva pro přihlášení uživatele do systému. V závislosti na nastavení práv uživatele jsou omezeny přístupy k databázi přes uživatelské pohledy (viz. Obrázek 3-2). Liší se možnosti jak pracovat s DCIx MES a k jakým reportům má uživatel přístup. Přidělení, odebrání či zakládání nových rolí spadá do kompetence firemního administrátora. Obrázek 5-9 zobrazuje testovací prostředí DCIx MES z pohledu role administrátor. V levé části je strom zpřístupněných operací pro příslušnou roli. Standardní role jsou – technolog, mistr a project manager. Pravá část představuje pracovní prostředí pro vybranou operaci. Bližší informace jsou k dispozici v integrované nápovědě DCIx – v otevřeném pracovním okně příslušné operace. Kliknutím na ikonu otazníku dojde k otevření související nápovědy. Každý THP úsek by měl mít vypracované interní návody pro práci v systému pro příslušné role (např. výroba – Mistr).



Obrázek 5-9 – Prostředí DCIx MES

5.5 Popis principu fungování implementovaného DCIx MES

Cílem implementovaného systému je sběr skutečných výrobních dat a tedy zpětný monitoring výroby. Princip fungování znázorňuje Obrázek 5-10 na následující straně. Ve výrobní a montážní části se mění vstupy na výsledné produkty. Průběh těchto činností ve výrobně-montážní části je sledován pomocí terminálů. Montážní dělník, nebo obsluha stroje pomocí terminálu zadává průběh své práce, tedy co, kdy začal dělat a kdy tuto činnost ukončil. Přes příslušný interface tedy posílá data o průběhu směny na server (pod správou ŠKODA ICT). Naopak pokud na terminálu chce provést činnost vyžadující dotaz (např. ukončení výkazu = dotaz na probíhající výkazy dělníka) tak server poskytuje relevantní data zpět, nicméně primární orientace je pouze na zadávání dat. Obsluha stroje interaguje v souvislosti s MES jak se strojem tak terminálem. Stroje jsou vybaveny snímačem strojního signálu Quido, který sleduje průběh práce stroje v binárním formátu. Díky tomu jsou prostoje sledovány automaticky a data ze snímače odesílána na server jednosměrně. Ve spolupráci s tím tedy obsluha nezaznamenává prostoje manuálně, jako montážní pracovníci. Pomocí terminálu případné prostoje pouze odůvodňuje, odvádí vyrobené kusy atd. (více v následující kapitole). Stejně jako v předešlém případě strojní obsluha primárně zadává data, ovšem čas od času uživatel iniciuje dotaz na server (např. vypsáni nadlimitních prostojů k odůvodnění). Vedle výrobně-montážního procesu MES systém využívají TPH pracovníci, kteří vyhodnocují nasbíraná data, s kterými dále pracují nejčastěji formou předpřipravených reportů, nebo tvorbou vlastních dotazů v prostředí DCIx webové aplikace. Pro většinu uživatelů v rámci THP tedy prováděné činnosti představují čtení z databáze (výjimkou je např. mistr nebo hlavně administrátor). Reporting usnadňuje možnost exportu dat do dalších formátů, což umožňuje využití vlastních analytických nástrojů, nebo případně skriptů pro následné zpracování dat, jako například dále v této práci.

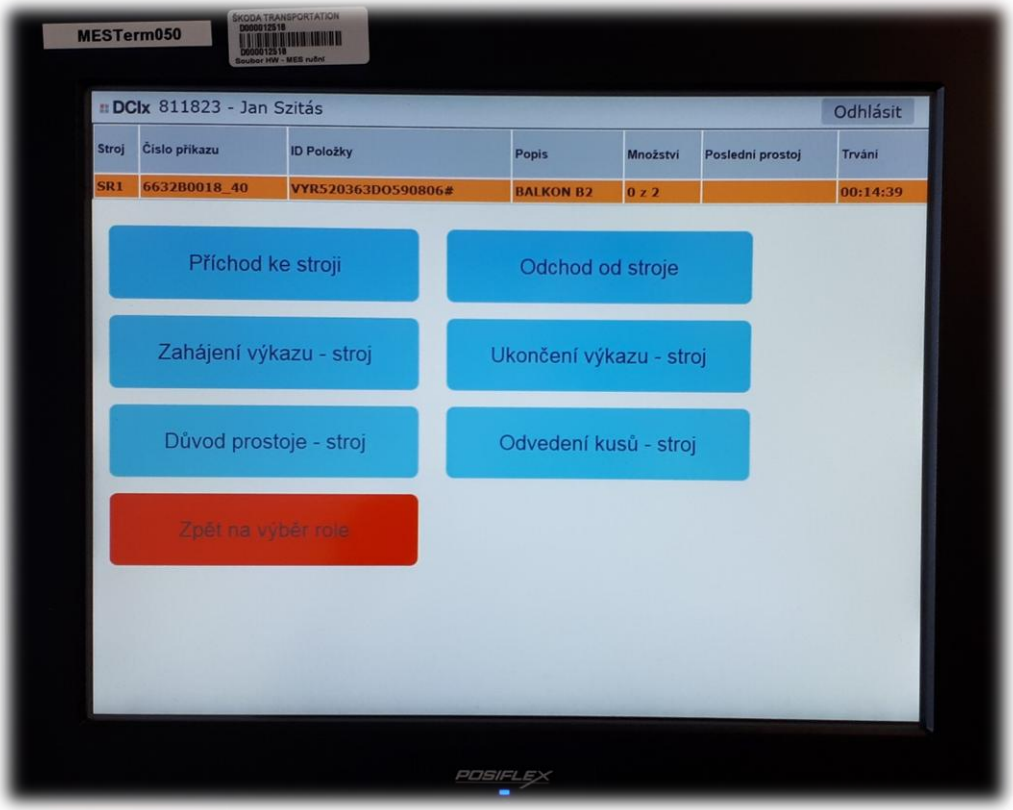


Obrázek 5-10 – Schéma principu fungování MES ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

5.6 Strojní část MES

V předcházející kapitole, popisující princip fungování systému, byly naznačeny odlišnosti v práci s DCIx MES mezi běžným a strojním terminálem. Ačkoliv strojní část technicky vzato spadá pod Interface systému pro výrobu, je vhodné příslušné souvislosti na toto téma formulovat do vlastní kapitoly.

Při pohledu na terminál strojního pracoviště na obrázku níže je již na první pohled jasné, že oproti standardnímu terminálu (Obrázek 5-6) probíhá vykazování práce jiným způsobem.



Obrázek 5-11 – Terminál_Stroj

V tomto případě je hlavním sledovaným elementem stroj, jehož prostoje představují násobně vyšší ztráty než prostoj člověka. Tomu je také podřízeno prostředí systému a logika vykazování práce. Zahájení výkazu probíhá standardně načtením příslušné výrobní operace z průvodky, jako v případě montážních pracovišť. Hlavní rozdíly jsou ovšem následující:

- Dělník nevykazuje prostoje stroje, ty jsou snímány automaticky a úkolem pracovníka je jejich příčinu odůvodnit. Bez provedení této činnosti nemůže ukončit výkaz práce. Osobní prostoje obsluhy se zanedbávají, nemají-li vliv na chod stroje.
- Dělník odvádí vyrobené kusy přímo na terminálu.
- Uplatnění akcí Příchod / Odchod od stroje. To umožní mít aktivní výkaz na pozadí a např. změnit obsluhu při střídání směny, nebo v případě polední přestávky. Ta se v tomto případě nezadává přímo jako prostoj.

Detailní popis obsluhy terminálu pro strojní prostředí je dále popsán v manuálu Aplikace DCIx_MES – Manuál pro obsluhu stroje.

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, stroje jsou vybaveny snímačem signálu Quido, který monitoruje stav stroje. Ten je reprezentován pomocí binárních signálů, které jsou vyhodnoceny a na základě toho pak systém dělníkovi vrací časové intervaly, které jsou brány jako prostoj a musí být odůvodněny. Aby nedošlo k zahlcení pracovníka vysokým množstvím krátkých prostojů, tak byla stanovena hranice **15 minut**, pod kterou není vyžadováno odůvodnění (tato hodnota je platná k 7. 3. 2019, ale bude se pravděpodobně snižovat). To však neznamená, že by se kratší prostoje nezapisovaly do databáze. Následující obrázek převzatý z manuálu pro obsluhu stroje ilustruje, v jakých stavech se stroj může nacházet a jak jsou vyhodnoceny:

Obrázek 5-12 – Stav stroje a jeho vyhodnocení [12]

Vedle majáku, kterým je vybaven každý stroj, je jeho stav také znázorněn na příslušném terminálu. V současné době má každý stroj vlastní terminál s výjimkou ohraňovacích lisů. [12] Stavy stroje, které systém rozeznává a oznamuje pomocí majáku, jsou pak v DCIx MES vyjádřeny tak, jak ukazuje následující tabulka:

Stav	Binární vyjádření	Typ signálu
Zapnut - pracuje	11000000	ON + START
Zapnut - nepracuje	10000000	ON + STOP
Vypnut	00000000	OFF + STOP
Kontrola snímače		CheckAlive

Tabulka 5-1 – Typy snímaných signálů stroje

Snímání signálů probíhá v základním rámci každou minutu. Výjimku tvoří změny stavu stroje, které nejsou hlídány v pravidelném intervalu, ale jsou dynamicky zaznamenány, pokud nastane příslušná událost (např. přerušení NC programu a změna typu signálu z ON+START na ON+STOP). Signálem bez binárního vyjádření je CheckAlive, který nereprezentuje žádný

stav stroje, ale hlídá, zda není snímač signálu odpojen, nebo jiným způsobem vyřazen z provozu. Frekvence tohoto kontrolního signálu je 10 sekund. DCIx MES je pak schopen ze zaznamenaných signálů sestavit Ganttův diagram v maximálním detailu jednoho dne, nebo signály exportovat a zkoumat podrobněji.

Z THP pohledu pak strojní část poskytuje cenná data ve formě reportů a online náhledu na přehled strojů, tedy v jakém se nachází stavu, na jaké výrobní zakázce pracují, či jaké jsou jejich prostoje. Pomoci reportingových nástrojů je na prostoje možné nahlížet z více perspektiv. V závislosti na požadované úrovni detailu je možné zobrazit chod stroje formou Ganttova diagramu a získat tak obecný přehled o poměru obrábění vůči prostojům za zvolené časové období. Díky snímači Quido je také možné jít až na maximální možný detail a reportovat průběh binárních signálů, ze kterých jsou fakticky počítány všechny strojní reporty. K dispozici je rovněž přehledový report zobrazující např. podíl jednotlivých typů prostojů formou výsečového grafu a další. Přístupy k reportům se vždy odvíjí od nastavení práv příslušné role.

5.7 Napojení DCIx MES na BAAN V

DCIx MES pro svůj provoz musí nevyhnutelně importovat určitá data z ERP. Na jejich základě provede své vlastní operace a dochází k exportu zpět do BAAN. Vrátíme-li se zpět ke kapitole 3.2.2.5 popisující obecně rozhraní mezi těmito informačními systémy můžeme porovnat teorii s praxí v rámci této konkrétní implementace MES. Tato kapitola tedy popisuje export a import dat mezi DCIx MES a ERP BAAN.

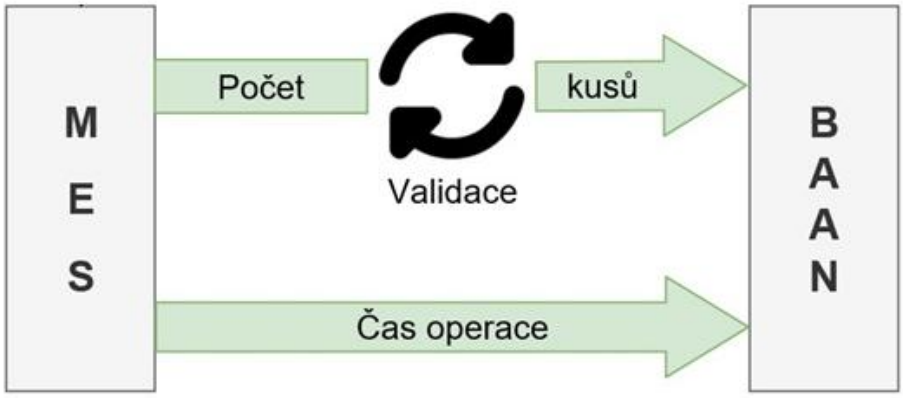
5.7.1 Export dat z DCIx MES do BAAN V

Jak již dříve bylo naznačeno v mapě informačních systémů (Obrázek 5-1), tak DCIx MES je napojen na podnikový ERP BAAN a dochází k výměně dat.

MES exportuje dva druhy záznamů:

- počty kusů,
- čas operace.

Tyto exportované záznamy jsou řazeny do fronty pro exportní úlohu. Jako první se exportují odvedené hodiny a až poté vyrobené kusy (v případě operací, kde se fakticky nevyrábí kusy je tato hodnota 1). Vyrobením 100% požadovaných kusů se v ERP ukončí výrobní operace a není tedy možné na ní odvádět další kusy, nebo hodiny. Odvádění hodin do BAAN je možné pouze do výše normy. Pro provedení exportu počtu kusů je nutné provést validaci na odvedení materiálu ze skladu. Pokud není ze skladu odepsán materiál, export neproběhne. Validační úloha opakovaně prochází neexportované záznamy a kontroluje, zda již nejsou splněny podmínky. [12]



Obrázek 5-13 – Export dat z DCIx do BAAN V

5.7.2 Import dat z BAAN V do DCIx MES

DCIx MES je úzce provázán s ERP BAAN a importuje z něj řadu dat pro svůj běžný provoz, jako čísla výrobních zakázek, operací apod. Následující výčet představuje seznam importovaných položek:

- Data položek
- Všeobecná data zakázky
- Výrobní objednávky
- Výrobní kusovníky
- Výrobní plánování dle objednávky
- Úkony
- Odhadované a skutečné hodiny
- Odhadované a skutečné náklady na materiál
- Projekty

5.8 Důležité aspekty řízení výroby – po implementaci DCIx MES

Tabulka znázorňuje, které aspekty jsou díky implementaci DCIx MES nyní možné obsloužit, kde došlo ke zlepšení, případně co již není k dispozici. Rovněž je možné vidět oblasti, které současný stav implementace neumožňuje pokrýt. Zahrnuté aspekty do tabulky byly vybrány na základě teoretických souvislostí z kapitoly 3.2.2 a důrazem zejména na fakt, aby byly relevantní pro ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Porovnání stavu před a po implementaci může nabývat následujících stavů:

Obrázek 5-14 – Legenda pro srovnávací tabulku 2

	BaaN	BaaN + DCIxMES
ASPEKTY	**PŘED IMPLEMENTACÍ**	**PO IMPLEMENTACI**
Možnost odvádět po kusech	✓	✗
Sledování průběhu ručních prací	✗	✓
Sledování průběhu práce stroje*	✗	✓
Sledování vytížení strojů	✗	✓
Přehled pracovníků přihlášených k práci	✗	✓
Přehled o rozpracovanosti projektu	✓	✓
Sledování trvání prostojů*	✗	✓
Rozlišování typů prostojů*	✗	✓
Dynamické přeplánování	✗	✗
Kalkulace na základě reálné délky procesu	✗	✗
Kalkulace na základě normohodin	✓	✓
Kontrola odvedení materiálu před odvedením operace	✓	✓

Tabulka 5-2 – Aspekty řízení výroby po zavedení DCIx MES

*V případě strojů bylo sledováno ručně zápisem do formuláře a přepsáno do Microsoft Excel

Podrobný komentář ke stavu před a po implementaci, který tabulka demonstruje je pak dále součástí kapitoly 7 VYHODNOCENÍ.

6 ANALÝZA OČEKÁVANÝCH PŘÍNOSŮ DCIx MES

Tato kapitola je zaměřena na analýzu DCIx MES s cílem určit zda bylo dosaženo očekávaných přínosů definovaných v kapitole 4.4. Každá z následujících kapitol druhé úrovně se věnuje konkrétnímu aspektu a mimo stručného uvedení do kontextu obsahuje návrh postupu analýzy, následné vypracování metodiky (např. sestavení tabulek, formulářů, kódů apod.) a její aplikaci do reality s následnou interpretací výsledků.

6.1 Analýza očekávaného přínosu 1

Předmětem této analýzy je tedy první očekávaný přínos systému a to kvalitní záznam o využití strojů. Jak je již známo, tak stroje jsou vybaveny snímačem signálů. Archivací těchto signálů vzniká tedy záznam o průběhu práce stroje, na jehož základě jsou poté generovány příslušné reporty a vypočítány časy práce a prostojů.

Principem této analýzy je srovnání záznamu práce stroje v DCIx ve formě binárních signálů se skutečným průběhem práce stroje doplněno o kontrolu zda souhlasí výkaz stroje a výkaz jeho obsluhy.

