

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno, 2017

Bc. Tomáš Poledník



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

VYUŽITELNOST OEE VE VÝROBNÍM AUTOMOTIVE ZÁVODĚ

USABILITY OF OEE IN THE AUTOMOTIVE MANUFACTURING PLANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Poledník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Helena Polsterová, CSc.

BRNO 2017



Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektrotechnická výroba a materiálové inženýrství**

Ústav elektrotechnologie

Student: Bc. Tomáš Poledník

ID: 120797

Ročník: 2

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Využitelnost OEE ve výrobním Automotive závodě

POKyny PRO VYPRACOVÁNÍ:

Definujte OEE (Overall Equipment Effectiveness). Prostudujte aktuální stav sběru dat pro stanovování OEE a jeho vyhodnocování v IMI International s.r.o. Modřice. Navrhněte komplexní řešení pro sběr výrobních ukazatelů a vizualizaci aktuálního stavu linky. Proveďte připojení jedné výrobní linky do databázového systému pro sběr OEE a naprogramujte vizualizaci dle požadavků lokálního managementu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle doporučení vedoucí práce.

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 25.5.2017

Vedoucí práce: Ing. Helena Polsterová, CSc.

Konzultant: Jiří Filipčík, IMI Precision Engineering, s.r.o. Modřice

doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a realizací komplexního řešení pro sběr výrobních ukazatelů v sektoru komerčních vozidel nazývaného Automotive. Návrh je proveden formou analýzy stavu a určení úzkých míst sběru dat pro stanovení využitelnosti OEE (Overall Equipment Effectiveness). Dále práce popisuje obecnou teorii o vyhodnocování efektivity, dostupnosti a FPY (First Pass Yield). Realizace a vizualizace několika variant výrobních zařízení pro sběr surových dat z výrobních linek ve výrobní firmě IMI International CZ s.r.o. – předního výrobce pneumatických komponent do automobilního a automatizačního průmyslu.

Klíčová slova

Dostupnost, efektivita, využitelnost, průchodnost, optimalizace, OEE, fixní plán, analýza, plc, jednotka

Abstract

This diploma thesis deals with the design and implementation of a comprehensive solution for the collection of production indicators in the commercial vehicle sector, called Automotive. The design is done by analyzing the state and identifying the bottlenecks of the OEE (Total Equipment Effectiveness). Further, the thesis describes the general theory of efficiency, availability and FPY (First Pass Yield). Realization and visualization of several production equipment variants for raw data collection from production lines in the manufacturing company IMI International CZ s.r.o. - a leading manufacturer of pneumatic components for the automotive and automation industry.

Keywords

Availability, efficiency, usability, first pass yield, optimization, OEE, fixture plan, analysis, plc, control unit

Bibliografická citace

POLEDNÍK, T. *Využitelnost OEE ve výrobním Automotive závodě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 59 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Helena Polsterová, CSc..

Prohlášení autora

Prohlašuji, že svou Diplomovou práci na téma Využitelnost OEE ve výrobním Automotive závodě jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

(podpis autora)

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Heleně Polsterové, CSc. a konzultantovi Ing. Jiřímu Filipčíkovi a Ing. Patriku Steinerovi ze společnosti IMI International s.r.o. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování diplomové práce.

Obsah

Úvod	- 6 -
1. Popis oboru podnikání.....	- 7 -
1.1. IMI celosvětově.....	- 7 -
1.2. IMI International Brno.....	- 8 -
1.3. Výrobní program	- 8 -
1.3.1 Klíčové sektory na trhu	- 9 -
1.3.2 Představitelé předních zákazníků:.....	- 9 -
1.4. Organizační struktura	- 10 -
1.5. Informační technologie společnosti	- 11 -
1.6. Informační toky a informační systém	- 11 -
1.6.1 Operativní evidence výroby.....	- 12 -
2. OEE - Overall Equipment effectiveness.....	- 14 -
2.1. Struktura OEE.....	- 14 -
2.1.1 Definice výpočtu OEE	- 15 -
2.1.2 Reálný příklad výpočtu OEE.....	- 16 -
2.2. Availability – využití stroje.....	- 17 -
2.3. Výkon - Efektivita	- 18 -
2.3.1 Výkonnost výrobních procesů	- 18 -
2.4. First pass Yield –FPY kvalita	- 20 -
2.4.1 Člověkohodina	- 21 -
3. Sběr dat pro výpočet OEE.....	- 22 -
3.1. SběrOEE v IMI CZ a jeho vyhodnocení	- 22 -
3.1.1 Manuální sběr dat	- 23 -
3.1.2 Existence různých ztrát a sběr „papírových“ dat.....	- 24 -
3.2. Registrace ztrát do tabulkových procesorů a kalkulace OEE	- 25 -
3.3. Automatická registrace ztrát s analýzou příčin.....	- 25 -
3.4. Online propojení OEE s Informačními systémy a řízením údržby	- 26 -
3.5. Kvalita a dostupnost dat.....	- 27 -
3.6. Autonomní výrobní linky v IMI CZ	- 28 -
3.7. Neautonomní výrobní linky	- 29 -
3.8. Výrobní linky bez přítomnosti řídicích systémů.....	- 30 -

4.	Návrh sběru dat z výrobní linky.....	- 32 -
4.1.	Konkurenční systémy na trhu	- 32 -
4.2.	Specifikace cíle projektu	- 33 -
4.3.	Specifikace dat pro automatický sběr	- 33 -
4.3.1	Selekce zdrojů.....	- 34 -
4.3.2	Technologická data.....	- 35 -
4.4.	Použitá logika.....	- 35 -
4.5.	Výpočet balení dat	- 36 -
4.6.	Návrh dat pro aplikaci	- 36 -
5.	Návrh struktury sběru informací	- 38 -
5.1.	Zavedení fixního plánu	- 38 -
5.1.1	Postup vytvoření výrobního plánu	- 39 -
5.2.	Návrh designu aplikace.....	- 39 -
5.3.	Návrh sběru dat se zařízením Turck.....	- 42 -
5.4.	Návrh technologie se zařízením Rapssbery	- 43 -
5.5.	Smartaxis plc.....	- 44 -
5.6.	PLC IDEC s dotykovým displejem.....	- 45 -
5.7.	Návrh aplikace ve WindO/I	- 46 -
5.8.	Cenová kalkulace.....	- 49 -
5.8.1	Kalkulace nákladů a návratnosti.....	- 50 -
5.9.	Gantt chart.....	- 50 -
5.10.	Navrhované přínosy v ostatních oblastech	- 51 -
6.	Závěr	- 52 -
7.	Použité zdroje.....	- 53 -
8.	Seznam symbolů, veličin a zkratk	- 54 -
9.	Přílohy.....	- 55 -

Seznam obrázků

Obr. 1.: Výrobní závody celosvětově	- 7 -
Obr. 2.:Výrobní program dle materiálů společnosti [2]	- 8 -
Obr. 3.: Organizační struktura[11]	- 10 -
Obr. 4.: Výpočet koeficientu OEE a vlivy působící na jednotlivé jeho složky[4]	- 15 -
Obr. 5.: Schéma výpočtu OEE [1]	- 15 -
Obr. 6.: Vzorec výpočtu dostupnosti zařízení [8]	- 17 -
Obr. 7.: Vzorec výpočtu celkové efektivity [8].....	- 18 -
Obr. 8.: Vzorec výpočtu FPY [8]	- 20 -
Obr. 9.: Výkaz práce na pracovišti	- 23 -
Obr. 10: Návrh zobrazení dat z výroby online	- 28 -
Obr. 11.: Princip sběru dat od firmy [9]	- 29 -
Obr. 12.: Příklad vývoje trendu OEE.....	- 30 -
Obr. 12.: Návrh systému sběru základních dat pro výrobní linky bez automatizace	- 31 -
Obr. 13.:Status výrobní linky	- 37 -
Obr. 14.: Infrastruktura sběru dat	- 38 -
Obr. 15.: Návrh rozložení aplikace produktykový monitor 24“	- 40 -
Obr. 16.: Detail výrobního stavu vs. Fixní plán	- 41 -
Obr. 17.: Návrh zapojení se změnou výrobního statusu manuálním přepínačem	- 42 -
Obr. 18.:Návrh zapojení s vizualizací výrobního stavu.....	- 43 -
Obr. 19.:Návrh zapojení s miniaturní automatizací	- 44 -
Obr. 20 :Návrh zapojení s blokáci a automatizací.....	- 45 -
Obr. 21.: Instalace rozhraní	- 46 -
Obr. 22.: Definice prořipojení k serveru 1:1	- 47 -
Obr. 23.: Datawarehousing pro statusy	- 48 -
Obr. 24.: Gantt chart projektu	- 50 -

Seznam tabulek

Tab. 1.:Kódové označení prosojů	- 24 -
Tab. 2.: Velikost potřebných pro uchování.....	- 36 -
Tab. 3.: Deklarace proměných	- 37 -
Tab. 4.: Statusy výrobní linky	- 41 -
Tab. 5.: Kompletní sestava včetně dodavatelů.....	- 42 -
Tab. 6.: Kompletní sestava včetně dodavatelů.....	- 44 -
Tab. 7.: Kompletní sestava včetně dodavatelů 2	- 45 -
Tab. 8.: Kompletní sestava včetně dodavatelů 3	- 46 -
Tab.9.: Cenové vyčíslení na výrobní typ linky	- 49 -
Tab. 10.: Kompletní cenová kalkulace.....	- 49 -

Úvod

Efektivní výrobní zařízení je základem produktivity. Aby bylo zařízení vnímatelné jako efektivní, je zapotřebí sledovat jeho kapacitu, náklady na produkci a v neposlední řadě i kvalitu výsledné produkce. Ukazatel zobrazující všechny tyto tři parametry se nazývá OEE (Overall Equipment Effectiveness). Tento ukazatel znázorňuje, s jakou efektivitou proces transformuje vstupy na výstupy. Zjištění produktivity je stanoveno ukazatelem celkové efektivity zařízení. Jeho pomocí je možno odhalit skryté ztráty, prostoje, nevyužití výrobní kapacity a další činnosti spojené s chodem stroje. Prostřednictvím rozdělení ukazatele na tři hlavní části je okamžitě dán možný směr pro zlepšení produktivity a tím dosáhnout zvýšení provozního zisku.

Základní prvkem pro pochopení problematiky efektivity zařízení je schopnost identifikace prostojů. Prostoje jsou určitým druhem plýtvání, které je často spojováno se štíhlou výrobou. Jasná vizualizace aktuálního stavu linky a možnost nahlédnutí a zviditelnění těchto dat z historie je základní měřítko pro zlepšení. Pokud podnik plýtvání aktivně vyhledává a eliminuje, stává se více konkurenceschopnějším.

Po dohodě s vedením IMI Precision Engineering CZ s.r.o. bylo téma diplomové práce formulováno jako využitelnost OEE ve výrobním Automotive závodě. Metrika metodiky měření OEE, která se díky technologii a specifické skladbě výroby dá označit za jedinečnou, je na sběr reálných dat vysoce složitá a v neautomatickém režimu i značně neefektivní. Teoretická část obsahuje rešerši, která tvoří základ této diplomové práce. Praktická část je zaměřena na návrh modulu komplexního řešení sběru základních výrobních dat pomocí vnitropodnikové sítě. V této diplomové práci musely být zohledněny korporátní požadavky tvořící spolu s připojením tohoto řešení do vnitropodnikové sítě a vizualizací ukazatelů téma této diplomové práce.

1. Popis oboru podnikání

V následujícím textu je představena struktura a obor podnikání společnosti IMI International s.r.o.

1.1. IMI celosvětově.

V diplomové práci je prezentována společnost IMI pod reálným názvem, nicméně z důvodu citlivosti informací je prezentována společnost pouze v obecném měřítku. IMI je nadnárodní koncern sídlící v Birminghamu ve Velké Británii. Firma je evidována na finančních burzách, dlouhodobá stabilita v těchto sektorech zařazuje firmu mezi finančně stabilní a světově uznávané společnosti. Je předním globálním dodavatelem technologií řízení a pohybu médií. Ve světě existuje 22 výrobních lokalit, prodejní a servisní síť je zastoupená v 75 lokalitách. Hlavní země jsou reprezentovány obrázkem 1.

Vznik společnosti se datuje k počátku 20. století v Denveru Coloradu. Společnost stále posouvá hranice řešení náročných úloh a poskytuje inovace vzhledem k zákazníkům. Přední místo na trhu si udržuje díky odbornosti a technickým znalostem v oblasti průmyslové automatizace.



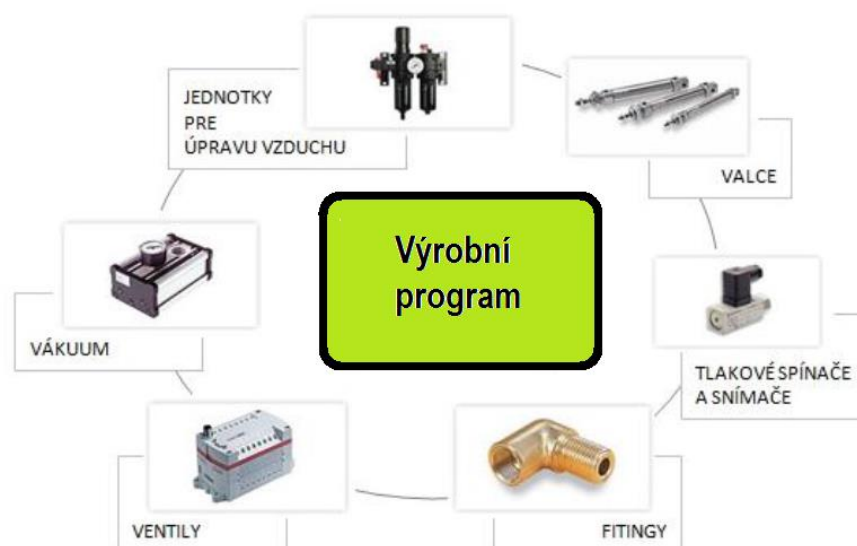
Obr. 1.: Výrobní závody celosvětově

1.2. IMI International Brno

Brněnský závod je jedním z největších center společnosti v Evropě. Zahájil výrobu v industriální zóně v roce 2002. Produkuje pneumatické válce, fitinky, elektro pneumatické ventily a ventilové ostrovy a další výrobky pro zákazníky z celého světa. Hlavní výroba závodu je soustředěná do tří výrobních jednotek (Automatonomus production unit) dále jen APU. APU 1 které je zaměřeno na produkci solenoidů a pneumatických válců pro volný trh, APU 2 produkuje (filter regulation lubricator) dále jen FRL a fitinky a válce, APU 4 součástky a elektro-pneumatické systémy pro automobilový průmysl. Závod v Brně má taktéž své vývojové centrum. Společnost vlastní různé certifikáty jako například Certifikáty kvality ČSN EN ISO 9001, ISO 14 001, ISO/TS 16 949. V současnosti brněnský závod zaměstnává okolo 650 zaměstnanců a výrobní prostory přes 160000 m². Společnost je jedna z prvních firem v České republice, která v září 2008 obhájila mezinárodně uznávaný certifikát v oblasti rozvoje lidských zdrojů „Investors In People“ a “ Ethnic Friendly zaměstnavatel“.

1.3. Výrobní program

Společnost nabízí širokou škálu produktů, které jsou využitelné nejenom v automobilovém průmyslu ale i v potravinářství a zdravotnictví viz obrázek 2.



