

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

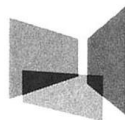
Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R087 Podniková ekonomika a management obchodu

Efektivita výrobního procesu při náběhu nových modelů na vybraném úseku montážní linky ve ŠKODA AUTO a.s. Bakalářská práce

Jiří SVĚTELSKÝ

Vedoucí práce: Ing. David Staš, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Jiří Světelský**

Studijní program: Ekonomika a management

Obor: Podniková ekonomika a management obchodu

Název tématu: **Efektivita výrobního procesu při náběhu nových modelů na vybraném úseku montážní linky ve ŠKODA AUTO**

Cíl: Analýza vymezeného úseku montážní linky se zaměřením na identifikaci výrobních faktorů, které při náběhu nových modelů významným způsobem ovlivňují efektivitu výrobního procesu. Standardizace postupu pro identifikaci klíčových výrobních faktorů a návrh opatření pro zkrácení náběhové fáze a dosažení maximální efektivity zkoumaného výrobního procesu.

Rámcový obsah:

1. Proveďte rešerši aktuálních trendů v rámci zkoumané problematiky.
2. Analyzujte aktuální stav vymezeného úseku montážní linky s cílem identifikovat výrobní faktory, které při náběhu nových modelů významným způsobem ovlivňují efektivitu výrobního procesu.
3. Standardizujte postup pro identifikaci klíčových výrobních faktorů. Navrhněte opatření pro zkrácení náběhové fáze a dosažení maximální efektivity zkoumaného výrobního procesu.
4. Pro navrhovaná řešení proveďte vyhodnocení v kontextu očekávaných přínosů, potenciálních překážek, souvisejících nákladů a realizačních termínů.

Rozsah práce: 25 – 30 stran

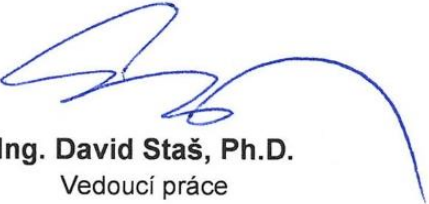
Seznam odborné literatury:

1. JUROVÁ, M. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vyd. Grada Publishing, 2016. 254 s. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.
2. TOMEK, G. – VÁVROVÁ, V. *Integrované řízení výroby*. Praha: Grada Publishing, 2014. 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5.
3. OHNO, T. *Toyota production system*. USA: Taylor & Francis Inc, 1988.
4. KHANNA, R B. *Production And Operations Management*. Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 2015. 632 s. ISBN 978-81-203-5121-9.

Datum zadání bakalářské práce: březen 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2019

L. S.



Ing. David Staš, Ph.D.
Vedoucí práce



prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.
Vedoucí katedry



Mgr. Petr Šulc
Prorektor ŠAVŠ



Jiří Světlý
Autor práce

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnicí OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne

Děkuji Ing. David Staš, Ph.D. za odborné vedení závěrečné práce, poskytování rad a informačních podkladů.

Obsah

Úvod.....	8
1 Aktuální trendy v řízení výrobního procesu.....	9
1.1 Udržitelnost	9
1.1.1 Ekonomické hledisko	10
1.1.2 Enviromentální hledisko.....	11
1.1.3 Sociální hledisko.....	13
1.2 World Class Manufacturing (WCM).....	14
1.2.1 TQM.....	15
1.2.2 EFQM	16
1.2.3 JIT.....	17
1.2.4 Lean Manufacturing	17
1.2.5 Six Sigma.....	17
1.2.6 Kaizen.....	18
1.3 Industry 4.0.....	19
1.3.1 Digitalizace	21
1.3.2 Automatizace	21
1.3.3 Autonomní automatizace	22
2 Analýza stavu výrobního úseku montážní linky	23
2.1 Představení podniku Škoda Auto a.s.	23
2.2 Vymezení zkoumané problematiky a oblasti řešení	24
2.3 Identifikace klíčových výrobních faktorů	24
2.3.1 Komplexita - výroba	24
2.3.2 Pracovní takt.....	25
2.3.3 OEE - Využitelnost montážní linky.....	25
2.3.4 Úroveň technické podpory a stupeň automatizace	26
2.3.5 Ergonomie	26
2.4 Analýza současného stavu.....	28
2.5 Vyhodnocení analýzy současného stavu zkoumaného pracoviště.....	29
3 Návrh opatření pro zlepšení současného stavu	31
3.1 Navrhovaný soubor technických opatření	31
3.2 Navrhovaný soubor organizačních opatření	32
4 Vyhodnocení očekávaných přínosů	34
4.1 Vyčíslení úspor – nákladů	35

5	Zobecnění postupu pro identifikaci klíčových výrobních faktorů	36
	Závěr	38
	Seznam literatury	39
	Seznam obrázků a tabulek	41
	Seznam příloh	42

Seznam použitých zkratk a symbolů

ŠA	Škoda Auto a.s.
IT	Informační technologie
CSR	Corporate Social Responsibility
GRI	Global Reporting Initiative
EMS	Systémy environmentálního managementu
ISO	International Organization for Standardization
WCM	World Class Manufacturing
EFQM	European Foundation for Quality Management
LM	Lean Manufacturing
JIT	Just-in-time
JIS	Just-in-sequence
OEE	Overall Equipment Effectiveness
HW	Hardware
SW	Software
VW	Volkswagen
PSI	Průmyslové inženýrství
VBZ	Pracnost
TZ	Čas taktu
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
NT	Náhradní technologie
ML	Montážní linka

Úvod

Automobilový průmysl se v dnešní době nachází na zcela ojedinělém bodě. Je to rozmezí, kdy je z jedné strany vyvíjen neustálý tlak na zvyšování produkce a kvality produktů a naopak z druhé strany je vyvíjen tlak na snižování počtu zaměstnanců, snižování výrobních časů a emisí produkovaných při výrobě. Všechny tyto aspekty vedou k jednomu řešení a to je efektivita výrobního procesu. I když je tento trend zefektivňování implementován ve výrobních závodech neustále, díky novým poznatkům, metodám, technologiím a nástrojům je vždy možnost, vytvořit pracoviště ještě efektivnější. Tímto tématem se zabývá tato práce.

Prvním motivem pro výběr tématu efektivita výrobního procesu při náběhu nových modelů na vybraném úseku montážní linky ve ŠKODA AUTO a.s. (dále jen ŠA) byla skutečnost, že výrobní linky v této firmě jsou velmi efektivní a na vysoké technologické úrovni. I když jsou nové modely automobilů rozdílné konstrukce, probíhá jejich integrace do stávajících výrobních linek. Zvýšit efektivitu pracoviště ve výrobním závodě ŠA při náběhu nového modelu je tedy skutečnou výzvou.

Práce je rozdělena do několika částí. Teoretická část práce je zaměřena na aktuální trendy v oblasti řízení výrobního procesu. Determinuje jednotlivé nástroje, které jsou využívány ke zvýšení efektivity výrobních linek a procesů jako například WCM, Industry 4.0 nebo soubor metod týkajících se udržitelnosti podniku. Tyto nástroje a metody jsou následně využity při návrhu řešení zvýšení efektivity.

Praktická část začíná představením podniku ŠA a analýzou pracoviště, které je předmětem zvýšení efektivity při náběhu nových modelů. Následuje vymezení zkoumaného problému a identifikace klíčových výrobních faktorů. Tyto faktory jsou na základě nástrojů a metod, popsanych v teoretické části, podrobeny kritickému zhodnocení.

V závěru práce je návrh opatření na zlepšení současného stavu úseku výrobní linky a vyhodnocení opatření s dopadem na úspory a nárůst efektivity. Následuje návrh na zobecnění postupu při identifikaci klíčových výrobních faktorů, které vedou ke zkrácení náběhové fáze.

1 Aktuální trendy v řízení výrobního procesu

Každý výrobní podnik, který chce zůstat konkurence schopný, generovat zisk a dlouhodobě prosperovat, se musí vyvíjet. Flexibilita a schopnost adaptace je dnes klíčová. Na řízení podniku je nutné nahlížet z komplexního hlediska a z mnoha úhlů pohledu, protože je zde velká konektivita. Podnik musí umět reagovat na změny trhu, být orientován na zákazníka, klást důraz na efektivitu výroby, kvalitu výrobků, přijímat sociální a environmentální zodpovědnost, být inovativní, klást důraz na komunikaci, propojitelnost, efektivní využívání zdrojů, zkrácení inovačního cyklu a mnoho dalšího. Všechny tyto aspekty spolu s rostoucím výkonem IT technologií a rostoucím využíváním bezdrátových přenosů dat, daly vzniknout mnoha metodám a nástrojům v oblasti řízení výrobních procesů.

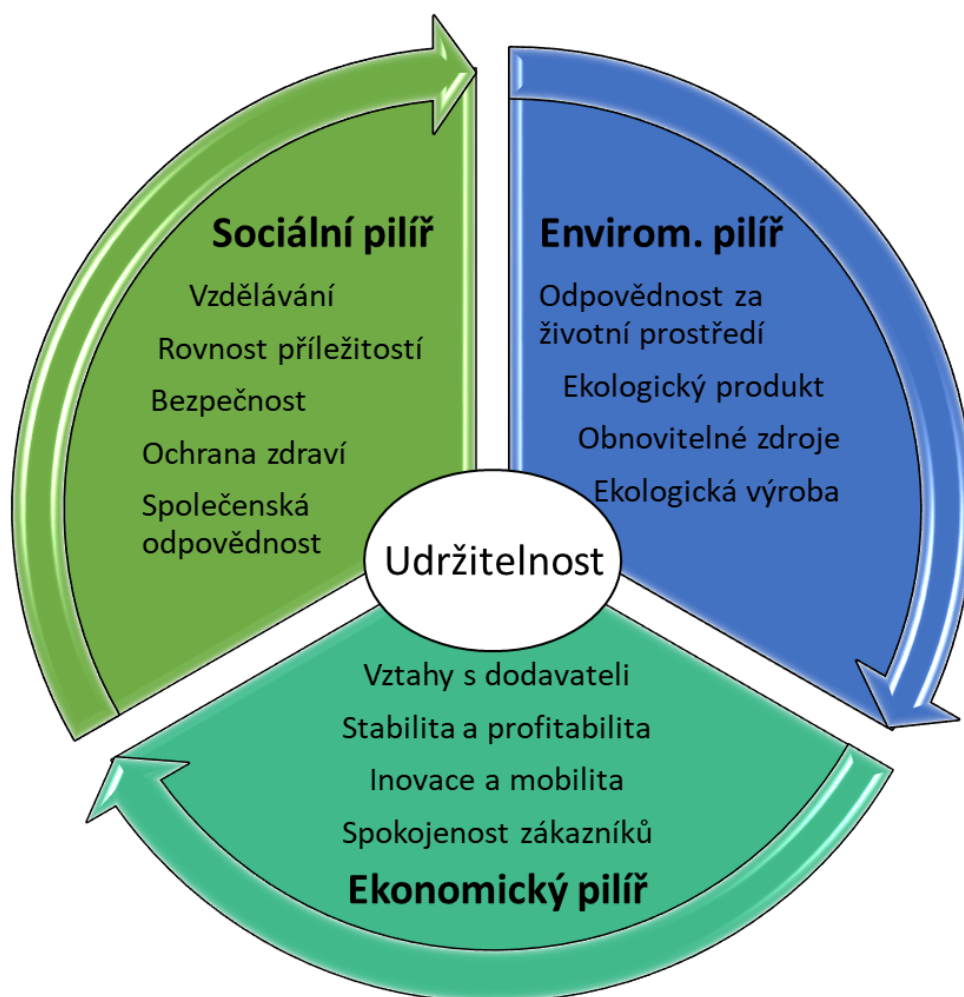
Tato kapitola se zabývá jednotlivými trendy a nástroji v oblasti řízení výroby. Charakterizuje metody, které značnou měrou přispívají k zefektivnění výrobního procesu.

1.1 Udržitelnost

Co je to udržitelnost? V kapitole 1 jsou popsány charakterové rysy podniku, které by se dali souhrnně popsat jako hospodářský a společenský rozvoj. Tyto rysy je pro rozvoj podniku nutné akceptovat a implementovat, ovšem ne za cenu negativních dopadů v jiných odvětvích. Pokud je rozvoj firmy v souladu s kapacitami ekosystémů, zachovává přírodní a společenské hodnoty, vyžaduje angažovanost i u všech zúčastněných stran (jako jsou dodavatelé, zaměstnanci, akcionáři, apod) zastává principy etického a transparentního chování, pak je firma společensky odpovědná. A právě tuto odpovědnost dnešní byznysmeni zahrnují do svých klíčových obchodních strategií.

Nejvyšší management společnosti ŠA je s pravidelností informován o stavu udržitelnosti a vývoji aktivit, které se zaměřují na tuto oblast. V návaznosti na udržitelnost vydává ŠA každé 2 roky zprávu, která komplexně popisuje celou strategii, jednotlivé aktivity a postup pro následující období. „Dnes existuje již sedmá zpráva za roky 2017/2018, která se řídí mezinárodně uznávanými směrnicemi Global Reporting Initiative (GRI)“. (ŠKODA AUTO a.s. 2019)

Udržitelnost Společnosti je postavena na sociálním, ekonomickém a environmentálním pilíři.