6.1.1 Návrh postupu analýzy

Průběh této analýzy byl řízen dle následujících kroků:

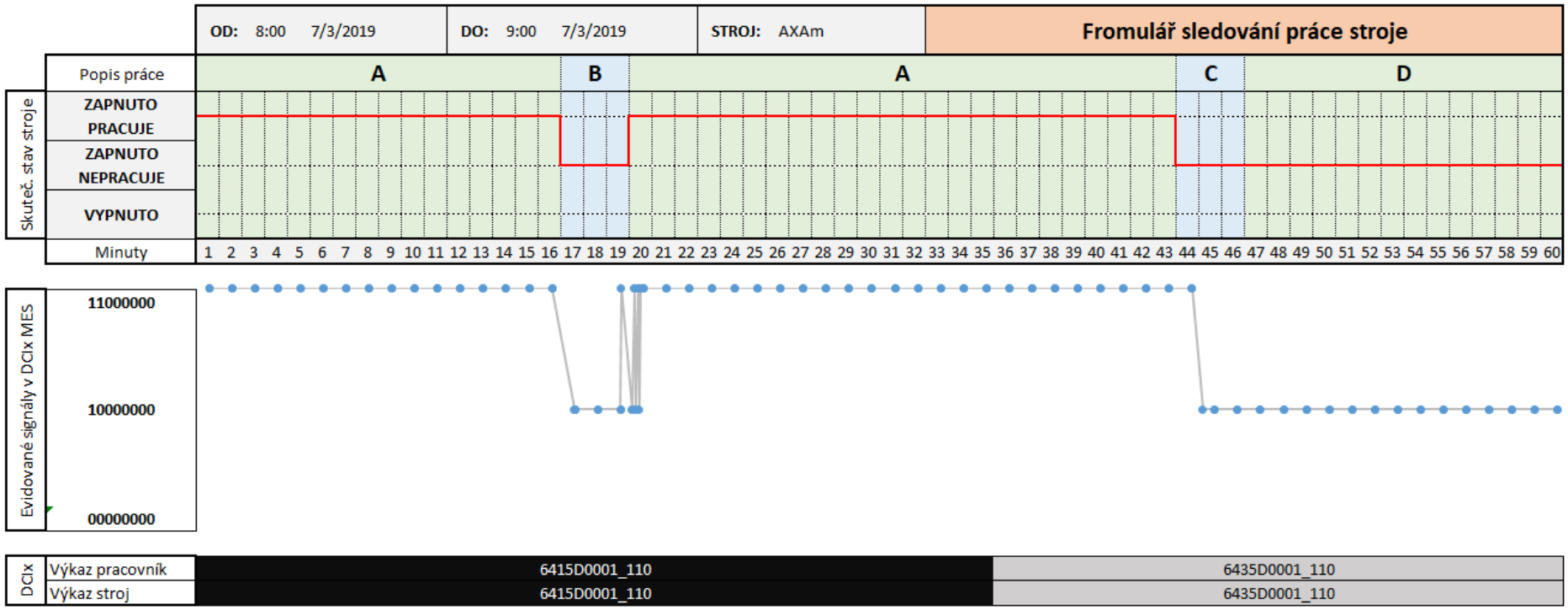
1) Sestavení formuláře pro sledování práce stroje (viz příloha 14.5).
2) Výběr zkoumaného stroje a časového intervalu.
3) Pozorování práce stroje a zápis do formuláře včetně popisu práce.
4) Export binárních signálů z DCIx MES do MS Excel pro zkoumaný časový interval.
5) Vytvoření grafu reprezentující průběh binárních signálů pro zkoumaný časový interval.
6) Vložení grafu do formuláře v měřítku odpovídajícímu časové ose pozorování stroje.
7) Dle záznamů v DCIx MES doplnit výkaz stroje a pracovníka dle časové osy pozorování stroje.

Pro všechna provedená měření byl zvolen stroj AXAm z důvodu obrábění takových součástí, kde chod programu zabere zpravidla pouze několik minut. To umožňuje analyzovat chování signálů vůči realitě na kratším časovém úseku než v případě ostatních strojů, kde dochází k obrábění masivních dílů, čemuž i odpovídá trvání takové operace. Formuláře pro sledování práce stroje byly koncipovány pro hodinový záznam. Všechny sledované úseky jsou zpracovány a komentovány zvlášť. Při výběru časových intervalů ke zkoumání byl kladen důraz na vysokou vypovídající hodnotu výsledků. Jinými slovy, byly zvoleny takové časové úseky, které se charakterem průběhu práce liší.

6.1.2 Zpracování analýzy

Vypracování proběhlo pro tři vybrané časové intervaly:

Pozorování 1: Rutinní práce stroje



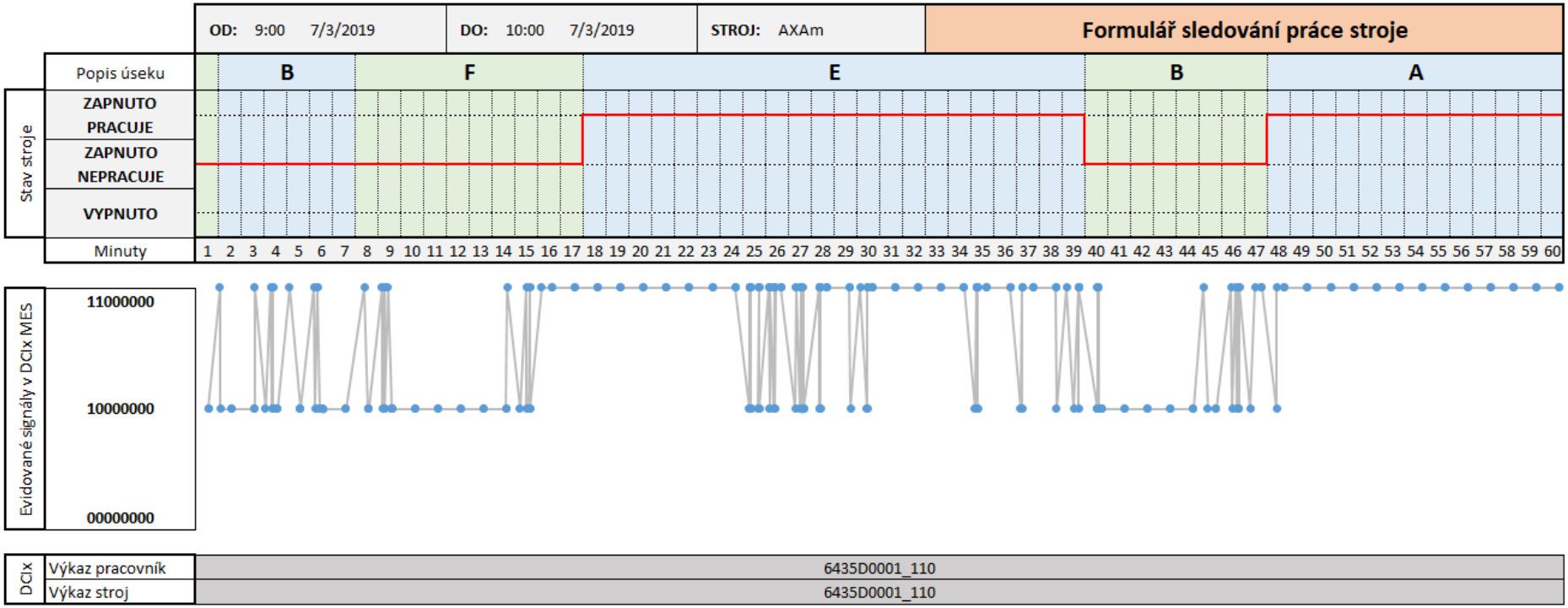
Graf 6-1 – Pozorování 1

Legenda k úsekům popisu práce:

A = Obrábění dle NC programu C = Nečinnost stroje

B = Výměna obrobku a měření D = Přestavba stroje

Pozorování 2: Nestandardní práce stroje / zásah programátora – oprava vybraných dílů (vícepráce)



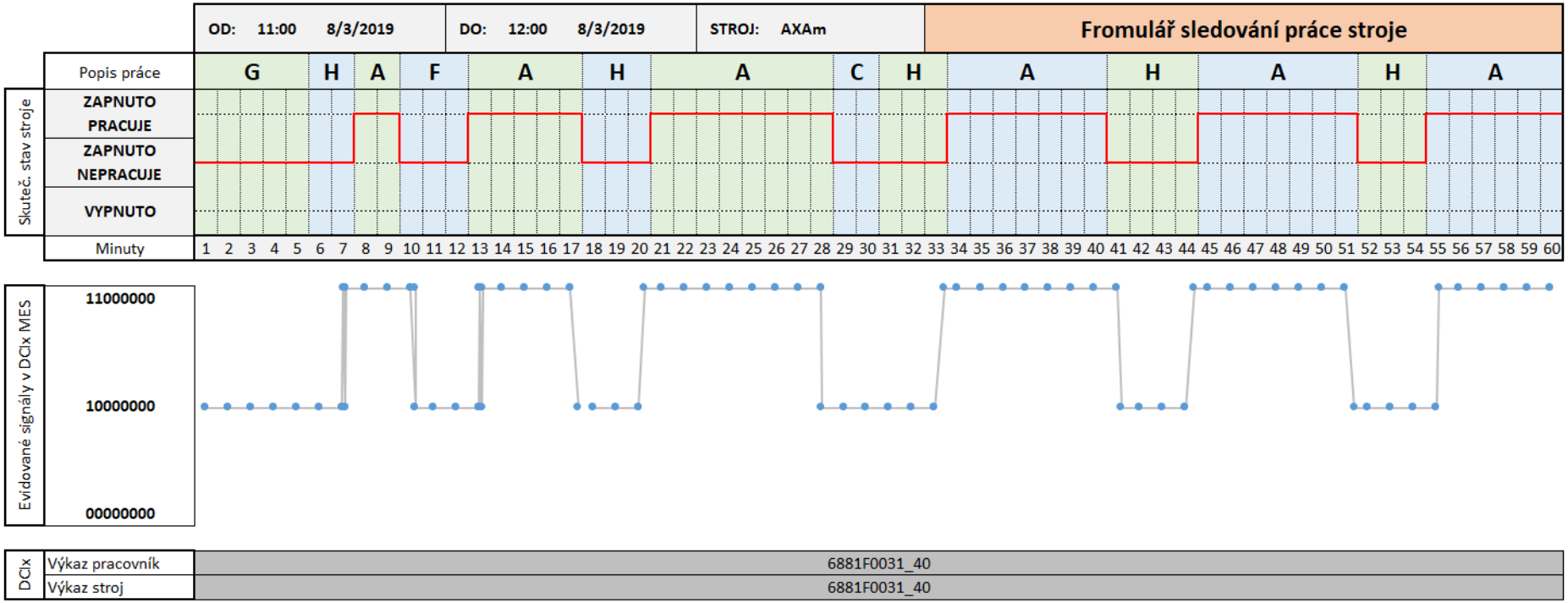
Graf 6-2 – Pozorování 2

Legenda k úsekům popisu práce:

A = Obrábění dle NC programu E = Manuálně řízené obrábění

B = Výměna obrobku a měření F = Příprava nástrojů

Pozorování 3: Rutinní práce stroje s krátkým obráběcím cyklem a přestávkou



Graf 6-3 – Pozorování 3

Legenda k úsekům popisu práce:

A = Obrábění dle NC programu C = Nečinnost stroje

G = Přestávka F = Příprava nástrojů H = Výměna obrobku

6.1.3 Interpretace výsledků

Pozorování 1: Rutinní práce stroje

Průběh práce během prvního pozorování představuje rutinní průběh výroby, kde obsluha stroje mění obrobky zpravidla stejného typu a spouští příslušné NC programy. Vzhledem k často nestejným rozměrům polotovarů je součástí této standardní práce mimo jiné i měření pozice obrobku před zahájením obrábění.

Při bližším pohledu na Graf 6-1 – Pozorování 1 je možné vidět, že průběh signálů relativně dobře reflektuje reálný průběh práce stroje. Binární reprezentace úseků A, C a D (tedy obrábění dle NC programu, nečinnost stroje a přestavba stroje) se shoduje až na drobnou odchylku způsobenou intervaly měření s realitou velmi přesně. Záznamy signálů v těchto úsecích jsou konzistentně po minutě a ve stejné úrovni, což značí, že neproběhly změny stavu stroje (viz. 5.6 Strojní část MES). Za pozornost ovšem stojí úsek B (výměna obrobku a měření), ve kterém došlo k velkému množství skoků mezi 11000000 a 10000000 i když stroj fakticky nepracoval. To bylo z velké části způsobeno měřením nově upnutého obrobku, kde dotyky měřící sondou byly vyhodnoceny jako práce stroje. Hodnoty 11000000 však stroj během měření nabýval jen velmi krátce, a protože se jednalo o změny stavu, byly dynamicky zaznamenány mimo standardní minutový interval. Následující tabulka ilustruje porovnání časů práce a prostoje mezi výpočtem systému DCIx MES založeným na signálech a pozorovaným průběhem. DCIx MES vrací tyto časové hodnoty v řádu hodin ve formě čísla s dvěma desetinnými místy, pro účely srovnávacích tabulek v této analýze došlo k přepočtu na minuty.

	Σ Prostoj	Σ Práce	Součet
Pozorování	20	40	60
DCIx MES*	18,6	40,8	59,4

Tabulka 6-1 – Porovnání času práce a prostoje – pozorování 1

*Zpracováno a vypočteno na základě exportu dat do MS Excel (Výkazy práce – stav „recalculated“ – uživatel „machine“ – stroj „AXAm“) – Platí pro 6-1, 6-2 a 6-3.

Poslední část formuláře představuje porovnání výkazu pracovníka a stroje, opět ve vztahu k časové ose. Výkaz pracovníka se shoduje s výkazem stroje a ve chvíli kdy došlo ke změně výkazu, tato změna proběhla paralelně ve stejný čas. V tomto ohledu je v pozorovaném úseku tedy vše v pořádku.

Pozorování 2: Nestandardní práce stroje / zásah programátora – oprava vybraných dílů (vícepráce)

Druhé pozorování představuje nestandardní práci stroje, během které proběhla oprava dvou nepřesně vyrobených dílů. Jednalo se tedy o vícepráce. Hlavní událostí v tomto časovém úseku je manuálně řízené obrábění programátorem, během kterého se zaznamenával NC program pro následné zopakování obráběcího cyklu a činnosti s tím spojené.

V kontrastu s předešlým pozorováním, je na první pohled vidět, že průběh signálů vzhledem k realitě není tak konzistentní. Zejména v úseku E (manuálně řízené obrábění) došlo k mnoha skokům ze stavu 11000000 na 10000000, byla tedy vyvolána řada akcí, které byly vyhodnoceny jako prostoj. Úseky B (výměna obrobku a měření) vykazují podobné chování jak v předchozím případě. Úsek F (příprava nástrojů) reprezentuje fyzické umístění potřebných nástrojů do zásobníku stroje, kde byl přesun nástroje z hlavy do zásobníku vyhodnocen jako práce. Konečně poslední úsek A (obrábění dle NC programu), reprezentuje obrábění druhé opravované součásti, tentokrát již bez manuálního řízení programátorem, ale NC kódem, který byl zaznamenán během práce na první součásti. Díky tomu je v této části průběh signálu konzistentní a shodný s průběhem pozorování.

Podobně jako v předešlém případě došlo k výskytu falešných signálů, avšak ve značně vyšším počtu, tím došlo i k nárůstu počtu samotných záznamů. Vliv na výpočet časů v DCIx je opět přehledně shrnut do tabulky níže.

	Σ Prostoj	**Σ Práce**	**Součet**
Pozorování	25	35	60
DCIx MES*	20,4	36	56,4

Tabulka 6-2 – Porovnání času práce a prostoje – pozorování 2

Výkaz pracovníka a stroje byl pak po celou dobu pozorování beze změny.

Pozorování 3: Rutinní práce stroje s krátkým obráběcím cyklem a přestávkou

V rámci třetího pozorování dochází opět k rutinní práci stroje jako v prvním případě, ovšem tentokrát jsou obráběcí cykly krátké a v pozorování je zachycena část polední přestávky.

Při prvním pohledu na Graf 6-3 – Pozorování 3 je zřejmé, že průběh signálů v DCIx MES velmi dobře v tomto případě reflektuje záznam o skutečném stavu stroje. Graf začíná úsekem G, který reprezentuje končící přestávku na oběd a jak je vidět, tak během pauzy byl stroj ponechán ve stavu zapnuto - nepracuje. Po celý zbytek průběhu pozorování docházelo ke střídání stavů obrábění a výměny obrobků. V tomto případě před každým obráběcím cyklem nebylo nutné měření polohy, a proto se zde nenachází téměř žádné falešné signály. Ty se objevily pouze v úseku F (příprava nástrojů), kdy obsluha nechala stroj fyzicky vyjmout nástroj ze zásobníku a následně manuálně z hlavy stroje. Minimum falešných signálů přispělo k velmi dobrým výsledkům v porovnání časů práce a prostojů v DCIx MES s pozorováním, viz níže:

	Σ Prostoj	**Σ Práce**	**Součet**
Pozorování	25	35	60
DCIx MES*	24	35,4	59,4

Tabulka 6-3 – Porovnání času práce a prostoje – pozorování 3

6.2 Analýza očekávaného přínosu 2

Předmětem této analýzy je tedy druhý očekávaný přínos systému a to zhodnocení výkonnosti pracovníků a verifikace norem. Každá výrobní operace má přidělený normovaný čas. Na základě tohoto času je možné určit efektivitu pracovníků. Není však výjimkou, že norma operace byla nevhodně odhadnuta, není aktuální, či jiným způsobem neodpovídá realitě a je třeba ji přezkoumat. Pro tyto účely je zde DCIx MES.

Aby bylo možné na základě dat z MES spolehlivě hodnotit výkonnost pracovníků, či přezkoumávat normy, tak tato data musejí být velmi kvalitní, zejména pak z hlediska dimenze přesnosti (viz. 3.3.1). Tato analýza se tedy bude zaměřovat na určení kvality DCIx MES dat, která primárně slouží k hodnocení výkonnosti pracovníků a verifikaci norem.

Vzhledem k poměrně specifické problematice bude v rámci této analýzy použit postup tvorby vlastní metodiky hodnocení kvality dat a její následná aplikace dle výzkumu university Cambridge, který je popsán v kapitole 3.3.4.3.

6.2.1 Definice cílů hodnocení dat

Cílem této hodnotící metodiky je ověřit úroveň kvality MES dat, která jsou zásadní pro úkony v rámci zhodnocení výkonnosti pracovníků a verifikace norem.

6.2.2 Identifikace požadavků společnosti spojené s hodnocením kvality dat

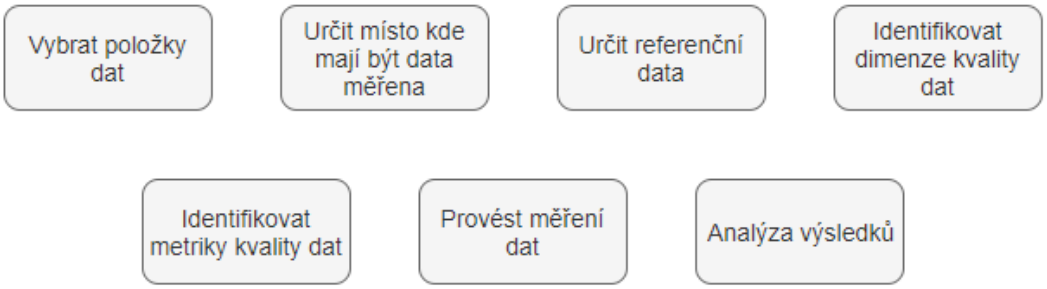
V rámci návrhu této analýzy představují požadavky společnosti zejména:

1) Jednoznačné vymezení analyzovaných dat.
2) Identifikace odchylky dat od reality.
3) Přehledné výstupy z analýzy.
4) Snadná opakovatelnost analýzy.