Obr 2.:Výrobní program dle materiálů společnosti [2]

1.3.1 Klíčové sektory na trhu

- Komerční vozidla
- Automobily
- Železniční technika
- Balení, plnění PET lahví, tisk
- Zdravotnictví
- Chemický průmysl

Toto sektorové rozdělení se v minulosti prokázalo jako strategická výhoda oproti konkurenci, která se například angažovala pouze v automobilovém průmyslu. Pokles tržeb v jednom sektoru vyvážíly tržby z jiných sektorů, a proto firma snáze odolávala úpadku v automobilovém průmyslu v minulých letech. Nachází se na předměstí Brna v těsné blízkosti dálnice spojující Brno a Vídeň, a poskytuje firmě profesionální zázemí a infrastrukturu. Za konkurenci firmy lze považovat firmy : SMC, Festo, Parker, Honeywell, Bosch, Rexroth, Camozzi, Metalwork, Numatics,

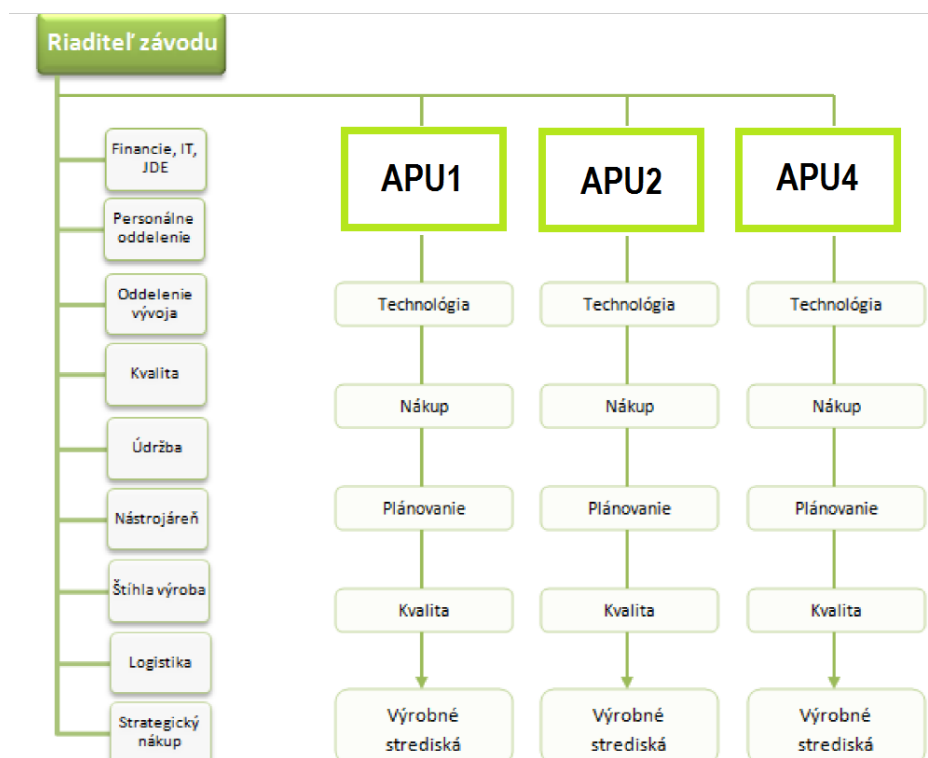
IMI Precision Engineering CZ je přední světový dodavatel vysoce výkonných řešení pro řízení pneumatického pohybu a médií. V portfoliu českého závodu se nachází jak produkty průmyslové automatizace (fitinky, ventily, válce, regulátory apod.), tak speciální řešení na míru zákazníkům automobilního průmyslu nej přednějších výrobců užitkových.

1.3.2 Představitelé předních zákazníků:

- Volvo
- Ford
- Scania
- Caterpillar
- Invacar
- Agco
- Paccar
- SIG
- Krones
- Navistar
- Kamaz

1.4. Organizační struktura

Základem organizační struktury je klasická vertikální liniová struktura, která je kombinována s horizontálně fungujícími ad-hoc vytvářenými týmy[11], které se věnují například speciálním projektům. Maticová organizační struktura je nezbytná v projektově orientovaných organizacích. Ve společnosti je zavedená maticová organizační struktura znázorněná na obrázku 3. Dělí se na tři autonomní výrobní úseky tzv. APU jednotky. Každá z nich je zaměřena na jinou oblast. V jednotlivých útvarech pracují zaměstnanci z více oblastí, podílející se na chodu každodenní činnosti.



Obr 3.: Organizační struktura[11]

Silné stránky maticové struktury jsou v tom, že umožňuje velmi rychlé reakce na požadavky okolí, změnu výrobku nebo služby, zvýšení kvality, zvýšení frekvence inovací a týmy realizující jednotlivé programy mohou být tvořeny, měněny, rušeny velice rychle a plynule bez zásahů do základní organizační struktury. Pracovníci v týmech rotují podle vývoje problému, takže mohou reagovat efektivně na vznikající požadavky bez nutnosti přijímat specialisty zvenčí a zvyšující se motivace a pocit odpovědnosti členů týmu, protože se mohou podílet na rozhodování. Vrcholoví manažeři mají více času na strategické úvahy, neboť operativní záležitosti přecházejí na vedoucí programů / projektů.

Všechny zmiňované výhody jsou základním kamenem pro efektivní vedení APU jednotky nebo celého Automotive závodu. Maticová struktura sebou nese i slabé stránky, jako například vysoké náklady, protože je nutno najít, vyškolit a především dobře zaplatit vedoucí pozice.

1.5. Informační technologie společnosti

Společnost používá ERP (vnitropodnikový systém) JD Edwards Enterprise One (dále jen JDE), který je řešením pro středně velké a velké organizace. V JDE se nacházejí určité aplikační moduly potřebné pro různé problematiky, týkající se chodu společnosti, které jsou různě propojené a jednotliví zaměstnanci mají dle zařazení přístup k různým funkcím. Tyto moduly pomáhají plánovat výrobu tak, aby byly splněny všechny požadavky zákazníka a každý zaměstnanec měl přístup jen k těm informacím které aktuálně potřebuje[12].

JDE podle podle Erpforum (2009-2017) umožňuje:

- Dlouhodobé a krátkodobé plánování zdrojů
- Zhotovení jednotné podnikové informační databáze
- Plánování řízení a vyhodnocení zakázek z pohledu dodržení kvality
- Zpracování a uchování obchodních dokumentů (objednávky, faktury, atd)
- Sledování a plánování nákladů výroby, dostupnosti zdrojů používaných pro výrobu
- Zpracování všech výsledků ve finančním sektoru
- Zvyšování efektivity podnikových procesů
- Automatizace úloh
- Reportování
- Export Grid dat

1.6. Informační toky a informační systém

Ve firmě je využíván tzv. (Production Planning and Control) dále jen PPC system plánování a řízení výroby který se v softwarových produktech využívajících v IMI snaží zachovat pružnost a otevřenost. Skrývá v sobě řešení podnikové databáze, z které lze efektivně zpracovávat a řešit problémy. Aktuálně se celosvětově využívají tyto systémy PPC:

- Just in Time (JIT)
- Just-in-Sequence (JIS)
- Kanban
- Manufactured Resources Planning (MRP I – II)
- Drum Buffer Rope (DBR)
- Total Capacity Management (TCM)
- Factory of the future (FOF)

Podnikový výrobní plán (Master Production Schedule) dále jen MPS je činnost vstupů. MPS poskytuje konečné položky plánu, který řídí (Material Resource Planning) dále jen (MRP) plánování materiálových potřeb výroby. Ve většině firem využívají MRP a MPS na roční bázi, kdy se týdenní časové období po celý rok aktualizuje. Hlavní výrobní program se aktualizuje jednou za měsíc. Když měsíc skončí, stane se MPS zastaralý a to znamená, že se ke konci měsíce dostaly některé vstupy mimo soulad, které MRP aktuálně rezervuje. MPS by měl být aktualizovaný v průběhu měsíce z důvodu korekcí. Běžně je podnikový výrobní plán ponechán beze změny a pouze se koriguje pomocí týdenního MRP pomocí plánování a kontrolním měřením na základě výstupů z výrobních zařízení[6]. V současné době je potřebné, aby firmy neustále zvyšovaly efektivitu své výroby. Na to aby byla skutečně efektivní, je potřeba ji hodnotit.

1.6.1 Operativní evidence výroby

Operativní evidence výroby, jako soustava získávání prvotních informací z průběhu výrobního procesu, poskytuje vstupní informace pro analýzy v rámci managementu výroby, jako i pro ostatní oblasti řízení podnikových činností a funkcí. Na zkvalitnění a zrychlení získávání těchto informací je zacílena tato diplomová práce. Zaznamenávat a zviditelnovat je zapotřebí tyto informace z podniku:

- Záznamy o převzetí a spotřebě materiálu => informace o spotřebě materiálu podle jednotlivých druhů, podle spotřebních míst a podle zakázek

- Záznamy o výkonech a využití výrobních zařízení:
 - Časové vytížení – doba práce, doba přípravy, doba prostojů

 - Objem výroby – počet kusů odvedených na jednoho pracovníka, mezisklady a sklady hotové výroby

 - Pohyb výroby a jejich rozpracovanost

 - Počet mank

 - Kvalita výroby – jakostní třídy apod.

- Evidence prostojů podle:
 - Příčiny
 - Místa vzniku
- Evidence “zmatků” a mank podle
 - Zavinění => příčina, místo vzniku, viníka
- Záznamy o výkonech pracovníků
 - Plnění výkonostních norem
 - Dodržování a využití pracovní doby
- Záznamy o čerpání režijních nákladů
 - Opravy a údržba
 - Dílenská doprava
 - Pomocný materiál
 - Pomůcky
 - Pohonné hmoty, energie
- Záznamy o plnění plánu výroby
- Záznamy o plnění jakosti
- Záznamy o rozpracované výrobě jako podklady pro
 - Určení změny stavu zásob rozpracování výroby
 - Inventarizace rozpracované výroby

2. OEE - Overall Equipment effectiveness

Koeficient celkové efektivity zařízení OEE z anglického výrazu Overall Equipment Effectiveness, je nástroj pro výpočet efektivity neboli produktivity zařízení.

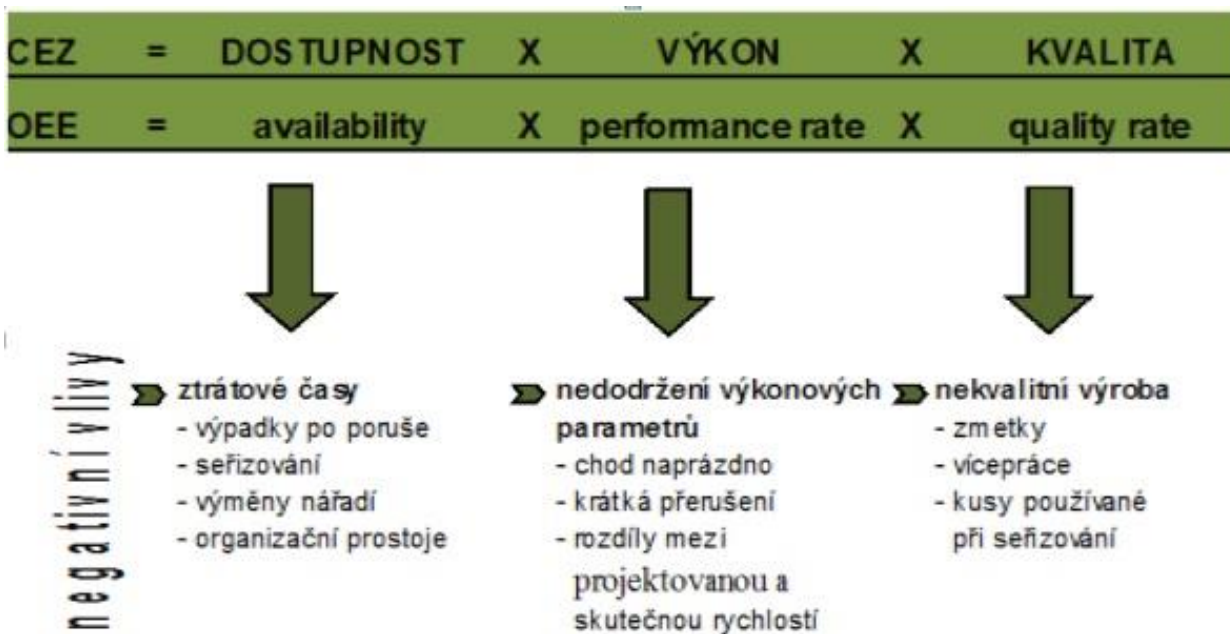
Při výpočtu koeficientu OEE je důležitá jednoduchost, přehlednost a rychlost před zbytečně přesným, složitým a pracným způsobem získávání dat a jeho výpočtem. Je třeba klást důraz jednak na pravidelný sběr dat a jednak na jejich vyhodnocování směřující ke zvyšování hodnoty koeficientu a reakci na uvedený stav. Problematika zpětné reakce na změnu stavu v tomto ukazateli je v řádu dnů, nikoliv hodin.

Sběr dat, vyhodnocování, vizualizace a opravné postupy musí tvořit proces cílený na systematické zvyšování produktivity. OEE není nutné sledovat na všech zařízeních. Je vhodné zaměřit se na zvyšování koeficientu OEE na úzkých místech, případně na zařízeních s vysokou variabilitou procesu, nestabilních zařízeních nebo zařízeních se zvýšeným procentem vadných výrobků. V případě, že korporace, pod kterou daný výrobní podnik spadá, požaduje vyhodnocení OEE na každé dané oblasti, je potřeba jej vyhodnocovat na všech místech daného závodu.

2.1. Struktura OEE

Při výpočtu OEE se kombinují informace o dostupnosti a výkonnosti výrobních zařízení a kvalitě výroby na zařízeních. Výsledné údaje umožňují jednoznačné a porovnatelné hodnocení, jak jsou jednotlivá výrobní zařízení využívána. Každá minuta, po kterou jsou drahá výrobní zařízení mimo provoz nebo pracují ve sníženém výkonu či kvalitě, má samozřejmě negativní vliv na produktivitu a ziskovost výroby. Metodika výpočtu OEE by měla být stanovena tak, aby vyhovovala cíli, který podnik sleduje. Je nutné identifikovat hlavní ztráty kapacit zařízení a systematicky pracovat na jejich odstraňování. Při výpočtu OEE se vyhodnocují tři dílčí ukazatele. [4]

Ve své struktuře, OEE vychází z identifikace a kvantifikace možných negativních vlivů, které se mohou projevit při provozu výrobního zařízení. Na následujícím obrázku 4 jsou uvedeny příklady některých negativních vlivů. Pro česky překlad OEE je zde použita zkratka CEZ (celková efektivita zařízení).

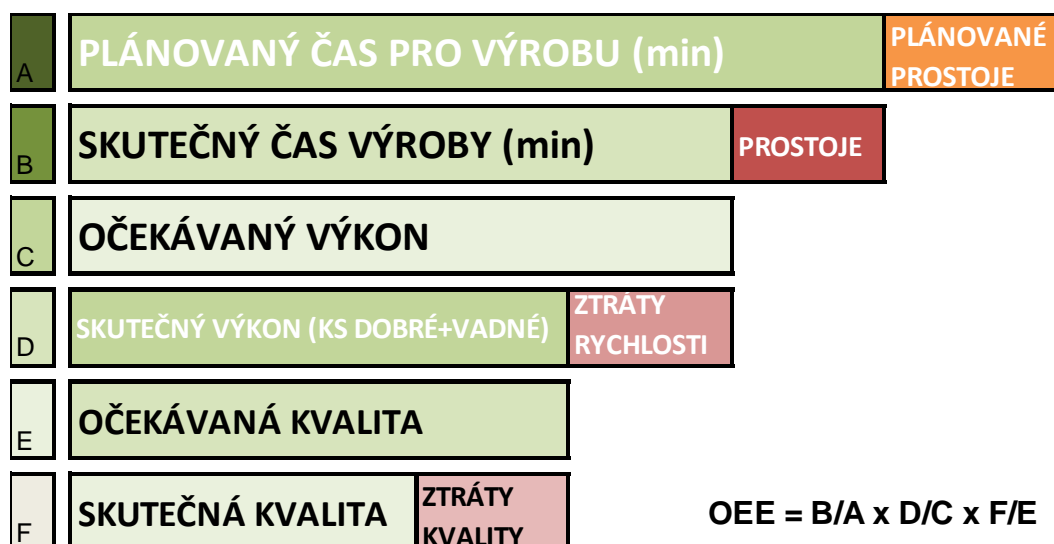


Obr. 4.: Výpočet koeficientu OEE a vlivy působící na jednotlivé jeho složky[4]

Efektivní doba chodu výrobního zařízení bez ztrát je ta část celkového fondu pracovní doby, která vede k výrobě kvalitní produkce, tzn. je efektivní a podíl této doby měří právě OEE.

2.1.1 Definice výpočtu OEE

Definice výpočtu OEE je názorně vysvětlena na obrázku č.4



Obr. 5.: Schéma výpočtu OEE [1]

2.1.2 Reálný příklad výpočtu OEE

Pro tento příklad je soubor dokumentů vyplňován operátorem přímo na výrobní lince. Rozdělení jednotlivých záznamů je po hodině podle toho, jaký výrobní režim daná oblast zastává.

Dva nejpoužívanější režimy ve výrobních závodech Automotive:

režim 3/5 => tři osmihodinové směny denně, pět dní v týdnu

režim 24/7 => dvě dvanáctihodinové směny denně, 7 dní v týdnu.

Příklad konkrétního výpočtu OEE, kdy zařízení běží ve standardním 3/5 režimu. Čas definovaný pomocí routingů, to je čas který udává za jakou dobu má jeden operátor vyrobit stanovený počet kusů.

V tomto případě má operátor vyrobit 2000 kusů za 22 hod. a 50 min. Zařízení bylo ve skutečnosti v běhu 16 hod. 4 min. Celkově shodných kusů při výrobě bylo 1970, tzn. 30 ks byly zmetky. Délka cyklu pro jeden kus je 28,3 s. Reálný výpočet by pak vypadá takto.