Zdroj: (Upraveno dle ŠKODA AUTO a.s. – Zpráva trvale udržitelného rozvoje, 2019)

Obr. 1 Tři charakteristické pilíře udržitelnosti

1.1.1 Ekonomické hledisko

Ekonomické hledisko neboli pilíř je charakterizován těmito klíčovými tématy.

1. Stablní růst a profitabilita

Pro rozvoj podniku v budoucnosti jsou nezbytné investice, které se musí slučovat se strategií a vývojem daného podniku. Nejčastěji se jedná o investice do infrastruktury, rozšiřování výrobních kapacit, expanze na zahraniční trhy, technologie a vývoj

2. Inovace a mobilita

Zvyšování výkonnosti a efektivity díky investicím do nových technologií a automatizačních systémů za podpory IT technologií a s tím spojené konektivitě, vede k vylepšení firemních procesů a ke stabilnímu růstu.

3. Vztahy s dodavateli – přesné požadavky, férovost jednání, transparentnost procesů a informací, dodržování interních standardů, to vše vede ke zlepšování vztahů a utváření trvale udržitelného dodavatelského řetězce.

4. Spokojenost zákazníků – investice do programů, které staví zákazníka do centra dění různých aktivit společnosti, optimalizace procesů, které ovlivňují veřejné mínění o značce, kvalitní a zodpovědný zákaznický servis, nabídka poprodejních služeb, zkrátka orientace na zákazníka přispívá z ekonomického hlediska k trvale udržitelnému rozvoji.

1.1.2 Enviromentální hledisko

Hlavním cílem je snížit dopad na životní prostředí. Vývoj, výroba a produkce jakéhokoliv výrobku je vždy spojena se spotřebou energie a zátěží na ekologii. V rámci trvale udržitelného rozvoje je nutné věnovat se tématům ekologie z pohledu produktu, výroby, dodavatelské sítě, distribuce, zkrátka všech svých podnikových činností. V prvních fázích strategie, zaměřené na snižování negativních dopadů do ekologie, vyházíme z bezchybného řízení a efektivní kontroly v souladu s normou ISO 14001 (environmentální řízení) a ISO 50001 (systémy energetického řízení). Tyto normy jsou součástí environmentálního managementu (EMS), které se stávají pevným článkem ve strategii organizace. (Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost, s.r.o. 2015).

Enviromentální pilíř je charakterizován těmito klíčovými tématy:

1. Odpovědnost za životní prostředí

V rámci snížení ekologické stopy by měl podnik stanovit nějaký target v rámci své strategie pro budoucí vývoj, podobně jak se píše v úvodu této kapitoly. Následně pro plnění targetu přijmout opatření, které budou dlouhodobě snižovat dopad na životní prostředí. Některé významné firmy například

přebírají odpovědnost tím, že se jejich zaměstnanci přímo podílejí na aktivitách zlepšujících kvalitu životního prostředí. Například sázení stromků, úklid a čištění krajiny kolem silnic či pravidelné přispívání do fondů životního prostředí.

2. Ekologický produkt

Produkty by neměly být co nejvíce ekologické jen po dobu své životnosti, ale také ve fázi recyklace. V případě ŠA se tedy toto téma zaměřuje na použití materiálů ve svých produktech z recyklovaných a recyklovatelných materiálů a na co nejnižší ekologickou stopu během životnosti a používání produktu. V dnešní době je velká část automobilů tvořená plasty, které se v přírodě rozkládají velmi dlouho. Je tedy nutné využití nových materiálů například uhlíkové vlákno, organické plasty apod. „Jedním z nejdůležitějších cílů v oblasti udržitelného rozvoje je do roku 2025 snížit o 30 % emise CO₂ produkované naším vozovým parkem.“ (Zpráva trvale udržitelného rozvoje 2019, str. 4)

3. Ekologická výroba

Ekologická výroba úzce souvisí s inovativními technologiemi. Využití nejmodernější technologie, která spotřebovává méně energie, stlačeného vzduchu, chladící vody, osvětlení, či tepla, lze ji řídit bezdrátově, její obsluha nevyžaduje přítomnost pracovníků a je v poměru ceny, kvality a rychlosti nejefektivnější, to je budoucnost. Je ovšem důležité umět vybalancovat, zda vysoká míra automatizace, která nahrazuje lidskou práci, není napájena neekologickým zdrojem energie jako tepelné elektrárny na uhlí či koks.

Do výroby jsou zahrnuti i dodavatelé, kteří jsou nedílnou součástí. Jejich filozofie podnikání by se měla shodovat s našimi postoji vůči ekologii. „V tomto roce posílíme naše standardy, týkající se compliance a ekologie. Například v oblasti nákupu budou mít ekologická kritéria u potenciálních obchodních partnerů již ve fázi udělování zakázek stejný význam jako kvalita, vývoj či logistika.“ (Zpráva trvale udržitelného rozvoje 2019, str. 4)

1.1.3 Sociální hledisko

Koncept společenské odpovědnosti hraje ve všech firmách klíčovou roli. Zaměstnavatel je vždy propojen se svými zaměstnanci, jejich rodinami a také lidmi ve městech, kde společnost sídlí nebo vyrábí své produkty. Být atraktivním zaměstnavatelem, který má pozitivní vztah s veřejností a svými zaměstnanci je opravdu důležité.

Sociální pilíř je charakterizován těmito klíčovými tématy:

1) Vzdělávání

Firma vždy byla a je z velké části postavena na zaměstnancích a jejich spokojenosti. V dnešní dynamické době, která se pořád vyvíjí a zrychluje, je nutné, aby se stejně vyvíjeli a vzdělávali i zaměstnanci. Týká se to všech vrstev v hierarchii podniku. Operátor se musí přizpůsobit a naučit novým technologiím souvisejícím například s nástupem Industry 4.0, který bude popsán v následujících kapitolách, a manager má zase spoustu podnětů, které z oblasti psychologie, andragogiky, motivování a řízení lidí může uplatnit v praxi.

2) Bezpečnost a ochrana zdraví

Pokud podnik není bezpečný, nemá rovné příležitosti a nedbá na ochranu zdraví svých zaměstnanců, neslučuje se jeho strategie s trvale udržitelným rozvojem. Snaha o neustálé zlepšování pracovních podmínek v oblasti bezpečnosti na pracovišti, ergonomie a všestranné ochrany zdraví zaměstnanců je pro budoucnost podniku klíčová.

Do tohoto tématu také spadá WORK-LIFE BALANCE což v překladu znamená harmonické spojení soukromého a pracovního života. Zaměstnavatel by se měl snažit využít různých flexibilních forem práce jako je třeba sdílení pracoviště neboli job sharing, home office či zkrácené pracovní úvazky.

„ŠKODA AUTO se zaměřuje především na bezpečnost silničního provozu, technické vzdělávání, pomoc dětem, bezbariérovou mobilitu, péči o zaměstnance a dobré vztahy s okolím.“ (Zpráva trvale udržitelného rozvoje 2019, str. 54)

3) Společenská odpovědnost

Výrobní i nevýrobní podniky mají vždy velký vliv na své okolí. Zátěž na infrastrukturu a sociální zázemí je v případě firem s několika tisíci zaměstnanci obrovská. Toto je nutné si uvědomovat a zahrnout do strategie podniku v rámci trvalé udržitelnosti. Spolupráce s regiony a jejich podpora v oblastech infrastruktury, vzdělávání, bezpečnosti a pomoci potřebným je cesta k trvalé udržitelnosti podniku.

„Koncept společenské odpovědnosti představuje pro společnost ŠKODA AUTO jeden ze zásadních pilířů strategie udržitelnosti. Projekty z oblasti CSR plánuje v souladu se strategickými záměry, které kombinují sociální i ekonomický užitek a zaručují dlouhodobou udržitelnost.“ (Zpráva trvale udržitelného rozvoje 2019, str. 67)

1.2 World Class Manufacturing (WCM)

Trend WCM je v oblasti výroby často pojmenováván jako filozofie, která zahrnuje ty nejefektivnější nástroje a metody v oblasti řízení, výroby, údržby, kvality, logistiky, apod. Všechny tyto oblasti sledují tři základní cíle:

- 1) Vyrábět produkt za co nejnižší náklady
- 2) Dodávat v požadovaném množství a čase
- 3) Dodržet nastavenou kvalitu

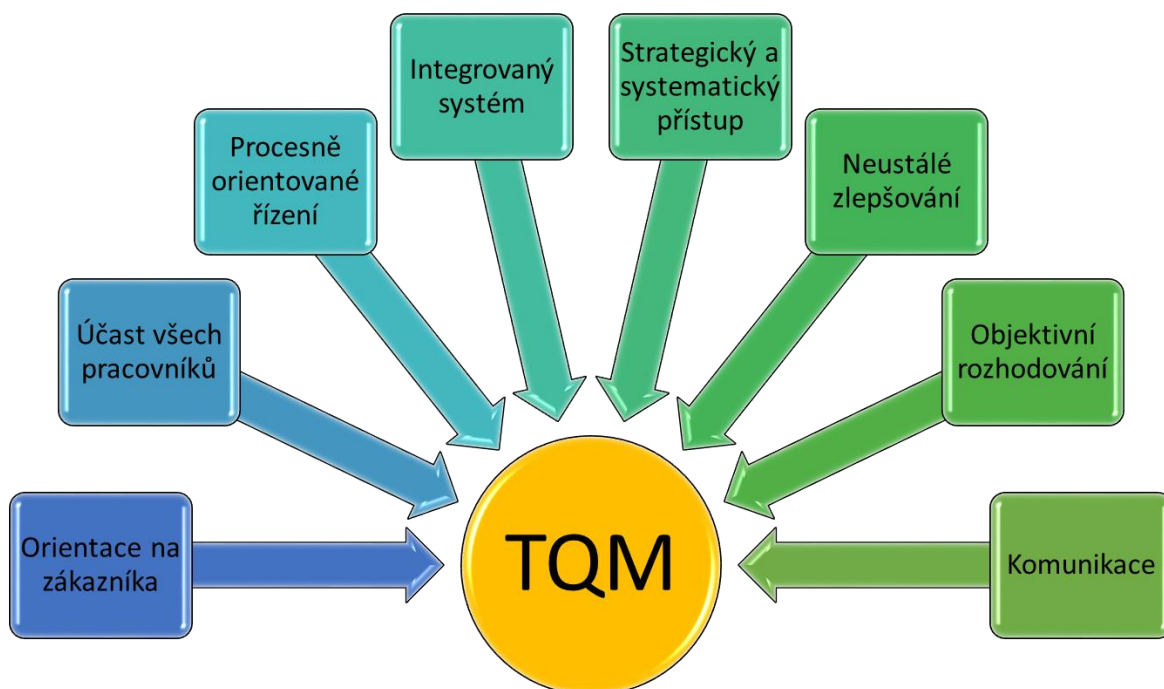
WCM je teorie, která vychází z ideálního stavu, který navrhuje procesy a motivuje pracovníky tak, aby nedocházelo ke ztrátám. Pokud budeme považovat reálný stav, pak řízení všech procesů se v rámci WCM soustředí na diferenci mezi ideálním stavem a reálným procesem. A právě tyto rozdíly se označují jako ztráty. Co je tedy základní filozofií WCM? Nebát se ztrát, naučit se s nimi pracovat a postupně je eliminovat. K eliminaci nám pomůže, když všichni pracovníci odpovědní za daný proces, budou motivováni tak, aby tento proces považovali za vlastní a díky tomu převzali iniciativu při jeho zlepšování. (Jurová, 2016)

Mezi metodiky WCM patří TQM, EFQM, JIT, Lean Manufacturing, Six Sigma, Kaizen. Tyto metodiky jsou v dalších kapitolách detailněji popsány.