Velmi často panuje snaha vyčíslit náklady ve vztahu ke špatné kvalitě dat. To potvrzuje i samotný výzkum, na základě kterého je tato analýza postavena. Vzhledem k tomu, že finanční strana věci není předmětem této práce, tak tento aspekt je vynechán.

6.2.3 Výběr příslušných aktivit, které splňují požadavky společnosti

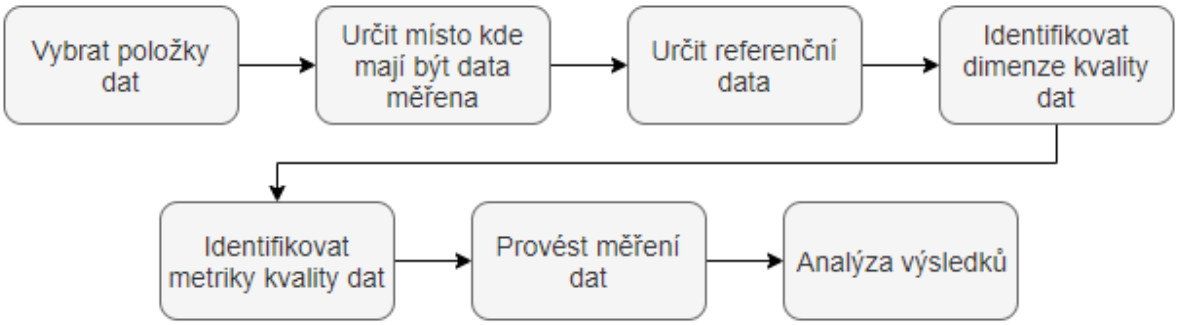
Výběr příslušných kroků (aktivit), pro tuto analýzu byl zvolen v základním doporučeném rámci, který studie předkládá.



Obrázek 6-1 – Vybrané kroky (aktivity)

6.2.4 Setřídění aktivit do vhodného pořadí

Setřídění aktivit, tedy bude odpovídat doporučenému pořadí.



Obrázek 6-2 – Posloupnost vybraných kroků (aktivit)

Jednotlivé kroky jsou v následujících bodech rozpracovány:

1) Vybrat položky dat

Pro výběr datových položek v rámci této analýzy velmi dobře poslouží formulář přehledu stavu aplikace DCIx MES (viz. příloha 14.1) pro danou výrobní zakázku, jehož autorem je konzultant této práce. Formulář přímo vychází z MES dat a pouze je seskupuje do přehledného a vypovídajícího formátu. Položky dat pro tuto analýzu tedy budou výrobní zakázky, které budou separátně analyzovány (ty zastřešují množství výrobních operací, na které se odvádí odpracované hodiny). Pro co možná nejvyšší kvalitu výsledků budou vybrány 4 výrobní zakázky na základě následujících parametrů:

- Podíl dokončených odvedených výrobních operací v MES vůči BAAN musí být více než 95%.
- Počet dokončených odvedených výrobních operací v MES musí být vyšší než 3000.
- Poslední operace na výrobní zakázce nesmí být starší než 1. 11. 2018.

Pokud tedy po sestavení formuláře budou příslušné podmínky splněny, tak může být použit pro následnou analýzu.

2) Určit místo kde mají být data měřena

Místo měření dat, tedy kde mají být následně metriky uplatněny, představuje samotný formulář stavu aplikace DCIx MES, zmíněný v předešlém bodě. Jeho sestavení ovšem představovalo komplikaci. Formulář se doposud sestavoval manuálně. Tato činnost zabírala i desítky minut času a hrozilo nebezpeční vzniku chyb. Vzhledem k nutnosti sestavovat větší množství formulářů pro potřeby diplomové práce, byla tato činnost zautomatizována pomocí programovacího jazyka Visual Basic for Application. Skript pro automatizaci byl vytvářen

i s ohledem na následné využívání ve firmě do budoucna, tedy uživatelsky přívětivý, aby s ním mohl pracovat člověk i bez znalosti prostředí Vývojář.

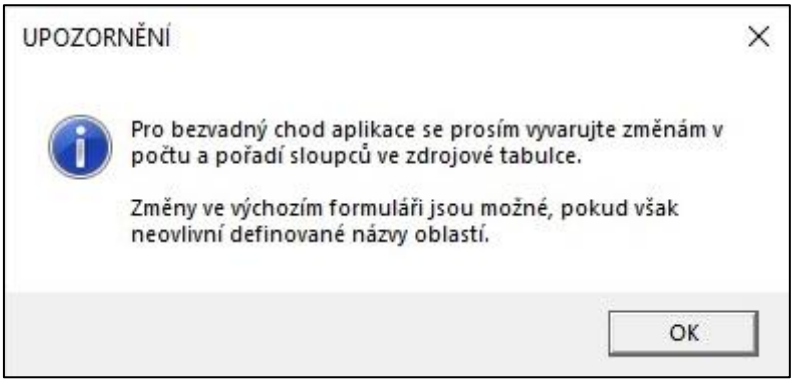
Zdrojem dat pro sestavení formuláře je tabulka s označením CUST_Operations_View, v databázi DCI_TRN_MES na serveru srv-sql-ea propojená do Microsoft Excel. V případě, že uživatel má na tento server přístup, může využít automatické tvorby formuláře nad aktuálními daty z MES s pomocí kódu v příloze – VBA skript pro automatické sestavení přehledu aplikace DCIx_MES. Vzhledem k tomu, že skript je cíleně sestaven, aby ho dále využívali i ostatní uživatelé, obsahuje určitá ošetření a funguje následujícím principem:

Spuštění skriptu

Pro spouštění skriptu, byl do sešitu MS Excel pro generování formulářů přidán list Vytvoř_nový_formulář se spouštěcím tlačítkem.

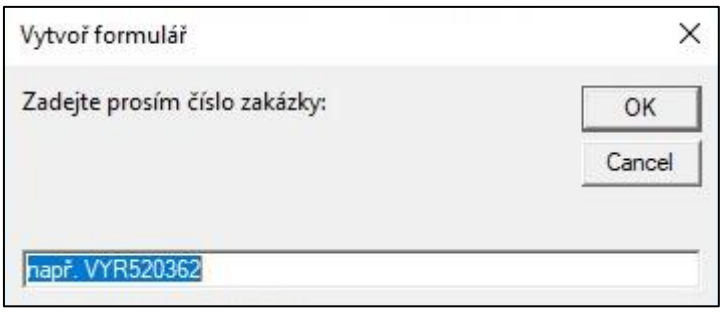
Logika skriptu

V případě, že má uživatel přístup k SQL serveru a funkční propojení zdrojové tabulky, tak pracuje s aktuálními daty (samozřejmě za předpokladu, že samotnou aktualizaci provede) a poté stačí jen spustit skript tlačítkem. Následuje informativní okno před vlastním začátkem procesu.



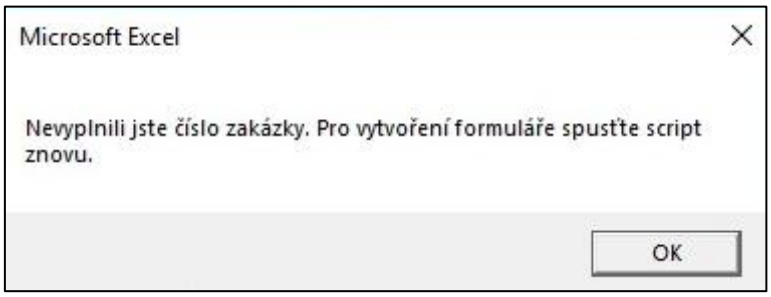
Obrázek 6-3 – Automatický formulář: upozornění

Skript pracuje s pořadím sloupců v tabulce a pojmenovanými oblastmi ve formuláři, do kterých následně zapisuje vypočítané hodnoty. Je tedy nutné respektovat upozornění a kliknutím na OK pokračovat dále. Aplikace se nyní dotáže na číslo výrobní zakázky, pro kterou má akce provést spolu s příkladem, jaký formát od uživatele očekává.



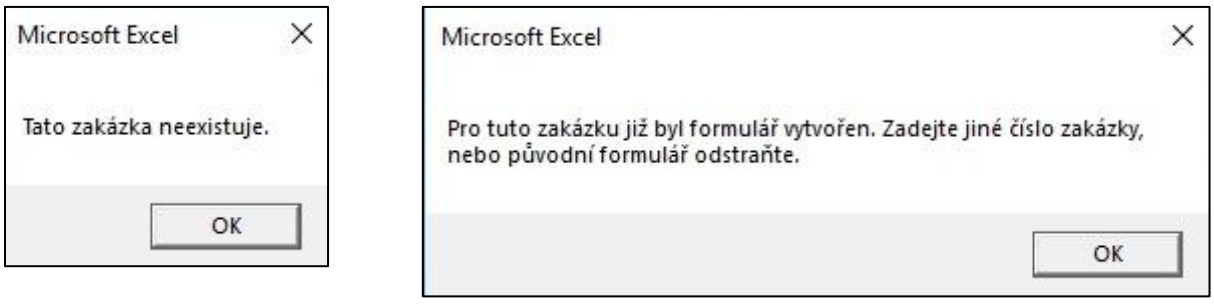
Obrázek 6-4 – Automatický formulář: zadání čísla výrobní zakázky

V případě, že uživatel volbu zruší, skript končí, a je zobrazena informace o nutnosti opětovného spuštění pro úspěšné vytvoření formuláře.



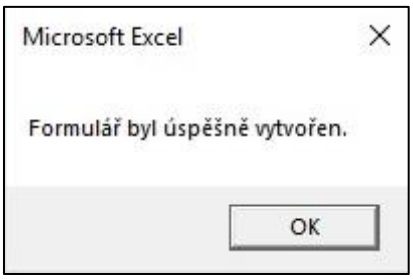
Obrázek 6-5 – Automatický formulář: Chyba 1

Pokud by uživatel vyplnil neexistující číslo zakázky, aplikace to zachytí a informuje o vzniklých komplikacích. K nově vygenerovaným listům aplikace připisuje spolu s číslem zakázky i datum vytvoření, je tedy možné generovat pro stejné číslo zakázky, např. každý týden. Pokus o vygenerování formuláře vícekrát ve stejný den již ale vede k chybové hlášce.



Obrázek 6-6 – Automatický formulář: Chyba 2,3

V případě, že vše proběhne správně, tak dojde k vytvoření formuláře, který aplikace zobrazí a informuje o úspěšném dokončení.

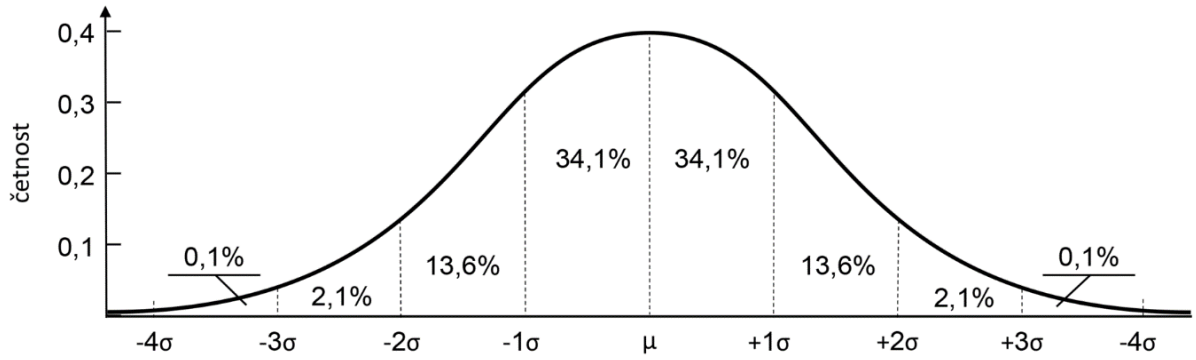


Obrázek 6-7 – Automatický formulář: Dokončení

3) Určit referenční data

Každá operace průvodky, na kterou se odvádí příslušné hodiny má definovaný normovaný čas (viz. příloha Výrobní průvodka). Tato norma může být buď překročena, nebo splněna. Vykázané hodiny na příslušné operaci by měly být obrazem reality a tedy podkladem pro diskuzi nad normovaným časem, nebo hodnocení pracovníka. Plně ideální situace by nastala v případě, že by veškeré odvádění hodin na operaci odpovídalo příslušné normě. To samozřejmě není reálné a odchylky od normy budou vždy.

V tomto případě referenční data nejsou firmou stanovena, nicméně je možné předpokládat četnost překročení, nebo zkrácení normy dle průběhu pravděpodobnosti normálního rozdělení.



Obrázek 6-8 – Gaussova křivka

4) Identifikovat dimenze kvality dat

Jedinou uvažovanou dimenzí v této analýze je přesnost.

5) Identifikovat metriky kvality dat

Metriky, které v této analýze rozhodnou o kvalitě dat jsou:

a) Srovnání počtu dokončených odvedených výrobních operaci v MES s výkazem a bez výkazu.

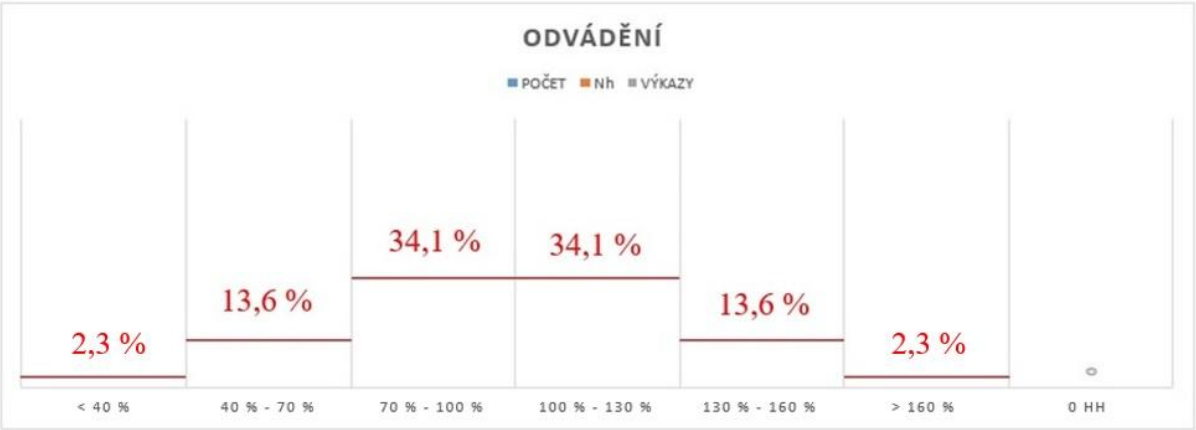
Pro tento účel je sestavena přehledová tabulka:

Číslo výrobní zakázky	Počet odvedených operací v MES	Podíl odvedených operací v MES	Odvedeno s výkazem	Odvedeno bez výkazu	Podíl odvedených s výkazem

Tabulka 6-4 – Výchozí přehledová tabulka

b) Srovnání výsledných grafů odvedených operací (s výkazem) vůči normě oproti ideálnímu průběhu.

Po vzoru Gaussovi křivky, je možné výsledné grafy formuláře bez dat doplnit o hodnotu kolik procent z celkových odvedených operací by měly, alespoň rámcově obsahovat jednotlivé intervaly. Dostáváme tedy představu, jaké výstupy z DCIx MES dat o odvedených hodinách na operaci by měly tyto grafy poskytnout.



Obrázek 6-9 – Ideální rozdělení operací do intervalů dle Gaussovy křivky

Graf naplněný daty poté zobrazuje v každém intervalu počet odvedených operací, sumu normohodin pro tyto operace a sumu reálně vykázaných hodin (výkazy), které jsou pro toto srovnání zásadní. Na základě poměru mezi normohodinami a vykázanými hodinami, pak spadá operace (modrý sloupec – počet) do příslušného intervalu. Prázdný sloupec grafu 0HH, který nepředstavuje žádný interval tak pouze informativně zobrazí počet operací, které mají nulovou normu a nemohou být tedy do tohoto přehledu zahrnuty.

6) Provést měření dat

Byla vytvořena řada formulářů na základě náhodného výběru výrobní zakázky. Před generováním formulářů bylo propojení zdrojové tabulky s SQL serverem aktualizováno. Výsledné hodnoty v této analýze jsou platné k datu vytvoření formulářů – tedy 11. 1. 2019.

Na základě definovaných parametrů byly vybrány nejvhodnější výrobní zakázky, pro jejichž formuláře skript vytvořil nový list s příslušným pojmenováním a datem.

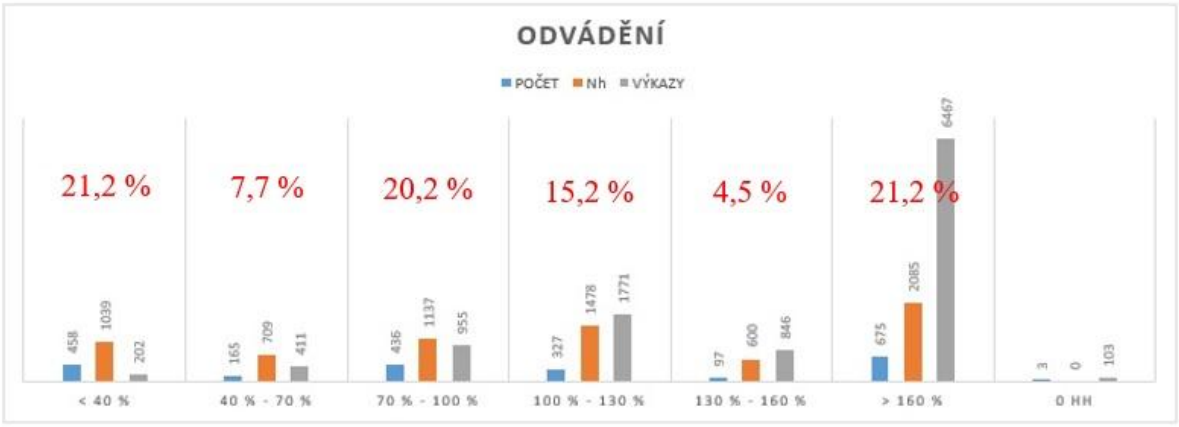
Obrázek 6-10 – Vygenerované listy pro vytvořené formuláře

Výrobní zakázky byly v rámci první metriky zapsány do přehledové tabulky.