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} = \frac{16,075\ hod}{22,83\ hod} = 0,704 * 100 = 70,4\ % ; \quad (2.1)$$

kde Operation time představuje normovaný čas, za který má operátor stanovený počet kusů vyrobit, Loading time vyjadřuje čas, který odpovídá skutečné práci.

$$Performance = \frac{(Total\ Output * Ideal\ Cycle\ Time)}{Operationing\ Time} = \frac{(2000 * 28,3)}{16,075\ hod} = 0,979 * 100 = 97,9\ % ; \quad (2.2)$$

kde Total output je počet všech vyrobených kusů včetně špatných kusů, Ideal cycle time je normovaný čas kusu a Operation time normovaný čas na výrobu tisíce kusů.

$$Quality = \frac{Good\ Output}{Total\ Output} = \frac{1970}{2000} = 0,985 * 100 = 98,5 \% ; \quad (2.3)$$

kde Good output je počet dobře vyrobených kusů a Total output je počet celkově vyrobených.

$$OEE = Availability * Performance * Quality = 0,705 * 0,979 * 0,985 = 0,679 * 100 = 67,9 \% \quad (2.4)$$

2.2. Availability – využití stroje

Dostupnost = Availabilita (někdy také označováno jako využitelnost) kvantifikuje podíl pracovní doby, kdy zařízení vyrábí a nevyrábí. Následující obrázku 6. názorně ukazuje vzorec celkově plánovaného pracovního času zařízení a jeho dělení. Také tento index dostupnosti vyjadřuje využití disponibilního strojního času. Veškeré prostoje, které nastanou, snižují počet výrobků a také využití stroje.

Výpočet ukazatele:

$$DOSTUPNOST = \frac{CPPČ - PLÁNOVANÉ PROSTOJE - PROSTOJE}{CPPČ - PLÁNOVANÉ PROSTOJE}$$

Obr. 6.: Vzorec výpočtu dostupnosti zařízení [8]

V čitateli je použit čas výroby, který je pro stroj původně plánován, od něj se odečítají veškeré časy prostojů. Po vydělení plánovaným časem výroby je výsledkem index využití stroje, čím bližší je číslu 1, tím více je stroj využit. Z praxe nejčastěji využívá vyjádření v procentech. V praxi je stroj ovlivněn:

- poruchami strojů
- přestavbou či seřizením
- neplánovanými přestávkami
- logistikou vstupního materiálu
- čekáním operátora na přidělení práce

2.3. Výkon - Efektivita

Výkon definuje ztráty vlivem nedodržení výkonových norem a rychlostí stroje. Při výpočtu se použije čistý čas provozu, dle použitého schématu se jedná o celkový plánovaný pracovní čas, od kterého se odečtou plánované i neplánované prostoje. V podstatě se jedná o rozdíl mezi skutečnou rychlostí výroby a plánovanou, další ztrátou jsou odchylky či přerušení, které způsobují, že stroj nevyrábí konstantní rychlostí po celou dobu výkonu, jak je vidět na obr. 4.

$$\text{VÝKON} = \frac{\text{SKUTEČNÝ POČET VYROBENÝCH KUSŮ} \times \text{PLÁNOVANÝ ČAS NA 1 KUS}}{\text{CPPČ} - \text{PLÁNOVANÉ PROSTOJE} - \text{PROSTOJE}}$$

Obr. 7.: Vzorec výpočtu celkové efektivity [8]

V čitateli je využit normovaný čas na jeden kus výrobku, který se násobí počtem veškerých vyrobených kusů, ve jmenovateli je norma dělena faktickým výrobním časem, který je očištěn o prostoje. Následně vypočtený index výkonu stroje je tím lepší, čím je bližší číslu 1. Ukazatel je také ovlivněn nastavením norem. Pokud je norma nastavena nevhodně, například tzv. příliš měkká, může stroj díky rychlejší výrobě ukazatel ovlivnit a dosahovat hodnot vyšších než 1, čehož je zapotřebí se vyvarovat. Ukazatel se uvádí v procentech. Efektivita může být ovlivněna:

- špatným technickým stavem stroje
- nestandardní kvalitou vstupního materiálu
- zaškolující se obsluhou nebo špatně zaučenou obsluhou
- nesprávně stanovenými technickými parametry výroby
- špatně rozloženým časem pro montáž a dodatečným časem.

2.3.1 Výkonnost výrobních procesů

Potřeba sledovat výkonnost výroby vyplývá z potřeby kontroly vynaložených zdrojů. Výkonnost je charakteristika, která popisuje způsob, respektive průběh, jakým zkoumaný subjekt vykonává určitou činnost, na základě podobnosti s referenčním způsobem vykonání (průběhu) této činnosti. Interpretace této charakteristiky předpokládá schopnost porovnání zkoumaného a referenčního jevu z hlediska stanovené kritériální škály.

Činnost, jejíž výkonnost se posuzuje, je cílově zaměřená, tedy v budoucnosti vede k dosažení určitého stavu či děje nebo alespoň ke snaze se takovému výsledku přiblížit. Rozlišují se dvě dimenze výkonnosti. Tyto dvě dimenze jsou vlastně odpověďmi na otázku, co je možné udělat pro to, aby se směřovalo k dosažení určitého cíle. [1]

„do the right things“

„do the things right“

První z nich je „dělat správné věci („do the right things“) a ukazuje na výkonnost ve smyslu volby činnosti, kterou uskutečňujeme. Obvykle se označuje jako efektivita.

Druhá je „dělat věci správně“ („do the things right“) a ukazuje na výkonnost ve smyslu způsobu, jakým se uskutečňuje zvolená činnost. Obvykle se označuje jako účinnost.[1] V procesu měření vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících činností, které dávají přidanou hodnotu vstupům – při využití zdrojů – a přeměňují je na výstupy, které mají svého zákazníka. [2] Výrobní proces je souhrn cílevědomých činností, v jejichž průběhu se pracovní předmět přeměňuje na výrobek. Základními činiteli výrobního procesu jsou lidská práce, pracovní předmět a pracovní prostředek. [3]

Metody štíhlé výroby vycházejí ze systému výroby firmy Toyota (Toyota Production System, TPS). Taiichi Ohno, zakladatel a tvůrce jej definoval takto: „Jediné, co děláme, je to, že sledujeme čas od okamžiku, kdy nám zákazník zadá objednávku, k bodu, v němž inkasujeme hotovost. A tento čas zkracujeme, když odstraňujeme ztráty, které nepřidávají hodnotu.“ [2]

První aplikaci OEE lze vysledovat až k roku 1960. Tato metrika pochází z Firmy Seiichi Nakajimen ve firmě Nippon Denso jako součást TPM.

2.4. First pass Yield –FPY kvalita

Při výpočtu tohoto dílčího ukazatele je nezbytným údajem množství vyrobené produkce celkem, dále kusy znehodnocené při seřizování zařízení a kusy, které jsou kvalitativně nevyhovující, tj. jsou označené za zmetky. Mezi zmetky se počítají i kusy, které je možné za cenu víceprací dokončit a prohlásit za vyhovující, protože kapacita zařízení nebyla při jejich výrobě efektivně využita. Kusy z výrobního procesu musí vyhovovat požadavkům zákazníka. Je nepochybné, že v nízké úrovni kvality se odráží její ztráty.

Tento ukazatel se může volně přeložit jako průchodnost kusů napoprvé -procento dílů, které úspěšně projdou výrobním procesem napoprvé. Výpočet je znázorněn na Obrázku 8.

$$\text{KVALITA} = \frac{\text{SKUTEČNÝ POČET VYROBENÝCH KUSŮ - ZMETKY}}{\text{SKUTEČNÝ POČET VYROBENÝCH KUSŮ}}$$

Obr. 8.: Vzorec výpočtu FPY [8]

V čitateli jsou od všech vyrobených kusů odečteny zmetky, následně díky dělení jmenovatelem, který obsahuje veškerou produkci, je získán index kvality. Čím blíže se tento index blíží číslu 1, o to více se blíží stoprocentně kvalitní výrobě. Kvalita je nejčastěji ovlivněna.

- chybami pracovníka
- poruchami stroje
- nesprávně stanovenou technologií
- nepochopením pracovní instrukce
- nevhodnou kontrolní metodou
- vadným vstupním materiálem

Pro získání OEE existují další vzorce výpočtu, kde se například použije počet skutečně vyrobených kusů bez zmetků k fondu pracovní doby, která je třeba k výrobě těchto kusů. Takto získaný výsledek ovšem nevypovídá o příčině nízké efektivity zařízení. Je proto vhodné počítat OEE tak, aby bylo možné determinovat, která ztrátová složka nejvíce ovlivňuje úroveň OEE.

2.4.1 Člověkohodina

Člověkohodina znamená čas odpovídající práci průměrného pracovníka po dobu jedné hodiny. Počet člověkohodin tak popisuje množství času, nutného ke splnění úkolu. Je to pouze teoretická veličina, neboť předpokládá nepřerušované provádění práce. V praxi je obvykle práce přerušována různými dalšími činnostmi - odpočinkem, jídlem, spánkem apod. Skutečná doba je proto delší nebo naopak kratší, pokud se na plnění úkolu podílí více lidí. [7]

Jedná se o jednotku používanou například při řízení projektů, plánování a dělbě práce a mimo jiné pro výpočet OEE.

3. Sběr dat pro výpočet OEE

Je nutné přesně definovat data, která je nutno sbírat pro přesné a jednotné zpracování a vyhodnocení. Při sběru se používají tyto postupy.

3.1. Sběr OEE v IMI CZ a jeho vyhodnocení

V IMI Precision Engineering CZ probíhá sběr dat několika způsoby (automatický, manuální i kombinace), při čemž se nedá aktuálně říct který z nich je správnější z hlediska náročnosti výroby, vyčíslení linek a velikosti investic do sběru dat.

Z technického hlediska lze říci, že ne-efektivita v podobě vykázané práce je u manuálního sběru dat několikrát větší než automatického a to z důvodu paralelní možnosti práce výrobního zařízení a práce operátora. Celkové OEE se vyhodnocuje skrze jednotlivá oddělení, které jsou rozdělena dle svého zaměření takto:

- APU1 - Automotive
- APU2 - Průmyslová automatizace
- APU4 - Automotive

Každá samostatná jednotka v Brně označována APU má daný počet výrobních linek a je rozdělena na střediska (označována APT), toto rozdělení není náhodné. Ukazatele se vyhodnocují na každém středisku samostatně, přičemž tři ukazatele efektivita, dostupnost a průchodnost se sbírají z každé výrobní linky zvlášť. IMI Precision Engineering CZ přistupuje k výrobnímu času oprativně, nikoli jako k totálnímu času. To znamená že výpočet probíhá z doby kdy linka skutečně vyráběla, nikoliv z celkového reálného času (den, rok, apod.). Tento přístup není úplně přesný, ale pro zjištění trendů ve výrobě je naprosto dostačující.

Tab. 1.:Kódové označení prostožů

Kody prostožů	
A	Seřizení
B	Měření
C	Porucha
D	Pravidelná údržba
E	Procesní chyba
F	Chybí materiál
G	Chybí pracovník
H	Chybí WO
I	Vzorování nové výroby
J	Doplňování materiálu
K	Opravy kusů
L	Výměna nástrojů
M	Jiné
N	Kvalitativní neshoda

3.1.2 Existence různých ztrát a sběr „papírových“ dat

Tento krok je velmi důležitou, ale často zanedbávanou přípravou na vlastní zahájení implementace OEE. Seznam ztrát, který je sledován, by neměl vzniknout rychlým opsáním nějakého seznamu z odborné literatury nebo jeho sestavením během pěti minut na poradě. Je potřeba, aby byl vytvořen lidmi, kteří s ním budou pracovat, ať z pohledu vkládání dat, tak následně z pohledu analýzy vložených dat. Sestavení týmu, skládajícího se ze zástupců operátorů, údržby, kvality, logistiky, plánování a řízení výroby, controllingu a vrcholného managementu je nezbytnou podmínkou. Seznam těchto dokumentů se transformuje do formuláře a standardně se používá ve výrobě k evidenci vzniklých ztrát a tím dává první uchopitelná data a možnost sledování ztrát. [3]

3.2. Registrace ztrát do tabulkových procesorů a kalkulace OEE

Data ztrát se transformují do struktury odpovídající OEE. Na nejvyšší úrovni se rozdělí ztráty do tří skupin, s možností např. rozdělení do několika podskupin:

1. Ztráty dostupností = dostupnost výrobního zařízení

- Technické prostoje
- Logistické prostoje
- Prostoje obsluhy
- Porucha zařízení

2. Ztráty rychlosti, resp. Výkonu = efektivita procesu

3. Ztráty kvality = FPY neboli First pass yield

Je-li to vhodné, podskupiny se ještě dále člení na nižší úrovně. Přehledná struktura je v tomto zásadní s ohledem na ruční zapisování a zpracování dat v tabulkovém procesoru a její složitost. S výhodou se používají tabulkové procesory Microsoft Office. Pro nastavení výpočtu OEE v tabulkovém procesoru je samozřejmě důležité správně uvést výchozí výrobní časy a rovněž nejlepší/reálný dosažitelný výkon pro jednotlivé produkty jako srovnávací základnu pro výpočet ztrát dostupností a rychlosti. Chyby zde nejčastěji vznikají nastavením nízkého nejlepšího dosažitelného výkonu, což vede ke značnému zkreslení výsledků OEE.

3.3. Automatická registrace ztrát s analýzou příčin

Sběrem a pozorováním trendů dle výše uvedeného strukturovaného systému evidence ztrát a analýzy OEE se ověřuje zvolená struktura ztrát a výpočet OEE. Potvrzením správnosti volby sledování OEE a ne-efektivity zapisování údajů do formulářů a jejich následné přepisování do tabulkových procesorů se potýkají se značnou ne-efektivností (až 40%) a zpožděním. Tyto neefektivní faktory neumožňují využít potenciál sledování OEE.

Nedostatky ručního sběru dat lze vyřešit pořízením specializované aplikace pro automatizovaný sběr dat přímo ze strojů a pro on-line analýzu a vizualizaci OEE v reálném čase. Tyto systémy umí automaticky registrovat všechny typy prostojů, veškerá snížení rychlosti a výkonu a v případě napojení například na testery rovněž i kvalitativní ztráty. [3]

Tento automatický sběr dat může být doplněn operátorskými panely pro rychlé a strukturované zadávání dat a také operátory či techniky pro jejich obsluhu. Po nasazení tohoto automatizovaného systému je obecně zjišťováno, že nastavené rezervy jsou mnohem vyšší, než vycházelo z ručně sledovaného OEE, a že jejich hlavní oblasti jsou jinde. Po nasazení automatizované registrace ztrát dojde ke skokové změně především v chování a v produktivitě řady pracovníků, kteří si uvědomí, že získané výsledky již nelze uměle vylepšovat úpravou ručních zápisů a zároveň je pak na poradách zpochybňovat s odkazem na nepřesnost v jejich získávání.

3.4. Online propojení OEE s Informačními systémy a řízením údržby

Nejvyšší úrovně využití potenciálu monitorování OEE lze dosáhnout doplněním systému z předchozího bodu o následující rozšíření:

a) Propojení na informační systém řízení údržby. Aplikace OEE v takovém případě automaticky generuje požadavek na údržbu v případě, že je indikována technická závada na stroji, a zároveň měří dobu do jejího odstranění a hodnotí výkonnostní ukazatele údržby.

b) Propojení se systémem skrze Microsoft Reporting services a přímé navázání na aplikaci Monitoring sleduje v reálném čase technický stav stroje a výrobního procesu a zaznamenává překročení mezních hodnot a je schopen aktivovat systém včasného varování. Toto spojení umožňuje také automatické přiřazování příčin ztrát dostupnosti, rychlosti a kvality spojených s technickými a procesními parametry stroje a provádět tak detailní kořenovou analýzu příčin daných ztrát.

c) Propojení se systémem plánování výroby a informace z aplikace OEE o aktuálním stavu výroby a kapacitě strojů jsou výborným vstupem pro pokročilé systémy plánování výroby. Tyto systémy mohou v reálném čase porovnávat plánovaný a skutečný průběh výroby společně s omezujícími podmínkami, jako například neplánované odstávky strojů, snížení jejich výkonnosti nebo chybějící materiál. Pokročilé aplikace OEE umí rovněž sledovat spotřebu materiálu, stejně jako například produktivitu jednotlivých pracovníků.

V budoucnu je možno do těchto systémů zaimplementovat další ukazatele výhodné pro specifické zaměření společnosti a její politiky například efektivitu využití energií spotřebovávaných stroji.