1.2.1 TQM

Zkratka TQM znamená Total Quality Management a překládá se jako komplexní řízení kvality. Tento překlad vystihuje prakticky vše. Označení „Total“ znamená hlavně to, že tato metoda není jen pro oblast řízení kvality, ale stává se součástí strategie řízení firmy a to ve všech obdobích života firmy. Principy této metody se setkávají a doplňují ve všech úrovních řízení. Jsou do ní zapojení všichni pracovníci, kteří denně zlepšují svoje procesy, za které jsou zodpovědní. Charakteristickým rysem je pak soustředěnost na trvale spokojeného zákazníka. Dle ISO se TQM definuje takto: „TQM je manažerský přístup určený pro organizaci, soustředěný na kvalitu, založený na zapojení všech jejích členů a zaměřený na dlouhodobý úspěch dosahovaný prostřednictvím uspokojení zákazníka a prospěšnosti pro všechny členy organizace i pro společnost.“ (Managementmania, 2014)

Metodika TQM zastává tyto principy:



Zdroj: (Upraveno dle Marie Jurová, 2016)

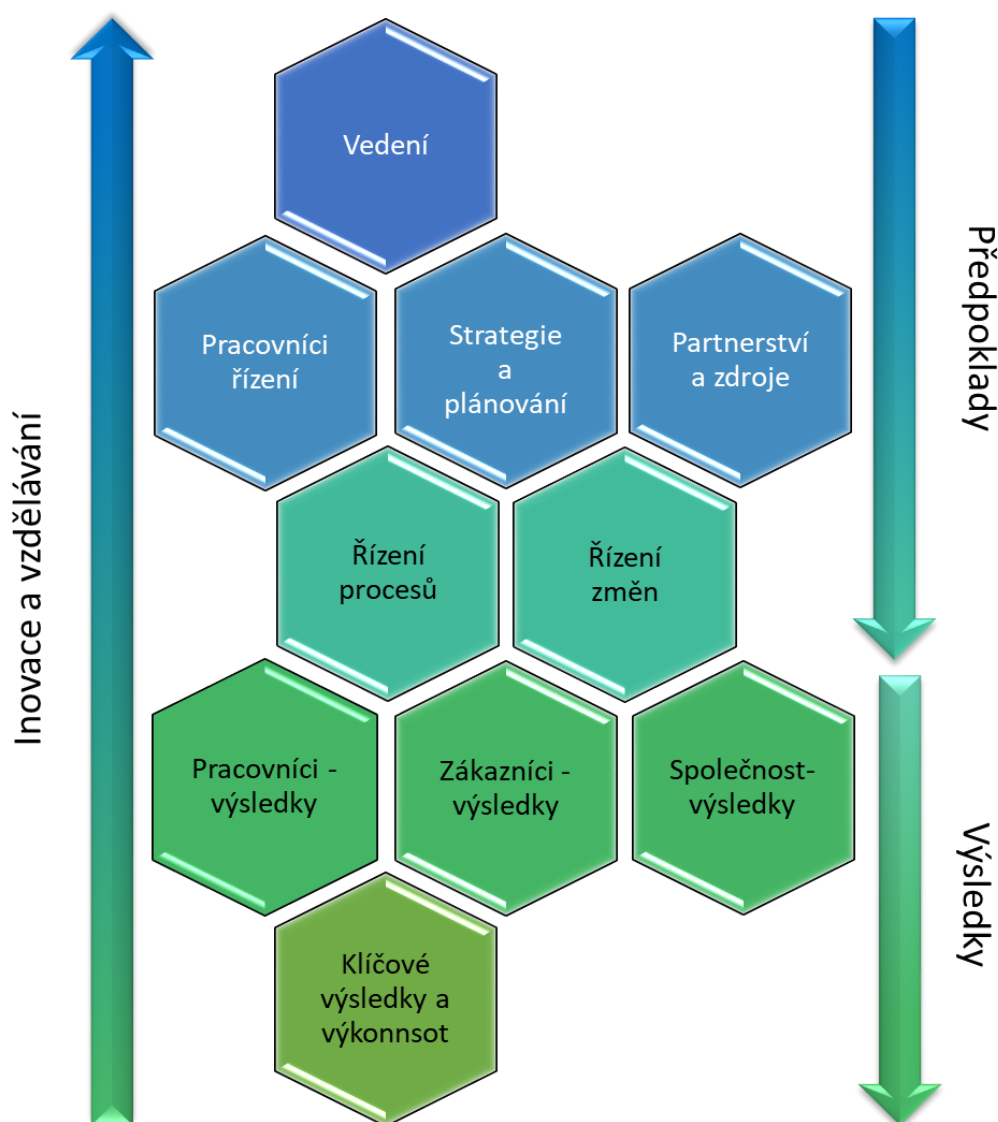
Obr. 2 Principy TQM

1.2.2 EFQM

Metodika vyvinutá firmou EFQM - European Foundation for Quality Management se nazývá EFQM Excellence Model. V překladu Model excellence se zabývá řízením jakosti v organizaci a charakterizují ho tyto body:

- 1) Nástroj pro sebereflexi
- 2) Ukazatel - co zlepšit
- 3) Manažerský systém pro organizaci
- 4) Způsob sjednocení terminologie

Struktura Modelu excellence:



Zdroj: (Upraveno dle ManagementMania, 2014)

Obr. 3 EFQM Excellence Model

1.2.3 JIT

Autorem této metody je japonská automobilka Toyota, jmenovitě Kichiro Toyoda (1894-1952) zakladatel společnosti. Proto se také někdy tomuto konceptu říká Toyota Production Systém. Rozmach JIT v západním světě nastal až po ropné krizi v 80. letech. JIT je zkratkou Just-in-time a je to logistický koncept navážení dílů do výroby přesně v ten moment, kdy je díl použit ve výrobním procesu. Snižuje se tím zátěž na logistické plochy, pohyb materiálu v podniku a jsou minimalizovány dopravní náklady. Existuje také JIS (Just-in-sequence). Je to stejný princip s rozdílem, že díly jsou nejen zaváženy v daný moment výroby, ale také v přesném vyspecifikovaném pořadí. Podnik využívající JIT nebo JIS dokáže lépe reagovat na změny, protože má nižší stav zásob. Tento vztah definuje Littleho zákon: Pokud snížíte stav zásob o polovinu, váš celkový čas zakázky se sníží také o polovinu. (Průmyslové inženýrství, 2018)

1.2.4 Lean Manufacturing

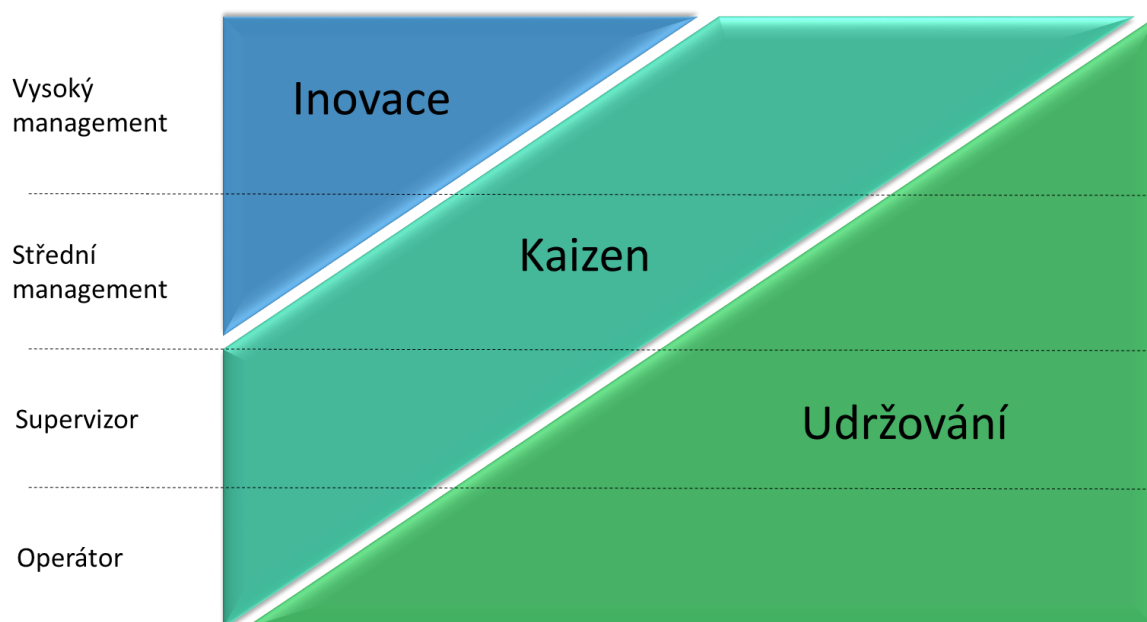
Lean manufacturing neboli štíhlá výroba je metoda optimalizace pracoviště tak, aby docházelo k jeho nejefektivnějšímu využití. To znamená co nejvyšší produktivita v co nejkratším čase s minimálními náklady v požadované kvalitě. (Ohno, 1988) Optimalizace pracovních podmínek je dnes základním stavebním kamenem každé výrobní sféry. Pracovník, stroje, logistika či údržba by, neměly zdlouhavě přemýšlet nad svou prací, neměli by překonávat vzdálenosti nebo nosit těžká břemena. (ENPRAG s.r.o. 2018) To vše zvyšuje čas a tím pádem peníze. Ve ŠA se tomuto tématu věnují oddělení jako je průmyslové inženýrství, oddělení ergonomie a plánování výroby. Díky jejich práci má každé pracoviště normu obsluhy, pracovníci nejsou přetěžováni a nedochází ke ztrátám.

1.2.5 Six Sigma

Tak jako TQM metoda řídí kvalitu dle požadavků zákazníka, tak je i Six Sigma zaměřená na neustálé zlepšování a organizaci dle potřeb zákazníků. Metoda využívá focus na neustálé inovace, analýzy procesů a standardizaci metod. Cílem metodiky Six Sigma je maximalizace zisku, minimalizace chyb a podpůrných procesů a efektivní využívání zdrojů. To vše vede k vyšší produktivitě. Spojením Lean Manufacturing a Six Sigma vzniká tzv. Lean Sigma, která využívá předností obou metod. (R. B. Khana, 2015)

1.2.6 Kaizen

Metodika Kaizen pochází opět z Japonska a jejím zakladatelem je Masaaki Imai. Je to složenina slov KAI – změna a ZEN – dobrý. Volně přeloženo zlepšování procesů. Kaizen klade důraz na zlepšování procesů ve všech úrovních řízení, ve všech sférách jako je osobní, sociální nebo profesní život a to neustále. Hlavní myšlenkou je, že i když je Kaizen pevně zakořeněný v řízení firmy, která má díky tomu propracovaný a skvěle organizovaný systém pracovních činností, stejně je pořád co zlepšovat a to neustále. Slovo neustále upozorňuje na fakt, že se všechno stále vyvíjí a je nutné se adaptovat. To co požadovali zákazníci a trh včera už nemusí platit dnes. (Svět produktivity, 2012)



Zdroj: (Upraveno dle Svět produktivity, 2012)

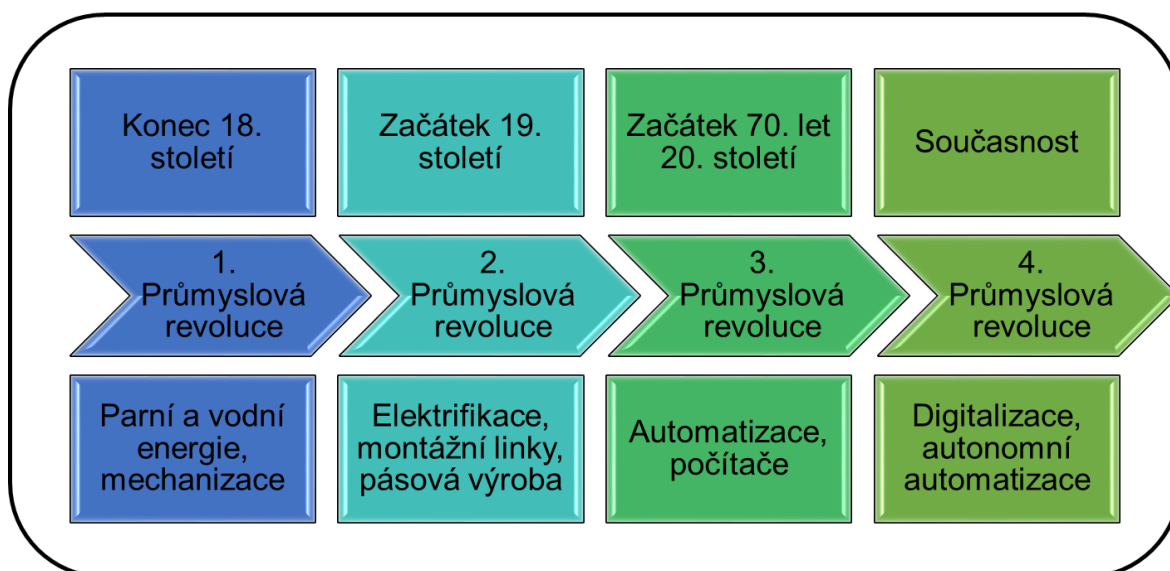
Obr. 4 Struktura dle Kaizen

1.3 Industry 4.0

Industry 4.0 je všeobecný název pro čtvrtou průmyslovou revoluci, která je dnes již celosvětovou iniciativou lídrů všech velkých firem a průmyslových korporátních společností. Tento pojem označuje novou éru propojení reálného průmyslu a virtuálního světa. To vše v rámci udržitelnosti a trvalého rozvoje, tak jak je uvedeno v předešlých kapitolách.