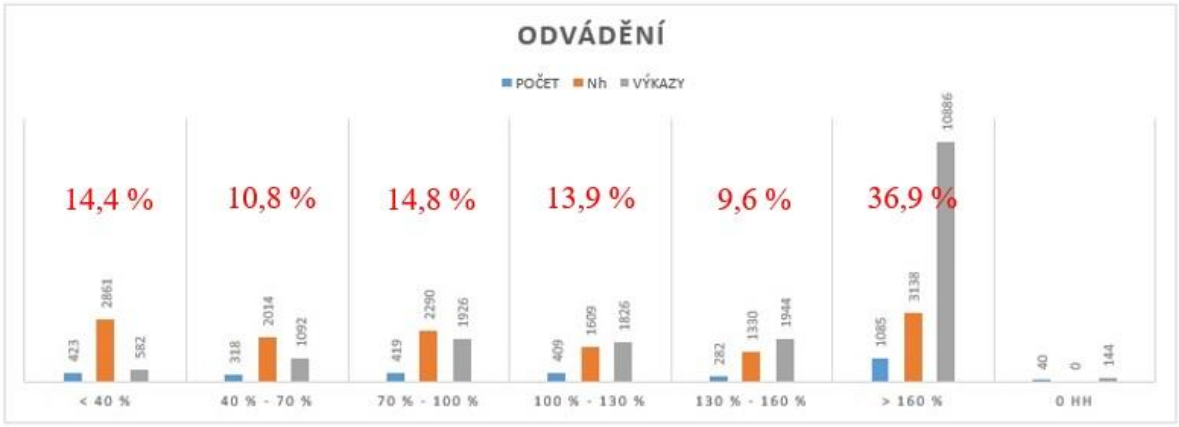
Číslo výrobní zakázky	Počet odvedených operací v MES	Podíl odvedených operací v MES	Odvedeno s výkazem	Odvedeno bez výkazu	Podíl odvedených s výkazem
VYR520359	3663	> 99 %	2161	1502	59 %
VYR520351	6480	> 99 %	2976	3504	45,9 %
VYR520386	3952	> 99 %	2736	1216	69,2 %
VYR520341	5337	> 98 %	3437	1900	64,4 %

Tabulka 6-5 – Výsledná přehledová tabulka

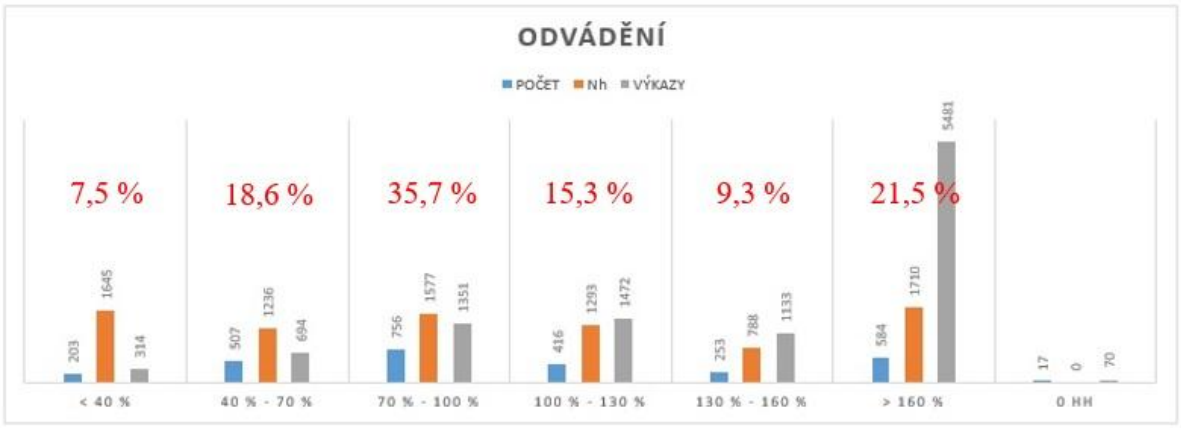
Pro každou výrobní zakázku byly propočítány jednotlivé intervaly s cílem zjistit, kolik procentům výrobních operací odpovídají. To představuje podklad pro přímé porovnání s ideálním průběhem, tedy druhou metriku.



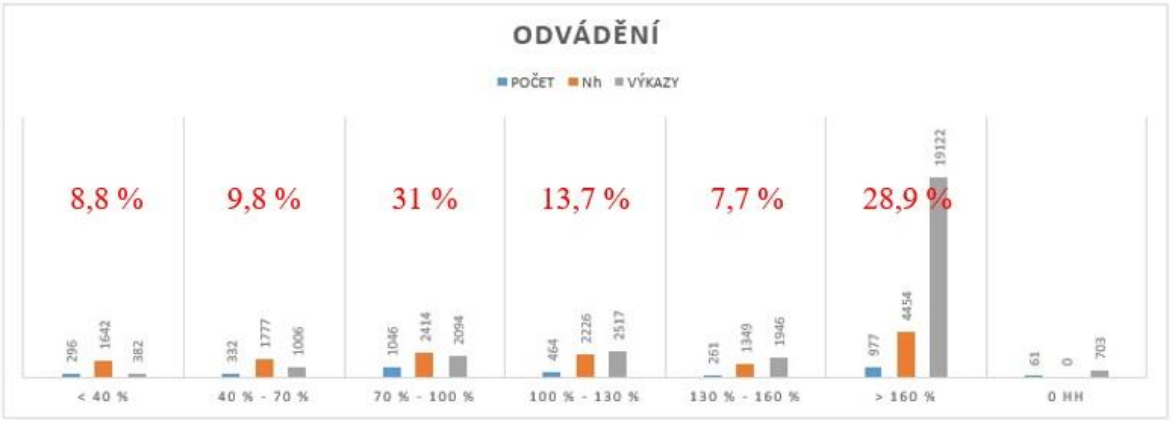
Graf 6-4 – Vygenerovaný graf pro VYR520359



Graf 6-5 – Vygenerovaný graf pro VYR520351



Graf 6-6 – Vygenerovaný graf pro VYR520386



Graf 6-7 – Vygenerovaný graf pro VYR520341

7) Analýza (interpretace) výsledků

Z přehledové tabulky s vybranými výrobními zakázkami vyplývá, že všechny splňují kritéria stanovená v postupu analýzy. Díky podílu odvedených operací v MES blížícímu se 100% ve všech případech je zajištěno, že zkoumaná data jsou téměř všechna zaznamenána v rámci DCIx MES, což je důležitý prvek pro dosažení objektivního výstupu. Již o poznání horší hodnotu představuje podíl odvedených operací s výkazem, která se pohybuje od 45,9% do 69,2%. V praxi to pak znamená, že velká část výrobních operací z průvodky je odvedena jako dokončená, ale s nulovým časem práce. Pro generování grafů v následujícím kroku jsou tyto operace s nulovým časem tedy vynechány, protože by došlo k jejich automatickému zařazení do intervalu < 40%, který by byl těmito nulovými hodnotami zkreslen.

Vygenerované grafy byly pro názornost ručně rozšířeny o procentuální hodnoty zastoupení počtu operací v příslušném intervalu. Připomeňme, že hodnotou, na základě které došlo k rozřazení do intervalů je poměr mezi odvedeným časem práce a normou. Výsledný počet operací v intervalu je reprezentován modrými sloupci, oranžové pak znázorňují počet normohodin na tyto operace a konečně šedý sloupec ilustruje počet odvedených hodin na tyto operace. V ideálním případě by se oranžový sloupec s normohodinami měl rovnat šedému sloupci s vykázanými hodinami. Jak je možné vidět na výsledcích, neděje se tak. Jinou

a názornější perspektivu na tento problém poskytuje porovnání ideálního průběhu (Obrázek 6-9) a libovolné výrobní zakázky. Ve všech případech vykazuje interval > 160% enormní hodnoty, nejvíce pak u VYR520351, kde můžeme vidět 36,9%. Tedy více než třetina operací v příslušné výrobní zakázce, na kterých je vykázaná práce, překročila normu o 160% a více.

Lze bezpečně prohlásit, že taková data jsou nekvalitní a nepřesná, tedy nereflektují sledované objekty a procesy reálného světa. Není samozřejmě vyloučené, že by ve skutečnosti nějaké operace přesáhly svůj normovaný čas do takové míry. Nicméně jejich celkový podíl by měl mít minimální, rámcově kolem 2,3% jak pomohla odhadnout Gaussova křivka. Další intervaly již nevykazují tak extrémní hodnoty.

Výše zmíněné souvislosti, zejména množství odvedených operací bez výkazu práce spolu s operacemi, které výrazně přesahují normu, ukazují na problém při samotném přihlašování pracovníka k příslušné výrobní operaci na průvodce. Dále je tento problém rozveden ve vyhodnocení.

6.3 Analýza očekávaného přínosu 3

Předmětem této analýzy je třetí očekávaný přínos systému, tedy kvalitní záznam o průběhu výroby a montáže. Na rozdíl od záznamu strojní směny se tato kapitola soustředí primárně na průběh činností uživatele jako jednotlivce (montážní pracovník, svářeč apod.).

6.3.1 Návrh postupu analýzy

1) Volba konkrétní směny k analýze.
2) Získání dat o reálném průběhu směny.
3) Export dat o průběhu směny z DCIx MES.
4) Přiřazení reálných časů k příslušným záznamům z DCIx MES.
5) Výsledný souhrn.

6.3.2 Zpracování analýzy

1) Pro tuto analýzu byla zvolena 12 hodinová směna z 12. 3. 2019 na pracovišti svařovny. Identifikace výroby: Část přední CM - VYR520458; 7582X0188.

2) Výběr směny z předešlého kroku stál primárně na faktu, že pro tuto směnu byl zpracován snímek pracovního dne dle metodiky REFA. Tento snímek byl zpracován externí agenturou, což zajišťuje určitou úroveň kvality a nezaujatosti měření. Protokol, který sloužil jako zdroj dat je k dispozici v rámci podnikové sítě na následujícím umístění:

   S:\TRANSPORTATION\TVR\Technologie\Úkoly TE\0044-19 Optimalizace vyroby ramů podvozku a HS\REFA BT

3) Pro získání DCIx MES dat o průběhu vybrané směny bylo nutné vhodně formulovat dotaz přesně reflektující provedené měření, tedy zejména datum, číslo příkazu a uživatele. Výsledný export DCIx MES dat do MS Excel očištěný o v tuto chvíli nepodstatná data zobrazuje Tabulka 6-6 níže.

ID	Jméno uživatele	Č. příkazu	Čas zahájení	Čas dokončení	Doba	Typ	Důvod prostoje
1990699	801811	7582X0188_20	12.03.2019 06:00:15	12.03.2019 06:17:17	0,28	Prostoj	Nevydaná dokumentace
1991499	801811	7582X0188_20	12.03.2019 06:17:17	12.03.2019 08:33:23	2,27	Práce	
1993428	801811	7582X0188_30	12.03.2019 08:33:35	12.03.2019 10:27:21	1,9	Práce	
1994059	801811	7582X0188_30	12.03.2019 10:27:21	12.03.2019 11:04:08	0,61	Prostoj	Přestávka
1994632	801811	7582X0188_40	12.03.2019 11:04:19	12.03.2019 12:41:18	1,62	Práce	
1995860	801811	7582X0188_60	12.03.2019 12:41:27	12.03.2019 15:59:01	3,29	Práce	
1996279	801811	7582X0188_60	12.03.2019 15:59:01	12.03.2019 16:33:42	0,58	Prostoj	Přestávka
1996712	801811	7582X0188_60	12.03.2019 16:33:42	12.03.2019 18:04:15	1,51	Práce	

Tabulka 6-6 – Export dat z DCIx MES o průběhu směny pro uživatele 801811

4) Následující tabulky představují rozbor jednotlivých záznamů zkoumané směny z DCIx MES vzhledem k realitě (viz. krok 2). Kategorie, do kterých byly během snímku dne časy rozděleny, respektují metodiku REFA a dle toho mohou být spolehlivě vyhodnoceny jako práce, nebo prostoj. Dle REFA se čas operace vypočítá jako:[12]

$$T = Tg + Tv + Tx$$

Z toho vyplývá, že kategorie Tg, Tv a Tx odpovídají práci. Dále zbylé kategorie Tn, Tf a přestávky (pauzy) odpovídají prostoji. Toto rozdělení odpovídá i logice pro evidování prostojů na samotných DCIx terminálech. Jako identifikátor záznamu je použito ID, které slouží i v samotné databázi jako primární klíč.

Legenda ke kategoriím času dle REFA hodnocených jako práce:
Tg = Základní čas (čas práce, seřízení stroje, vyplnění úkolového listu apod.).
Tv = Vedlejší čas (příprava pracoviště, úklid, krátké čekání, kontrola kontrolorem apod.).
Tx = Směnový čas (mytí rukou, WC, doplnění materiálu, vyjmout nářadí apod.).

Legenda ke kategoriím času dle REFA hodnocených jako prostoj:
Tn = Ztrátový čas (Nedodržení přestávek, nečinnost, soukromé hovory apod.).
Tf = Ztrátový organizační čas (čekání na materiál, zakázku, výpadek energie apod.).

ID záznamu:				1990699		
Trvání záznamu:				06:00:15 - 06:17:17		
Typ výkazu v **MES**	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle **REFA**	**Tg**	**Tv**	**Tx**	**Tn**	**Tf**	**Pauzy**
	0	0	0	0	17,5	0

Tabulka 6-7 – Rozbor záznamu 1990699

ID záznamu:	1991499					
Trvání záznamu:	06:17:17 - 08:33:23					
Typ výkazu v MES	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle REFA	Tg	Tv	Tx	Tn	Tf	Pauzy
	113,37	0,5	3,38	2	6	10

Tabulka 6-8 – Rozbor záznamu 1991499

ID záznamu:	1993428					
Trvání záznamu:	08:33:23 - 10:27:21					
Typ výkazu v MES	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle REFA	Tg	Tv	Tx	Tn	Tf	Pauzy
	82,5	8,25	17,5	0	0	0

Tabulka 6-9 – Rozbor záznamu 1993429

ID záznamu:	1994059					
Trvání záznamu:	10:27:21 - 11:04:08					
Typ výkazu v MES	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle REFA	Tg	Tv	Tx	Tn	Tf	Pauzy
	0	0	0	9,25	0	35

Tabulka 6-10 – Rozbor záznamu 1994059

ID záznamu:	1994632					
Trvání záznamu:	11:04:08 - 12:41:18					
Typ výkazu v MES	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle REFA	Tg	Tv	Tx	Tn	Tf	Pauzy
	62,73	11,5	8,6	0,00	0	14,49

Tabulka 6-11 – Rozbor záznamu 1994632

ID záznamu:	1995860					
Trvání záznamu:	12:41:27 - 15:59:01					
Typ výkazu v **MES**	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle **REFA**	**Tg**	**Tv**	**Tx**	**Tn**	**Tf**	**Pauzy**
	155,5	0	21,83	0,67	2	12

Tabulka 6-12 – Rozbor záznamu 1995860

ID záznamu:	1996279					
Trvání záznamu:	15:59:01 - 16:33:42					
Typ výkazu v **MES**	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle **REFA**	**Tg**	**Tv**	**Tx**	**Tn**	**Tf**	**Pauzy**
	0	0	0	0	0	35

Tabulka 6-13 – Rozbor záznamu 1996279

ID záznamu:	1996279					
Trvání záznamu:	16:33:42 - 18:04:15					
Typ výkazu v **MES**	Práce			Prostoj		
Reálný průběh dle **REFA**	**Tg**	**Tv**	**Tx**	**Tn**	**Tf**	**Pauzy**
	59,52	0	22,33	4,83	0	0

Tabulka 6-14 – Rozbor záznamu 1996279

5) Souhrn rozborů jednotlivých záznamů představuje tabulka níže. REFA časy byly zaokrouhleny na celé minuty.

	Σ Prostoj	**Σ Práce**	**Součet**	**Poměr práce**
Realita	149	571	720	79,3%
DCIx MES	88,2	635,4	723,6	87,8%

Tabulka 6-15 – Výsledný souhrn práce a prostoje DCIx MES vs. REFA

Z tabulky je jasně patrný rozdíl mezi podílem práce, který eviduje DCIx MES a realitou, která je reprezentována snímkem pracovního dne dle REFA. Tento rozdíl činí 8,5%. Z jednotlivých rozborů záznamů je patrná zejména skutečnost, že během výkazů evidovaných jako práce se vyskytují pauzy a ztrátové časy, které evidentně nebyly zaneseny do DCIx MES. Vyhodnocení této analýzy je pak dále součástí kapitoly 7.

6.4 Návrh doplňkové analýzy - dotazník

V kontextu zkoumané implementace představují výrobní dělníci hlavní původce dat. Mají tedy přímý vliv na jejich kvalitu. Jak je uvedeno v kapitole 3.2.2.7 Uživatelské rozhraní MES, tak na úspěchu či neúspěchu MES se přímo podílí fakt, zda byl tento systém pochopen a akceptován na výrobní úrovni. Pro zkvalitnění výsledků z analýz provedených v rámci této práce a získání lepší perspektivy na nápravná opatření by bylo vhodné jako další krok analyzovat DCIx MES ve vztahu k uživatelům ve výrobním prostředí. Jako vhodná metoda pro tuto analýzu se jeví dotazník, zejména z důvodu, že očekávané výsledky budou měkké metriky a jedná se o subjektivní záležitost. V rámci tohoto návrhu pro další postup byl sestaven dotazník, který klade za cíl odhalit kritická místa v implementaci DCIx MES z pohledu původce dat.