3.5. Kvalita a dostupnost dat

Data získaná manuálně obsahují úmyslné i neúmyslné chyby a nepřesnosti (dané prvotním zápisem obsluhou výroby nebo opisem do nadřazeného systému), nezohledňují krátkodobé prostoje a jejich pořizování zatěžuje obsluhu výroby a další administrativní pracovníky.

Data získaná manuálně nejsou dostupná v reálném čase. Jsou pořizována převážně na konci směny a do nadřazených systémů se díky manuálnímu zadávání dostávají s dalším zpožděním. Automatické sběry dat (ze strojů či elektronické registrace obsluhy) eliminují vznik chyb a nepřesností a poskytují data v reálném čase. Vyhodnocení OEE tak může být pořizováno pro ukončenou i probíhající výrobu.

Na automatický sběr dat je možno pohlížet několika způsoby. V IMI Precision Engineering CZ jako výrobním závodě existují tři základní typy linek (Autonomní výrobní linky, Neautonomní výrobní linky a výrobní linky bez přítomnosti elektrických zařízení. Jednotlivé varianty jsou podmíněny množstvím investic, které ale časem vykompenzují náklady na neefektivitu lidí spojenou s manuálním sběrem dat. Po implementaci automatického vyhodnocovacího systému je možné zamýšlet se nad následujícími úkony:

- Snížení prostojů, tj. lepší využívání výrobního času k produktivní výrobě
- Zvýšení taktu, např. modernizací zařízení v technologii, mechanice nebo automatizaci
- Zvýšení propustnosti - průchodu výrobku výrobním procesem, např. optimalizací procesu
- Zlepšení poměru shodných a neshodných výrobků

Pro rozhodování je zapotřebí optimalizace výrobních řešení, které je možné snadno nasadit aby poskytovali informace jak v reálném čase, tak i z hlediska vyhodnocení uplynulého časového období. Vhodným řešením je přesné a hlavně na lidském faktoru co nejméně závislé zjišťování skutečných výsledků výroby v čase. Nezávislý automatizovaný sběr dat a monitoring výroby je proto nutným podkladem pro realistické vyhodnocení efektivity výroby.

3.6. Autonomní výrobní linky v IMI CZ

V IMI jsou standardní objednávky na konkrétní produkty reprezentovány skrze WO = WorkOrder dále jen WO. Tyto WO jsou zakládány do globálního systému a tištěny pro každou výrobní linku. WO jsou ve struktuře firmy velice důležité, protože jsou základním stavebním kamenem pro výpočet OEE. Po předání WO do výroby je postupně zpracováván. Tento WO slouží jako metrika pro charakterizaci OEE. Autonomní výrobní linka je v IMI Precision Engineering CZ charakterizována scannerem, který skrze operátora načte daný WO. Na těchto linkách probíhá sběr všech potřebných dat pro výpočet OEE a ta jsou následně posílána na server, kde přes jednoduchou aplikaci je možné sledovat aktuální stav. V době zpracovávání této diplomové práce je zprovozněno v IMI Precision Engineering CZ několik plně automatizovaných výrobních linek, které svým sofistikovaným řešením umožňují motivovat pracovníky pro výrobu. Pro přehledný monitoring byla použita Beta verze navržené aplikace, jak je zobrazeno na Obrázku 10. Ta zobrazuje veškerá potřebná data online a na základě těchto dat je možno při jakékoli neshodě včas reagovat a tím zajistit okamžitou nápravu.

MPF	BTA
WORK ORDER	3567863
PN	865383.6633.3763
PLAN	256 pcs
TARGET	120 pcs
ACTUAL	95 pcs
HOUR TARGET	30 pcs/h + setup 0,21h
EST.TIME	05:17
EFF.	79,17 %
FPY	97,89 %
OK	93 pcs
NOK	2 pcs
DOWNTIME	28,40%
STATUS	Running

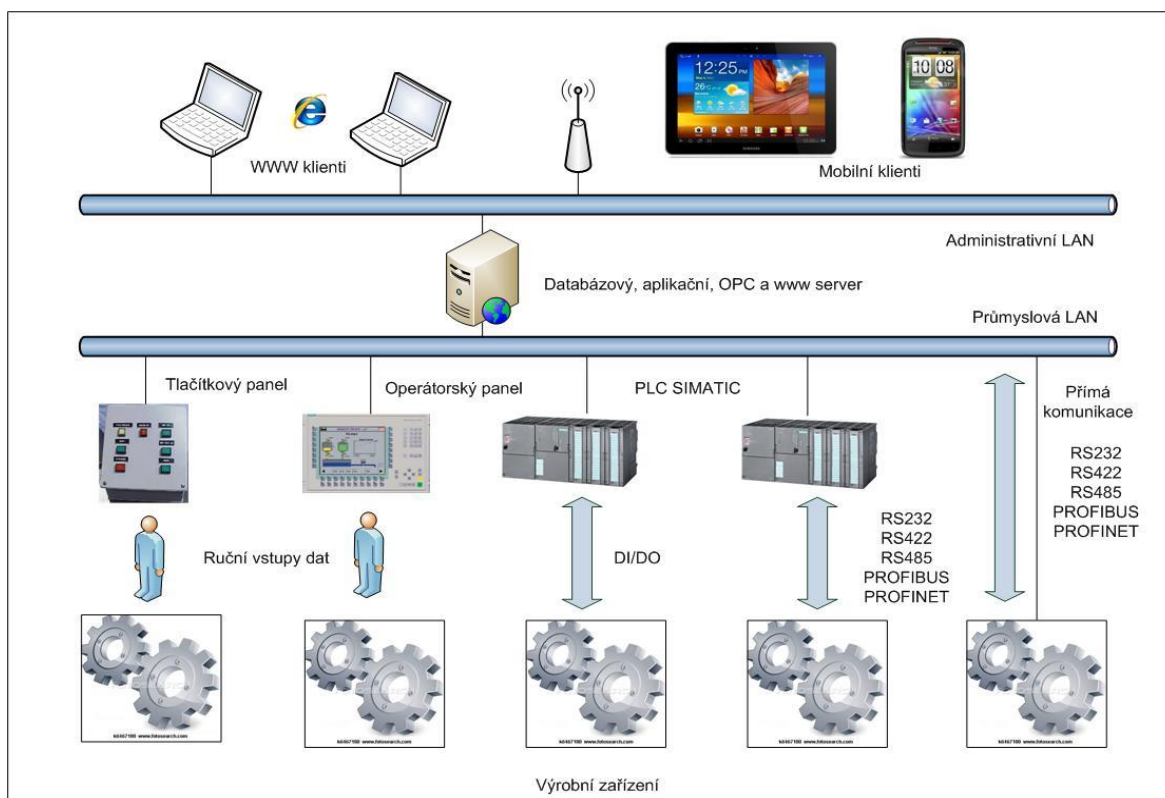
Obr 10: Návrh zobrazení dat z výroby online

V dané aplikaci je reprezentováno vždy jedno výrobní zařízení. Tato data má k dispozici pracovník managementu a při odchylce může reagovat. MPF (Master Plannig Family) neboli označení výrobního zařízení v dané struktuře (APU->APT->MPF). Hodinový výstup je pak normovaný čas, který byl spočítán na základě dlouhodobé analýzy. Ten následně udává čas potřebný pro výrobu daného WO.

3.7. Neautonomní výrobní linky

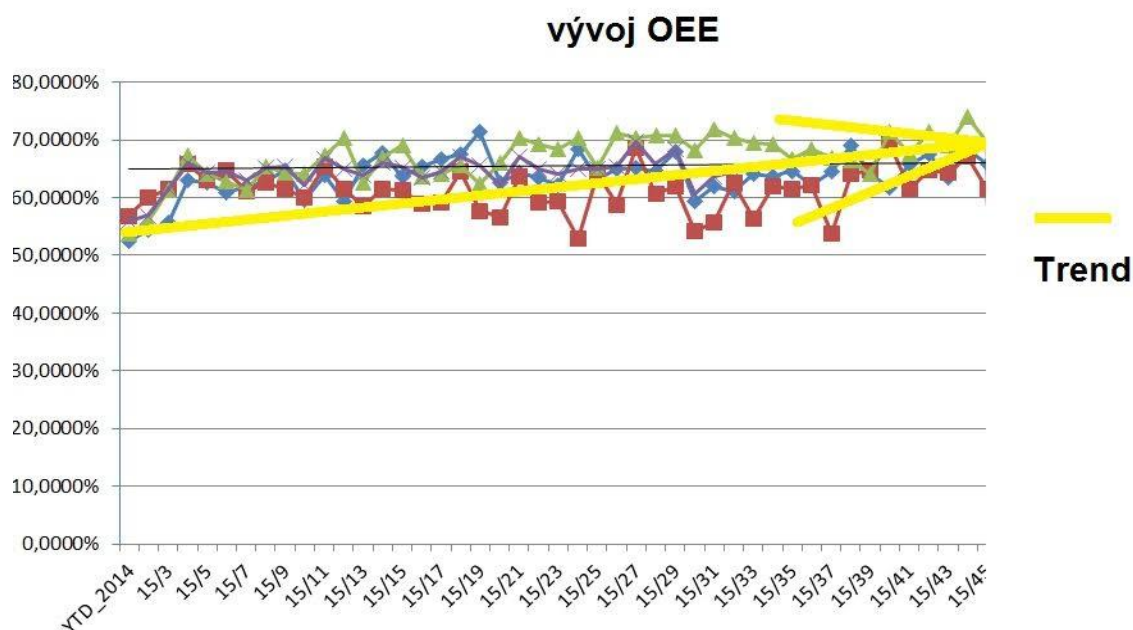
Jedná se o výrobní zařízení postavené na starších řídicích systémech bez možnosti podstoupit data do dalšího informačního systému. Pro automatizaci sběru dat je nutné převádět tyto signály na standardizované, které je možno nadále zpracovat v tabulkových procesorech.

Automatický sběr dat lze v tomto případě řešit prostřednictvím OPC rozhraní, které umožňuje připojení vstupů všech existujících typů měřičů od jednoduchých s binárními signály až po úplnou integraci velmi složitých měřičů spotřeby s vlastní inteligencí. Díky otevřenému rozhraní OPC je samozřejmě možné získávat také data z libovolných systémů PLC, jak je zobrazeno na obrázku 8. Součástí řešení jsou předpřipravené HW moduly pro připojení binárních nebo analogových signálů z výroby, ověřené tlačítkové moduly nebo dotykové displeje pro informace o stavu výrobní operace a připravená vzorová řešení pro integraci PLC různých výrobců (SIEMENS, Rockwell, Omron apod.). [9]



Obr. 11.: Princip sběru dat od firmy [9]

Typem možného výstupu dat jsou reporty. Standardně jsou k dispozici layouty (rozložení) reportů umožňující zobrazování základních ukazatelů OEE. Reporty dále umožňují prezentovat výsledky ve vybraných časových intervalech (den, týden, měsíc, rok). Tato data je možné filtrovat dle dalších požadovaných parametrů. Výsledná data jsou prezentovaná formou tabulek nebo grafů. Výsledkem je následně trend který udává kvalitu firmy jak je vidět na obrázku 12.



Obr.12.: příklad vývoje trendu OEE

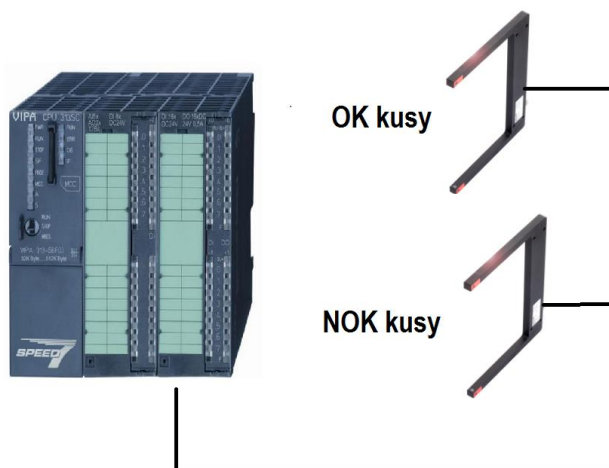
3.8. Výrobní linky bez přítomnosti řídicích systémů

V IMI CZ existuje i třetí typ výrobních linek. Tyto linky z hlediska jednoduchosti výroby nevyžadují přítomnost elektrických zařízení a jejich kontrol. Na žádném takovém zařízení se nemontují Automotive produkty, nicméně zde mohou být vyráběny komponenty pro následné sestavení Automotive produktů.

Instalace zařízení na měření OEE na těchto linkách je nejnákladnější, protože je nutné nainstalovat nový řídicí systém pro monitoring a zasílání dat. Samotné měření procesu lze obstarat indukčními nebo optickými závory, jakožto průletovým systémem.

Typickým příkladem výrobního zařízení pro tento typ produktu je například ruční kusová výroba. Kus je po smontování s několika málo částí vhozen do předepsané nádoby a následně po naplnění nádoby se tento proces opakuje. Základní měření pro zjištění velké části potřebných dat je schopna obstarat jednoduchá sensorika, která monitoruje počet kusů vhozených do nádoby skze senzor jak je zobrazeno na obrázku 10.

Instalace této senzorky podléhá nákupu nového řídicího systému, který je nákladný. Vyhodnocování dat je schopna obstarávat sdružená jednotka pro několik desítek výrobních linek. Samotné měření musí probíhat přímo na lince, stejně jako zadávání prostožů.



Obr 12.: Návrh systému sběru základních dat pro výrobní linky bez automatizace

4. Návrh sběru dat z výrobní linky

V první fázi se definují cíle projektu, vyjádří se jeho nutnost a časový rámec na realizaci. Korporátní požadavek který stojí nad všemi projekty je, aby řešení bylo plně v souladu se standardem v automotive produkci a ten je dán ISO/TS 16949[7].

4.1. Konkurenční systémy na trhu

Systémy pro sběr dat z výrobních linek jsou na trhu dostupné v sofistikovaných variantách. Komplexní systémy mají vždy speciální využití a jsou namíru přispůsobené zákazníkovi. V minimální konfiguraci lze najít zařízení, které zaznamenává chování stroje, práci stroje, evidenci bezpečnosti a evidence důležitých veličin (teplota, tlak, otáčky atd). Ve spolupráci a po konzultacích s firmou Comes OEE byly nastíněny možnosti moderního reportingu pro aplikace týkajících se OEE.

Aplikace nabízející kompletní správu by měla mít konfigurovatelné funkce pro sběr relevantních dat ze všech výrobních zařízení. Umí data sbírat automaticky nebo z ručních vstupů operátorů. Odvádění výroby a klasifikace prostožů a neshod výrobků a přístup k datům z výroby v reálném čase. Všechna zařízení, která jsou napojena do aplikace mohou být zpřístupněna a sledována na operátorských obrazovkách i PC v kancelářích podle požadavků. Přehledné výstupy v grafickém zobrazení, tabulky a protokoly, které uživateli poskytují jednoduché i komplexní statistiky pro analýzy průběhu výroby. Aplikace slouží jako základ pro optimalizaci a supervizní řízení výroby. Dostupnost, produktivita a kvalitativní ztráty mají různý dopad na náklady, aplikace pomáhá spořit náklady sledováním ztrát v produkci a ukazuje ztráty, které mají vliv na provozní zisk. Měla by jít propojit s prakticky jakýmkoliv měřicím zařízením nebo přístrojem a tak získávat věrohodná data o toku materiálů a výrobků s výrobním procesem a výrobními stroji. Výsledky mohou být plně začleněny do systému řízení výroby. Propojení s instalovaným JDE systémem umožňuje předávat data pracovníkům ve výrobě o výrobních zakázkách a k nim sbírat příslušná data. Data a zpracované výsledky předává zpět do JDE systému podniku, je poskytnuto uživatelům škálu konfigurovatelných protokolů.

Konfigurovatelné číselníky, směnové vzory, plánovač směn, skupiny výrobních strojů a ovládání přístupu uživatelů pomáhají adaptovat specifickým potřebám. Aplikace je zálohována automaticky každý den a zálohy jsou ukládány na disk serveru. Je uchováváno jen posledních 10 záloh. Kromě záloh, které se vytvářejí automaticky, může uživatel s administrátorskými právy provádět zálohování ručně.

4.2. Specifikace cíle projektu

Zadávání technologických parametrů skrze manuální sběr v papírové formě je maximálně ne-efektivní, z tohoto důvodu je vhodné toto zautomatizovat. Sběr technologických parametrů/hodnot ze strojů a případných zařízení v průběhu výroby je hlavní cíl.