Počátek tohoto konceptu byl představen v Německu v roce 2013 na veletrhu v Hannoveru. Tendence o zavedení kyberneticko-fyzikálních systémů se objevili již v roce 2011 a to díky zvyšujícímu se tlaku na vyšší výkon výroby, úsporu personálu a efektivnější řízení kvality a jakosti. (Vojáček, 2016)

4. Stupně průmyslové revoluce



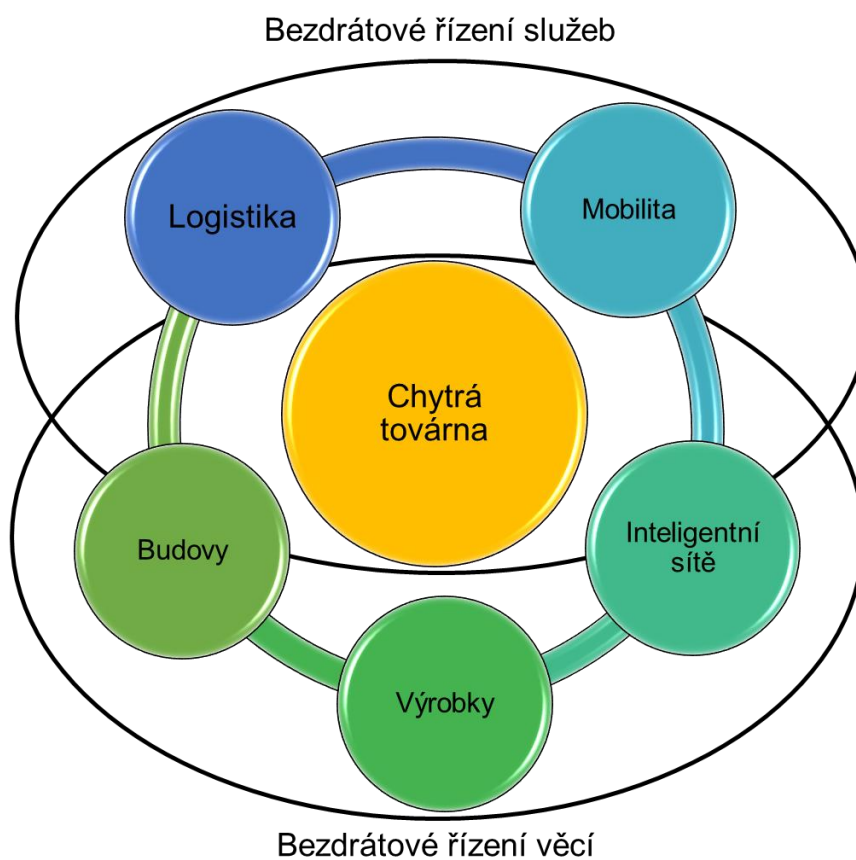
Zdroj: (Upraveno dle Vojáček, 2016)

Obr. 5 Stupně průmyslové revoluce

Hlavní koncepcí programu Industry 4.0, je ovládání komplexního systému, užívání automatizačních modelů, standardizace, organizace aktivit, transformace pracovních pozic, efektivní využívání zdrojů, vysoká konektivita, bezpečnost, vzdělávání a trvalý růst a dostatečná infrastruktura. (Jurová, 2016)

Mezi nejdůležitějšími nástroji, které spadají pod program Industry 4.0 je automatizace, digitalizace, online propojení, sdílení dat v cloudových úložištích, prediktivní údržba, autokonfigurace a bezdrátové řízení pomocí vysokorychlostního internetu. Díky těmto nástrojům není nutné, aby neergonomické či jednoduché

opakující se činnosti prováděl člověk. Naopak vzniknou nová pracovní místa, kde bude vyvíjen tlak na vyšší odbornost a kvalifikaci zaměstnanců.



Zdroj: (Upraveno dle Jurová, 2016)

Obr. 6 Prvky chytré továrny

Aplikovaný systém Industry 4.0 je též označována jako „chytrá továrna“, kde se díky novým technologiím, moderní digitální komunikaci a sdílení dat, umělé inteligenci a robotizaci ušetří nejen lidská manuální práce, která byla částečně nahrazena během 3. průmyslové revoluce, ale nahradí se také manuální práce spojená se zadáváním výrobních dat, postupů, diagnostikou, ovládáním, kontrolou či monitoringem. Chytrá továrna je budována na následujících principech (Tomek, 2014):

- 1) Zapojení zákazníků do podnikání
- 2) Zapojení obchodních partnerů do podnikání
- 3) Vysoká schopnost adaptace
- 4) Efektivní využívání zdrojů

1.3.1 Digitalizace

Jak již bylo zmíněno, mezi základní principy Industry 4.0 patří propojení všech systémů a jejich následná vizualizace.

Jak funguje chytrá továrna v praxi? Celé řízení výroby pobíhá online pomocí Wifi. Veškerá data o pohybech produktů, materiálu, zařízení a dokonce i pracovníků výroby, operátorů logistiky se sbírají do cloudových uložišť, kde se dále zpracovávají k řízení a kontrole.

Systém digitalizace enormně zkracuje nejen pracovní čas, ale také uvedení nového produktu na trh. Umožňuje vyšší flexibilitu výroby, která pomáhá s diferenciací mezi produkty a vysokou komplexitou. Díky přesnější kontrole je výsledkem i vyšší kvalita. Je nutné podotknout, že digitalizace je úzce propojená s ostatními prvky Industry 4.0, bez kterých by nebyla tak efektivní.

1.3.2 Automatizace

Automatizace je následující proces po mechanizaci a jak již bylo popsáno, týká se hlavně 3. průmyslové revoluce. Mechanizace je proces, kdy dochází ve větší či menší míře k vyřazení člověka z výrobního procesu. Jedná se tedy o nahrazení manuální lidské práce. Automatizace k tomuto procesu přidává ještě stroje, které dokáží sami vykonávat předem naprogramované úkoly. Všeobecně ale platí, že je zde stále nutný vstup činností člověka a to zejména v oblasti programování, řízení, kontroly, diagnostiky a údržby. Automatizace se dělí do několika skupin: (Havlíček, 2015)

Automatizace výrobních procesů - je zde přímá vazba na výrobu určitých produktů

Automatizace nevýrobních procesů – týká se služeb zejména v oblasti bankovníctví, telekomunikace, zdravotnictví, bezpečnost státu apod.

Automatizace komplexní – celkový proces je automatizován, vstup člověka je v plánování a strategickém řízení

Automatizace částečná – jen určité funkce a procesy jsou automatické

Stupně automatizace – 1. Autom. ovládání, 2. Autom. regulace, 3. Autom. řízení

V rámci Industry 4.0 je cílem automatizace stejně jako u digitalizace zvýšení produktivity, lepší využití zdrojů, snížení nákladů a velmi často také šetrnější řešení vůči přírodě.

1.3.3 Autonomní automatizace

Jedná se o rozšíření základní automatizace a to o tzv. umělou inteligenci. Pokud se zaměříme na průmyslovou automatizaci využívající roboty, narazíme na zaběhnutý koncept. Principem tohoto konceptu je, že roboti jsou řízení předem přesně naprogramovaným HW, který má přesně definovaný program. Tento program ovšem není adaptabilní a nedokáže se přizpůsobit neočekávaným okolnostem, které mohou během procesu výroby nastat. Ve většině případů dojde k odpojení zařízení v rámci bezpečnosti a chybovému hlášení, které řekne obsluze či údržbě, kde se vyskytl problém. Tomuto případu se samozřejmě programátor snaží předejít již při vývoji SW pro daného robota, nicméně nelze předem definovat, jaké neočekávané problémy mohou nastat.

Autonomní automatizace je navržena tak, aby dokázala problém přesně identifikovat, pokud možno opravit nebo odstranit a přizpůsobit se tak, aby k tomuto problému již nemohlo dojít. K tomu slouží již zmiňovaná umělá inteligence (dále jen UI), která nahrazuje předem stanovený řídicí program. UI je schopna samostatného učení a tedy i vyhodnocování, přizpůsobování a to vše automaticky. Dá se tedy říci, že si UI schopnost vykonávat nějakou činnost postupně osvojí až učením. Mezi přednosti umělé inteligence patří flexibilita a schopnost najít nejefektivnější řešení. Nevýhodou ovšem je požadavek na obrovské množství informací pro naučení stroje a tím pádem vysoká úroveň řídicího HW. (Vojáček, 2019)

I když je UI v některých oblastech používána, stále se jedná spíše o koncept budoucnosti. Vzhledem k náročnosti implementace a trvale velkému tlaku na spolehlivost a bezpečnost, je třeba ještě mnoho vyzkoušet, než bude tento systém nasazen do reálného provozu.

2 Analýza stavu výrobního úseku montážní linky

V této kapitole je nejprve představena společnost ŠA a její portfolio. Následně je popsán vybraný úsek montážní linky, kde je charakterizován zkoumaný problém. V rámci analýzy jsou identifikovány klíčové faktory, které při náběhu nových modelů významným způsobem ovlivňují efektivitu výrobního procesu.

2.1 Představení podniku Škoda Auto a.s.

ŠA je největším českým výrobcem v oblasti automotive. Hlavní závod je umístěn ve městě Mladá Boleslav, kde je také sídlo společnosti spolu s vedením. Další dva závody jsou v Kvasinách na Rychnovsku a ve městě Vrchlabí, kde se vyrábí komponenty pro agregáty. V roce 1991 se firma stala součástí německého koncernu VW Group, který sídlí ve Wolfsburgu. Spojením těchto firem došlo ke sdílení technologií a know-how. Nejen díky tomu je ŠA dlouhodobě největším českým exportérem a také jedním z největších českých zaměstnavatelů.

Historie firmy je datována do roku 1925 a počátky firmy jsou spjaty se společností Laurin & Klement, později se Škodovými závody v Plzni. Kromě závodů v ČR vznikají vozy Škoda i na Slovensku, v Indii, Rusku a Číně v různých továrnách koncernu VW. Menší množství automobilů se montuje u smluvních partnerů v Kazachstánu (JSC Azia Avto, město Ůskemen), na Ukrajině (firma ZAT Evrocar, obec Solomonovo) a v Alžírsku (spolupráce koncernu VW a lokální firmy SOVAC, město Relizane). (ŠKODA AUTO a.s. 2019) Aktuálně vyráběné modely jsou:



Zdroj: (Upraveno dle ŠKODA AUTO a.s., 2019)

Obr. 8 Aktuální modely vozů

2.2 Vymezení zkoumané problematiky a oblasti řešení

S příchodem nového modelu X a Y se v rámci udržitelnosti a jeho environmentálního pilíře změnili parametry spotřeby a emisí. To sebou přináší i změny na motorové jednotce, která díky tomu podléhá diferencii oproti stávajícímu modelu Z. V rámci nedostatku prostoru ve výrobní hale, je nutné výrobu těchto nových agregátů zaintegrovat do stávající montážní linky. To znamená, že se budou vyrábět všechny typy motorů u všech tří modelů na jedné lince. Vlivem konstrukčních změn dochází k nárůstu komplexity a s tím spojené vyšší riziko chybovosti, stávající linka nemá odpovídající technologii ani nářadí pro vícero typů a tím se výrazně i zhoršuje výrobní čas. Klíčové výrobní faktory, které ovlivňují daný úsek výrobní linky, si podrobněji popíšeme v dalších kapitolách.

I když je motorových jednotek, pro všechny tři modely vozů, vyráběno více typů (v závislosti na výkonu, druhu paliva, obsahu atd.) týká se zkoumaná problematika dílů klimakompresoru a alternátoru a to průřezem všech typů motoru. Proto bude kategorizace pro lepší přehlednost následující:

Modely vozů X a Y – motor A

Model vozu Z – motor B

V rámci této problematiky je nutné daný úsek linky optimalizovat a najít konstruktivní řešení, které povede k eliminaci nežádoucích vlivů při náběhu nových modelů X a Y.

2.3 Identifikace klíčových výrobních faktorů

Klíčovými faktory jsou míněné vstupy. Měřitelné, sledovatelné a porovnatelné vstupy, které nám při bližším zkoumání determinují vlastnosti daného výrobního úseku montážní linky. Klíčových faktorů je velmi velké množství a záleží, z jaké pozice se na to díváme. V rámci WCM metodiky jsou vyselektovány jen opravdu ty nejdůležitější a nejspecifičtější pro daný úsek. Mezi klíčové faktory také patří ještě BOZP, logistické procesy, legislativa, energetická náročnost apod.

2.3.1 Komplexita - výroba

Komplexita má velké konsekvence a dopady do výrobní linky. Znamená nárůst složitosti a určitou variabilitu montovaných dílů či komponent, která pak ovlivňuje

pracnost na daném úseku. Pokud je pracnost vysoká, vyžaduje delší pracovní čas a vyšší počet pracovníků. Tyto aspekty jsou úzce provázané a ve ŠA se jimi zabývá specializovaný útvar průmyslového inženýrství PSI. Průmysloví inženýři využívají metody Lean Manufacturing a optimalizují pracovní podmínky. Zahrnují do svých výpočtů pracnosti, nebol-li VBZ (zkratka z německého slova verbrauchte zeit), také chybovost pracovníků. Na základě výpočtů stanoví PSI počet pracovníku na daném úseku linky a přiřadí jim operace, které budou vykonávat.

VBZ je tedy vyčíslení časů všech operací všech pracovníků, které se porovnávají s časem taktu na daném úseku montážní linky.