Sestavení dotazníku se řídilo následujícími pravidly:

- Anonymní.
- Členění respondentů dle pracovního zařazení montáž, nebo stroj.
- Sestavení otázek s důrazem na identifikaci konkrétních problémů.
- Krátké, stručné a jasné otázky.

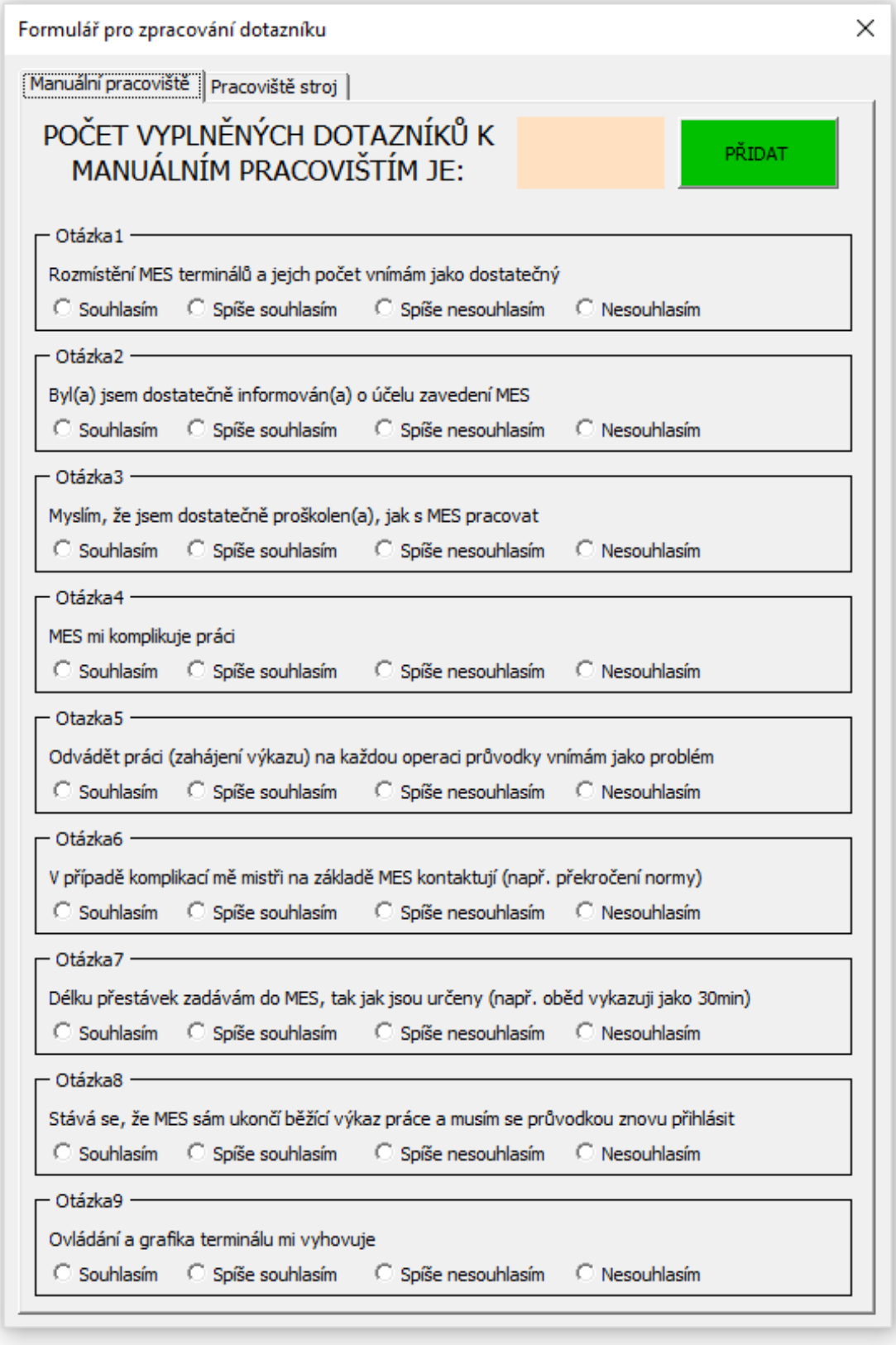
Hodnotící škála pro všechny otázky byla stanovena následovně:

◯ Souhlasím ◯ Spíše souhlasím ◯ Spíše nesouhlasím ◯ Nesouhlasím

Výsledný návrh dotazníku, který může být distribuován k vyplnění je poté k dispozici v příloze 14.4. Jak je možné z dotazníku vidět, tak respondenti jsou rozděleni do dvou skupin, dle toho, zda je jejich pracoviště stroj, či nikoliv. Na základě popisu systému z předešlých kapitol je již známo, že se DCIx MES pro tyto dvě skupiny pracovníků částečně liší, proto je vhodné tento rozdíl reflektovat i v rámci dotazníku a jeho vyhodnocení. Otázky jsou pro obě skupiny stejné, identifikaci skupiny provede respondent zakroužkováním v části Osobní informace.

Vzhledem k tomu, že dotazníky budou pravděpodobně distribuovány ve fyzické podobě a v relativně vysokém množství, tak je zde nutnost nasbíraná data transformovat bezchybně do elektronické podoby k následnému zpracování. Aby tento proces byl zjednodušen a snížila se pravděpodobnost chyby, byl sestaven a naprogramován uživatelský formulář v jazyce Visual Basic for Applications, pomocí kterého jsou odpovědi zaznamenávány do tabulky v MS Excel.

Jak je možné z obrázku Obrázek 6-11 vidět, tak je formulář pomocí objektu MultiPage rozdělen na dva samostatné listy pro manuální a strojní pracoviště. Každý list je vybaven čítačem, zobrazujícím hodnotu, kolik dotazníků bylo přidáno. Vedle toho je formulář naprogramován tak, aby hlídal, zda byly všechny otázky vyplněny. V opačném případě, kdy by při vyplňování došlo k přeskočení otázky, tak tuto událost zachytí a informuje. Vyplněním všech otázek a stisknutím tlačítka PŘIDAT dojde k zápisu dat na pracovní list a resetu odpovědí, čímž se ještě více zkvalitňuje proces zápisu odpovědí.



Obrázek 6-11 – Formulář pro zpracování dotazníku – manuální pracoviště

O kontrolu, zda jsou vyplněny odpovědi u všech otázek se stará blok kódu deklarovaný jako veřejná funkce, která je volána při stisku tlačítka přidat a na základě její návratové hodnoty je rozhodnuto o dalším postupu viz obrázek dále.

```
If Module1.pocetVybranych <> 9 Then
MsgBox ("Pozor! Nějaká z otázek je nevyplněna")
Exit Sub
End If
End Sub

Public Function pocetVybranych()

Dim c As Control
Dim i As Integer

For Each c In UserForm1.Controls
    If TypeName(c) = "OptionButton" Then
        If c.Value = True Then
            i = i + 1
        End If
    End If
Next c

pocetVybranych = i

End Function
```

Obrázek 6-12 – Programové řešení automatické kontroly vyplnění odpovědí

Sestavením a využitím takovéhoto jednoduchého nástroje pro zpracování velkého množství fyzických dotazníků se výrazné sníží riziko chyby při sčítání odpovědí, což má přímý vliv na kvalitu celkových výsledků. V případě využití tohoto formuláře, také výrazně vzroste komfort práce pro zaměstnance, který bude výsledky dotazníků zpracovávat. Případné změny ve znění otázek nepředstavují problém a jejich znění ve formuláři se dá velmi jednoduše upravit i bez znalostí programování ve VBA.

7 VYHODNOCENÍ

V rámci této kapitoly dojde k vyhodnocení provedených analýz, vyvození příslušných závěrů a uvedení komentáře ke stavu před a po zavedení systému.

7.1 Komentář ke stavu před / po implementaci DCIx MES

Kontrast stavu před a po implementaci znázorňuje Tabulka 5-2 pomocí důležitých aspektů řízení výroby. Jak je možné vidět, tabulka dle legendy přehledně zobrazuje, které oblasti funkčně DCIx MES nově pokrývá, kde došlo ke zlepšení, či ztrátě funkce. Následující odstavce představují podrobný komentář k tomuto přehledu.

Jediným významným zástupcem ztráty funkce je možnost odvádět po kusech (odvádět vyrobené množství kusů z DCIx do BAAN – původně pouze v BAAN). V současnosti je tedy možné odvést pouze celou výrobní dávku z průvodky. Drobnou výjimku tvoří pouze strojní pracoviště, kde by obsluha dle manuálů měla v terminálu zadávat vyrobené kusy jeden po druhém. Ovšem jak by se mohlo zdát, v tomto případě nedochází k odvedení do BAAN, ale jedná se pouze o informativní funkcionalitu pro mistry, díky které mají nástroj, jak v reálném čase sledovat počet vyrobených kusů z příslušné průvodky na příslušném pracovišti.

Některé aspekty v tabulce jsou v části před implementací označeny červeně jako neobsluhované, ovšem k jejich částečnému zpracování docházelo mimo BAAN formou MS Excel (označeno hvězdičkou). Konkrétně se jedná o sledování průběhu práce stroje, trvání prostojů a rozlišování jejich typu. Standardně byly tyto procesy zaznamenány ručně obsluhou stroje a následně v kanceláři přepsány do elektronické podoby, nutno zdůraznit, že jen a pouze v rámci strojních pracovišť. Sledování prostojů na ostatních pracovištích bylo nulové. V současné době je v možnostech DCIx MES tyto aspekty plně obsloužit ve spolupráci s výrobními dělníky (tzn. odůvodnění, nebo vykázání prostoje na terminálu).

Ke zlepšení došlo v oblastech přehledu o rozpracovanosti projektu a kontrole odvedení materiálu před odvedením operace. V prvním zmíněném případě je nyní informace o úrovni rozpracovanosti přesnější díky tomu, že je možné určit, co vše v rámci projektu bylo skutečně odvedeno v DCIx MES jako hotové. V druhém případě představuje zlepšení zejména velmi jednoduchý přehled, které položky nebylo možné odvést z DCIx MES do BAAN kvůli nevydanému materiálu (viz. 5.7). Před implementací informace o nevydaném materiálu sice bylo možné tyto informace získat, ale znatelně pracnější cestou.

Konečně nejpočetnější skupinu aspektů z tabulky představují ty, které dříve obsluhovány vůbec nebyly a DCIx MES tuto možnost přináší. Přehled o tom, jaké činnosti probíhají a jejich archivace v čase (Sledování průběhu ručních a strojních prací) je nyní otázkou několika sekund od přihlášení do systému. Dle nastavení odpovídajících filtrů je například možné zobrazit přehled všech běžících výkazů, průběh směny konkrétního stroje, či pracovníka. Je možné využívat předdefinovaných pohledů (jejich nastavení může editovat uživatel s rolí company administrator), nebo filtry sestavit dle vlastního uvážení. Následující obrázek zobrazuje výsledek dotazu na probíhající výkazy na strojích pomocí předdefinovaného pohledu.

Uživatelský pohled: Stroj - Bezici_vykazy
Počet záznamů: 500
Počítat záznamy
Výsledky hledání
Označit / odznačit vše | Provést | Definice transakce: ---
Nalezeno 6 položek, zobrazuji všechny položky.1

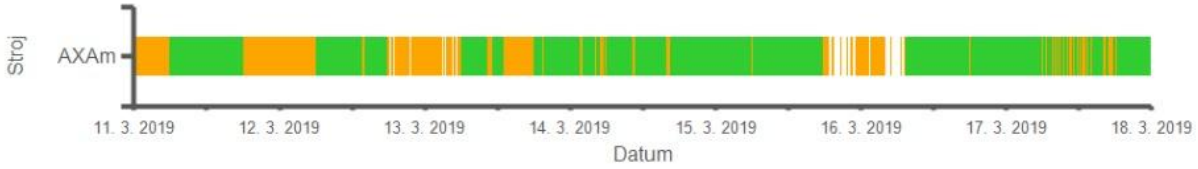
Jméno uživatele	Popis uživatele	Kód stroje	Kód terminálu	Č. příkazu	Čas zahájení	Čas dokončení	Doba	Typ zdroje výkazu	Typ	Důvodový kód (ID)	Důvod prostoje	Stav
0		[NOT_EMPTY]										"V procesu"
machine	Automatický uživatel DCIx	AXAm	MESTerm019	SLO00143686	20.3.2019 11:58:06		0.12	Stroj	Prostoj			InProcess
machine	Automatický uživatel DCIx	TOS	MESTerm039	SLO00143644	20.3.2019 11:43:44		0.36	Stroj	Prostoj			InProcess
machine	Automatický uživatel DCIx	AXA	MESTerm006	SLO00143730	20.3.2019 11:40:06		0.42	Stroj	Práce			InProcess
801088	Lukáš Ďuris	TOS	MESTerm039	SLO00143644	20.3.2019 11:27:11		0.64	Uživatel	Práce			InProcess
149308	Josef Kovařík	AXA	MESTerm006	SLO00143730	20.3.2019 11:03:15		1.03	Uživatel	Práce			InProcess
811563	Petr Vaňous	AXAm	MESTerm019	SLO00143686	20.3.2019 6:10:33		5.91	Uživatel	Práce			InProcess

Export: CSV | Excel | XML | PDF

Obrázek 7-1 – Příklad výsledku dotazu na probíhající výkazy na strojích

Takové možnosti online sledování běžících výkazů nabízejí i různé modifikace, jako je například přehled pracovníků přihlášených k práci. Největší benefit to představuje pro mistry, kteří si mohou jednoduše zobrazit seznam svých podřízených a uvidí, kdo na jaké operaci pracuje, případně kdo není k práci přihlášen apod.

Spolu se sledováním práce je nově implementováno i sledování a rozlišování prostojů, jak osobních tak strojních. Přístup k takovým datům se opět řeší vhodně formulovaným dotazem v DCIx MES. V případě strojní části je funkčnost navíc rozšířena o sledování vytížení strojů. Na základě snímaných signálů stroje systém může generovat Ganttovy, nebo podrobnější výsečové diagramy (rozlišují typy prostojů) pro zvolený časový interval a automatizuje tak činnost, kterou by prováděl nad surovými daty analytik.



Obrázek 7-2 – Vygenerovaný Ganttův diagram stroje AXAm pro daný časový interval

Některé významné aspekty řízení výroby ovšem zůstaly i po implementaci neobslouženy. Zejména pak dynamické přeplánování, kde by byl systém schopen na základě skutečného průběhu operací plán pomocí optimalizačních algoritmů upravovat, nebo navrhovat jeho změny (v případě zdržení, odchylek od plánu apod.). Tato funkce, kterou může MES implementovat je označována jako APS (více viz 3.2.1.2). Vzhledem k tomu, že by MES měl poskytovat data o reálné délce operací, mohla by teoreticky být zprovozněna funkce kalkulace cen na tomto základě. Toto ovšem současná verze DCIx MES nepodporuje a je kalkulováno dle normovaných časů v ERP BAAN. V tomto ohledu tedy neproběhla žádná změna mezi stavem před a po implementaci.

Tento přehled pochopitelně nemohl zahrnout všechny aspekty řízení výroby a určitě by bylo možné v takovém srovnání pokračovat ve větších detailech. Nicméně účelem bylo vyzdvihnout důležité a relevantní aspekty pro ŠKODA TRANSPORTATION a.s. a poskytnout představu o tom, v jakých oblastech nasazení DCIx MES znamená krok vpřed.

Předcházející odstavce shrnuly to co je nyní v možnostech systému, vzhledem k úrovni jeho současné implementace. Ovšem to, že DCIx MES přináší určitou funkčnost, nemusí nutně znamenat, že tato funkčnost je využívána správně a přináší očekávané výsledky. Odpověď na

to, zda nejvýznamnější očekávání byla naplněna, odpovídají následující kapitoly, které vyhodnocující provedené analýzy.

7.2 Vyhodnocení analýzy očekávaného přínosu 1

Cílem analýzy prvního očekávaného přínosu bylo ověřit, zda DCIx MES poskytuje kvalitní záznam o využití strojů. Jinými slovy, zda systém sbírá taková data o průběhu práce stroje, která reflektují reálný průběh. Využití pak představuje poměr mezi stavem vyhodnoceným jako práce a prostoj.

Pro ověření, zda evidované signály v DCIx MES reflektují skutečnost, bylo nutné položit průběh těchto signálů v čase vůči skutečnému průběhu stavu stroje. Vypracováním takového měření vznikly formuláře poskytující rychlý vizuální nástroj pro vzájemné srovnání těchto průběhů. Vedle samotných formulářů došlo také k numerickému porovnání. V tomto případě byly časy práce a prostoje z pozorování porovnány s časy, které na základě evidovaných signálů vypočetl DCIx MES. Kombinací vizuálního a numerického srovnání je možné dojít k závěru, že záznamy práce stroje jsou i přes výskyt falešných signálů relativně kvalitní a v případě rutinní práce **mají vysokou vypovídající hodnotu**. V tomto kontextu je ovšem nutné i zmínit fakt, že zde hraje roli určitá úroveň subjektivity a úroveň kvality je definována očekáváním příjemce dat. Lze však prohlásit, že pro současné potřeby ŠKODA TRANSPORTATION a.s. je aktuální úroveň přesnosti signálů vůči realitě dostačující.