Projekt je zacílen na data, které mají stav ON/OFF, vlevo/vpravo, zapnuto/vypnuto, ANO/NE, otevřeno/zavřeno. Tato data jsou ukládána jako digitální. Tímto je zaručeno, že je možno vyčíst jejich stav pomocí systémů s digitálními vstupy. Všechny informace jsou okamžitě odesílány na server do databáze programu, existuje tedy okamžitý přehled o aktuálním stavu výroby. Při nefunkčnosti jsou data uložena v zařízení. V dalších fázích by měla být použita tyto data na:

- podchycení řízených procesů, uvolňování do sériové výroby,
- řízenou práci s výrobní dokumentací s podporou bezpapírové výroby, efektivní změnové řízení výrobní dokumentace,
- integrace procesů řízení kvality, digitalizací a řízení kontrolních plánů,
- řízení procesu při práci s nástroji včetně jejich správy (např. vstřikovací formy),

4.3. Specifikace dat pro automatický sběr

Na začátek je nutno říci, jaká data je možno v současné době z výrobního procesu získat automatizovaným způsobem v IMI.[6]. Data o výrobě je množina typická pro tzv. odvádění výroby.

Patří sem:

- počet hotových kusů,
- počet zbývajících kusů,
- množství spotřebovaných surovin atd.

Do dat o prostojích patří především údaje o stavu výrobního zařízení ve smyslu zařízení běží/stojí včetně příčiny, případně i informace o tom, zda je dodržována očekávaná rychlost výrobního toku (výrobní takt, doba průtoku atd.). V některých případech ve firmě se tato data zahrnují do skupiny technologických dat, vzhledem k jejich významu a speciálnímu využití (podklad pro měření OEE). Největší procento ručních vstupů je v IMI v datech o kvalitě produktu. Ať už se jedná o zadávání informací o provedené vizuální kontrole, nebo zápis dat z měřicích přístrojů, které není možné připojit do systému. Nicméně i zde již lze úspěšně některé části procesu zahrnout do automatizovaného sběru dat. Především se jedná o informace z robotů, které automaticky vyřazují vadné výrobky, nebo automatizované ukládání výsledků různých měření.

V technologických datech se zahrnují veškerá data o stavu technologie a výrobního prostředí vůbec. Jedná se o různé teploty, tlaky, počty otáček atd. Na rozdíl od ostatních sbíraných dat mohou být tato velmi různorodá a jsou určena pro využití v mnoha procesech včetně vizualizace nevýrobních dat. Až do nedávna se v souvislosti s logistikou hovořilo jen o identifikaci položek, se kterými se aktuálně manipulovalo. V dnešní době se ale s nástupem RFID čipů v IMI Modřice s použitím vysoce účinných čteček čárových kódů skutečně začíná jednat o automatizovaný sběr dat. Lze sem například zařadit informace o pohybu výrobků, které prošly přes vybudovaný kontrolní bod, který automaticky snímá jejich průjezd.

4.3.1 Selektce zdrojů

První tři výše zmíněné skupiny dat jsou poměrně přesně definované a každý má asi dobrou představu, k čemu je lze využít. Proto se jen krátce zmíní ověřené přínosy za jednotlivé oblasti: Data o výrobě – zprůhlednění a narovnání výrobních toků, minimalizace nejistoty o stavu výroby, nutný základ pro zavádění operativního plánování (APS), který je uznávaným nástrojem metodologie štíhlé výroby (lean manufacturing). Data o prostojích – zvýšení výkonu strojů a obsluhy. Už jen pouhé zavedení automatizovaného sběru dat o prostojích zajistí zvýšení dostupnosti výrobou o jednotky až desítky procent (v závislosti na stavu před implementací sběru dat). Možnost využití při zavádění metody TOC do praxe pomáhá odhalovat úzká místa (nejčastější příčiny prostojů). Data o kvalitě mohou sloužit pro vyhodnocování reklamací.

4.3.2 Technologická data

Sběr technologických dat má svá významná specifika. Patří mezi ně i to, že se velmi obtížně stanovuje návratnost nasazení takového systému. A na druhou stranu, pokud je implementace dobře zvládnuta, není možné si představit, že by výroba mohla pokračovat bez tohoto systému. A to i přesto, že návratnost stále není možno vypočítat. Mezi objektivně měřitelné přínosy je možno zařadit:

- Úspory v oddělení kvality – některé testy není nutno provádět, pokud jsou známy parametry, za jakých se vyrábělo.
- Snížení zmetkovitosti – informace mohou sloužit ke spuštění varování o tom, že se výroba blíží k limitní hranici definované technologickým předpisem.
- Zvýšení efektivity údržby – jakmile má údržba k dispozici technologická data, může začít fungovat na bázi preventivní a prediktivní. To znamená, že dochází k zásahům údržby ještě před vznikem závady a na základě skutečného stavu zařízení.

Dalším specifikem v oblasti technologických dat je, že se může podařit systém zaplavit nepotřebnými údaji a celý projekt tak odsoudit k nezdaru. Zde lze rozhodně říci, že méně někdy znamená více.

4.4. Použitá logika

Pro uchování dat v informačním systému se bude využívat zařízení schopné číst dva stavy. Obecně se jedná o dva signály a to buď logická „0“ a logická „1“.

- pro signál log 0 = 0-5 V
- Pro signál log 1 = 15 -28,8 V

Protože informace bývají kódované zpravidla binárně, používají se dvě napěťové úrovně, případně intervaly. Vysoká úroveň je napětí blízké napájecímu VDD. Nízká úroveň se obvykle blíží 0 voltům (referenční zem, zkrat na zem - anglicky GND). Přesné hodnoty napětí se liší v podle typu použitých obvodů (podle "rodiny" digitální logiky). Nízká napěťová úroveň obvykle reprezentuje logickou nulu, vysoká úroveň logickou jedničku.

4.5. Výpočet paketu dat

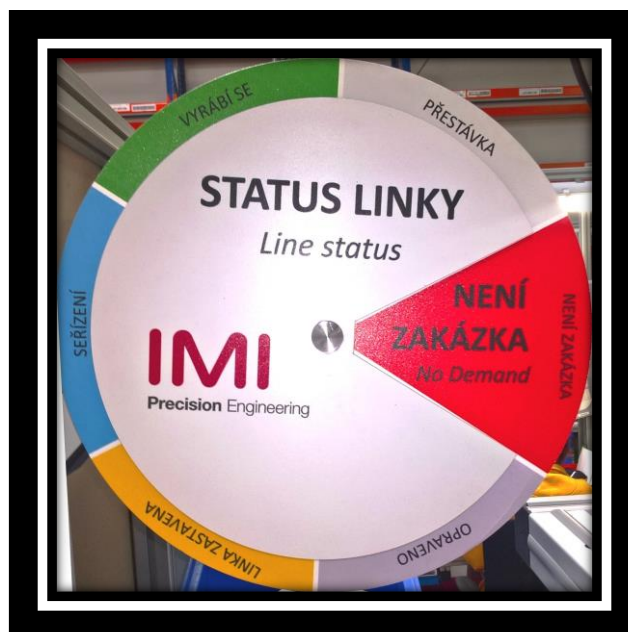
Základní jednotkou informace je bit [55], ten může nabývat hodnoty 0 nebo 1 (tedy dva stavy, z tohoto důvodu se v oblasti informatiky používá hlavně dvojková soustava). Pro stanovení paměti daného zařízení je nutné charakterizovat obsah informace, která je v proměnné uložena a tím i její použití, zpracování a velikost. Základní datové typy jsou předdefinované datové typy s pevnou délkou, které odpovídají mezinárodnímu standardu podle IEC 1131-3. Pro využití sběru dat bude zapotřebí pouze několik datových typů.

Tab. 2.:Velikost potřebných pro uchování

Datový typ	Velikost [bit]	Popis[možný počet záznamů]
Int	16	0-256
Word	16	0-65 535
Dword	32	0-4 294 967 295

4.6. Návrh dat pro aplikaci

Základní ukazatel pro odvozování výrobních ukazatelů je status výrobní linky neboli v jakém režimu se výrobní linka nachází. V IMI Modřice je k tomuto účelu využíváné takzvané výrobní kolečko, které zviditelnuje, na základě manuálního otočení operátorem stav výrobní linky pro kohokoli. Veškeré výrobní režimy potřebné pro výrobní cyklus jsou určeny výšečmi obrázek 13.



Obr.13.:Status výrobní linky

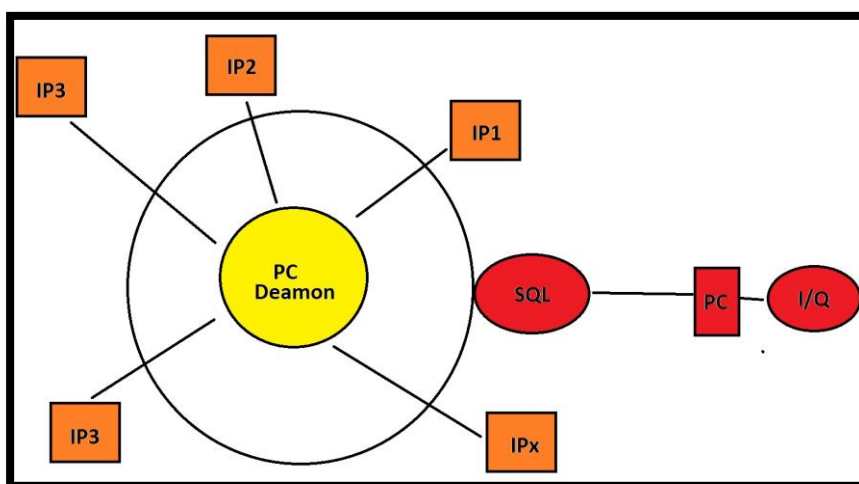
Dále je potřeba zaznamenávat počet dobře vyrobených kusů a počet špatně vyrobených kusů. Na tuto hodnotu se použije proměnná DWORD neboli Double word z důvodu možného počtu záznamů v dané proměnné. Ve vybraném zařízení tento vstup reprezentuje logický obvod čítače.

Tab. 3.: Deklarace proměnných

Status linky	Charakter proměnné	Typ proměnné
status	1-32000	
Counter	dword	word
Counter	word	word
1. Vyrábí se	int	word
2. Přestávka	int	word
3. Není zakázka	int	word
4. Opraveno	int	word
5. Linka zastavena	int	word
6. Seřízení	int	word

5. Návrh struktury sběru informací

Sledování průmyslových procesů v podnikové síti se provádí prostřednictvím zařízení „daemon“. Připojená zařízení jsou automaticky identifikována pomocí protokolu SNMP (Simple Network Management Protocol). Návrh strukturovaného sběru informací na vnitropodnikové síti se zakládá na samostatné jednotce připojené na SQL server pro ukládání dat jako na obrázku 14. Nástroj zobrazuje všechna fyzická spojení na úrovni jednotlivých portů i konfigurace specifických sítí na strojích a výrobních celcích. Signalizuje každou poruchu v činnosti sítě a pomáhá ji rychle lokalizovat a odstranit, což znamená kratší prostoje ve výrobě.



Obr.14.:Infrastruktura sběru dat

5.1. Zavedení fixního plánu

Fixní plán pro IMI korporaci vytvářejí plánovači výroby. S pomocí korporátního systém JDE sledují a koordinují materiálové toky, aktualizují stavy materiálu. Na denní bázi komunikují s odděleními a analyzují odbyt a včasnost dodávek.

Z důvodu nestabilního výrobního plánu a neustálých změn, které neprospívají výrobním zakázkám, byl položen návrh na zavedení fixního plánu, který znamená zafixování výroby na 1 den dopředu. Plánovač naplánuje přesné zakázky přesně na období jednoho dne. Tento krok je velice důležitý pro zobrazování výrobních ukazatelů. Zafixování plánu neovlivní ve velké míře flexibilitu, ale napomůže udržet plán a výroba se tak vyhne určitým problémům.

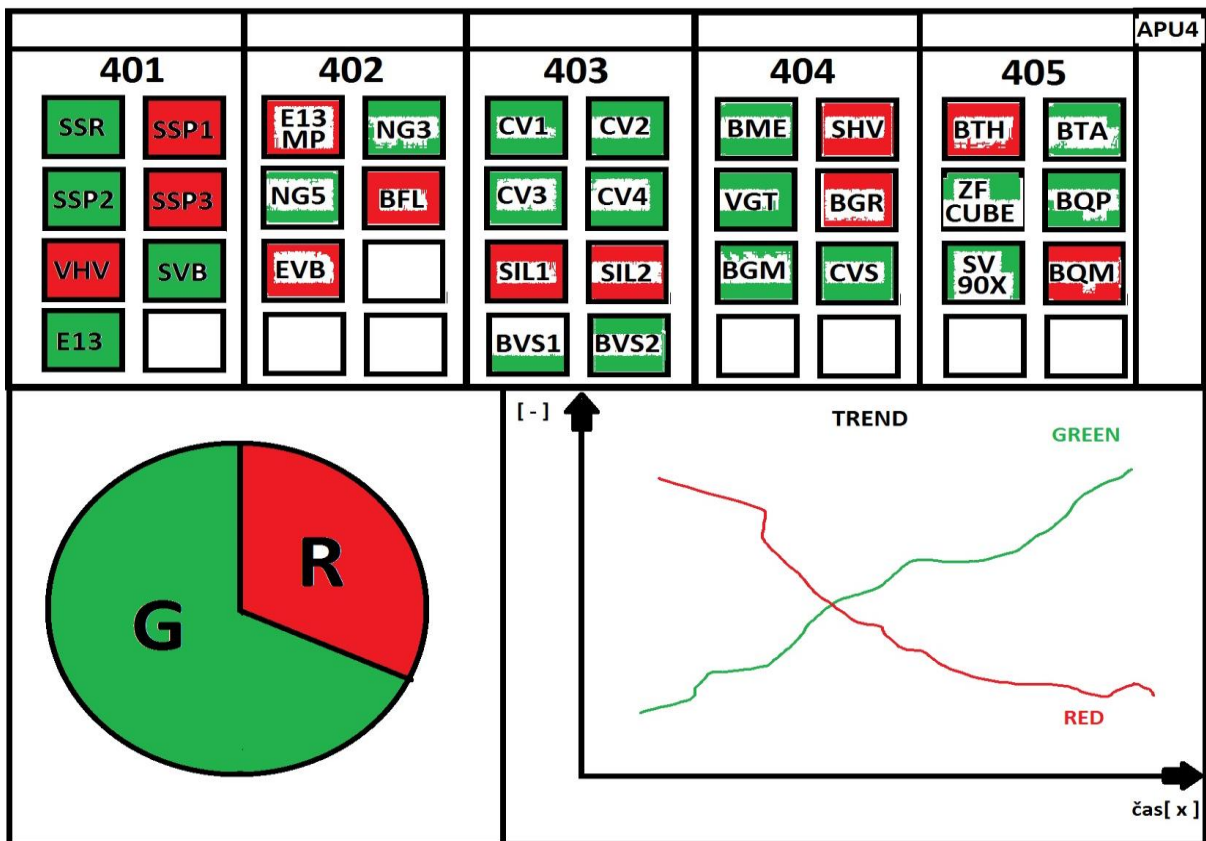
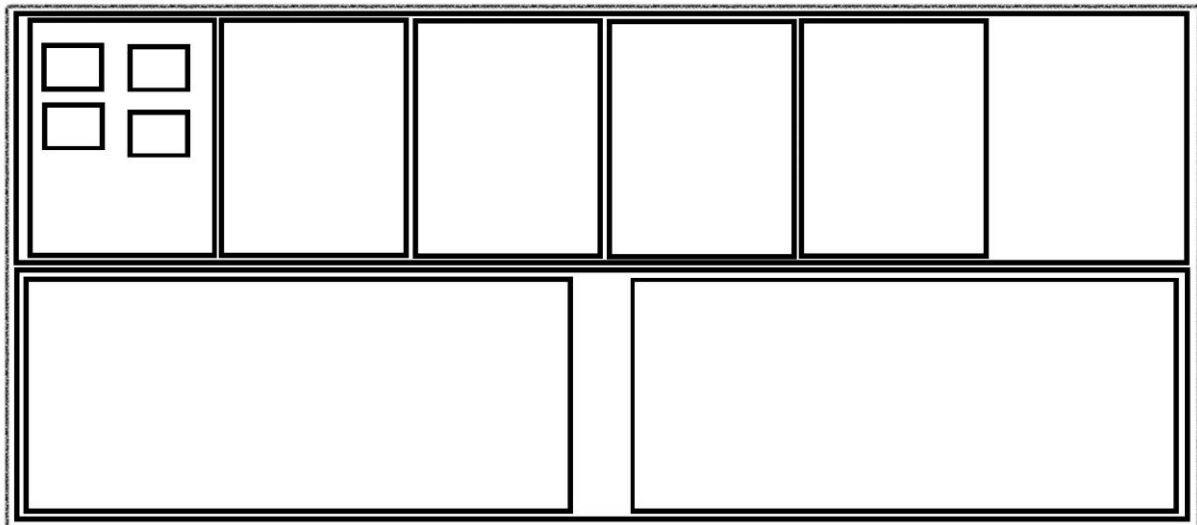
5.1.1 Postup vytvoření výrobního plánu