2.3.2 Pracovní takt

Výrobní čas neboli čas taktu (TZ) je produktem nástroje Lean Manufacturing, který je popsán v úvodní kapitole. Čas taktu určuje, jak rychle musí daný proces na výrobní lince probíhat, aby došlo ke splnění výrobních cílů – ty jsou určovány potřebami zákazníků. Čas taktu je daný celou výrobní linkou, která v tomto čase taktu vyrábí produkty. Pokud tedy bude TZ například 1 minuta, znamená to, že všechny úseky montážní linky a všechny pracoviště, musí vyrábět a sestavovat produkt v tomto čase. Pokud je vše dodrženo, na konci linky máme každou minutu hotový jeden produkt.

2.3.3 OEE - Využitelnost montážní linky

OEE (Overall Equipment Effectiveness) znamená celkovou efektivitu zařízení - jak efektivně je využíváno. Technologická zařízení ve všech úrovních musí být stále připravená k provozu, aby nedocházelo k technologickým prostojům. V rámci Six Sigma metody je nutné technologii preventivně kontrolovat a udržovat. Oddělení údržby je proto nepostradatelnou složkou výroby a klíčovým faktorem z hlediska závadovosti. Vysoká závadovost způsobuje prostoje, které vedou ke ztrátám. Tento vztah je vyjádřený celkovým časem směny a časem prostojů vyjádřeným v procentech. Toto procentuální vyjádření je tzv. využitelnost. Příklad:

Doba směny 450 minut Doba prostojů 0 minut Využitelnost 100%

Doba směny 450 minut Doba prostojů 20 minut Využitelnost 95,6%

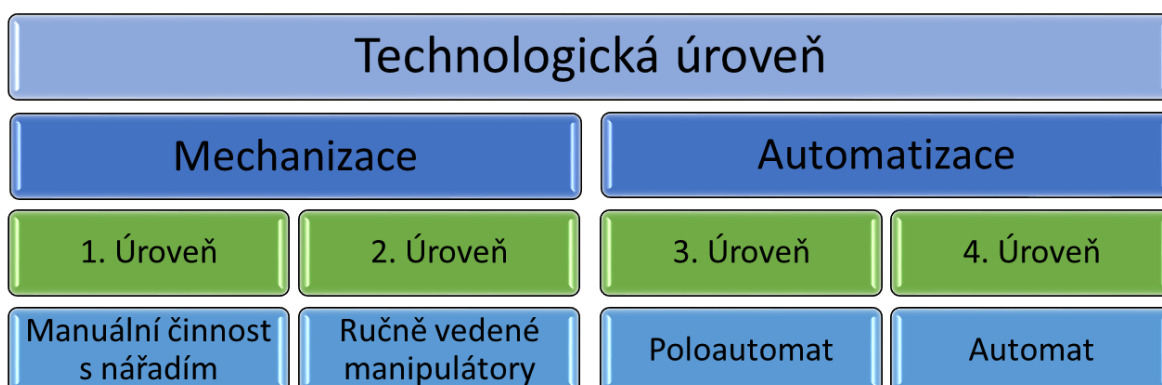
Ve Škoda Auto a.s. je technologie stavěná na využitelnost min. 98%.

Minuta prostoje pak v průměru vychází až na 1.000,- Kč

2.3.4 Úroveň technické podpory a stupeň automatizace

Klíčovým výrobním faktorem je samozřejmě také technologie, kterou dané pracoviště disponuje. Pokud máme porovnávat, vyhodnocovat a optimalizovat je nutné dokonale znát výrobní proces a technologii na daném úseku linky. Do technologie spadá i úroveň automatizace. Pro determinaci technologické úrovně budeme vycházet ze členění v tabulce níže:

Tab. 1 Technologická úroveň



Zdroj: Vlastní

2.3.5 Ergonomie

Ergonomie je vědním souborem náležícím do Lean Manufacturing. Zabývá se bezpečností a ochranou zdraví člověka v práci. Optimalizuje jeho pracovní podmínky v návaznosti na antropometrii a fyziologické potřeby jedince. To přispívá k lepším pracovním podmínkám a zvýšené výkonnosti.

V návaznosti na problematiku, kterou tato práce zkoumá, bude v této kapitole nahlíženo na ergonomii z pohledu manipulace s břemeny a pracovní polohu. Hodnota indexu rizika $R(i)$ bude stanovena na základě posouzení hodnotících kritérií manipulace s břemeny a pracovní polohy.

Metoda výpočtu fyzické zátěže při manipulaci s břemeny v závislosti na pracovních podmínkách se řídí dle ČSN EN 1005-2.

Hodnotící kritéria manipulace s břemeny:

- 1) Rozměry a hmotnost břemene
- 2) Úchopové vlastnosti

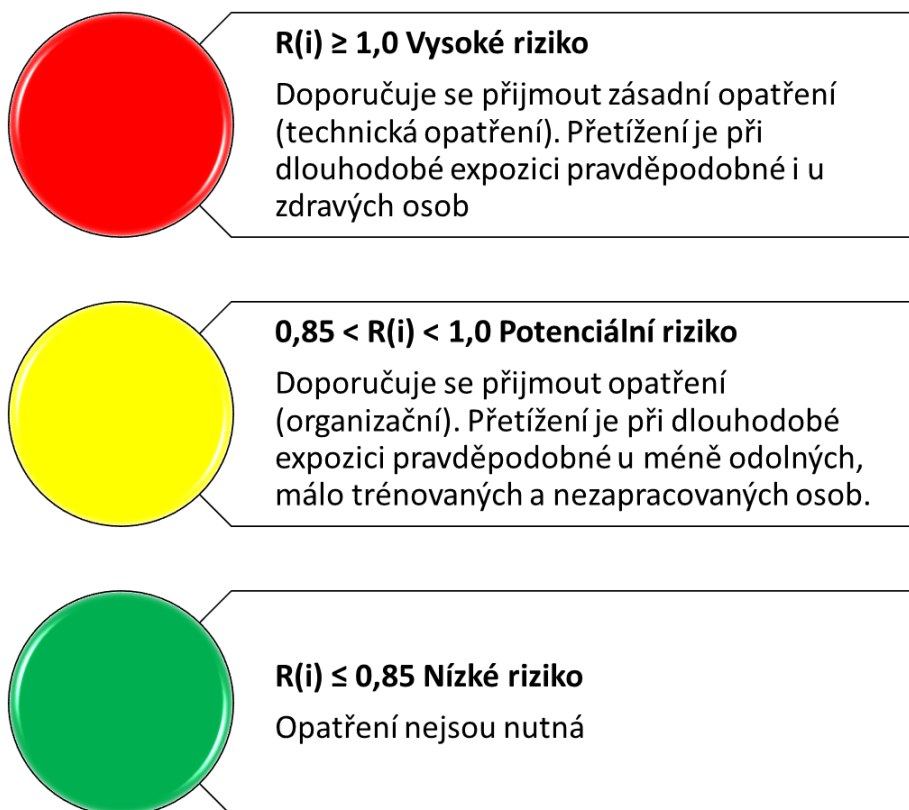
- 3) Vertikální poloha a posunutí břemene
- 4) Úhel asymetrie trupu
- 5) Frekvence úchopu břemene

Hodnotící kritéria pracovní polohy:

- 1) Nevhodná poloha paže (krajní rotace, zvednutí, ohnutí dozadu,...)
- 2) Vzpažení nebo upažení paže větší než 60°

R(i) - Index rizika poškození svalově – kosterního aparátu zaměstnance

Stanovení indexu rizika: R(i)



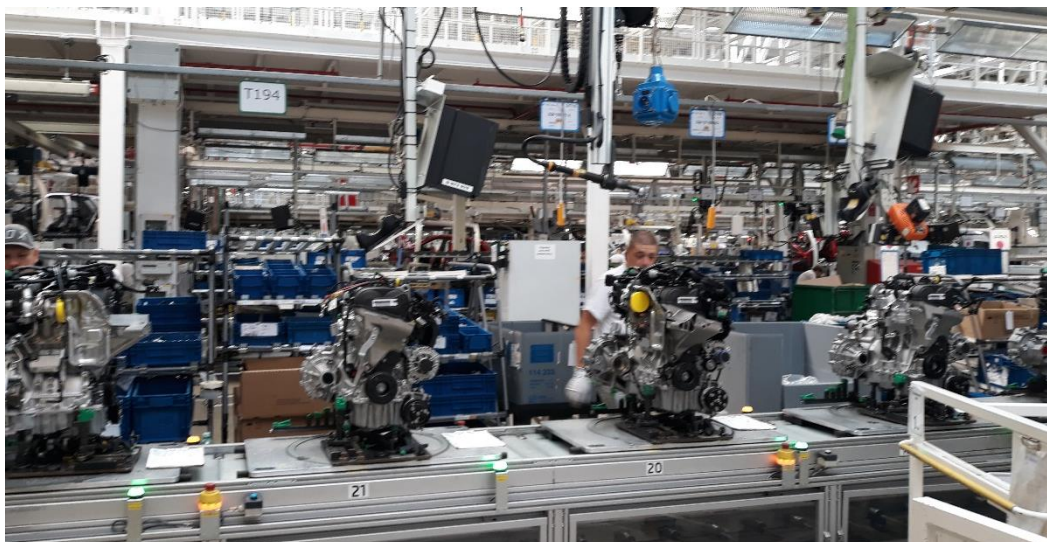
Zdroj: (Upraveno dle interních zdrojů ŠKODA AUTO a.s. – ZG Ochrana zdraví)

Obr. 9 Index ergonomického rizika

Pracovní místo každého zaměstnance musí být uspořádáno a koncipováno tak, aby pracovní roviny, pohybové prostory a vynakládané síly odpovídaly tělesným rozměrům a přirozeným drahám pohybů.

2.4 Analýza současného stavu

Pracoviště na předmontáži agregátu je na Stop & Go lince s časem taktu 58,8 s. Pracoviště obsluhují 2 pracovníci v každé ze 3 směn. VBZ je 114 sekund.



Zdroj: Vlastní

Obr. 10 Montážní linka

První pracovník předmontovává díly klimakompresoru a alternátoru. Druhý pracovník je usazuje na motor a ručně vedeným manipulátorem s utahovacím zařízením komponenty utáhne na moment. Není zde tedy žádná automatizace. Všechny 5 šroubů klimakompresoru a alternátoru jsou identické a jsou utahovány na stejný moment.

Operátoři pracují z ergonomického hlediska ve žluté kategorii Indexu $0,85 < R(i) < 1,0$ **Potenciální riziko**. Manipulátor je vedený ručně a pro jeho svěšení je nutné zvedat ruce výše než je úhel 60° . I když je tato poloha neergonomická a četnost zástavbovosti je 100%, jedná se o 2 vteřinovou relaci svěšení a operátoři se každou hodinu na tomto pracovišti střídají (organizační opatření). Pracoviště je tedy hodnoceno indexem 0,9. Záchyt reakce je přenášen na konstrukci manipulátoru a vrácení utahovacího zařízení zpět do parkovací polohy je zajištěno balancérem.

Stávající manipulátor včetně utahovacího zařízení a balancéru je již letitá technologie, která podléhá opotřebování. To způsobuje technologické prostoje v průměru 15 minut na směnu. Díky těmto prostojům je zde v průměru 96,6%

využitelnost. V případě dlouhodobého výpadku je zde ruční náhradní technologie. NT nemá vedení a záchyt reakce je tedy přenášen do rukou operátora. To je ergonomicky červená kategorie **R(i) ≥ 1,0 Vysoké riziko**. NT také způsobuje větší chybovost v důsledku ručního navádění. V našem případě ale nebude nijak vyčíslena.

2.5 Vyhodnocení analýzy současného stavu zkoumaného pracoviště

Vybraný úsek montážní linky jsem vybral pro svou práci a analýzu, protože je jednoznačně nejkritičtějším a nejužším místem výrobního toku předmontáže agregátu. Jakákoliv změna klíčových výrobních faktorů k horšímu se na tomto úseku promítne ve zpoždování toku linky a nesplnění času taktu, nesplnění ergonomických cílů, vyšší prostojovost a navýšení počtu pracovníků. S příchodem nových modelů X a Y a jejich novou motorizací A se změní výrobní program a charakteristika pracoviště.

Porovnání klíčových výrobních faktorů v aktuálním výrobním programu a novém výrobním programu dle LM (Lean Manufacturing) nám zobrazuje tabulka níže. Klasifikace změny je – stav beze změny (**modrá**), zlepšení o více jak 1% (**zelená**), zhoršení o méně než 5% (**žlutá**), zhoršení o více jak 5% (**červená**).