Jak již bylo naznačeno, existence falešných signálů neznamená žádný výrazný pokles kvality záznamu, i když jistý vliv je možné sledovat. V případě pozorování 2, kde je množství falešných signálů suverénně nejvyšší, je i rozdíl v numerickém srovnání nejpatrnější. V této souvislosti je možné si všimnout, že dle DCIx MES celkové trvání v hodinovém intervalu měření 2 je 56,4 minut namísto 60. To je přímo způsobeno množstvím falešných signálů. Na dlouhém časovém úseku tyto odchylky mohou představovat až hodiny. Jak bylo řečeno v samotné analýze, tak DCIx MES ze signálů vypočítá čas v řádu hodin ve formě celého čísla s dvěma desetinnými místy. Minimální hodnota je tedy 0,01 hodiny. Všechny kratší časové úseky systém vrátí jako 0. Pokud je tedy ve sledovaném intervalu velké množství falešných signálů, dochází k jeho dělení na krátké úseky a počet záznamů v databázi roste. Při následném výpočtu existuje pak vysoké množství úseků, které systém vypočítá jako 0 a celkový evidovaný čas pak klesá a je tedy možné, že na hodinovém intervalu v systému chybí několik minut jako v tomto případě. Počet sekund, pod který systém vyhodnocuje trvání jako 0 je 18 (0,005 hod je zaokrouhlováno systémem na 0,01 a to odpovídá 18 sekundám).

Falešné signály jsou zpravidla způsobeny měřením pozice obrobku, vkládáním nástrojů do zásobníku stroje apod. V zásadě nezpůsobují přímé problémy, pokud jich není mnoho. Ovšem je zde ještě jedno hledisko, se kterým je třeba uvažovat. Jak je již známo, tak obsluha stroje musí odůvodnit prostoje překračující určitou dobu. Pokud však dojde během prostoje k falešnému signálu 11000000, byť jen na moment, tak se zahájí v systému nový záznam prostoje běžící opět od nulového času a systém nebude vyžadovat odůvodnění, které by jinak nastalo, nebýt tohoto falešného signálu.

Z výsledků analýzy lze také usuzovat, že odchylky u prostojů jsou obecně vyšší než u objemů práce. Vysoká přesnost záznamu trvání práce je pak zásadní při určení využití stroje, které

může být vypočteno krom poměru práce a prostoje, také jako podíl práce na měřeném intervalu.

Závěrem je ještě nutné dodat, že určité zkreslení přináší samotný záznam skutečného průběhu do formuláře, kde jsou pro zápis minutové intervaly. Z toho vyplývá, že vykázané odchylky systému od skutečnosti řádově pod minutu jsou naprosto zanedbatelné a zaznamenaný čas práce v systému **odpovídá skutečnosti** a s takovou hodnotou je možné dále spolehlivě pracovat.

Na základě tohoto vyhodnocení je možné do budoucna uvažovat následující kroky:

- Zvýšit detail zobrazení trvání záznamů z 0,01 hod na 0,001 hod, čímž téměř nebude docházet k výskytu záznamů s nulovým trváním.
- Upravit podmínky stavu stroje, které jsou vyhodnoceny jako práce.
- V budoucnu zopakovat tuto analýzu u strojů, kde bude nasazen DCIx MES.

7.3 Vyhodnocení analýzy očekávaného přínosu 2

V rámci analýzy druhého očekávaného přínosu, bylo cílem zjistit, zda je v současnosti DCIx MES schopen spolehlivě sloužit při verifikaci norem a hodnocení pracovníků. Již od kapitoly 4, kde byl DCIx MES popsán bylo jasné, že po technické stránce řešení systému nebude problém. Základní princip fungování to přímo podporuje, není tedy pochyb, že tato funkčnost je pokryta. Co ovšem zůstávalo otázkou a bylo vlastním předmětem analýzy, je kvalita dat, na základě které by měla verifikace norem a hodnocení pracovníků probíhat.

Jak již bylo řečeno v interpretaci výsledků samotné analýzy, tak data nejsou přesná. Vzhledem k tomu, že přesnost byla jediná uvažovaná dimenze kvality, tak zle prohlásit, že **data nejsou kvalitní**. Srovnáme-li libovolný graf zobrazující operace v příslušných intervalech, na první pohled vidíme, že interval >160% překračuje o desítky procent reálnou přípustnou úroveň, která byla stanovena na základě průběhu pravděpodobnosti dle Gaussovy křivky.

Aby bylo možné určit pravděpodobné příčiny této datové nepřesnosti, je nutné vzít do úvahy také poměr mezi počtem odvedených operací s výkazem a bez výkazu. To bylo zpracováno v rámci výsledné přehledové tabulky (viz Tabulka 6-5), ze které je jasné, že velká část operací byla odvedena jako hotová, ale s nulovou hodnotou vykázaných hodin. V případě VYR520351, která vykazuje nejvíce operací odvedených bez výkazu, je možné také pozorovat nejvyšší zastoupení operací v intervalu >160%.

Výše zmíněné souvislosti ukazují na problém při samotném přihlašování pracovníka k příslušné výrobní operaci na průvodce. Nastává tedy pravděpodobně situace, kdy dělníci odvádí práci jen na některé operaci průvodky a tím dochází ke zkreslení dat. Pokud v praxi dělník provede např. tři výrobní operace, ale v systému je přihlášen celou dobu pouze k jedné, dojde z pohledu DCIx MES v jedné z těchto operací k výraznému překročení normy, zatímco u zbývajících dvou bude odvedená práce nulová. Fakticky mohl pracovník všechny operace udělat v limitu normy, výsledek v systému je ovšem takový jak je prezentováno v analýze.

V případě, že by kdokoli dohledával trvání konkrétní operace z výrobní průvodky, je nutné v současnosti tato data brát pouze jako informativní a nedá se na nich dále stavět, vzhledem k tomu, že existuje relativně vysoká šance zkreslení těchto údajů. V současné době tedy není možné vyhodnotit tento očekávaný přínos jako splněný.

Na základě tohoto vyhodnocení je možné do budoucna uvažovat následující kroky:

- Zajistit řádné odvádění práce po jednotlivých operacích a opakovaně provádět tuto analýzu s cílem zjistit, zda se kvalita dat časem zlepšuje. Díky automatizaci vytváření formuláře přehledu stavu DCIx MES pro vybranou výrobní zakázku je tato činnost do budoucna otázka jednoho kliknutí.
- Standardně pracovat se sumou odvedených hodin práce pouze na úrovni průvodky a trvání jednotlivých operací průvodky brát pouze informativně.
- Odvádět práci pouze na první operaci průvodky a pracovat pouze s úrovní detailu jako v předešlém případě a tedy vzdát se úrovně detailu sledování výroby po jednotlivých operacích.
- Snaha zvýšit kvalitu dat uplatněním obecných metod z kapitoly 3.3.2.

Primárně by měla být snaha samozřejmě dosáhnout zamýšlené funkce systému a mít důvěru v kvalitu dat trvání práce na jednotlivé operace. Měla by proběhnout nápravná opatření s cílem toto zajistit. Snížení úrovně požadovaného detailu jak značí body výše, by mělo být pouze dočasné, než se dosáhne cíleného stavu.

V této souvislosti je ještě nutné zmínit skutečnost, že MES obecně je velmi silný nástroj ke sledování výroby v reálném čase. Jinými slovy, je velmi jednoduché zjistit, co kdo dělá, který stroj nevyrábí apod. Ovšem pokud se stává to, co demonstruje tato analýza nelze se zcela spolehnout na to, že např. operace, která je v systému vedená jako „In proces“ je skutečně stále fyzicky rozpracována a výroba není již o několik operací dál.

Vzhledem k tomu, že vyhodnocení této analýzy poměrně nepochybně odkazuje na problémy u pracovníků ve výrobě – tedy původců dat, podnítilo to provedení čtvrté, doplňkové analýzy.

7.4 Vyhodnocení analýzy očekávaného přínosu 3

Cílem analýzy třetího očekávaného přínosu bylo zjistit, zda DCIx MES poskytuje kvalitní záznam o průběhu výroby a montáže. Vzhledem k tomu, že takový záznam by měl představovat digitální obraz skutečného průběhu procesu, tak jediným logickým řešením, jak v této analýze postupovat, bylo porovnání dat směny z DCIx MES s reálným průběhem takové směny.

Tabulka 6-6, která reprezentuje dostupná data o zkoumané směně, představuje s daným počtem záznamů v rámci DCIx MES maximální možný detail vybraného časového úseku. Každý z těchto záznamů byl poté srovnán s realitou ve formě snímku pracovního dne dle REFA. Za základě toho bylo možné záznamy rozpracovat a pozorovat případné odchylky od reality díky tomu, že REFA definuje konkrétní časové kategorie (viz 6.3)

Z výsledného souhrnu práce a prostoje DCIx MES vs. REFA (viz Tabulka 6-15) porovnávající DCIx MES a REFA je možné pozorovat, že rozdíl v poměru práce je 8,5%.

Jinými slovy skutečný čas práce je o 8,5% nižší, než je evidováno v DCIx MES. To představuje rozdíl 64,4 minuty. V této souvislosti je nutné zmínit, že pro určení reálného podílu práce byly použity kategorie času tak, jak stanovuje REFA. To znamená, že již byly zohledněny okolnosti jako osobní potřeby pracovníka, krátké služební rozhovory (a další) a i tyto činnosti se započítávají do rámce práce, protože se s nimi zkrátka musí kalkulovat. Díky tomu, je zajištěno, že to co je v rámci měření REFA evidováno jako prostoj, zle skutečně oprávněným způsobem považovat za prostoj a mělo by dojít k jeho evidenci pracovníkem do DCIx MES. Z toho vyplývá, že evidentně **nedochází ke korektní evidenci průběhu směny** a v případě potřeby nelze považovat současné záznamy za vypovídající.

Podíváme-li se na rozbor jednotlivých záznamů podrobně, tak v záznamech evidovaných v DCIx MES jako práce, můžeme v rámci REFA najít prostojové časy. Některé z nich se dají považovat za zanedbatelné a jistě je určitá tolerance odchylky MES dat od reality na místě. Ovšem výraznějším problémem jsou ty ztrátové časy, které REFA měření identifikovalo jako pauzy, i když dle DCIx MES probíhala práce. Například v případě záznamu 1994632 to činí téměř 15 minut, co už za zanedbatelné považovat nelze, zvláště pokud se jednalo o řádnou přestávku. Tyto okolnosti ukazují podobně jak v předešlé kapitole na problém u původce dat, tedy u výrobních pracovníků. Důvody, proč nedochází ke korektní evidenci průběhu směny, se pokusila objasnit doplňková analýza – dotazník.

Na základě tohoto vyhodnocení je možné do budoucna uvažovat následující kroky:

- Na základě výsledků z této diplomové práce (zejména výsledky dotazníkového šetření) navrhnout nápravná opatření jak pracovníky výroby motivovat k lepší kvalitě evidence průběhu směny a opakovat tuto analýzu na vybrané směny s cílem sledovat případný zlepšující se trend.
- Klást primární důraz na to, aby běžící výkazy skutečně odpovídaly realitě (správná průvodka a operace) a pokračovat ve školení pracovníků jak korektně evidovat průběh směny, ovšem data o poměru práce a prostojů považovat pouze za informativní.
- Zvážit implementaci pozitivní i negativní motivace s cílem dosáhnout maximální vypovídající hodnoty DCIx MES záznamů.

Bezesporu již nyní je řada pracovníků, kteří evidují průběh vhodným způsobem, ovšem vybereme-li libovolnou směnu, tak kvalita jejího záznamu je pouze spekulace a to je problém.

7.5 Celkové shrnutí

Tato kapitola formuluje celkové shrnutí systému do kladných a záporných aspektů. Na základě informací formulovaných v této práci, od teorie MES, přes popis samotného DCIx MES a analýz jeho očekávaných přínosů, jsou aspekty formulovány ve stručných bodech, které krom praktické a teoretické části této práce reflektují i zkušenost autora s prací v prostředí DCIx MES.

7.5.1 Kladné aspekty systému

Online přehled nad probíhající výrobou

Jedním z největších a klíčových přínosů, na jehož základě v podsadě stojí i všechny základní očekávané přínosy systému je online monitoring probíhajících činností ve výrobě. Archivací v čase pak vznikají samotné záznamy. Díky implementaci DCIx MES je možné v pár vteřinách zjistit na jaké činnosti se na příslušném místě pracuje, případně na jaké činnosti konkrétní osoba pracuje a jaká byla skutečná časová náročnost. Za předpokladu korektní evidence průběhu směn ze strany pracovníků pak tedy vzniká digitální obraz o skutečném průběhu výroby.

Jednoduchá identifikace dílu a činnosti na základě online přehledu

Díky principu sledování průběhu výroby přes výrobní průvodky, jejichž označení je originální řetězec znaků je možné přesně identifikovat odvedené činnosti a rozeznávat je v čase i v případě, že se jednalo o výrobu naprosto stejného dílu. Záznamy v DCIx MES mají návaznost nejen na výrobní objednávku (průvodku) samotnou, ale i na výrobní zakázky pod které spadají, případně i na číslo výkresu dílu apod.

Online přehled poskytuje řadu dalších užitečných nástrojů

Online přehled výroby zmíněný v předcházejících odstavcích poskytuje řadu možností využití a je možné tvořit individuální nástroje pro specifická využití. Příkladem mohou být různé přehledy pro mistry, např. o tom, kteří pracovníci nemají žádný výkaz práce, kteří jsou právě na obědové pauze, kolik kusů z průvodky již bylo na stroji vyrobeno apod.

Kvalitní evidence práce strojů (ukazatel využití strojů)

Jedním z klíčových očekávaných přínosů, které byly v této práci analyzovány, je evidence práce strojů, na základě kterého je možné počítat jejich využití. Jak se ukázalo, tak navzdory drobným problémům s vyhodnocením stavu „stroj pracuje“, což má za následek falešné signály, jsou celkové výsledky na slušné úrovni.

Princip fungování systému

Celkový princip fungování, jakým byl systém pojat vzhledem k charakteru spíše kusové výroby, se jeví jako vhodný. Rozdíl v principu odvádění práce pro strojní a manuální pracoviště je důležitým prvkem. Současný interface systému přes terminály je ideální řešení pro dynamicky se měnící výrobní prostředí. Daní za toto obecně funkční pojetí je přímý vliv lidského faktoru na kvalitu dat v systému.

Možnost exportu dat v DCIx MES do jiných formátů

Jako důležitý prvek pro práci s informacemi, které jsou ve formě dat zapsány v databázi systému, je možnost exportu do jiných datových formátů. V rámci prostředí DCIx MES je možné vytvářet dotazy na základě dostupných atributů v příslušném náhledu, ovšem pro pokročilejší procesing dat je nutné využít export např. do MS Excel. Je také možné exportovat do dalších formátů jako CSV a XML.

Architektura systému

Systém je z pohledu architektury řešen jako vícevrstvý kde aplikační logika probíhá na straně serveru. Prezentační vrstva je řešena skrze internetový prohlížeč, což je moderní a flexibilní řešení, které přináší možnosti snadné aktualizace, minimální nároky na výpočetní výkon klienta a dostupnost systému téměř z každého zařízení (viz. 3.1.1).

Krátká doba odezvy

Jak z pohledu uživatelského prostředí na osobních počítačích, tak na terminálech ve výrobě, systém vykazuje subjektivně dobrou odezvu, což práci v DCIx MES prostředí citelně zpříjemňuje.

Možnost vytvářet uživatelské pohledy

V rámci role company administrator je možné vytvářet uživatelské pohledy a tato práva následně adresovat na konkrétní osoby. Tím je docíleno, že koncový uživatel bude mít přístup jen k tomu, co skutečně potřebuje a práce se systémem se stane jednodušší.

Jednoduché UI na PC i terminálech ve výrobě

Uživatelské prostředí systému je jak na PC, tak na terminálech na první pohled přehledné a intuitivní, což usnadňuje práci a zkracuje čas nutný k zaškolení.

7.5.2 Záporné aspekty systému

Úroveň kvality záznamů o průběhu směny

Jak reflektovala jedna z provedených analýz, tak rozdíl mezi záznamem směny v DCIx MES se vůči realitě lišil o téměř 9% z pohledu podílu práce. Úroveň kvality takových záznamů je v současnosti čistě na osobní odpovědnosti výrobních dělníků.

Současná úroveň kvality dat o trvání operací

Podobně jako v předchozím případě, jedna z analýz ukázala na nízkou kvalitu dat o trvání operací a problémy při samotném odvádění práce.

Obsluha MES terminálů u stroje je náročnější než u běžných pracovišť

Jak je možné vidět i v kapitole popisující samotný DCIx MES, tak obsluha terminálů na strojních pracovištích je oproti manuálním složitější, což by vzhledem k účelu nepředstavovalo problém. Ovšem v rámci strojních pracovišť existují určitá pravidla, jak správně vykazovat činnosti. Porušení těchto pravidel není nijak systémově ošetřeno a obsluha je musí hlídat sama.

Dostupná nápověda v DCIx MES prostředí je často nic neříkající

Dostupná nápověda v samotném prostředí systému není upravená pro potřeby implementace ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. a zpravidla ani neposkytuje hodnotné informace, které by v rutinním provozu běžný THP uživatel mohl hledat. Do určité míry roli nápovědy suplují manuály zpracované pro konkrétní uživatelské role, případě dokumentace pro administrátora od dodavatele systému.

Ve výrobě panuje negativní vztah k MES

V současné době panuje ve výrobě obecně negativní vztah k implementovanému MES a odvádění práce přes terminály je vnímáno spíše jako zbytečná zátěž. Tento negativní postoj pak ovlivňuje řadu dalších aspektů, jak mimo jiné ukázaly analýzy v rámci této práce.

MES obecně mají mnohem vyšší potenciál než současný stav implementace DCIx MES

Vrátíme-li se zpět ke kapitole 3.2.2 a porovnáme teorii MES se stavem současné implementace zjistíme, že DCIx MES ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. pokrývá pouze zlomek funkčnosti a tyto systémy mají potenciál na to, být daleko silnějším nástrojem. Důležité je ovšem respektovat očekávání, s kterými byl DCIx MES nasazen.

Na současném stavu kvality dat se nedá vybudovat APS

V souvislosti s předcházejícím bodem je dalším z negativních faktorů to, že na současné úrovni implementace se nedá nasadit APS. Takový systém vyžaduje určitou informační připravenost (viz 3.2.2) a kvalitu dat, která nyní neodpovídá požadavkům.

Nejsou odladěny podmínky, které snímač signálů na stroji vyhodnotí jako práci

V souvislosti s falešnými signály během sledování práce stroje je zřejmé, že nejsou zcela odladěny podmínky, které jsou vyhodnoceny jako práce a dochází pak k problémům zmíněným ve vyhodnocení analýzy 1 (viz 7.2).