- Kontrola nápravných opatření z předcházejícího týdne
- Zhodnocení splnění plánu z předchozího týdne
- Analýza plánu výroby na budoucí týden
- Řešení vzniklých problémů
- Určení nápravných opatření
- Dlouhodobé příčiny

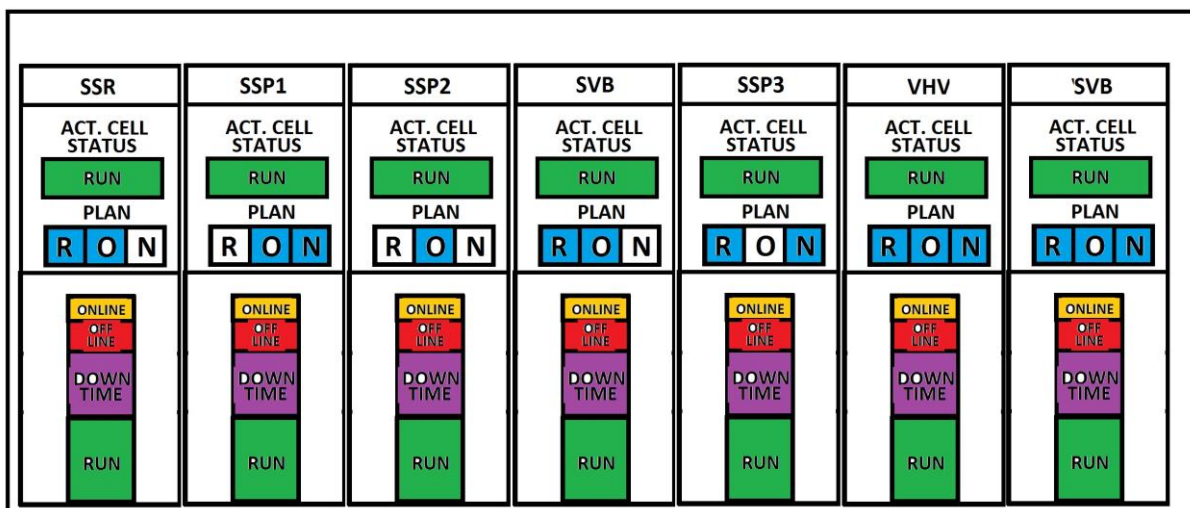
5.2. Návrh designu aplikace

Centrálně má být aplikace pro sběr dat a její vizualizace určena pro plánovače a nákupčí, kteří by měli mít přehled o dění na výrobních linkách. Pro vytvoření cenové nabídky a návržení designu byl použit rozměr klasického dotykového monitoru 24" výrobce Iiyama ProLite T2452MTS MultiTouch, který má i dotykovou funkci. Jelikož IMI Modřice jsou výrobní linky rozděleny do takzvaných APT oddělení, které každé má několik výrobních linek, bylo nutné zavést strukturované rozdělení, kdy uživatel dotykem na Multitouch display provede zanoření do vybrané oblasti. Jednotka APU v sobě zahrnuje vždy pět výrobních oblastí označených jako APT401 až 405. Toto rozdělení bude vždy na hlavní obrazovce viz obrázek [15]. Hlavní obrazovka dále zobrazuje, zda výrobní linka je ve stavu „vyrábí se“ vůči fixnímu plánu, který mu navolil plánovač. Poměr online stavu výrobní linky je dán koláčovým grafem. Výrobní trend dále ještě reprezentuje klasický spojnicový graf, který ukazuje zda na dané výrobní oblasti dochází v časovém intervalu ke progresu.

APT401



Obr.:15 Návrh rozložení aplikace prodotykový monitor 24“



Obr16.: Detail výrobního stavu vs. Fixní plán

Po stisku dotykového displeje na dané výrobní oblasti APT dojde k zanoření do dané výrobní oblasti. V detailu je možné vidět v jakém statusu se daná výrobní linka nachází a jaký je výrobní plán. V IMI Modřice se plánuje výroba na systém 3/5, tento systém rozděluje den a po osmi hodinách na tři směny. Modře vyplněné oblasti jsou zadány jakožto výrobní, bílá naopak signalizuje, že výrobní linka by měla být ve stavu Offline.

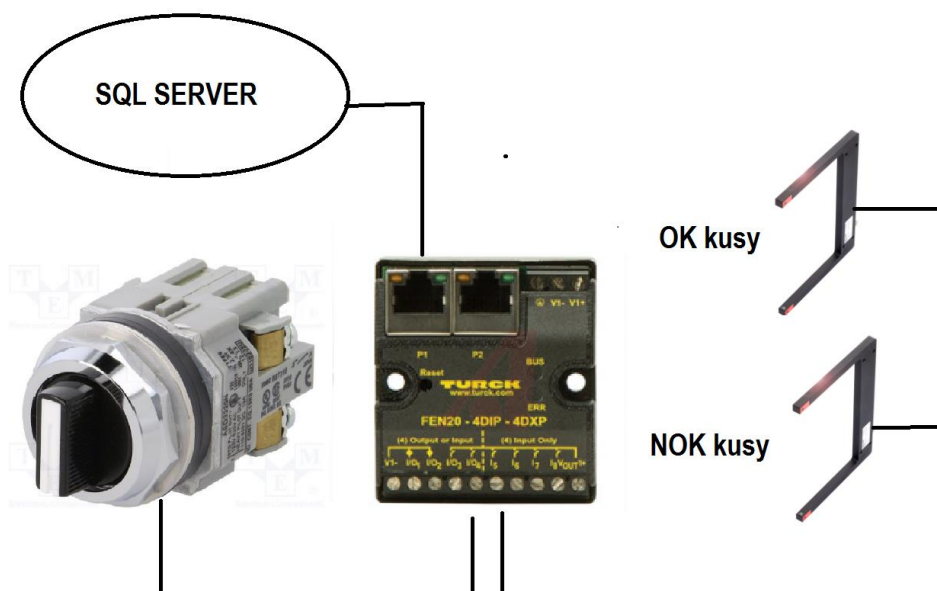
Ke každé výrobní lince na vizualizaci přísluší skládaný graf, na kterém je vidět poměr jednotlivých statusů výrobní linky. Jednotlivé výrobní stauty se nemohou překrývat tzn. vždy musí být právě jeden aktivní.

Tab. 4.: Statusy výrobní linky

Status	Vysvětlení
1. Vyrábí se	Linka Online – zakázka načtena a výroba uvolněna
2. Přestávka	Dele než T nebyl změněn status na couter 1, nebo operátor manuálně přepnul status
3. Není zakázka	Offline – není výrobní zakázka
4. Opraveno	Po šerřízení je výrobní linka opravena připravena k výrobě
5. Linka zastavena	Uvolňovací proces, procesní čas atd
6. Seřízení	Závada na výrobní lince , přivolaná údržba

5.3. Návrh sběru dat se zařízením Turck

Zařízení firmy Turck kombinuje protokol ethernet IP s přímou návazností na digitální vstupy a výstupy. Výhoda této aplikace je v integrovaném ethernetovém serveru, pomocí kterého je možné nastavit zpoždění u přicházejícího signálu. V praxi to znamená, že pokud přijde například ze senzoru, kterým se prohodí kus výrobku => znamenající dobrý kus, tento signál je na daném vstupu v řádu milisekund. Pokud máme například daemon který sbírá data v rádech sekund neboli minut je možné, že daný signál se netrefí v dané fázi. Pomocí zpoždění nastaveného na vstupech je možné daný signál podržet až v rádech minut. Toto má své omezení například u výrob kde je příliš vysoký tack time v rádech sekund. Jednoduché řešení lze použít maximálně pro konfiguraci 8DI tzn. osm digitálních vstupů. Změna stavu výrobní linky se udává 5tupozičním přepínačem.



Obr. 17.: Návrh zapojení se změnou výrobního statusu manuálním přepínačem

Kompletní cenová nabídka je uvedena v příloze jako cenová nabídka 1. Výrobní linky jsou již od základu osazeny alespoň tou nejjednodušší sensorikou pro odmítací tuby na detekci stavu. Z tohoto důvodů není potřeba řešit technologickou otázku detekce. Řídící jednotka od firmy Turck je pro použití s IP20, z toho důvodů musí být implementována do rozvodné skříně stejně jako 6-ti polohový přepínač.

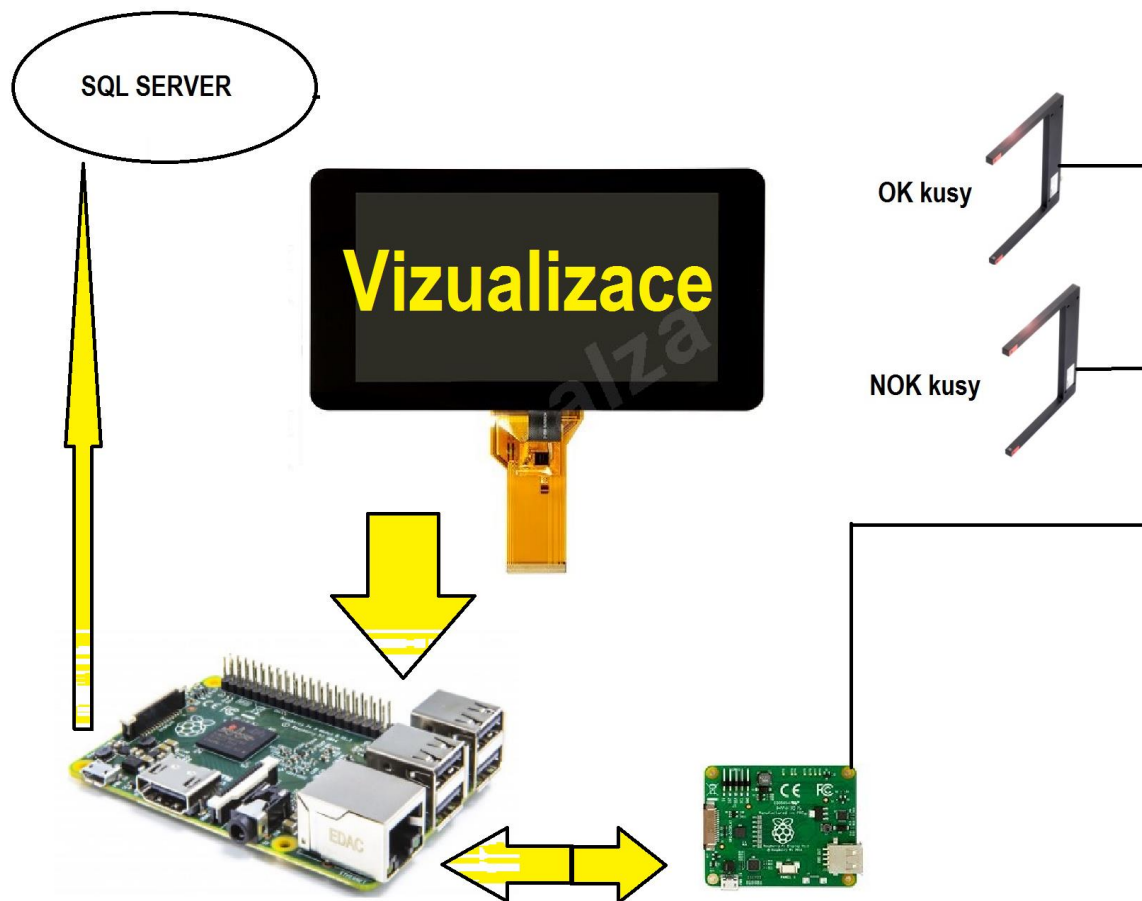
Tab. 5.: Kompletní sestava včetně dodavatelů

Turck FEN20-4DIP-4DXP	1	Turck s.r.o
Zdroj napájecí na DIN IP20, 35	1	elkov.cz
HW1S-5T22N3 -přepínač 5ti poziční	1	Rem technic s.r.o.
skříň 300/300/150	1	elkov.cz

5.4. Návrh technologie se zařízením Rapsberry

Pro výrobní linky, kde je potřeba vizualizace je vhodné řešení Rapsbery PC. Miniaturní jednodeskový mikropočítač RASPBERRY Pi 3 je pokračovatelem úspěšných počítačů založených na platformě ARM. Přináší několik novinek, jako je **výkonnější procesor a bezdrátová rozhraní WiFi a Bluetooth**. Pi 3 podporuje celou řadu operačních systémů a skvěle poslouží jako nástroj pro sběr a vyhodnocení dat.

Na platformě Windows 10 nebo CE je možnost naprogramovat aplikaci pro zadávání aktuálního stavu linky. Dodávané příslušenství, jako digitální vstupy a výstupy, dodává této aplikaci možnost vytvoření automatizace přímo prostřednictvím Rapsberry.



Obr. 18.: Návrh zapojení s vizualizací výrobního stavu

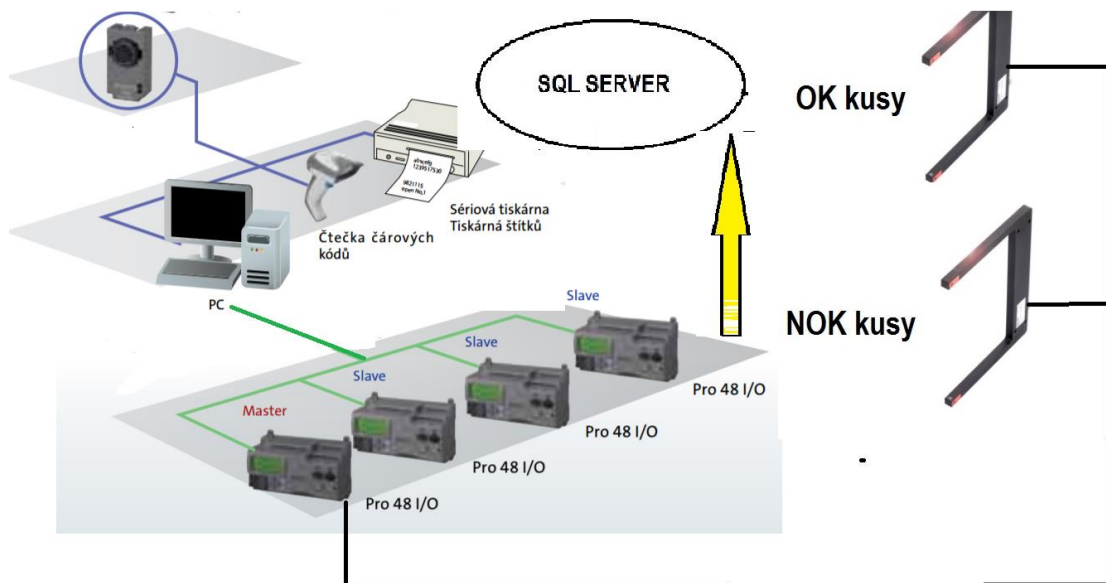
Zapojení je nutné umístit do příslušného boxu, kvůli IP20. Dotykový display 7“ je vhodným pro zobrazení vyrobených kusů a komplexní přehled dění na výrobní lince. Kromě zadávání výrobního statusu je možné ošetřit i chybové stavy na výrobní lince.

Tab. 6.: Kompletní sestava včetně dodavatelů

Rapsberry PC	1	Alza.cz
LCD(dotykové)	1	Alza.cz
SD karta	1	Alza.cz
skříň 300/300/150	1	elkov.cz

5.5. Smartaxis plc

Miniaturní PLC Smart axis vyhovuje protokolu Modbus a dokáže separátně komunikovat na SQL server. Lze jej použít jako Master a Slave, z toho důvodu je toto řešení vhodné pro zavedení mikroautomatizace na decentrální pracoviště. Pomocí rozšiřujících modulů se lze dostat až na 144 nezávislých vstupů a výstupů. Pomocí uživatelské komunikace umožňuje ovládat externí zařízení jako počítače a tiskárny a čtečky čárových kódů, což je s výhodou použito na uvolňování procesů. Díky rozhraní Ethernet je možné zařízení umístit separátně od sebe a zajistit tak komunikaci na vzdálených stanicích. S podporou vysokorychlostních čítačů je možné využití na výrobních linkách s tack timem menším než 0,5 vteřin . Uložení a přenos dat na externím zařízení je ochranou proti ztrátě dat.



Obr. 19.:Návrh zapojení s miniaturní automatizací

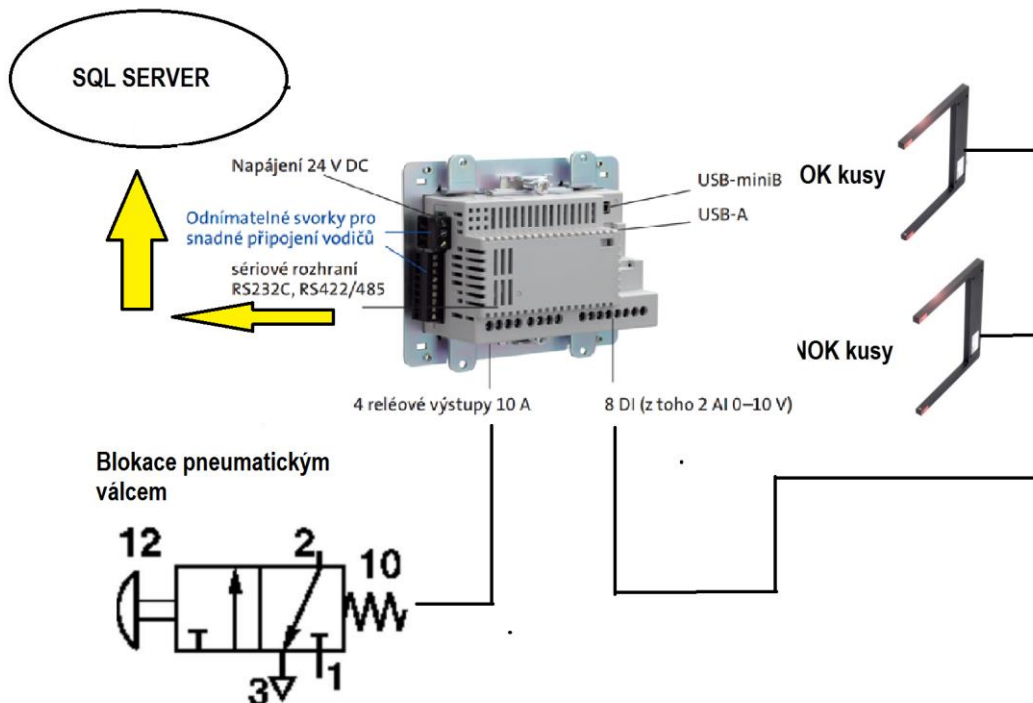
Výhoda miniautomatizace se využívá všude tam, kde je zapotřebí zajistit výrobní kvalitu. Skrze sensoriku je možné kontrolovat pohyb a práci operátora a zajistit přesně stejný postup práce pro každou operaci.

Tab. 7.: Kompletní sestava včetně dodavatelů 2

kompaktní PLC Smart axis FT1A-B24RA	1	Rem technic
Zdroj napájecí na DIN IP20, 35	1	elkov.cz
HW1S-5T22N3 -přepínač 5ti poziční	1	Rem technic s.r.o.
skříň 300/300/150	1	elkov.cz

5.6. PLC IDEC s dotykovým displejem

Řešení bez dotykového displeje a možností rozšíření digitálních vstupů až na 96 pomocí PLC IDEC . Výhoda je komunikace do vnějších systémů pomocí knihoven pomocí ethernetu nebo Modbus TCP. PLC nabízí rychlé zpracování instrukcí a uložení nebo přenos dat pomocí SD karty v kombinaci s dalším systémem, umožňuje i mikro automatizaci jako jsou odmítací tuby a jednoduchá pracoviště. PLC má v sobě zabudované plnohodnotné FT1A, integrované rozhraní Ethernet, RS232 a USB-A. 8 digitálních vstupů (z toho 2 vstupy lze použít jako analogové) + 4 reléové výstupy 10 A nebo 4 tranzistorové výstupy PNP. Možnost rozšíření skrze releové karty pomáhá ovládat výkonové prvky. Rychlé zpracování instrukcí až 1850 us/1000 programových kroků. Velká paměť až 48 kb pro PLC a 5 mB pro dotykový display neomezuje při programování. Záloha dat, jakož i jejich logování se provádí skrze USB flash disk.



Obr. 20 :Návrh zapojení s blokáci a automatizací

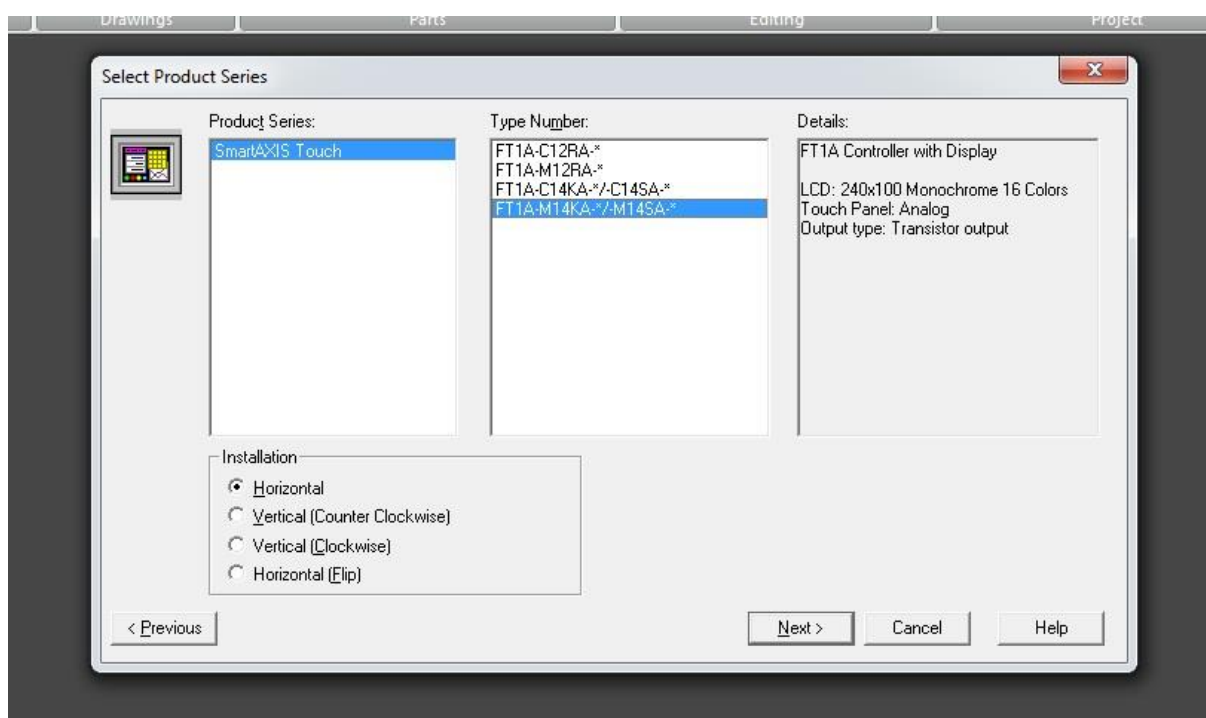
Tab. 8.: Kompletní sestava včetně dodavatelů 3

kompaktní PLC s dotykovým displejem	1	Rem technic
Zdroj napájecí na DIN IP20, 35	1	elkov.cz
skříň 300/300/150	1	elkov.cz

5.7. Návrh aplikace ve WindO/I

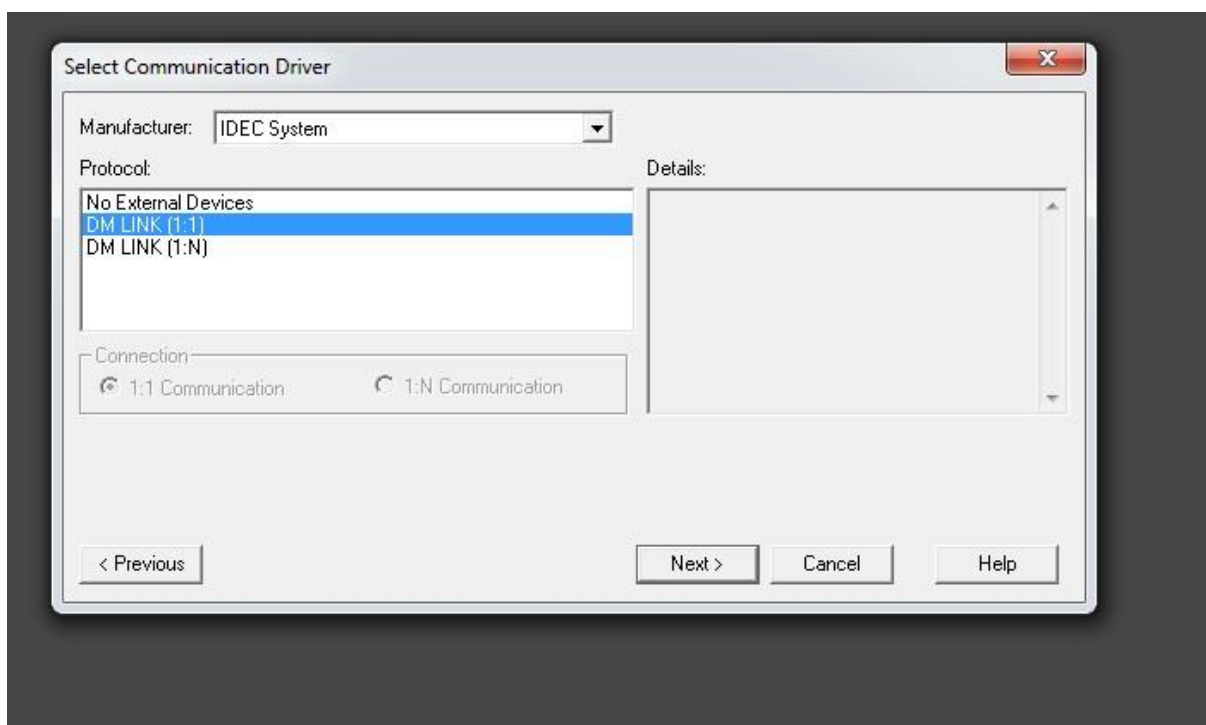
Programovací software WindO/I-NV3: ladder diagram, obsahuje velké grafické knihovny a podporuje vícejazyčné obrazovky, intuitivní a snadné programování napomáhá vytvoření kvalitní aplikace.

Pro vytvoření aplikace na sběr dat z výrobních linek je zapotřebí propojit systém s externím SQL serverem, kde budou data ukládána na přímo. Programovací software obsahuje knihovnu pro pro ovládání napřímo. Pro aplikaci se využije systém s 7“ displayem a 240*100 dpi s touch panelem.



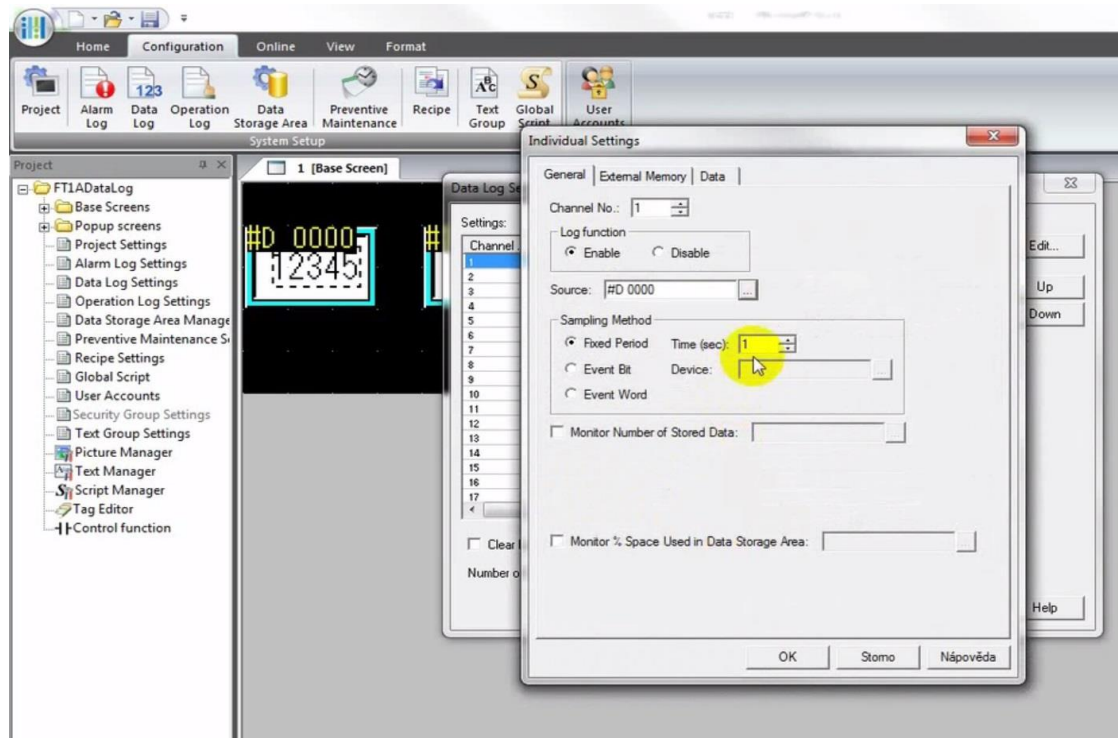
Obr. 21.: Instalace rozhraní

V praxi je možné se často setkat s potřebou ukládání dat proměnných do souboru pro pozdější zpracování v počítači nebo na databázovém serveru. Dotykový panel umožňuje ukládat data ve formátu CVS přímo na běžný Flash disk a k tomu slouží podpůrné funkce. Použití této funkce se aplikuje na všechny proměnné s aplikací pro sběr dat. Pokud budou proměnné které zaznamenávají počet OK a NOK kusů výrobní linky a selekce stavu připojeny na I1-I8, jsou to přesně ta data, a jsou potřeba logovat neboli ukládat. K dispozici je přes 20 kanálů, které je možné pro tento případ využít separátně. V praxi to znamená, že dvacet na sobě nezávislých hodnot může být ukládáno.



Obr.22.: Definice prořipojení k serveru 1:1

Každý kanál se musí separátně povolit. Pro tuto aplikaci se vystačí s kanály 1-9. Čas logování je vhodné nastavit tak, aby byl menší než jakýkoli tact time na lince. Standardně se loguje každou vteřinu, nicméně jsou i případy, kdy toto logování nestačí. Výpočetní kapacita procesoru je při nastavené jedné vteřině pouze 30 % a nezatěžuje tedy procesor natolik, aby byl chod aplikace nestabilní. Zatížení procesoru je funkce exponenciální, kdy zkrácení logování na 0,5 s je 70% zatížení procesoru. Po povolení kanálu se jako source zvolí daný vstup. V záložce external memory je nutné dát real time, tím se definuje ukládání do logu a do interního bufferu, a poté zápis nových dat na Flash disk v minutových intervalech.



Obr.23.:Datawarehousing pro statusy

Je nutné zvolit dostatečně velkou paměť pro každou proměnnou zvlášť. U Statusů linky stačí paměť pro 1024 proměnných, ale u počtu OK a NOK kusů by mohl buffer přetéct a získala by se špatná data. Z tohoto důvodu je použito pro tyto proměně 2048. Maximální počet na výrobní zakázku v IMI International je 2000 ks. Tímto je zajištěna funkce datalog pro uchovávání proměnných a zpětnou analýzu.

Aplikace v tomto režimu bez grafické části provozuje ukládání dat na základě připojení náběžné hrany signálu 24 V. Komunikace je provozována s SQL serverem napřímo. Grafická část bude zpracována po odsouhlasení vizualizace. V hlavní části programu byl ošetřen výpadek sítě a hlavně ukládání do interní paměti. Aplikace v tomto režimu již může samostatně běžet na základě multiotočného manuálního přepínače. Pro implementaci na výrobní linky je nutné schválit investici. Návrh byl v době odevzdání práce představen na výrobní lince a ověřena funkce v podobě jednotýdenního sběru informací. Tyto informace byly zpracovány a použity pro kalkulaci návratnosti a nutných investic.

5.8. Cenová kalkulace

Tato investice je realizována s důvodu implementace nového řešení pro řešení na klíč v automobilovém průmyslu- řešení nabízí částečný přehled dění na výrobních linkách pro neautomatizované výrobní linky pro plánovače a nákupčí.

Pro oficiální schválení projektu je třeba vyplnit a podepsat formulář umístěný na intranetu. Tento formulář obsahuje název projektu, jeho stručný popis, odhadované náklady, klíčová data a základní časovou osu. V tabulce 7 jsou výrobní linky rozčleněny na kategorie s odhadovanými náklady na kategorii. V IMI Brno existují výrobní linky i s plně zavedenými PC systémy, na těchto linkách je forma sběru již implementována a náklady na zavedení jsou minimální. Tuto skupiny reprezentuje písmeno A. Cena lidského zdroje práce v engineering oblasti je standardně 500 Kč/h.

Tab.9.: Cenové vyčíslení na výrobní typ linky

Cenová kalkulaceTyp linky	Počet linek IMI Brno	Náklady na zařízení (Kč) bez DPH	Engineering zdroje na 1 linku v hodinách	Cena lidského zdroje engineeringu Kč /h
A	50	909	2	500
B	130	7400	4	500
C	70	4909	5	500

V počáteční fázi byly externí náklady na realizaci kompletního projektu odhadnuty na 2 754 Kč. Ovšem, je třeba si uvědomit, že tato cenová kalkulace zahrnuje pouze interní kapacity – „nakupované“ náklady, celkové náklady jsou mnohem větší. Projekt by zaměstnával team lidí po dobu více než 6 měsíců, což už samo o sobě tento odhad několikanásobně překračuje.

Tab. 10.:Kompletní cenová kalkulace

kategorie	náklady dle kat. na linku	* linek v Kategorii		
A	1909	95450		
B	9400	1222000		
C	7409	518630		
suma nákladů		1836080	* koeficient 1,5 =>	2 754 120 Kč

5.8.1 Kalkulace nákladů a návratnosti

Doba, za kterou se určitá investice vrátí, je pochopitelně informací, která zajímá každého investora, bez ohledu na výši investovaných peněžních prostředků. Vedle dalších metod analýzy investic, je doba návratnosti také důležitým porovnávacím kritériem investičních projektů. Platí to jak pro investiční společnosti, tak i pro Automotive výrobní závody. Doba návratnosti se používá v několika variantách. Ve vztahu k projektu byla doba návratnosti stanovena na maximálně 2 roky, což je i jedna z podmínek schválení investice. Jako úsporu lze v případě tohoto projektu vykazovat úsporu v těchto oblastech:

- Úspora času při zapisování dat
- Úspora strojového času
- Navýšení výstupu z výrobní linky
- Zkrácení tact timu

5.9. Gantt chart

Pro uvolnění projektu bylo potřeba stanovit takzvaný Ganttův diagram neboli gantt chart. Ganttův diagram slouží k **naplánování projektu** a zobrazení jeho fází. Pokud se realizuje nějaký projekt, tak jedny z posledních stránek, které se generuje, obsahují harmonogram klíčových aktivit. A právě to je v principu Ganttův diagram. Ve sloupcích jsou uvedeny měsíce a jako řádky pak jednotlivé aktivity. Aktivita je zobrazena jako blok od počátečního do koncového měsíce, přičemž se ještě rozlišují barvy (což může určovat např. člověka, který aktivitu realizuje). Smyslem je **srozumitelně zobrazit projekt a jeho průběh**; bývá pak lépe srozumitelný všem lidem.

V případě projektu vizualizace OEE v Automotive závodě byl projekt ve stavu schválení v polovině roku 2017.

#	List of Activities	Planned (Months)		Actual (Months)			Show Gantt for:						Planned				
		Start	Duration	Start	Duration	Complete	6.17	7.17	8.17	9.17	10.17	11.17	12.17	1.18	2.18	3.18	4.18
1	Capex approval	6	1														
2	Order & delivery	7	2														
3	Completion	9	4														
4	Trial run and sampling	10	5														
5	Release for production (approval from customer)	12	4														

Obr. 24.: Gantt chart projektu

5.10. Navrhované přínosy v ostatních oblastech

Systém jako celek dokáže s připojením senzorky vizualizovat i data z nevýrobních oblastí výrobní linky jako například data o pohybu materiálu – hmatatelný přínos je zajištěn v těch případech, kdy se přechází na systém JIT (just in Time) a je důležité udržet si přehled o stavu na skladu v reálném čase. Předchází se tak kritickým situacím a případným penále od odběratele.

Pokud se správně využijí data z nevýrobních oblastí lze zavést takzvané APS (advanced planning and scheduling – pokročilé plánování, neboli metodologie plánování do omezených kapacit. Přínosy jsou individuální podle míry použitelnosti dat. Analýzou měření práce, jejichž cílem je zanalyzovat vykonanou práci, je možno nalézt úzká místa v procesech. Při analýze práce jde především o identifikaci plýtvání v pracovních procesech. Cílem měření práce je určení spotřeby času specifikované práce. Spotřeba času může být stanovena na základě přímého (snímek pracovního dne, chronometráž ...), či nepřímého měření (MTM, MOST...). Výstupem analýzy a měření práce je norma spotřeby času.

6. Závěr

Nyní, když jsou takto roztřízené různé oblasti dat, je potřeba říct, že reálné systémy sběru dat jsou téměř vždy kombinací dvou nebo více těchto oblastí a případně i způsobů technického řešení sběru. Toto třídění by mělo hlavně pomoci lépe se orientovat a tím i lépe stanovit cíle, které by měl systém sběru dat splnit.

A na závěr je nutno zdůraznit myšlenku, kterou lze mezi řádky nalézt v celé této diplomové práci. Sběr dat přináší uživateli přidanou hodnotu pouze v případě, že klíčové údaje jsou sbírány automatizovaným způsobem. Je totiž ověřeno, že teprve v okamžiku, kdy je v tomto procesu eliminován lidský faktor, začínají získané informace fungovat jako spolehlivý nástroj pro motivaci pracovníků, kontrolu a podporu rozhodování. V IMI Precision Engineering je sběr dat a vyhodnocování OEE prioritou. Veliké portfolio produktů a tím i výrobních zařízení – linek však způsobuje nejednotnost ve sběru dat. Data jsou sbírána jak částečně papírovou formou a následně zadávána do systému, tak i automatickou formou bez přičinění operátorů. Po analýze skutečného stavu sběru dat v IMI a v souladu se současnými trendy sběru dat bylo jako optimální řešení zvoleno - úplná automatizace a vyloučení operátorů z procesu sběru dat. Automatická forma je mnohem přesnější a vykazuje až o 40 % vyšší efektivnost a nižší chybovost a tím také snižuje náklady.

Pro správnou aplikaci řešení v IMI Precision Engineering bylo nejprve nutné výrobní zařízení rozdělit z hlediska technické vyspělosti na tři základní typy. Pro každý typ bylo poté navrženo vhodné řešení pro dosažení automatického sběru dat a tím položení základního kamene pro sjednocení sběru dat a následného vyhodnocení napříč všemi odděleními IMI Precision Engineering.

V této práci je zahrnuto přesné vyčíslení nutných investic a jejich návratnosti pro realizaci plně automatického sběru dat. Aplikace navržená centrálně pro plánovače běží ve zkušební verzi pro oddělení APU4. Nicméně z dostupných zdrojů a empiricky zjištěné zvýšení efektivnosti, lze předpokládat úsporu. Obzvláště v době rostoucích platů a nízké nezaměstnanosti na trhu práce je pro zaměstnavatele mnohem výhodnější, když operátor vyrábí a nevyplňuje dokumenty potřebné pro sběr dat.

7. Použité zdroje

[1] KRÁLOVÁ, Lenka. *Výkonnost výrobních procesů ve strojírenské firmě*. Jihlava, 2013. Bakalářská práce. VYSOKÁ ŠKOLA POLYTECHNICKÁ JIHLAVA. Vedoucí práce Ing. Petr Tyráček, Ph.D., MBA.

[2] Štíhlá výroba. *Wikipedia* [online]. [cit. 2015-12-17]. Dostupné z: WIKIPEDIA. Štíhlá výroba [online]. [cit. 2015-12-17]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0t%C3%ADhl%C3%A1_v%C3%BDroba

[3] SLÁMA, Lubomír. Čtyři praktické kroky k plnohodnotné implementaci a využití OEE. *Řízení & údržba průmyslového podniku*. 2011, **2011**(3): 2.

[4] OEE Factors. VORNE INDUSTRIES, Inc. OEE [online]. Itasca, IL, USA, 2012 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://www.oeefoundation.org/origin-of-oeefactors.html>

[5] VOLKO, Vladimír. Co je to: "OEE"? Ing. Vladimír Volko: lektor & konzultant v oblasti zvyšování výkonnosti podniku [online]. 2009 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.volko.cz/co-je-to-oeefactors.html>

[6] Where do OEE and TPM originate?. OEE FOUNDATION. OEE Foundation: Profound Knowledge about OEE [online]. 2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.oeefoundation.org/origin-of-oeefactors.html>

[7] *Člověkohodina* [online]. 2007, 2009 [cit. 2015-12-17]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Clov%C4%9Bkohodina>

[8] RAUSCHEROVÁ, Lucie. Zlepšení procesů výrobní firmy. Jihlava, 2012. Bakalářská práce. Vysoká škola polytechnická Jihlava. Vedoucí práce Ing. Petr Tyráček, Ph.D., MBA. [3] NEČADOVÁ, Věra. VŠPJ. Základy podnikové ekonomiky. Jihlava, 2008, 142 s. ISBN 978-80-87035-16-0.

[9] Co je OEE [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.oeefoundation.org/origin-of-oeefactors.html>

[10] *9Sidat komplexni automatizace* [online]. [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://www.sidat.cz/komplexni-automatizace/plc/>

[11] *Organizační struktura* [online]. In: . [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: [11https://managementmania.com/cs/maticova-organizacni-struktura](https://managementmania.com/cs/maticova-organizacni-struktura)

[12] MARKOVIČOVÁ, R. Studie optimalizace plánování výroby. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2015. 77 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc..

[13] *Uvod-do-automatizovaneho-sberu-dat-ve-vyrobe* [online]. In: . [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/uvod-do-automatizovaneho-sberu-dat-ve-vyrobe.htm>

[14] Datová kapacita [online]. In: . [cit. 2017-05-05]. Dostupné z: <http://www.jednotky.cz/datova-kapacita/bit/>

[15] Automatizovaný sběr dat ve výrobním procesu, IT Systems 4/2001
Slavomír Skopalík, Sběr dat z výroby z pohledu systémového integrátora, Automa 6/2004

8. Seznam symbolů, veličin a zkratek

WO – Work order

OEE – Overall Equipment efficiency

DB – databáze

FPY – průchodnost procesem

EFF – efektivita

AVA – dostupnost zařízení

SCRAP- zmetky ve výrobě

APU – jednotka které podléhá management a výroba

OPC – mikroprocesorem řízené zařízení

FRL – filter regulation lubricator

MPS – Master Production Schedule

APS- (advanced planning and Scheduling) – pokročilé plánování, soubor nástrojů / metodologie plánování do omezených kapacit

JIT (Just-in-time) – metoda řízení výroby

KPI (key performance indicators) – klíčové ukazatele výkonu

Lean manufacturing – štíhlá výroba, jedná se o metodologii řízení výroby „jak za méně vyrobít více“

OPC (Object Linking and Embedding for Process Control) – standard průmyslové komunikace

TOC (Theory of Constraints) – teorie omezení, metodologie řízení výrobního podniku

9. Přílohy

Objednávka číslo: [REDACTED]

Vyřizuje: Tomáš Poledník
Mobil: +420 739 482 173
E-mail: tomas.polednik@imi-precision.com

Dodavatel

V Modřicích dne: 16.5.2017

Vážená paní,
za základě naší emailové komunikace objednávám zboží:

Popis	Množství	Dodavatel	Cena bez DPH
Turck FEN20-4DIP-4DXP	1	Turck s.r.o	4 172,00 Kč
Zdroj napájecí na DIN IP20, 35	1	elkov.cz	390,00 Kč
HW15-5T22N3 -přepínač 5ti pozíční	1	Rem technic s.r.o.	510,00 Kč
skříň 300/300/150	1	elkov.cz	910,00 Kč
doprava komponent	1		300,00 Kč

CELKEM bez DPH: 6 282,00 Kč

Prosím uvádějte na faktuře naše interní číslo objednávky: **0**

Prosím o doručení zboží na dodací adresu:

IMI Precision Engineering
Tomáš Poledník
CTP Evropská 852
664 42 Modřice
Czech Republic

Fakturační adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
Central Trade Park – D1 č. p. 1573
396 01 Humpolec
IČO: 23692089
DIČ: CZ23692089

Dodací adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
IMI Precision Engineering
CTP Evropská 852
664 42 Modřice

F-LOG-00014 Rev.AB

*Engineering
GREAT
Solutions*

 IMI NORGREN

 IMI BUSCHJOST

 IMI PAS

 IMI MERION

 IMI MAXSEAL

Zapsaný v obchodním
rejstříku u KS v Českých
Budějovicích, oddíl C, vložka
10770.

Objednávka číslo: XXXXXXXXXX

Vyřizuje: Tomáš Poledník
Mobil: +420 739 482 173
E-mail: tomas.polednik@imi-precision.com

Dodavatel

V Modřicích dne: 16.5.2017

Vážená paní,
za základě naší emailové komunikace objednávám zboží:

Popis	Množství	Dodavatel	Cena bez DPH
Rapsberry PC	1	Alza.cz	1 300,00 Kč
LCD(dotykové)	1	Alza.cz	2 100,00 Kč
SD karta	1	Alza.cz	299,00 Kč
skříň 300/300/150	1	elkov.cz	910,00 Kč
doprava komponent	1		300,00 Kč

CELKEM bez DPH: 4 909,00 Kč

Prosím uvádějte na faktuře naše interní číslo objednávky: **0**

Prosím o doručení zboží na dodací adresu:

IMI Precision Engineering
Tomáš Poledník
CTP Evropská 852
664 42 Modřice
Czech Republic

Fakturační adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
Central Trade Park – D1 Č. p. 1573
396 01 Humpolec
IČO: 25692089
DIČ: CZ25692089

Dodací adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
IMI Precision Engineering
CTP Evropská 852
664 42 Modřice

F-LOG-00014 Rev.A8

*Engineering
GREAT
Solutions*

 IMI NORGREN

 IMI BUSCHJOST

 IMI PAS

 IMI HERION

 IMI MAXSEAL

Zapsaný v obchodním
rejstříku u KS v Českých
Budějovicích, oddíl C, vložka
10770.

Objednávka číslo: [REDACTED]

Vyřizuje: Tomáš Poledník
Mobil: +420 739 482 173
E-mail: tomas.polednik@imi-precision.com

Dodavatel

V Modřicích dne: 16.5.2017

Vážená paní,
za základě naší emailové komunikace objednávám zboží:

Popis	Množství	Dodavatel	Cena bez DPH
kompaktní PLC Smart axis FT1A-B24RA	1	Rem technic	3 495,00 Kč
Zdroj napájecí na DIN IP20, 35	1	elkov.cz	390,00 Kč
HW1S-5T22N3 -přepínač 5ti poziční	1	Rem technic s.r.o.	510,00 Kč
skříň 300/300/150	1	elkov.cz	910,00 Kč
doprava komponent	1		300,00 Kč

CELKEM bez DPH: 5 605,00 Kč

Prosím uvádějte na faktuře naše interní číslo objednávky: **0**

Prosím o doručení zboží na dodací adresu:

IMI Precision Engineering
Tomáš Poledník
CTP Evropská 852
664 42 Modřice
Czech Republic

Fakturační adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
Central Trade Park – D1 ě. p. 1373
396 01 Humpolec
IČO: 25692089
DIČ: CZ25692089

Dodací adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
IMI Precision Engineering
CTP Evropská 852
664 42 Modřice

F-LOG-00014 Rev.A8

*Engineering
GREAT
Solutions*

 IMI NORGREN

 IMI BUSCHJOST

 IMI FAS

 IMI MERION

 IMI MAXSEAL

Zapsaný v obchodním
rejstříku u KS v Českých
Budějovicích, oddíl C, vložka
10770.

Objednávka číslo: [REDACTED]

Vyřizuje: Tomáš Poledník
Mobil: +420 739 482 173
E-mail: tomas.polednik@imi-precision.com

Dodavatel

V Modřicích dne: 16.5.2017

Vážená paní,
za základě naší emailové komunikace objednávám zboží:

Popis	Množství	Dodavatel	Cena bez DPH
kompaktní PLC s dotykovým displejem	1	Rem technic	5 800,00 Kč
Zdroj napájecí na DIN IP20, 35	1	elkov.cz	390,00 Kč
skříň 300/300/150	1	elkov.cz	910,00 Kč
doprava komponent	1		300,00 Kč

CELKEM bez DPH: 7 400,00 Kč

Prosím uvádějte na faktuře naše interní číslo objednávky: **0**

Prosím o doručení zboží na dodací adresu:

IMI Precision Engineering
Tomáš Poledník
CTP Evropská 852
664 42 Modřice
Czech Republic

Fakturační adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
Central Trade Park – D1 č. p. 1573
396 01 Humpolec
IČO: 23692089
DIČ: CZ23692089

Dodací adresa:
IMI INTERNATIONAL, s. r. o
IMI Precision Engineering
CTP Evropská 852
664 42 Modřice

F-LOG-00014 Rev.AB

*Engineering
GREAT
Solutions*

 IMI NORGREN

 IMI BUSCHJOST

 IMI FAS

 IMI HERION

 IMI MAXSEAL

Zapsaný v obchodním
rejstříku u KS v Českých
Budějovicích, oddíl C, vložka
10770.