Tab. 2 Porovnání stávajícího a požadovaného stavu

Analyzované výrobní faktory		Aktuální výrobní program	Nový výrobní program	Úroveň změny stavu 2. ke stavu 1.	
Výrobní faktory	Bližší specifikace				
Výrobní činitelé	Komplexita Výroba	VBZ	114 s	121 s	+ 6%
		Počet pracovníků	2	3	+ 50%
		Komplexita	1 (Motor B)	2 (Motor A a B)	+ 100%
	Úroveň technické podpory	Stupeň automatizace	2.	1.	- 50%
	Ergonomie	Podíl činností mimo ideální rozsah	30% Index 0,9	50% Index ≥ 1	+ 65%
Výrobní ukazatelé	Výrobní takt	Čas	58,8 s	58,8 s	0%
	OEE	Procentuální využitelnost	96,6%	≥ 95,6%	- 1%

Zdroj: Vlastní

Komplexita - výroba

Motory A mají nové vyšší utahovací momenty (z 23 Nm nárůst na 25 Nm+90°) komponentů klimakompresoru a alternátoru. Nárůst komplexity na 2 (motory B a A) → vyšší VBZ 121 s → v daném počtu pracovníků není možné stihnout pracovní takt 58,8 s → nutné navýšení počtu pracovníků. Náklady jsou na 1 pracovníka 1.200.000,- Kč/rok.

Úroveň technické podpory

Stávající manipulátor nemá utahovací zařízení dimenzované na navýšení utahovacích momentů na novém typu motoru (z 23 Nm nárůst na 25 Nm+90°). Technologická úroveň 2. je neodpovídající požadavkům. Operátoři musí používat ruční utahovačku se záchytem reakce přímo na vřetení. V případě této technologie jsou náklady na provoz zanedbatelné.

Ergonomie

Ručně vedený manipulátor je s indexem R(i) 0,9 ve žluté kategorii. Vzhledem k tomu, že tento manipulátor kvůli neodpovídající utahovací technice nelze používat, stává se toto pracoviště ryze manuální s indexem R(i) převyšujícím 1,0 → červená kategorie.

Pracovní takt

Tento výrobní faktor musí být samozřejmě zachován a to za jakýchkoli okolností, aby nedocházelo k narušení plynulosti výroby v návaznosti na další výrobní úseky.

OEE

Průměrná využitelnost daného úseku ML je vlivem chybovosti operátorů a technologickým prostoje 15 min na směnu = 96,6% využitelnost. S nárůstem komplexity se dá nicméně předpokládat s nárůstem chybovosti, možné poruchovosti a to v průměru o 1%. Náklady jsou zde 1 min prostoje = 1.000,- Kč. Celkem tedy 15 min x 1.000 = 15.000,- Kč/směnu.

3 Návrh opatření pro zlepšení současného stavu

Z předchozí kapitoly kritického hodnocení současného stavu je zcela evidentní, že vybraný úsek ML je neodpovídající požadavkům řízení výroby – odbytu. Náběh nové motorizace stávající technologie a personál nemůže v požadovaném čase taktu a kvalitě vyrábět. Hrozí navýšení personálu a také vyšší prostoje. Obojí přináší vysoké náklady. Je nutné razantní opatření a to jak technické tak organizační.

3.1 Navrhovaný soubor technických opatření

S ohledem na stávající technologii, která je aktuálně na 2. úrovni přichází logicky řešení pomocí automatizace a nástroje Industry 4.0. Nasazením technologie 4. úrovně, která bude v čase taktu bez obsluhy lidí šroubovat klimakompresory a alternátory na typy motorů A i B, je efektivním východiskem. Pro tento typ pracoviště se dle klíčových výrobních faktorů, které jsme si identifikovali, hodí nejlépe kolaborativní robot, který svými vlastnostmi plně odpovídá pracovnímu taktu, komplexitě výroby, splňuje požadovanou využitelnost a bez potřebné obsluhy je samozřejmě ergonomicky perfektní. Díky systému spolupráce s lidmi nepotřebuje žádné speciální oddělené pracoviště. Dokáže bezpečně operovat i ve stávajícím pracovišti. Pro reálné nasazení svými parametry odpovídá například robot značky KUKA Systems GmbH, který v sobě kombinuje utahovací techniku značky Cleco Tools. Celý tento systém splňuje předpoklady nástroje Industry 4.0 a chytré továrny. To znamená digitální datový výstup. Je tedy plně propojitelný s řídicím systémem ML a to on-line. Aplikace robota je schopná načítat data ML z čipů RFID. Tyto čipy jsou nosičem informací, které potřebuje montážní linka, přístroje a obsluha k efektivní montáži produktů. Čipy sebou nesou data o typu motoru, označení, utahovací momenty, typ vozu, typ převodovky, typ náplní, množství atd. Tyto čipy budou součástí technického opatření. Je možnost je nainstalovat na palety agregátů a přidružené systémy robota si budou samy tyto informace z čipů načítat. Pracovní výsledky nově automatizovaného pracoviště se tak dají přesně vizualizovat, uchovávat, nebo dále zpracovávat.

Charakteristika robota KUKA LBR iiwa 14 R820:

- Manipulační nosnost: 14 kg
- Maximální dosah: 820 mm
- Počet os: 7
- Přesnost opakování polohy (ISO 9283): $\pm 0,15$ mm
- Hmotnost: ca. 29,9 kg
- Montážní poloha: Podlaha, Stěna, Strop
- Druh ochrany (IEC 60529): IP54
- Plně automatický
- Cena robota včetně řídicího systému
+ integrace do ML = 4.050.000,- Kč



Obr. 12 Kolaborativní robot

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s. - Spez LBR iiwa V8 Kuka Deutschland GmbH (2019)

3.2 Navrhovaný soubor organizačních opatření

Jako organizační opatření dle WCM aplikujeme nástroje JIT (JIS), Six Sigma a Lean manufacturing.

Optimalizace pracovního postupu

Při změně technologie musí dojít ke změně sledu a charakteru jednotlivých pracovních operací oproti stávajícímu výrobnímu programu. Již nebude třeba tolik operátorů na pracovišti. Zůstává pouze jeden operátor, který bude komponenty klimakompresoru a alternátoru umisťovat na agregát. Bude to jediná pracovní operace s lidským faktorem na novém automatizovaném pracovišti. Pracovníci nebudou nic utahovat, nebudou používat ruční manipulátor ani nebudou nic kontrolovat. Tyto operace nyní plně převezme robot.

Pořadí jednotlivých pracovních úkonů

Pracoviště bude zajišťovat automatické utahování 5ks šroubů klimakompresoru a alternátoru, s rozdílnou polohou uložení pro modely X, Y a Z na požadovaný moment podle výrobní a technické dokumentace, pomocí kooperativního robota. Na

předmontážní lince agregátu osadí pracovníci motorové jednotky klimakompresorem a alternátorem. Tyto komponenty budou nejdříve zachyceny na motorové jednotce 2-3 šrouby a poté motorová jednotka s takto osazenými komponenty dojde na operaci finálního dotažení šroubů. Po příjezdu na stanoviště, kde motorová jednotka zastaví, dojde k načtení motorové jednotky pomocí čtečky RFID čipů. Podle typu agregátu se zvolí typ programu, podle kterého dojde pomocí kooperativního robota Kuka LBR iiwa 14 R820 na němž bude umístěno zalomené utahovací vřeteno QST 42-700CTV k utažení šroubů na požadovaný utahovací moment. Po ukončení utažení šroubů dojde k automatickému vyhodnocení provedené operace s následným uložením dat a provedení vizualizace na pracovišti. V případě, že utažení všech šroubů proběhlo dle specifikace, bude uvolněna jednotka pro následující operaci. V případě, že nedojde ke správnému utažení, zařízení nahlásí NOK výsledek s vizualizací příčiny NOK výsledku a motorová jednotka bude zablokována do odstranění problému. Pracoviště umožní jednoznačné přiřazení šroubových dat ke konkrétnímu vozu/identifikačnímu číslu. Data o utažení budou vykazována a předávána standardním způsobem zavedeným ve ŠA. Zařízení bude podporovat sběr utahovacích dat po síti, oboustrannou komunikaci pro nastavení jednotek, analýzu poruch a parametrizaci po síti. Zařízení bude umožňovat vzdálený přístup (přes internet) na server na řídicí jednotku pro případnou parametrizaci, analýzu chybových hlášení.

Dále již nebude nutné, aby komponenty pracovník předmontovával před umístěním na agregát. V rámci nástroje Just-in-sequence bude vychystávána sekvence u dodavatele, který umístí elektroinstalaci na alternátor a klimakompresor a poté umístí do transportní palety díly přesně tak, jak jedou vozy na výrobní lince ve ŠA. Cena za benefit JIS je 950.000,- Kč ročně. Zbytek operací, jako je utažení nebo načítání QR kódů dílů, obstará robot.

Zavedení procesu neustálého zlepšování

V kapitole 1.2.5 bylo uvedeno, že metoda Six Sigma klade důraz na neustálé inovace, analýzy procesů a standardizaci metod. I v tomto případě budou analyzovány dopady navrhované optimalizace. Díky aplikaci technologie 4. třídy (viz. Kapitola 1.3.2) bude k dispozici digitální výstup, který je lépe analyzovatelný a kontrolovatelný. Díky tomu je možné dopady přesněji vyhodnotit a v případě pozitivních výsledků je možné implementovat řešení i v jiných částech linky.

4 Vyhodnocení očekávaných přínosů

Díky navrhovanému řešení se u většiny klíčových výrobních faktorů dosáhne zlepšení, které se promítne do celkových nákladů na provoz vybraného úseku ML. Porovnání klíčových výrobních faktorů v aktuálním výrobním programu, novém výrobním programu a v požadovaném cílovém stavu dle LM (Lean Manufacturing) nám zobrazuje tabulka níže. Klasifikace změny je – stav beze změny (**modrá**), zlepšení o více jak 1% (**zelená**), zhoršení o méně než 5% (**žlutá**), zhoršení o více jak 5% (**červená**).

Tab. 3 Porovnání stávajícího a požadovaného stavu

Analyzované výrobní faktory		Aktuální výrobní program	Nový výrobní program		Úroveň změny stavu 2. ke stavu 1.	
Výrobní faktory	Bližší specifikace		Stav 1. Bez opatření	Stav 2. Po zavedení opatření		
Výrobní činitele	Komplexita Výroba	VBZ	114 s	121 s	116 s	- 4%
		Počet pracovníků	2	3	1	- 67,7%
		Komplexita	1 (Motor B)	2 (Motor A a B)	2 (Motor A a B)	0%
	Úroveň technické podpory	Stupeň automatizace	2.	1.	4.	+400%
	Ergonomie	Podíl činností mimo ideální rozsah	30%	50%	0%	- 100%
Výrobní ukazatele	Výrobní takt	Čas	58,8 s	58,8 s	58,8 s	0%
	OEE	Procentuální využitelnost	96,6%	≥ 95,6%	98%	+2,4%

Zdroj: Vlastní

Komplexita - výroba

Na místo navýšení o 1 pracovníka oproti požadovanému stavu, dojde ke snížení o 1 pracovníka z důvodů nasazení automatického robota. To je značná úspora, která je vyčíslena v tabulce č. 4 vyčíslení přínosů.

Úroveň technické podpory

Stávající manipulátor, který byl ručně vedený operátorem je nahrazen plně automatickým kolaborativním robotem. Dle kapitoly 2.3.4 se nám měnila mechanizace (2. úroveň) na automatizaci (4. úroveň). Tímto krokem vstupuje pracoviště do Industry 4.0

Ergonomie

Pracoviště se dostává do zelené kategorie. Bez obsluhy je pochopitelně ergonomicky příhodné.

Pracovní takt

Tento výrobní faktor je samozřejmě zachován, aby nedocházelo k narušení plynulosti výroby v návaznosti na další výrobní úseky.

OEE

Původní průměrná využitelnost je zvýšena na 98%, na kterou je nové pracoviště dimenzováno (dle požadavků ŠKODA AUTO a.s. kapitola 2.3.3). Toto číslo je garantováno jak výrobcem technologie, tak i aplikátorem a integrátorem technologie do linky.

4.1 Vyčíslení úspor – nákladů

ŠA počítá při zavádění nové technologie, v rámci WCM a udržitelnosti s návratností, která je aktuálně 5 let. Tabulka níže popisuje jednotlivé náklady na realizaci tohoto opatření a vyčísluje úspory, které opatření přinese po 5 letech.