8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo souhrnně popsat a zhodnotit nasazení Manufacturing Execution System ve společnosti ŠKODA TRANSPORTATION a.s.

Popis se vedle výchozích technických parametrů primárně soustředil na objasnění principu fungování systému v rámci zkoumané implementace. Byly vysvětleny úlohy jednotlivých uživatelských interface a původců / příjemců dat. V rámci této části práce bylo také popsáno napojení na podnikový ERP systém a byl sestaven přehled důležitých aspektů řízení výroby, které byly nově po nasazení systému pokryty.

Na základě formulace očekávaných přínosů systému byla vypracována analytická část práce. Každý z očekávaných přínosů byl pomocí vhodných technik samostatně analyzován tak, aby bylo odpovídajícím způsobem reflektováno, zda a do jaké byla očekávání naplněna. Ukázalo se, že pouze jeden ze tří formulovaných očekávaných přínosů přinesl uspokojivé výsledky pro rutinní využívání a to záznam o využití strojů. Nízká úroveň kvality dat pak v případě podpory hodnocení pracovníků a verifikace norem znemožňuje využití této funkcionality v praxi. Ve třetím případě bylo zjištěno, že záznam o průběhu výroby a montáže neodpovídá ve vybraném časovém intervalu reálnému poměru práce a prostoje.

Výsledky provedených analýz ukázaly na pravděpodobnou příčinu problému, a to u původců dat ve výrobě. Nad rámec očekávaných přínosů pak byla vypracována, jako jeden z návrhů dalšího postupu, doplňková analýza formou dotazníku s cílem ukázat na konkrétní příčinu problému. Pro snadnější zpracování velkého množství dotazníků z fyzické podoby do elektronické byl jako nástroj sestaven a naprogramován formulář v jazyce Visual Basic for Application.

Zpracování uzavřelo souhrnné zhodnocení systému z pohledu relevantních pozitivních i negativních aspektů. Z výsledků práce vyplývá, že systém je po technické stránce bez problému schopen pokrýt očekávání podniku, ovšem problém se objeví ve chvíli, kdy je rozhodující proměnou lidský faktor. Vzhledem k charakteru výroby, kterou kolejová vozidla představují, není ovšem možné z velké části lidský faktor eliminovat. Výjimku představuje již zmíněný záznam o využití strojů, kde signály sloužící pro výpočet využití jsou snímány automaticky, což přineslo fakticky nejlepší výsledky.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] Historie. *SKODA* [online]. [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: https://www.skoda.cz/historie/

[2] O společnosti. *SKODA* [online]. [cit. 2018-11-09]. Dostupné z: https://www.skoda.cz/o-spolecnosti//

[3] Třívrstvá architektura (Three-tier architecture). *Managementmania* [online]. [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: https://managementmania.com/cs/trivrstva-architektura-three-tier-architecture

[4] ELMASRI, Ramez a Shamkant NAVATHE. *Fundamentals of database systems*. 7th ed. Redwood City: Benjamin/Cummings Publishing Company, 2016. ISBN 1-292-09761-2

[5] POKORNÝ, Jaroslav. *Konstrukce databázových systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-010-1935-7

[6] M.KROENKE, David a David J.AUER. *Database processing: Fundamentals, Desing, and Implementation*. 14/e. Pearson Education Limited, 2016. ISBN 978-1-292-10763-9

[7] SODOMKA, Petr. *Informační systémy v podnikové praxi*. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1200-4

[8] BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4307-3

[9] Manufacturing execution system. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-01-31]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_execution_system

[10] SVĚTLÍK, Vladimír. MES (Manufacturing Execution Systems): Informační systémy zaměřené na přímou výrobu. *SystemOnline* [online]. [cit. 2019-01-31]. Dostupné z: https://www.systemonline.cz/clanky/mes-manufacturing-execution-systems.htm

[11] MEYER, Heiko, Franz FUCHS a Klaus THIEL. *Manufacturing execution systems: optimal design, planning, and deployment*. New York: McGraw-Hill, c2009. ISBN 978-0-07-162383-4

[12] Interní dokumentace

[13] KLEČKA, Aleš. APS a MES: partnerství v plánování výroby. *SystemOnline* [online]. 2014 [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/aps-a-mes-partnerstvi-v-planovani-vyroby.htm

[14] Batini, C., Cappiello, C., Francalanci, C., and Maurino, A. 2009. Methodologies for data quality assessment and improvement. ACM Comput. Surv. 41, 3, Article 16 (July 2009), 52 pages

[15] KUČERA Milan. Kvalita informací (3): Přesnost vs. správnost. Computerworld. 2008, č. 13, s. 32-33

[16] Normální rozdělení. *Wikiskripta* [online]. [cit. 2019-01-17]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Norm%C3%A1ln%C3%AD_rozd%C4%9Blen%C3%AD

[17] Pipino, L. L., Lee, Y. W., & Wang, R. Y. (2002). Data Quality Assessment *Communications of the ACM, 45*(4), 211-218

[18] 7 Top Ways to Improve Data Accuracy. *Outsource2India* [online]. [cit. 2019-02-06]. Dostupné z: https://www.outsource2india.com/DataManagement/articles/ways-to-improve-data-accuracy.asp

[19] WOODALL, Philip, Alexander BOREK a Ajith Kumar PARLIKAD. *Data Quality Assessment: The Hybrid Approach*. Cambridge Service Alliance, 2013

[20] Webový server. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Webov%C3%BD_server

[21] Different types of database architecture. *DB Info World* [online]. 2014 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: https://dbinfoworld.wordpress.com/2014/11/09/different-types-of-database-architecture/

[22] *Databázové systémy: Normalizace dat* [online]. Ostrava: VŠB-TU OSTRAVA, 2013 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: projekty.fs.vsb.cz/.../Databázové%20systémy%2005.%20Normalizace%20dat.pdf

10 POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY

MES	Manufacturing Execution System
IS	Informační systém
HTML	Hypertext Markup Language
http	Hypertext Transfer Protocol
SŘBD	Systém Řízení Báze Dat
HR	Human Resources
SQL	Structured Query Language
ODBC	Open Database Connectivity
JDBC	Java Database Connectivity
ER	Entity-Relationship
ERA	Entity-Relationship-Attributes
ERP	Enterprise Resource Planning
CRM	Customer Relationship management
SCM	Supply Chain Management
APS	Advanced Planning and Scheduling
BI	Business Inteligence
CAD	Computer Aided Design
THP	Technicko-hospodářský pracovník

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1 – Škodovy závody [1] 2
Obrázek 2-2 – Skupina ŠKODA TRANSPORTATION a.s. [2] 3
Obrázek 2-3 – Layout ŠKODA TRANSPORTATION a.s. [12] 4
Obrázek 3-1 – Obecné schéma vícevrstvé architektury databázové aplikace (upraveno z [21]) 5
Obrázek 3-2 – Uživatelské pohledy [5] 6
Obrázek 3-3 – Relace VÝROBEK (přepracováno z [4]) 7
Obrázek 3-4 – založení relace VYROBEK pomocí jazyka SQL 8
Obrázek 3-5 – Objektové prvky v jazyce SQL 9
Obrázek 3-6 – příklad datového modelu informací o reportech z DCIx MES (nápověda) 10
Obrázek 3-7 – průběh transakce (upraveno z [4]) 11
Obrázek 3-8 – Holisticko-procesní schéma podnikových IS (upraveno z [7]) 11
Obrázek 3-9 – vizualizace možných oblastí integrovaných do ERP 13
Obrázek 3-10 – MES v úrovních podnikových IS [11] 15
Obrázek 3-11 – core funkcionalita MES [11] 17
Obrázek 3-12 – Vícevrstvé nakládaní s MES daty [11] 19
Obrázek 3-13 – rozhraní mezi MES a ERP přepracováno z [11] 20
Obrázek 3-14 – vizualizace možné integrace APS v MES (přepracováno z [11]) 21
Obrázek 3-15 – Přístupy k hodnocení kvality dat [17] 24
Obrázek 3-16 – Princip hodnocení kvality dat dle DQA (upraveno z [17]) 25
Obrázek 4-1 – Proces nakládání s normou před implementací MES 29
Obrázek 4-2 – Uplatnění MES v procesu nakládání s normou 31
Obrázek 4-3 – Legenda pro srovnávací tabulku 1 33
Obrázek 5-1 – Mapa informačních systémů ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. 34
Obrázek 5-2 – Doporučená HW konfigurace serverů pro DCIx MES [12] 35
Obrázek 5-3 – Terminál PS-3315E 36
Obrázek 5-4 – Přihlášení do MES terminálu 37
Obrázek 5-5 – síťové informace MES terminálu 38
Obrázek 5-6 – zobrazení Terminal (standard) 39
Obrázek 5-7 – Zobrazení Terminal_Mistr 39
Obrázek 5-8 – Možné problémy s certifikátem zabezpečení při přístupu do MES 40
Obrázek 5-9 – Prostředí DCIx MES 41
Obrázek 5-10 – Schéma principu fungování MES ve ŠKODA TRANSPORTATION a.s. 42
Obrázek 5-11 – Terminál_Stroj 43

Obrázek 5-12 – Stav stroje a jeho vyhodnocení [12] 44
Obrázek 5-13 – Export dat z DCIx do BAAN V 46
Obrázek 5-14 – Legenda pro srovnávací tabulku 2 46
Obrázek 6-1 – Vybrané kroky (aktivity) 54
Obrázek 6-2 – Posloupnost vybraných kroků (aktivit) 55
Obrázek 6-3 – Automatický formulář: upozornění 56
Obrázek 6-4 – Automatický formulář: zadání čísla výrobní zakázky 57
Obrázek 6-5 – Automatický formulář: Chyba 1 57
Obrázek 6-6 – Automatický formulář: Chyba 2,3 57
Obrázek 6-7 – Automatický formulář: Dokončení 58
Obrázek 6-8 – Gaussova křivka 58
Obrázek 6-9 – Ideální rozdělení operací do intervalů dle Gaussovy křivky 59
Obrázek 6-10 – Vygenerované listy pro vytvořené formuláře 60
Obrázek 6-11 – Formulář pro zpracování dotazníku – manuální pracoviště 67
Obrázek 6-12 – Programové řešení automatické kontroly vyplnění odpovědí 68
Obrázek 7-1 – Příklad výsledku dotazu na probíhající výkazy na strojích 70
Obrázek 7-2 – Vygenerovaný Ganttův diagram stroje AXAm pro daný časový interval 70

12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 3-1 – Úkony Production managementu vs. Business managementu [11] 16
Tabulka 3-2 – Přehledová tabulka metod pro hodnocení kvality dat [14] 26
Tabulka 4-1 – Aspekty řízení výroby před implementací DCIx 32
Tabulka 5-1 – Typy snímaných signálů stroje 44
Tabulka 5-2 – Aspekty řízení výroby po zavedení DCIx MES 47
Tabulka 6-1 – Porovnání času práce a prostoje – pozorování 1 52
Tabulka 6-2 – Porovnání času práce a prostoje – pozorování 2 53
Tabulka 6-3 – Porovnání času práce a prostoje – pozorování 3 53
Tabulka 6-4 – Výchozí přehledová tabulka 59
Tabulka 6-5 – Výsledná přehledová tabulka 60
Tabulka 6-6 – Export dat z DCIx MES o průběhu směny pro uživatele 801811 63
Tabulka 6-7 – Rozbor záznamu 1990699 63
Tabulka 6-8 – Rozbor záznamu 1991499 64
Tabulka 6-9 – Rozbor záznamu 1993429 64
Tabulka 6-10 – Rozbor záznamu 1994059 64
Tabulka 6-11 – Rozbor záznamu 1994632 64
Tabulka 6-12 – Rozbor záznamu 1995860 65
Tabulka 6-13 – Rozbor záznamu 1996279 65
Tabulka 6-14 – Rozbor záznamu 1996279 65
Tabulka 6-15 – Výsledný souhrn práce a prostoje DCIx MES vs. REFA 65

13 SEZNAM GRAFŮ

Graf 6-1 – Pozorování 1 49
Graf 6-2 – Pozorování 2 50
Graf 6-3 – Pozorování 3 51
Graf 6-4 – Vygenerovaný graf pro VYR520359 60
Graf 6-5 – Vygenerovaný graf pro VYR520351 60
Graf 6-6 – Vygenerovaný graf pro VYR520386 61
Graf 6-7 – Vygenerovaný graf pro VYR520341 61

14 PŘÍLOHY

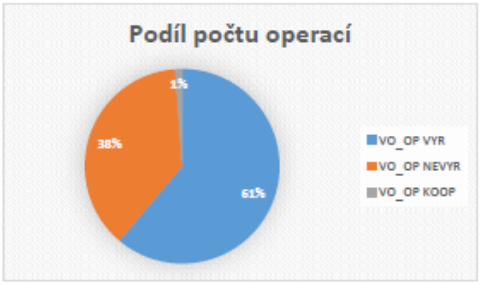
14.1 Skriptem vygenerovaný formulář pro VYR520341

ŠKODA

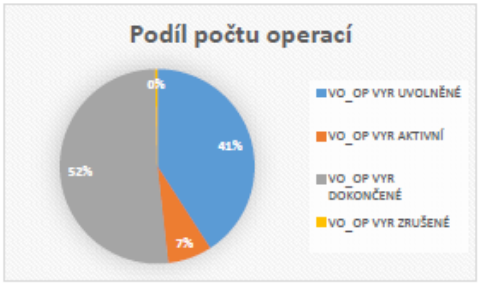
DCIx_MES 15.01.2019

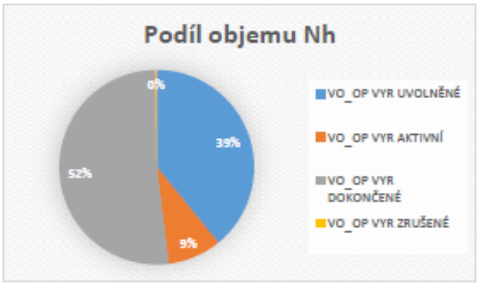
Základní přehled stavu aplikace DCIx_MES pro - VYR520341

ZÁKLADNÍ PŘEHLED	POČET
VO_OP CELKEM	17178
VO_OP VYR	10505
VO_OP NEVYR	6465
VO_OP KOOP	208

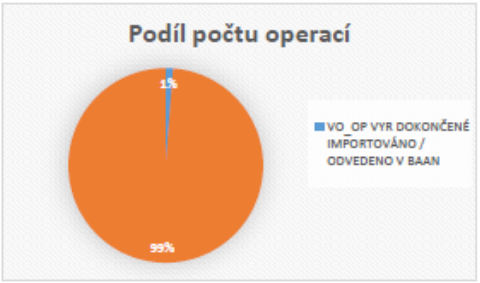


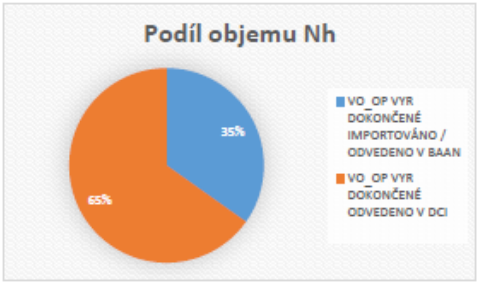
PŘEHLED VO_OP VYR	POČET	Nh
VO_OP VYR CELKEM	10505	50932
VO_OP VYR UVOLNĚNÉ	4294	19928
VO_OP VYR AKTIVNÍ	770	4537
VO_OP VYR DOKONČENÉ	5404	26361
VO_OP VYR ZRUŠENÉ	37	106





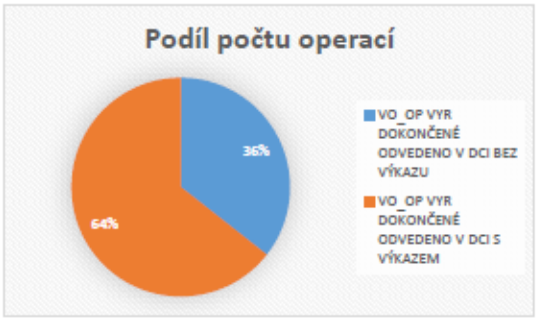
PŘEHLED VO_OP VYR DOKONČENÉ	POČET	Nh
VO_OP VYR DOKONČENÉ CELKEM	5404	26361
VO_OP VYR DOKONČENÉ IMPORTOVÁNO / ODVEDENO V BAAN	67	9185
VO_OP VYR DOKONČENÉ ODVEDENO V DCI	5337	17176

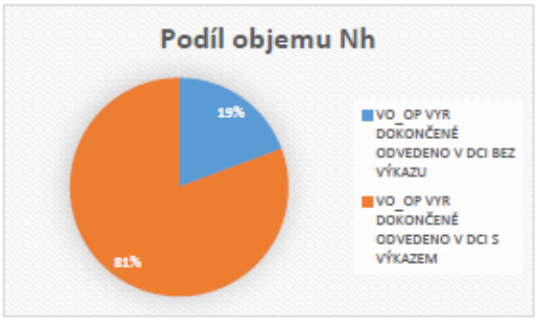


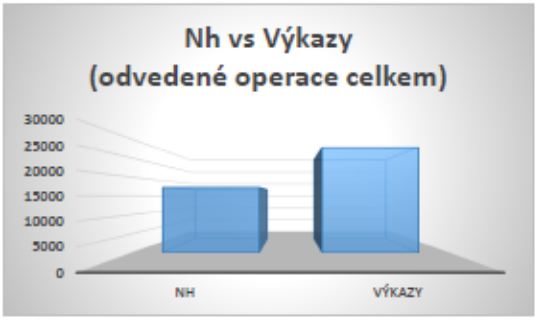


Page 1/2

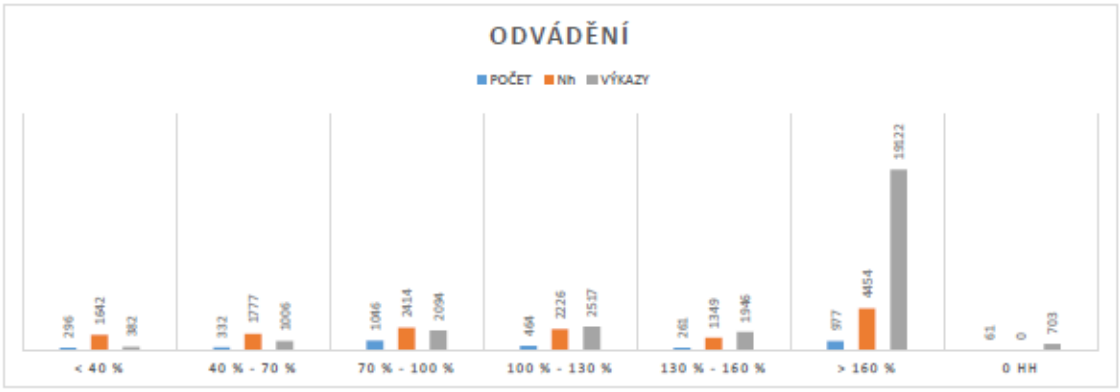
PŘEHLED VO_OP VYR DOKONČENÉ ODVEDENO V DCI	POČET	Nh	VÝKAZY
VO_OP VYR DOKONČENÉ ODVEDENO V DCI CELKEM	5337	17176	27769
VO_OP VYR DOKONČENÉ ODVEDENO V DCI BEZ VÝKAZU	1900	3315	0
VO_OP VYR DOKONČENÉ ODVEDENO V DCI S VÝKAZEM	3437	13861	27769