Výpočet využitelnosti:

Doba prostoje x náklad za 1m prostoje x počet směn x počet pracovních dní

Tab. 4 Vyčíslení nákladů (úspor) opatření při náběhu nových modelů

Investice	Stav bez opatření		Stav s opatřením	
	Částka za rok	Částka za 5 let	Částka za rok	Částka za 5 let
Robot	0	0	4.050.000,-	4.050.000,-
Sekvence	0	0	950.000,-	4.750.000,-
Pracovník	3.600.000,-	18.000.000,-	1.200.000,-	6.000.000,-
Využitelnost	11.250.000,-	56.250.000,-	6.750.000,-	33.750.000,-
Celkem	14.850.000,-	74.250.000,- Kč	12.950.000,-	48.550.000,- Kč

Zdroj: Vlastní

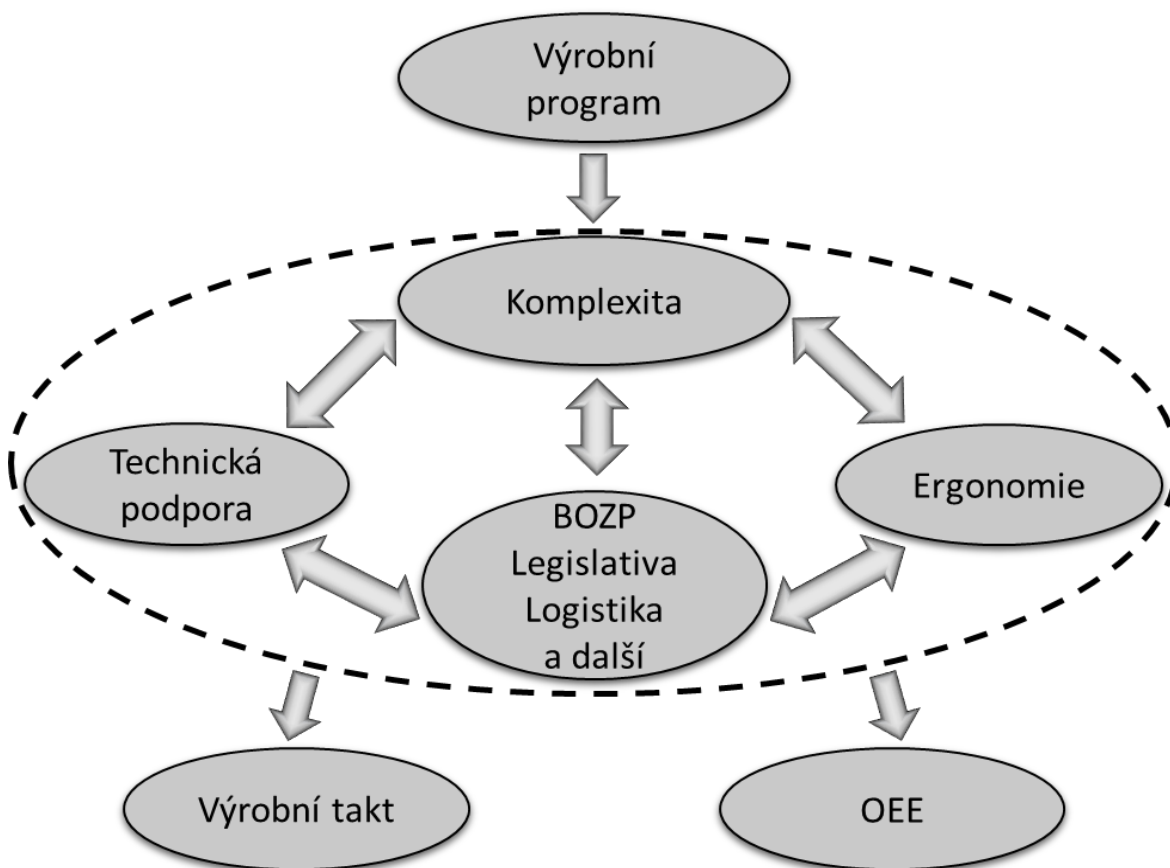
Z tabulky č. 4 je vidět evidentní rozdíl mezi náklady při původním stavu a po aplikaci opatření a to v časovém horizontu 5 let. Rozdíl činí **25.700.000,- Kč** což je úspora, která nám převyšuje náklady na pořízení nové technologie a udržení sekvence po dobu 5 let (tato suma činí 8.800.000,- Kč). Návratnost opatření je tedy vysoká.

5 Zobecnění postupu pro identifikaci klíčových výrobních faktorů

Tato kapitola se zabývá uceleným návodem – postupem, který vychází z poznatků implementace výše popsaného opatření. Identifikace klíčových výrobních faktorů obecně je složitá a je nutné se dívat na celou problematiku z širší perspektivy. Ve výrobní sféře se v každém podniku vyrábí jiné produkty, jinak se řídí výrobní proces a podniky disponují rozdílnými zdroji. Co ale výrobní podniky spojuje je výrobní strategie a její charakteristika, která je často velmi podobná. ŠA je v tomto aspektu velmi daleko a její výrobní linky patří k těm nejefektivnějším v ČR. Postup identifikace klíčových výrobních faktorů popsany níže, může sloužit k efektivnější a komplexnější orientaci při analýze výrobního pracoviště.

Návrhované opatření pro zkrácení náběhové fáze pro dosažení maximální efektivity je možné formulovat následovně. Při změně pracoviště nebo typu vyráběných produktů, které mají dopady do charakteru pracoviště, je vhodné postupovat při identifikaci klíčových výrobních faktorů dle obrázku níže.

Obr. 13 Postup identifikace klíčových výrobních faktorů



Zdroj: Vlastní

Při identifikaci jednotlivých výrobních faktorů je nutné analyzovat i další aspekty, které si nyní popíšeme. Prvním článkem je výrobní program, od kterého se odvíjejí další výrobní faktory, nicméně provázanost a vzájemné ovlivňování mezi jednotlivými výrobními faktory, je zcela evidentní.

Výrobní program - Kolik pracovníků, skladba produktu a struktura pracovních operací jsou další aspekty, které při identifikaci nelze opomenout.

Komplexita - Je vyjádřením složitosti a variability vyráběného produktu. Komplexita má velké dopady do výrobního programu a je nutné ji dobře analyzovat.

Technická podpora - Jakou výrobní linka disponuje technologií a jakou další technologii lze implementovat.

Ergonomie – Vyhodnocení, zda nejsou pracovníci přetěžováni a zda pracují v ergonomicky přijatelných pozicích.

BOZP, Legislativa, Logistika - V tomto bodě jsou umístěny další výrobní faktory, které jsou specifické pro konkrétní pracoviště, firmu či stát. Jistě se najdou další kritéria, která ovlivňují implementaci nových produktů na výrobní linku. Existují vnitropodnikové směrnice, předpisy, existují jiné odborné útvary, které budou v různých firmách více či méně zasahovat do změny pracoviště. To vše je nezbytné zahrnout do analýz pracoviště a identifikace výrobních faktorů.

Výrobní takt - Každá výrobní linka má produkci za určitý a stanovený čas. Je tedy důležité, v jakém časovém rozmezí se pohybujeme.

OEE – OEE a výrobní takt navazují na všechny předešlé výrobní faktory a prakticky se od nich odvíjejí. Jsou to ukazatele efektivity všech výrobních faktorů, které jsou navzájem provázány.

Všeobecně lze říci, že vysoká informovanost o pracovišti, uvědomnění vzájemné propojenosti výrobních faktorů a připravenost na všechny možné situace, jsou klíčem k úspěchu při zkrácení náběhové fáze a dosažení maximální efektivity.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout opatření, které by při zavádění nových modelů vozů do výroby v závodě ŠA, zvýšilo efektivitu vybraného úseku montážní linky. Bylo tedy nutné identifikovat klíčové výrobní faktory, které ovlivňují daný výrobní úsek. Byla provedena analýza pracoviště v aktuálním stavu a stavu, který bude následovat po náběhu nových modelů. Oba tyto stavy byly vyhodnoceny a porovnány s požadavky výroby. Následné kritické zhodnocení ukázalo nejslabší a nejkritičtější místa. Pomocí vybraných nástrojů a metod dále došlo k návrhu na opatření, které mělo tyto kritická a slabá místa eliminovat.

Jedná se o soubor, který zahrnuje organizační a technické opatření a vychází z nástrojů inovativních metod udržitelnosti, WCM a Industry 4.0. Technické opatření se týká zavedení automatizace nasazením kolaborativního robota s utahovacím zařízením. Zavedení RFID čipů jako nositele datových informací, které si robot bude autonomně načítat. Celý systém pak bude on-line a propojený s řízením výroby. Organizační opatření plyně navazuje na technické opatření a týká se optimalizace pracovního postupu a změny jednotlivých pracovních úkonů po zavedení nové technologie. Organizační opatření také zahrnuje zavedení procesu neustálého zlepšování.

Soubor opatření byl v dalších kapitolách bakalářské práce vyhodnocen. Obě opatření výrazným způsobem zlepšují klíčové výrobní faktory a přispívají k efektivnějšímu využití vybraného úseku montážní linky. Součástí vyhodnocení je i ekonomický dopad. Vyčíslení nákladů a úspor v časovém horizontu do 5 let vychází s návratností 25,7 milionu korun.

Na závěr byl stanoven obecný postup pro identifikaci klíčových výrobních faktorů a návrh opatření na zkrácení náběhové fáze s dosažením maximální efektivity.

Budoucnost patří automatizaci, digitalizaci a konektivitě. Jedná se tak o opatření, které mají pro další kroky ke zvyšování efektivity výrobních procesů veliký potenciál. Vzhledem k světovému trendu, poptávce po automobilech a velikosti výrobních linek ve ŠA, je možné tato opatření aplikovat na mnoha místech a přiblížit se tak modelu chytré továrny.

Seznam literatury

Automatizace HW [online]. Antonín Vojáček 2016 [2019-11-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/mimochodem/co-je-se-skryva-pod-vyrazy-industry-40-prumysl-40.html>

Automatizace HW [online]. Antonín Vojáček 2019 [2019-11-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/obecna-problematika-pouziti-umele-inteligence-v-prumyslovych-aplikacich.html>

Factory automation [online]. Ing. Daniel Havlíček, 2015 [2019-11-15]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/zakladni-pojmy-z-automatizace-32-termínu-ktéremusíte-znat/>

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

Khanna, R. B. Production and Operations Management, Second edition. Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 2015. 632 s. ISBN-978-81-203-5121-9

ManagementMania [online]. ManagementMania, 2014 [2019-11-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/total-quality-management>.

OHNO, T. Toyota production system. USA: Taylor & Francis Inc, 1988. ISBN 10: 0915299143

Průmyslové inženýrství [online]. Olomouc: Průmyslové inženýrství 2018 [2019-12-07]. Dostupné z: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/just-in-time-co-to-vlastne-je/>.

Svět produktivity [online]. Svět produktivity, 2012 [2019-11-16]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>.

ŠKODA AUTO Česká republika [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, a.s., 2019 [2019-11-15]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/>.

ŠKODA AUTO. Zpráva trvale udržitelného rozvoje 2017/2018. Zveřejnění 7/2019 [online]. [2019-12-07]. Dostupné z: https://cdn.skoda-storyboard.com/2019/10/Zpráva-o-trvale-udržitelném-rozvoji-17_18_CZ.pdf.

Štíhlá výroba [online]. Praha: ENPRAG, s.r.o., 2018 [2019-11-6]. Dostupné z: <https://stihlavyroba.eu/stihla-vyroba/s-29/>.

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

Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost, s.r.o. [online]. Praha: 2015 [2019-12-07]. Dostupné z: <https://www.vups.cz/sluzby/certifikace-systemu-managementu/ems-iso-14001/>.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Tři charakteristické pilíře udržitelnosti.....	10
Obr. 2 Principy TQM.....	15
Obr. 3 EFQM Excellence Model	16
Obr. 4 Struktura dle Kaizen	18
Obr. 5 Stupně průmyslové revoluce	19
Obr. 6 Prvky chytré továrny	20
Obr. 8 Aktuální modely vozů	23
Obr. 9 Index ergonomického rizika	27
Obr. 10 Montážní linka	28
Obr. 12 Kolaborativní robot	32
Obr. 13 Postup identifikace klíčových výrobních faktorů	36

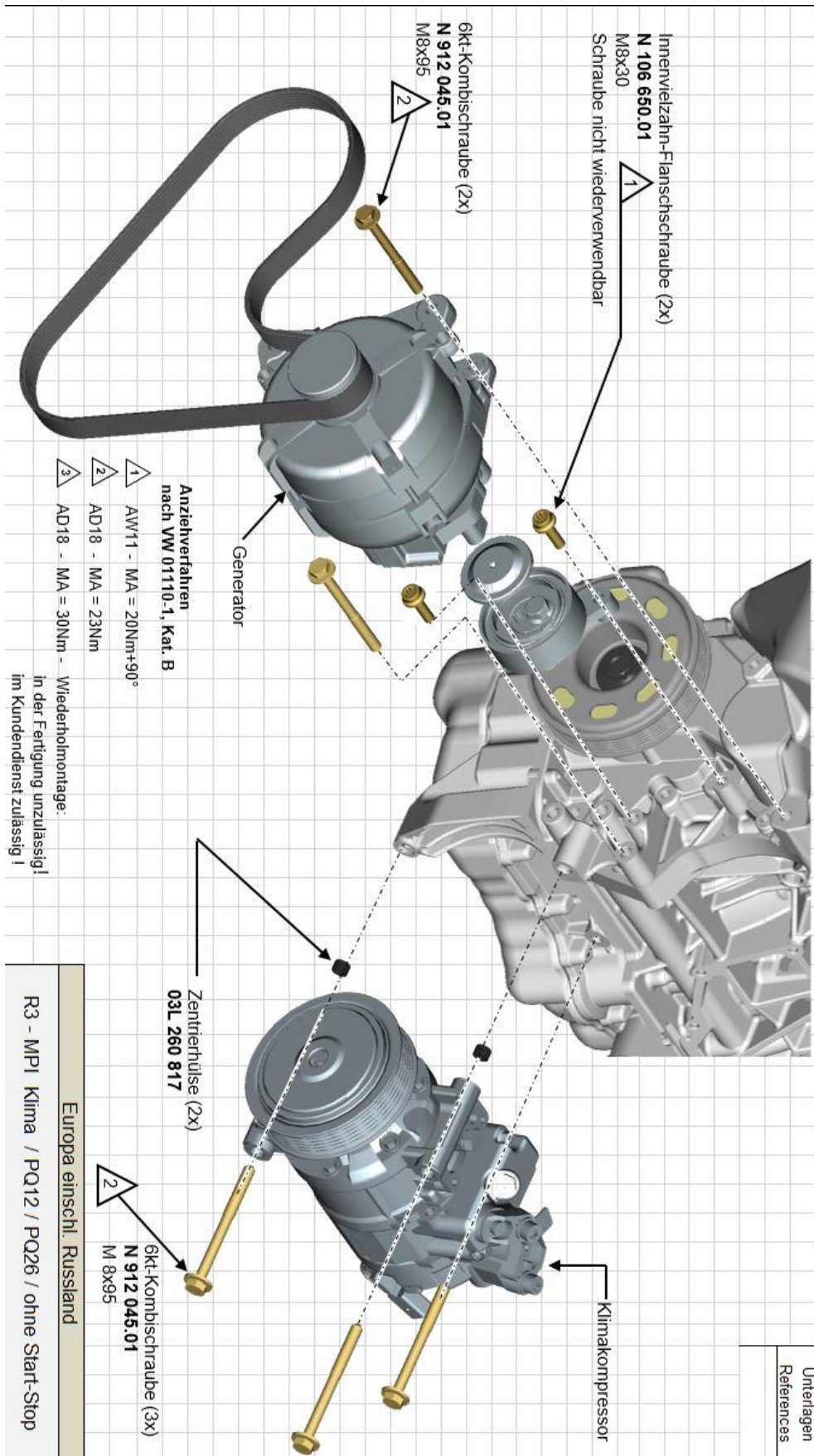
Seznam tabulek

Tab. 1 Technologická úroveň	26
Tab. 2 Porovnání stávajícího a požadovaného stavu	29
Tab. 3 Porovnání stávajícího a požadovaného stavu	34
Tab. 4 Vyčíslení nákladů (úspor) opatření při náběhu nových modelů	35

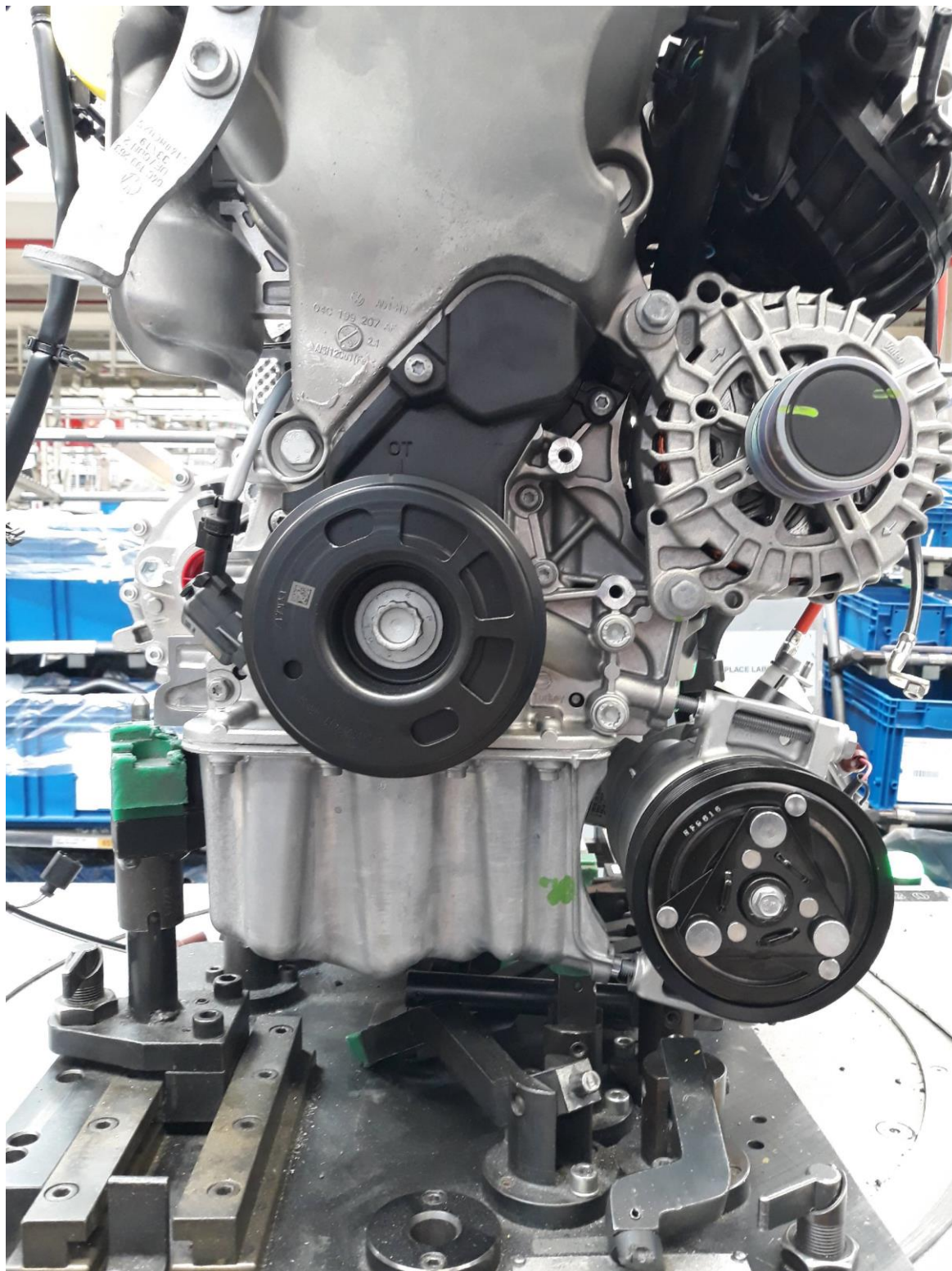
Seznam příloh

Příloha č. 1 Montované komponenty motoru - výkres.....	43
Příloha č. 2 Montované komponenty motoru - foto.....	44
Příloha č. 3 Layout pracoviště	45

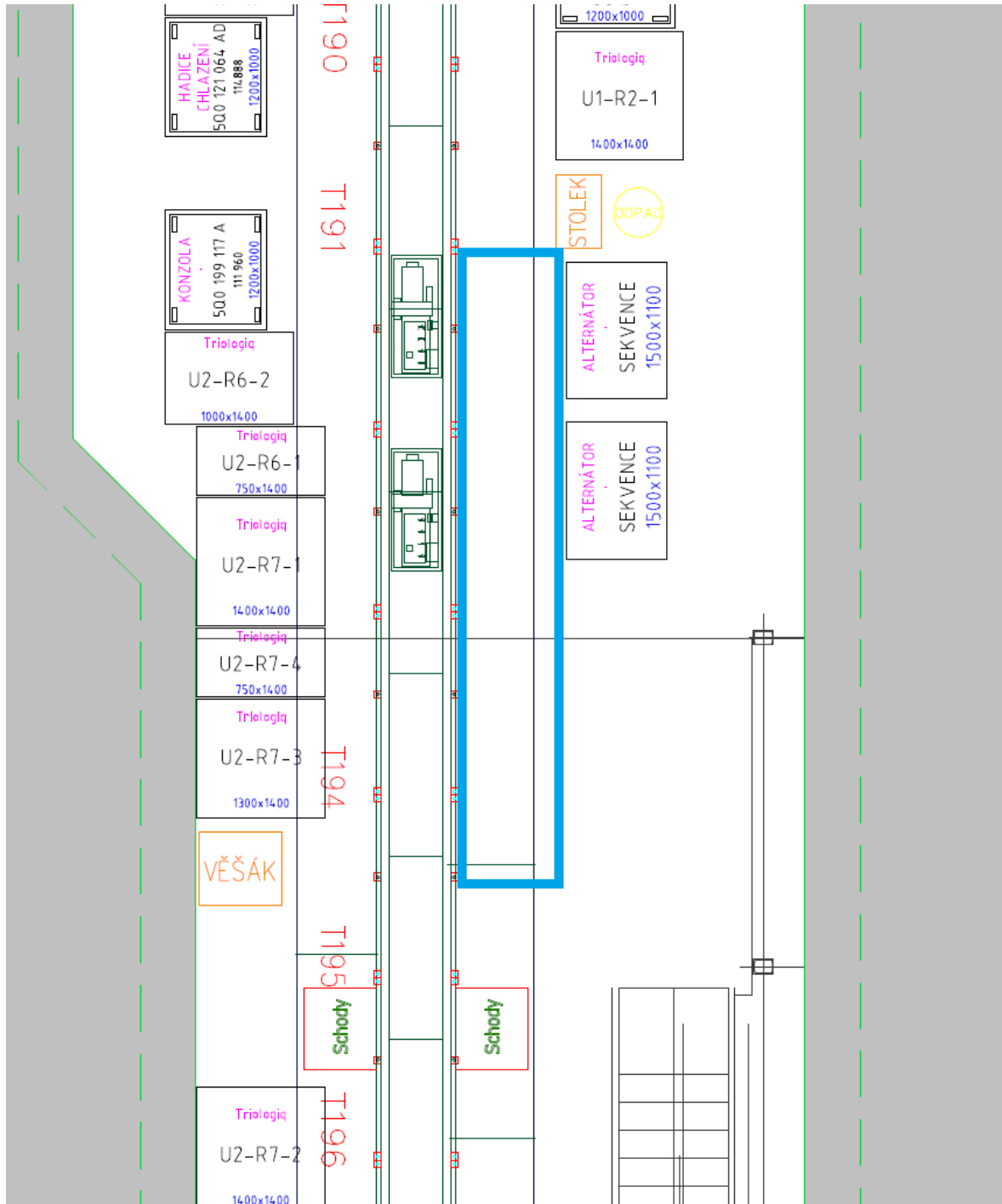
Příloha č. 1 Montované komponenty motoru - výkres



Příloha č. 2 Montované komponenty motoru - foto



Příloha č. 3 Layout pracoviště



ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Jiří Světelský		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R087 Podniková ekonomika a management obchodu		
NÁZEV PRÁCE	Efektivita výrobního procesu při náběhu nových modelů na vybraném úseku montážní linky ve ŠKODA AUTO a.s.		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. David Staš, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2019
POČET STRAN	45		
POČET OBRÁZKŮ	13		
POČET TABULEK	4		
POČET PŘÍLOH	3		
STRUČNÝ POPIS	<p>Práce se zaměřuje na efektivitu a optimalizaci vybraného úseku montážní linky ve ŠKODA AUTO a.s. v návaznosti na náběh nových modelů.</p> <p>Cílem je identifikovat klíčové výrobní faktory, které ovlivňují vybraný úsek montážní linky a pomocí vybraných nástrojů a metod optimalizovat pracoviště tak, aby bylo dosaženo vyšší efektivity při náběhu nových modelů.</p> <p>Pomocí vybraných nástrojů je navržen soubor technických a organizačních opatření, která jsou následně vyhodnocena.</p> <p>Na závěr je vyhodnocena návratnost navrhovaných opatření a zobecnění postupu pro identifikaci klíčových výrobních faktorů.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Udržitelnost, WCM, TQM, EFQM, JIT, Lean Manufacturing, Six Sigma, Kaizen, Industry 4.0, Digitalizace, Automatizace, Komplexita, Pracovní takt, OEE, Ergonomie		

ANNOTATION

AUTHOR	Jiří Světelský		
FIELD	6208R087 Business Administration and Sales		
THESIS TITLE	Efficiency of the production process when launching new models on a selected section of the assembly line at ŠKODA AUTO a.s.		
SUPERVISOR	Ing. David Staš, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2019
NUMBER OF PAGES	45		
NUMBER OF PICTURES	13		
NUMBER OF TABLES	4		
NUMBER OF APPENDICES	3		
SUMMARY	<p>The thesis focuses on the efficiency and optimization of selected section of the assembly line in ŠKODA AUTO a.s. following the launch of new models.</p> <p>The aim is to identify the key production factors that influence the selected section of the assembly line and, using selected tools and methods, to optimize the workplace to achieve greater efficiency in launching new models.</p> <p>A set of technical and organizational measures is designed using selected methods, which are subsequently evaluated.</p> <p>Finally, the return of the proposed measures and the generalization of the process for identification of key production factors are evaluated.</p>		
KEY WORDS	Sustainability, WCM, TQM, EFQM, JIT, Lean Manufacturing, Six Sigma, Kaizen, Industry 4.0, Digitization, Automation, Complexity, Working Cycle, OEE, Ergonomics		