VO_OP VYR DOKONČENÉ ODVEDENO V DCI S VÝKAZEM	POČET	Nh	VÝKAZY
Celkem plnění	3437	13861	27769
< 40 %	296	1642	382
40 % - 70 %	332	1777	1006
70 % - 100 %	1046	2414	2094
100 % - 130 %	464	2226	2517
130 % - 160 %	261	1349	1946
> 160 %	977	4454	19122
0 Hh	61	0	703



Page 2/2

14.2 VBA skript pro automatické sestavení přehledu aplikace DCIx_MES pro vybranou výrobní zakázku

```
Option Explicit

Sub Sestav_Formular()

Dim varIntroBox As String

'uvítací okno s upozorněním
varIntroBox = MsgBox("Pro bezvadný chod aplikace se prosím vyvarujte změnám v počtu a pořadí sloupců ve zdrojové SQL tabulce." & vbCrLf & "" & vbCrLf & "Změny ve výchozím formuláři jsou možné, pokud však neovlivní definované názvy oblastí.", vbInformation, "UPOZORNĚNÍ")

'deklarace proměnných
Dim varZakazka As String
Dim varPocetOP As Long
Dim varPocetNh As Long
Dim varPocetVykazy As Long
Dim varSheet As Worksheet
Dim varProhledavanaOblast As Range
Dim varInfoBox As String
Dim varDatum As String
Dim varNazevListuFormulare As String

'přidělí proměnné hodnotu dnešního data
varDatum = Date
varNazevListuFormulare = varZakazka + "_" + varDatum

' definování čísla zakázky uživatelem
Sheets("Data").Select
varZakazka = InputBox("Zadejte prosím číslo zakázky:", "Vytvoř formulář", "např. VYR520362")
If varZakazka = "" Then
    varInfoBox = MsgBox("Nevyplnili jste číslo zakázky. Pro vytvoření formuláře spusťte script znovu.")
    Exit Sub
End If

'přidělí hodnotu proměnné pro přejmenování listu
varNazevListuFormulare = varZakazka + "_" + varDatum

' testování zda již formulář pro dnešní den neexistuje
For Each varSheet In Sheets
    If varSheet.Name = varNazevListuFormulare Then
    varInfoBox = MsgBox("Pro tuto zakázku již byl formulář vytvořen. Zadejte jiné číslo zakázky, nebo původní formulář odstraňte.")
    Exit Sub
    Exit For
    End If
```

```
Next varSheet

' kontrola zda požadované číslo zakázky existuje
Set varProhledavanaOblast =
Sheets("Data").ListObjects("Tabulka_srv_sql_ea_DCI_TRN_MES_CUST_Operations_View").R
ange
If Pocet_hodnot_ve_sloupci(varProhledavanaOblast, 5, varZakazka) = 0 Then
varInfoBox = MsgBox("Tato zakázka neexistuje.")
Exit Sub
End If

' zobrazí StatusBar
Application.DisplayStatusBar = True
Application.StatusBar = "Prosím čekejte..."

' vypíná ScreenUpdating
Application.ScreenUpdating = False

' vytvoření kopie výchozího formuláře a pojmenování listu dle zakázky
Sheets("Formulář").Select
Sheets("Formulář").Copy After:=Sheets("Formulář")
Sheets("Formulář (2)").Select
Sheets("Formulář (2)").Name = varNazevListuFormulare

' nastavení barvy nově vytvořené záložky formuláře
Sheets(varNazevListuFormulare).Select
    With ActiveWorkbook.Sheets(varNazevListuFormulare).Tab
        .ThemeColor = xlThemeColorAccent6
        .TintAndShade = 0.399975585192419
    End With

' zápis data do hlavičky formuláře a definování formátu
Sheets(varNazevListuFormulare).Select
ActiveSheet.Range("DATUM_VYTVORENI").Select
    ActiveCell = Date
    With ActiveCell.Characters().Font
        .Name = "Arial"
        .Size = 16.5
        .Strikethrough = False
        .Superscript = False
        .Subscript = False
        .OutlineFont = False
        .Shadow = False
        .Underline = xlUnderlineStyleNone
        .ThemeFont = xlThemeFontNone
        .Bold = True
        .Italic = True
        .ThemeColor = xlThemeColorAccent1
        .TintAndShade = -0.499984740745262
```

```
    End With

' zápis čísla zakázky do nadpisu formuláře a definování formátu
Sheets(varNazevListuFormulare).Select
ActiveSheet.Range("CISLO_ZAKAZKY").Select
    ActiveCell = varZakazka
    With ActiveCell.Characters().Font
        .Name = "Calibri"
        .Size = 16
        .Strikethrough = False
        .Superscript = False
        .Subscript = False
        .OutlineFont = False
        .Shadow = False
        .Underline = xlUnderlineStyleNone
        .ThemeColor = xlThemeColorLight1
        .TintAndShade = 0
        .ThemeFont = xlThemeFontMinor
        .Bold = True
    End With

' reset existujících filtrů a ošetření chyby při pokusu resetovat neexistující
filtry
On Error Resume Next
Sheets("Data").ShowAllData
On Error GoTo 0

' setřídění záznamů dle definované zakázky uživatelem
Sheets("Data").Select
ActiveSheet.ListObjects("Tabulka_srv_sql_ea_DCI_TRN_MES_CUST_Operations_View").Rang
e.AutoFilter Field:=5, Criteria1:=varZakazka

' VYPLNĚNÍ POLE VO_OP CELKEM
' součet výskytů operací v zakázce a zápis hodnoty
Sheets("Data").Select
varPocetOP = Application.WorksheetFunction.Subtotal(2,
Range("Tabulka_srv_sql_ea_DCI_TRN_MES_CUST_Operations_View[ID]"))
Sheets(varNazevListuFormulare).Select
ActiveSheet.Range("VO_OP_CELKEM").Select
ActiveCell = varPocetOP

' VYPLNĚNÍ POLE VO_OP VYR
' přidání filtru nevyplněno ve sloupci Nevýrobní
Sheets("Data").Select
ActiveSheet.ListObjects("Tabulka_srv_sql_ea_DCI_TRN_MES_CUST_Operations_View").Rang
e.AutoFilter Field:=26, Criteria1:=""
' přidání filtru nevyplněno ve sloupci Kooperace
Sheets("Data").Select
ActiveSheet.ListObjects("Tabulka_srv_sql_ea_DCI_TRN_MES_CUST_Operations_View").Rang
e.AutoFilter Field:=25, Criteria1:=""
```

```
' součet výskytů operací v zakázce a zápis hodnoty
Sheets("Data").Select
varPocetOP = Application.WorksheetFunction.Subtotal(2,
Range("Tabulka_srv_sql_ea_DCI_TRN_MES_CUST_Operations_View[ID]"))
Sheets(varNazevListuFormulare).Select
ActiveSheet.Range("VO_OP_VYR").Select
ActiveCell = varPocetOP
```

Logika následujících bloků pro vyplnění polí je shodná, liší se pouze ve filtrování a nastavení cílové oblasti, tato část kódu je zde tedy vynechána!

```
' Reset filtrů
Sheets("Data").ShowAllData

' zobrazení vytvořeného listu
Sheets(varNazevListuFormulare).Select

' zapíná ScreenUpdating
Application.ScreenUpdating = True

' skryje StatusBar
Application.DisplayStatusBar = False

' informuje o ukončení procedury
varInfoBox = MsgBox("Formulář byl úspěšně vytvořen.")

End Sub
```

Při kontrole zda požadované číslo zakázky již existuje je volána funkce Počet_hodnot_ve_sloupci. Ta je definovaná jako veřejná funkce v následující podobě:

```
Public Function Pocet_hodnot_ve_sloupci  (parOblast As Range, parSloupec As
Integer, parHodnota As String) As Long

'Funkce vrací počet výskytů zadané hodnoty v daném sloupci dané oblasti
'parOblast      - parametr určující oblast dat
'parSloupec     - parametr určující ve kterém sloupci se má počítat výskyt hodnoty
'parHodnota     - parametr pro hledanou hodnotu

Dim varStavScreenUpdating As Boolean    'Uchování stavu obnovování obrazovky
Dim varSloupecOblasti As Range          'Oblast sloupce ve kterém se má počítat
výskyt hodnoty
Dim i As Range                          'Čítač pro buňky sloupce
Dim j As Long                           'Čítač výskytu hodnoty
```

```
varStavScreenUpdating = Application.ScreenUpdating
If varStavScreenUpdating Then
    Application.ScreenUpdating = False
End If
Application.EnableEvents = False
Set varSloupecOblasti = parOblast.Columns(parSloupec)
j = 0
For Each i In varSloupecOblasti.Cells
    If i.Value = parHodnota Then
        j = j + 1
    End If
Next i
Pocet_hodnot_ve_sloupci = j
Application.ScreenUpdating = varStavScreenUpdating
Application.EnableEvents = True
End Function
```

14.3 Výrobní průvodka

```
Datum  : 15-01-19 [12:53]                    PRŮVODKA                    Strana    :    1
Podnik_finální_TRN                          k informaci                  Podnik    :  250

Položka : VYR520386  DO602788#
Index   :            Kód výběru:
Název   : OPLECHOVÁNÍ 81-557.2, 81-558.2                  Objednávka        6866E0075
Vyhl.kl.:                                                 Plán.dat.zahájení: 06-12-18 09:17
Zakázka : Metro 18Mt_21._Vagonmaš___1_ks                  Plán.dat.ukončení: 09-01-19 13:58
Sklad   : MH     Sklad polotovarů -  custom               Objedn.množství  :         1,0000
Hmotnost:     711,700 kg                                  Dodané množství  :         0,0000
Postup  : Polák; TP6

Text pol.: POZNÁMKA PRO LI : „ZATŘÍDIT DLE DIN 6701-A1(A2, A3, A4)"
           Sestava obsahuje objekty, které jsou předmětem svařování.
           Sestava obsahuje objekty, které jsou předmětem lepení.

Opr. Úkon  Prac.  Popis úkonu                        Stroj  Předal/Převzal
Příp.č. Doba cyklu/Osob  Celk.čas[h] ZH Dat.zahájení    Dat.ukončení    Poznámka

 10    60  L30    Výroba
     1      0,00/1          0,0000   N  06-12-18 09:17 06-12-18 09:18

Pro plánování.

 20  2044  MTCL   MTCL skupinová montáž            195210
     5    360,00/2         12,4167   N  06-12-18 09:18 07-12-18 07:37

Tmelit steh. svary dle návodky TE č. 412.
==========   P O M Ů C K Y   ==========
Návodka TE       |              | TG003711   | TE č. 412 - Tmelení stehových

 30  2099  MTCL-K MTCL-K kontrola před lepením     098752
    10     60,00/1          1,1667   A  07-12-18 07:37 07-12-18 08:47

Kontrola dle návodky TE č. 300.
==========   P O M Ů C K Y   ==========
Návodka TE       |              | TG000147   | TE č. 300 - Kontrola lepících p

 40  2044  MTCL   MTCL skupinová montáž            195210
    10    630,00/4         42,6667   N  07-12-18 08:47 10-12-18 11:42
```

Číslo operace Normovaný čas operace / Koeficient

Načtení výrobní operace

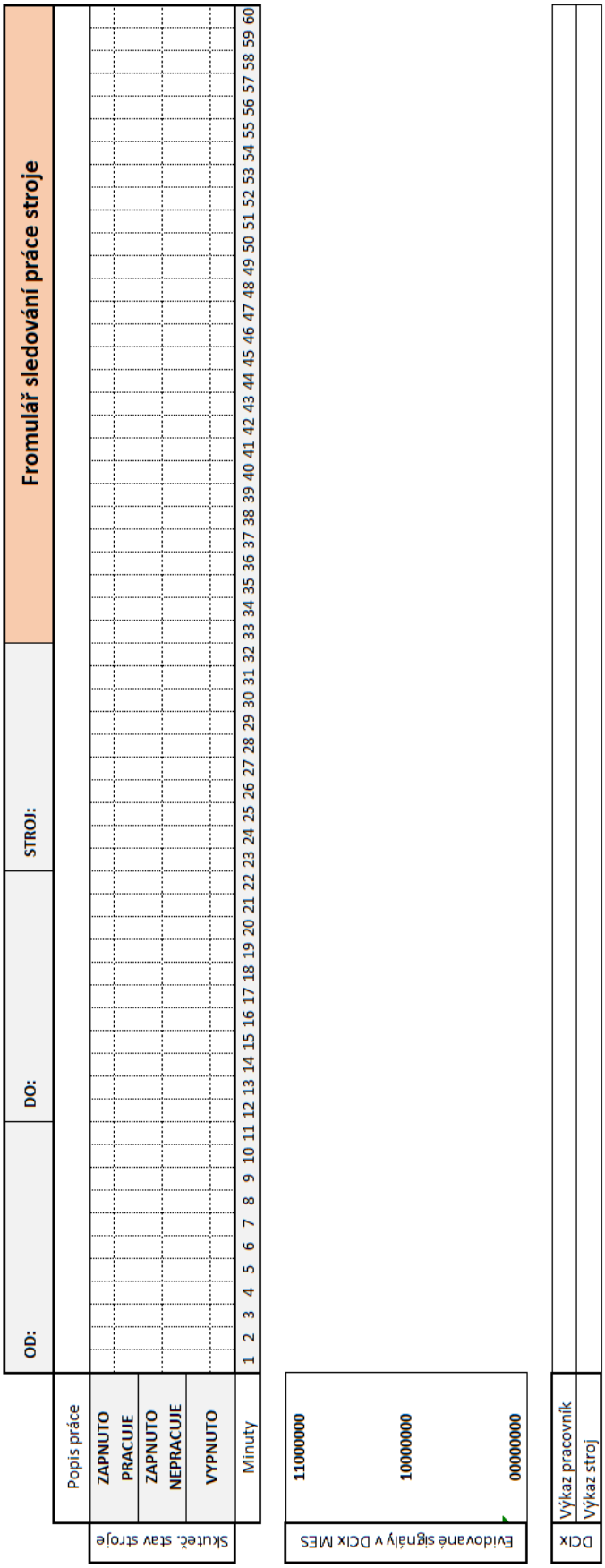
```
Kostru skříně kontrolovat pomocí struny a označit velikost gumiček.
Gumičky poz.38 a panely lepit dle návodky TE č.402

Lepit (poz.39,40,41,43,44) boční plechy střechy poz.12,13,16,20,53,54,56,57.
Lepit (poz.39,40,41,43,44) plechy střechy poz.18,19,51.
Před přilepením poz.50 vrtat orvor průměr 30mm, na plech střechy poz.19
rozměřit a nalepit (poz.39,40,42,43) poz.50.
==========   P O M Ů C K Y   ==========
Návodka TE       |              | TG003386   | TE č. 402 Lepení vnějších obkl

 50  2044  MTCL   MTCL skupinová montáž            195210
    10    355,00/2         12,1667   A  10-12-18 11:42 11-12-18 10:01
```

14.4 Dotazník

Strana 1/1

ZHODNOCENÍ MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)			
Úvod:			
Účastníte se dotazníkového šetření pro zhodnocení implementace Manufacturing Exectuion System (MES) ve Škoda Transportation a.s. v rámci diplomové práce na katedře průmyslového inženýrství a managementu fakulty strojní ZČU. Dotazník je **anonymní**. Vyplňte prosím odpovědi pravdivě, dle vašeho osobního názoru na dané téma a můžete tak významně přispět k případným změnám vedoucím k zvýšení uživatelského komfortu. Vybranou odpověď zaškrtněte. Děkujeme za Váš názor.			
Osobní informace:			
Datum vyplnění:		Pracoviště stroj (zakroužkujte):	ANO / NE
Otázky:			
1) Rozmístění MES terminálů a jejich počet vnímám jako dostatečný			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
2) Byl(a) jsem dostatečně informován(a) o účelu zavedení MES			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
3) Myslím, že jsem dostatečně proškolen(a), jak s MES pracovat			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
4) MES mi komplikuje práci			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
5) Odvádět práci (zahájení výkazu) na každou operaci průvodky vnímám jako problém			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
6) V případě komplikací mě mistři na základě MES kontaktují (např. překročení normy)			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
7) Délku přestávek zadávám do MES, tak jak jsou určeny (např. oběd vykazuji jako 30min)			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
8) Stává se, že MES sám ukončí běžící výkaz práce a musím se průvodkou znovu přihlásit			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
9) Ovládání a grafika terminálu mi vyhovuje			
◯ Souhlasím	◯ Spíše souhlasím	◯ Spíše nesouhlasím	◯ Nesouhlasím
10) Vlastní podněty (dobrovolná otázka):			

14.5 Formulář sledování práce stroje



Evidenční list

Souhlasím s tím, aby má diplomová práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum: Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis