

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

*Analýza časové náročnosti odbavení zakázek
mezioperační kontroly v sériové výrobě*

Vedoucí práce: Ing. Jan Urban

Studijní obor: Výrobní inženýrství

Bc. Jan Eichler

Praha, 2021



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Eichler** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **458426**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výrobní inženýrství**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Analýza časové náročnosti odbavení zakázek mezioperační kontroly v sériové výrobě

Název diplomové práce anglicky:

Analysis of the time required to process inter-operational control orders in series production

Pokyny pro vypracování:

- 1) Principy a realizace mezioperační kontroly
- 2) Kontrolní plán operace a jeho vazba na proces rozměrové kontroly
- 3) Analýza časové náročnosti odbavení zakázek měření typových komponentů
- 4) Návrh opatření v oblasti dodávek dílů vedoucí k optimálnějšímu využití kapacit laboratoře

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Urban, ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **29.07.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Jan Urban
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma „Analýza časové náročnosti odbavení zakázek mezioperační kontroly v sériové výrobě“ vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty atd.) uvedené v příloženém seznamu. Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Bc. Jan Eichler

Bc. Jan Eichler



Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Janu Urbanovi za odbornou pomoc, věcné připomínky a vstřícný přístup při vedení mé diplomové práce. Dále děkuji rodině za trpělivost, finanční podporu a čas, který mi byl poskytnut na psaní závěrečné práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval kolegům z oddělení GQH-1/1 ve firmě ŠKODA AUTO a.s. za mnohé rady a konstruktivní připomínky při analýze toku dílů.



Anotace

Jméno autora:	Bc. Jan Eichler
Název diplomové práce:	Analýza časové náročnosti odbavení zakázek mezioperační kontroly v sériové výrobě
Název anglicky:	Analysis of the time required to process inter-operational control orders in series production
Rok zpracování:	2021
Ústav:	Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Jan Urban
Bibliografické údaje:	Počet stran: 129 Počet obrázků: 64 Počet tabulek: 22
Klíčová slova:	kvalita, metrologie, kontrola kvality, automatizace, mezioperační kontrola
Keywords:	quality, metrology, quality control, automation, inter-operational control

Anotace:

Předložená diplomová práce je zaměřena na kontrolu kvality a případné možnosti její automatizace. Práce se zaměřuje na proces dodání dílů k rozměrové kontrole ve specializované laboratoři, popisuje a shrnuje doporučení, které zoptimalizují procesy na již provozovaném pracovišti a mohou pomoci předejít případným problémům z hlediska dodávek dílů při potenciální výstavbě autonomního měrového střediska.

Anotation:

The presented thesis is focused on quality control and potential possibilities of its automation. The thesis focuses on the process of delivering parts for dimensional inspection in a specialized laboratory, describes and summarizes recommendations that will optimize the processes in an already operating workplace and may help to avoid potential problems in terms of parts delivery in the potential construction of an autonomous measurement center.



ÚVOD	9
1. MANAGEMENT KVALITY	10
1.1. Historie managementu kvality	10
1.2. Správa a řízení kvality v podnicích	13
1.2.1. Systém řízení kvality	13
2. KVALITA	20
2.1. Náklady na kvalitu	21
2.1.1. Snižování nákladů na kontrolu pomocí redukce pracovníků kontroly	23
2.1.2. Hledání optimální kvality	24
2.2. Systém kontroly kvality	24
2.2.1. Cíle kontroly kvality ve výrobě:	28
2.3. Kvalita ve výrobním procesu	29
2.4. Zdroje informací o výrobním procesu	30
2.4.1. SAP	30
2.4.2. chy.stat	31
2.4.3. AMU	32
2.4.4. Toolstat	33
2.4.5. Condition monitoring	33
2.4.6. Palstat	34
3. ZLEPŠOVATELSKÉ PROCESY V MANAGEMENTU KVALITY	36
3.1. Kontinuální proces zlepšování	36
3.1.1. Kaizen	36
3.1.2. Cyklus PDCA	37
3.1.3. Six Sigma	38
3.2. Diskontinuální proces zlepšování	39
3.2.1. Reengineering podnikových procesů	39
4. PROCESY A JEJICH KONTROLA	40
4.1. Variabilita procesu a její příčiny	40
4.1.1. Náhodné vlivy	40
4.1.2. Vymezitelné vlivy	40
4.1.3. Analýza systému způsobilosti procesů	41
4.1.4. Analýza způsobilosti procesu	41
4.1.5. Analýza způsobilosti výrobního zařízení	45
4.1.6. Analýza systému měření	46
4.1.7. Faktory ovlivňující koeficienty způsobilosti	49
4.2. Sledování procesu kontroly kvality	49
4.2.1. Měření před výrobním procesem	49
4.2.2. Měření ve výrobním procesu	50



4.2.3.	Měření mezi výrobními procesy – mezioperační kontrola.....	51
4.2.4.	Měření po dokončeném výrobním procesu.....	52
4.2.5.	Auditová kontrola	53
4.2.6.	Optimalizace schopnosti řízení procesů	54
5.	SYSTÉM ŘÍZENÍ KVALITY VE ŠKODA AUTO A.S.	56
5.1.	Příklady metod pro sledování a regulaci kvality využívané ve ŠKODA AUTO a.s.	56
5.1.1.	FMEA	56
5.1.2.	Ishikawa diagram	57
5.1.3.	MFU (Maschinenfähigkeitsuntersuchung).....	57
5.1.4.	SPC (Statistical Process Control)	58
5.1.5.	Regulační diagramy.....	59
5.2.	Audity kvality.....	62
5.3.	Měřidla využívaná v mezioperační kontrole	62
5.3.1.	Dílenská ruční měřidla	63
5.3.2.	Dílenská automatizovaná měřidla – jednoúčelové stroje	64
5.3.3.	Dílenská souřadnicová měřicí technika.....	66
5.3.4.	Speciální laboratorní souřadnicová měřicí technika	66
6.	KONTROLNÍ PLÁN OPERACE.....	69
6.1.	Rozdílné pohledy na četnost měření dle KPO	70
6.1.1.	Rozdíl v předepsané četnosti	70
7.	KONTROLNÍ MĚROVÉ STŘEDISKO GQH M6	71
7.1.	Pohyb dílu určeného k proměření.....	71
7.2.	Povinnosti obsluhy měrového střediska	72
7.3.	Sledování teploty na KMS.....	72
8.	POHLED DO VÝROBY Z HLEDISKA KONTROLY KVALITY	75
8.1.	Výroba skříní převodovek a spojek	75
8.1.1.	Dílenské měření	75
8.1.2.	Měření na KMS	76
8.1.3.	Analýza toku skříní převodovek a spojek od stroje na KMS.....	78
8.1.4.	Transport dílů na měření	82
8.2.	Výroba klikových hřídelů	83
8.2.1.	Analýza toku klikových hřídelů od výrobního stroje na KMS	83
8.2.2.	Transport klikových hřídelů na KMS	92
8.3.	Výroba bloků – hutě	93
8.3.1.	Analýza toku bloků od stroje na KMS	93
8.3.2.	Transport bloků motorů na KMS	95
9.	POPIS POHYBU DÍLŮ NA KMS.....	96
9.1.	Programy využívané na KMS pro předávání naměřených dat	97
9.1.1.	SW chy.stat na měrovém středisku v hale M6.....	97
9.1.2.	Qs – STAT na měrovém středisku v hale M6.....	98



9.2.	Temperace a křivky chladnutí	99
10.	MOŽNOSTI AUTOMATIZOVANÉ PŘEPRAVY DÍLŮ NA MĚROVÉ STŘEDISKO	102
10.1.	Autonomně řízená vozidla	102
10.1.1.	Plošinové AGV	104
10.1.2.	Tažné AGV	104
10.1.3.	Podbíhací AGV	107
11.	PŘEHLED DOPORUČENÍ PRO ZLEPŠENÍ SOUČASNÉ SITUACE	108
11.1.	Komunikace mezi zainteresovanými odděleními do výroby skříňových dílů	108
11.2.	Harmonogramy doručování dílů na KMS	108
11.2.1.	Doručování skříňových dílů	109
11.2.2.	Doručování klikových hřídelů	109
11.2.3.	Doručování bloků motorů	110
11.3.	Prioritizace zakázek	111
11.4.	Podmínky pro automatizaci	112
11.4.1.	Identifikace dílů	112
11.4.2.	Výměna snímacích konfigurací	112
11.4.3.	Sledování teploty dílů	113
11.4.4.	Zajištění čistoty	113
ZÁVĚR.....		116
BIBLIOGRAFIE		119
SEZNAM ZKRATEK		123
SEZNAM OBRÁZKŮ		124
SEZNAM TABULEK		127
SEZNAM VZORCŮ		128

Úvod

Dnešní doba je dobou digitalizace. S digitalizací je spjat Průmysl 4.0, jehož nedílnou součástí je automatizace procesů. Nahrazování práce člověka manipulátory a roboty se objevuje stále častěji. Firmy tímto způsobem jednak snižují náklady na zaměstnance a jednak snižují výrobní takty. Tento trend se postupně dostává i do oblastí kontroly kvality. Pro případnou automatizaci měrového střediska je nutno provést pozorování současného stavu.

Tato práce je součástí prvotních úvah o investici do autonomně řízeného měrového střediska ve firmě ŠKODA AUTO a.s. Jejím cílem je analyzovat mezioperační kontrolu kvality, zjistit dobu měření jednotlivých komponent, vysledovat dodávky dílů na měření a také popsat samotnou cestu dílu po vyjmutí z obráběcího stroje až po doručení na měrové středisko, včetně vytvoření zakázky ve statistickém SW pro sběr a vyhodnocování velkého množství dat chy.stat.

Pomocí takto získaných dat bude možné navrhnout optimální dodávky jednotlivých dílů tak, aby došlo k co možná nejplynulejšímu toku dílů k měření na kontrolní měrové středisko a předešlo se hromadění jednotlivých kusů v prostorách měrového střediska.

1. Management kvality

1.1. Historie managementu kvality

První známky řízení kvality můžeme pozorovat již v období staveb Velkých pyramid v Gíze, kde použití technologicky velmi vyspělých nástrojů a měřidel nasvědčuje důmyslnému systému pro řízení kvality. Tato teorie je podložena objevy obrazů z egyptské éry, na kterých jsou vyobrazeni inspektoři. Za druhý podobný důkaz můžeme považovat – babylonský zákon Chammurapiho, který říkal, že pokud se budova rozpadne, bude zabit stavitel a pokud je jedno z dětí majitele zabito, bude zabito i dítě stavitele. V tomto výroku můžeme jasně vidět myšlenku principu odpovědnosti za práci a výrobky. [1], [2]

Poté byla v Číně sepsána tzv. Chouova ústava, která je považována za první systém kvality na základní úrovni. V letech 500–1500 našeho letopočtu vládly Evropě dvě mocnosti. Jednalo se o Římskou říši a Antické Řecko. Obě tyto mocnosti používaly systém řízení kvality. V této době vznikalo mnoho ocelových a kožených výrobků. Skupiny řemeslníků se shlucovaly v cechy zahrnující výrobce a inspektory kvality. Znalosti byly předávány z mistra na učně. Mistr školil učně vyrábět a zajišťovat odpovídající kvalitu. Za další velký milník lze považovat průmyslovou revoluci, kdy se v roce 1798 Thomas Jefferson pokoušel implementovat postupy na výrobu mušket, které velmi dobře fungovaly ve Francii, do výrobních závodů v USA. To se mu příliš nedařilo, jelikož ve Francii stále převažoval cechovní systém mistr-učeň a celý proces byl neustále pod kontrolou zkušenějšího mistra, čemuž tak v USA nebylo. [1]

Na počátku 20. století se USA odkláněly ještě více od Evropy a americký inovátor Frederick W. Taylor přišel s filozofií zvanou Taylorismus, která fungovala na principu zvyšování produktivity bez nábory nových zaměstnanců a rozdělení celého výrobního procesu na plánování a výrobu. Inženýři se zabývali plánováním a řemeslníci měli kontrolu nad výrobou a kontrolou kvality. Vadné výrobky byly vyřazovány z výroby přímo. Postupem času se ve společnostech vytvářely kontrolní skupiny zajišťující kvalitu výroby, byly odděleny od výrobní části a dnes jim můžeme říkat měrové laboratoře. [1]



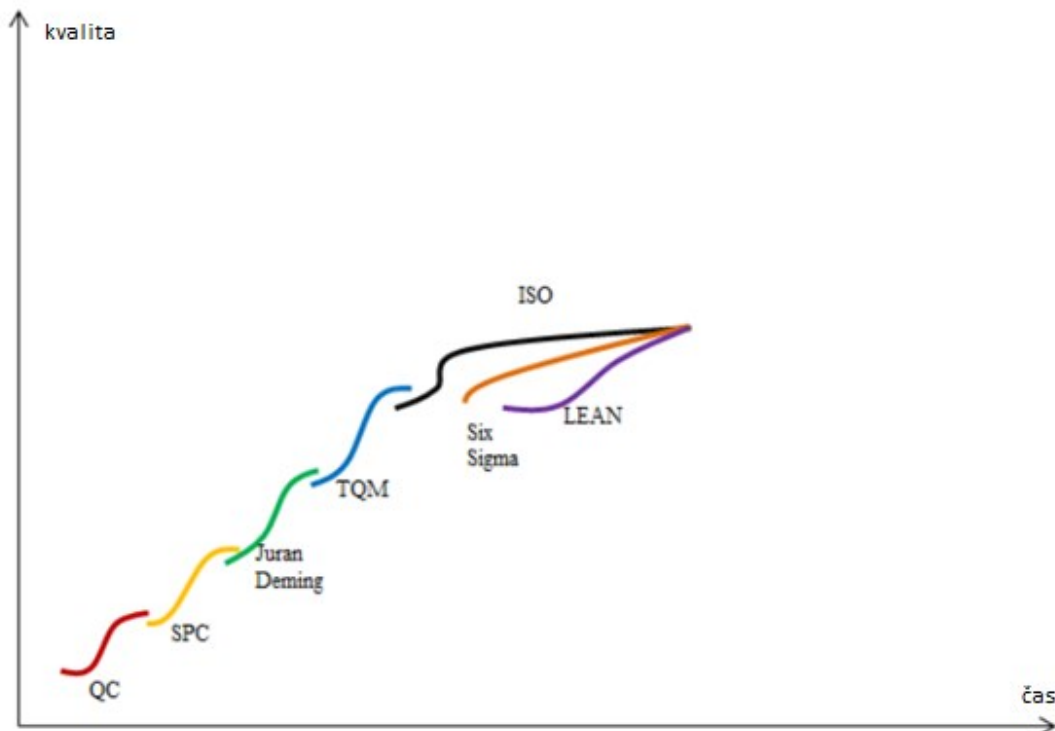
Pohled na kvalitu procesu také ovlivnil Henry Ford, tvůrce první výrobní linky – jako ji známe dnes, nebo na počátku dvacátého století Walter Shewhart, který ve své firmě Western Electric začal využívat statistické metody pro řízení procesů, dnes známé jako Shewhartovy regulační diagramy. Henry Ford/Walter Shewhart hojně využíval i takzvané kolo pro řízení kvality, které mělo tři fáze – specifikace, výroba a kontrola. Jeho cílem bylo analyzovat proces pomocí sbíraných dat, rozpoznání příčiny vzniku nekvality a její včasné odstranění z procesu výroby. Jelikož tyto metody velmi dobře fungovaly, začala je využívat i Americká armáda pro zajištění kvalitních zbraní, střeliva a zásob. Z toho důvodu vyžadovala po svých dodavatelích využívání SPC (Statistical Process Control – Statistická kontrola procesů). Během války byly tyto metody sepsány do první široce užívané normy MIL – STD (Military Standard – Armádní normy). [1]

Po druhé světové válce byli do funkce konzultantů pro pomoc válkou zdrčenému Japonsku jmenováni dva Američané. Jednalo se o Josepha Jurana a Waltera Deminga. Jurana a Deminga můžeme označit za osoby, jež nejvíce ovlivnily rozvoj kvality. [1]

Dalším významným milníkem je rok 1946. V tomto roce vznikly tři organizace založené na hodnocení a kontrole kvality. Byly to:

- Americká společnost pro kontrolu kvality (ASQ – American Society for Quality). Založena na konci druhé světové války.
- Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO – International Organization for Standardization). Organizace vznikla v Londýně, kde se sešlo 25 zastupujících států na institutu stavebních inženýrů a rozhodlo se založit novou organizaci pro usnadnění mezinárodní koordinace a sjednocení průmyslových norem.
- Japonská unie pro vědce a inženýry (JUSE – Union of Japanese Scientists and Engineers). JUSE byla založena na podporu systematického výzkumu rozvoje vědy a techniky. [1]

Mezi lety 1950 a 1960 byl v USA zlatý věk konzumace a nákupu výrobků. Oproti tomu se Japonsko soustředilo na zvyšování kvality výrobků, kde působil již zmiňovaný Juran. Juran sepsal Příručku kontroly kvality. Ve stejné době se na japonské půdě prosadil Deming, který pro svou práci využíval Shewhartovy diagramy a zavedl pojem tzv. Demingovo kolo, které formuluje myšlenku neustálého zlepšování kvality. [1]



Obrázek 1 Rozložený systém řízení kvality od roku 1990 do 2013 [1]

Po roce 1960 začala doba kvalitativních iniciativ, přednášel zde Ishikawa svým kolegům o jeho jednoduchých statistických metodách. Vznikl Ishikawův diagram příčin a následků, sedm nástrojů kvality a kruh kvality. Hlavní myšlenkou této doby byla jednoduchost použití publikovaných metod pro řadové zaměstnance. [1]

Na počátku let 70. bylo zjištěno, že je třeba řídit kvalitu systematicky v celé společnosti a v polovině 70. let Deming zavedl model Úplného Managementu Kvality (TQM – Total Quality Management). Na koci sedmdesátých let vydal Phillip Crosby, označovaný za guru managementu kvality, světoznámou knihu Quality is Free. Počátkem 80. let začaly USA ztrácet konkurenceschopnost kvality výrobků oproti japonským firmám. Americká vláda v roce 1987 vyhlásila měsíc říjen za měsíc kvality a ve stejném měsíci zavedla Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) normu ISO 9000, která se zaměřovala na kvalitu výrobku a management kvality. [1]

V 90. letech došlo k aktualizaci normy ISO 9000:1987 na ISO 9000:1994 a v následujícím roce 1995 společnost General Electric (GE) přišla s metodou řízení

kvality zvanou Six Sigma. V tomto období přišla automobilka Toyota s principem štíhlé výroby (z anglického lean manufacturing), který se zaměřuje na snižování odpadu v procesech a tím je zefektivňuje. Po roce 2000 došlo k dalším aktualizacím normy ISO 9000 a to v letech 2000, 2008 a poté v roce 2015. [1]

Ve 30. letech můžeme pro Českou republiku vyzdvihnout například Tomáše Baťu, který se inspiroval Taylorem a Fordem. Baťovým dílem jsou tzv. Baťovy školy práce, které byly na svoji dobu velmi nadčasové. S nástupem Shewhartových diagramů (počátek 30. let) dochází ke statistické regulaci i v plzeňské Škodě. [1]

1.2. Správa a řízení kvality v podnicích

Pro udržitelnou firemní strategii jsou třeba nástroje pro správu a řízení. Mezi tyto nástroje patří manažerské systémy, které se formují a využívají již od osmdesátých let dvacátého století a v dnešní době můžeme definovat tři do integrovaného systému managementu plně implementované manažerské systémy:

- management kvality (QMS – Quality Management System);
- environmentální management (EMS – Environmental Management System);
- management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP). [3]

1.2.1. Systém řízení kvality

Pro uvedení do problematiky je v této práci vhodné popsat Systém řízení kvality (QMS), který je často nazýván jako management kvality. Jedná se o oficiální systém, který dokumentuje strukturu odpovědnosti procesů potřebných k dosažení efektivního řízení kvality a dalších. Základem managementu kvality je myšlenka, která říká, že kvalita vzniká při každé činnosti s výrobkem související a že je velmi důležité vadám předcházet. Předcházení vadám je méně pracné a levnější. Identifikace zmetků vede k hromadným kontrolám vyrobených kusů a z toho plynou další vícenáklady. Konečná kvalita výrobku reflektuje celý výrobní cyklus výrobku. Samotný QMS popisuje procesy, bez kterých není možné zajistit výrobek nebo službu tak, aby byly vysoce kvalitní a v maximálním souladu s požadavky zákazníka. Znárodnění QMS cyklu na obrázku 2. [1], [3]



Obrázek 2 Systém managementu kvality – převzato z [4]

- **QMS** – Zajišťuje dokumentaci a sběr dat nezbytných pro zajištění vysoké kvality výrobku nebo služby v souladu s požadavky zákazníků.
- **Odpovědnost vedení** – Poskytuje vizi, definuje závazky a politiku, informuje ostatní.
- **Řízení zdrojů** – Vybírá pro konkrétní práci vhodnou osobu, vytváří a udržuje vhodné pracovní podmínky.
- **Realizace produktu** – Dle požadavků jasně definuje potřebné parametry pro výrobu, design a právní zajištění. Zajišťuje dodržování specifikací a kontroluje dodavatele.
- **Měření, analýza a vylepšení** – Vyhledává a identifikuje současné a potenciální problémy, monitoruje a zkoumá spokojenost zákazníků, provádí interní audity a řeší problémy. [4]

Prvopočátky řízení kvality pochází z Japonska, pro které je charakteristické dlouhodobé plánování, oddanost zaměstnanců vůči firmě, důslednost, ochota práce v týmech a především touha po neustálém zlepšování se a vzdělávání. Postupným zaváděním systémů a prvků pro řízení kvality, dochází ve společnostech k růstu pozice na trhu při kontinuálním snižování nákladů a zvyšování produktivity práce. A to díky tomu, že náklady na opravy a řešení či napravování vzniklých chyb jsou do určitého množství stupně vyšší než náklady na preventivní kontroly. V následující tabulce (tabulka 1) je zobrazeno srovnání ekonomických ukazatelů pro společnosti se zavedeným QMS a bez zavedeného QMS. [5]

Tabulka 1 Srovnání parametrů pro společnosti se zavedeným QMS a bez něj [6]

	Společnost se zavedeným QMS	Společnost bez zavedeného QMS
Zvýšení prodeje	69 %	32 %
Zisk z provozních výnosů	91 %	43 %
Růst počtu zaměstnanců	23 %	7 %
Zvýšení návratnosti prodeje	8 %	nedefinováno

Pro správné řízení kvality je nejdůležitějším prvkem dlouhodobé systematické uvažování nad sledovaným problémem a poté snaha o jeho racionální řešení – eliminaci odchylek, které vedou ke zvýšení kvality práce. Pro efektivní eliminaci odchylek je nutná jejich detekce – měření, respektive velmi přesné měření. Tento přístup vede ke změně uvažování nad celým procesem a požadavky na kvalitu výrobku se přeorientovávají na požadavek kvality celého procesu či výrobního systému. Důsledným dodržováním správných předepsaných postupů je žádoucí vznik kvalitního výsledného výrobku. Pokud tomu tak není, je třeba upravit výrobní postup a pomocí této změny by se mělo zamezit tvorbě dalších nekvalitních výrobků. [5]

V dnešní době se používají především následující základní koncepce řízení managementu kvality:

- Normy ISO řady 9000;
- Total Quality Management (TQM);
- Další normy a podnikové standarty.

Skupina norem ISO 9000 obsahuje:

- **ČSN EN ISO 9000:2016** - Systémy managementu jakosti – základní principy a slovník;
- **ČSN EN ISO 9001:2016** - Systémy managementu jakosti – požadavky;
- **ČSN EN ISO 9004:2018** – Management kvality – kvalita organizace;
- **ČSN EN ISO 19011:2019** – Směrnice pro auditování systémů managementu – navazuje na vydání ČSN EN ISO 9001:2016. [7]

Normy řady 9000 jsou univerzálně aplikovatelné do všech společností, nehledě na to, v jaké oblasti působí. Aplikují se ve výrobních podnicích, obchodních společnostech a společnostech zabývajících se službami. Jedná se o normy, které jsou pouze doporučujícím standardem, nikoliv závazným. Těmi se stanou pouze tehdy, pokud společnost požádá o certifikaci, kterou splní a následně je povinna normy dodržovat a plnit jejich specifikace. Řada norem ISO 9000 je přehled minima specifikací pro řízení systému kvality. Proto by měla každá společnost nad rámec těchto norem vyvíjet úsilí neustále zlepšovat kvalitu svých procesů. [8]

Při definici požadavků zákazníkem dochází k tvorbě zákaznických specifikací. Technická specifikace sama o sobě nemusí vždy zaručit, že budou dodrženy specifikace zákazníka, protože se v procesu můžou vyskytnout organizační nedostatky při návrhu nebo ve výrobě. Pro minimalizaci podobných problémů byly definovány normy a směrnice v oblasti řízení kvality, které doplňují příslušné požadavky stanovené v technických specifikacích. Toto vedlo ke vzniku ISO. Členy ISO tvoří z více než 50% vládní agentury nebo veřejnoprávní instituce. ISO je také poradním orgánem OSN. [8]

Normy pro systémy řízení kvality (ISO řady 9000) byly, jak již bylo zmíněno, poprvé vydány v roce 1987 jako převzaté a zobecněné různé národní postupy pro kontrolu kvality. Nicméně normy ISO 9000 byly předběhnuty normami britskými a americkými – britská národní norma pro systém jakosti BS 5750 - 1 (British Standard for quality systems - Specification for design/development, production, installation and servicing) nebo americká norma MIL - Q - 9858 - 1 (Military Specification: Quality Program Requirements), která vznikla již v letech šedesátých. [8]

Pokud se budeme bavit o normách ISO, byly od svého vydání několikrát upraveny a dnes jsou součástí národních norem po celém světě. Jsou považovány za nejuspěšnější normy, které ISO vydalo a z pohledu celosvětového, jde asi o nejrozšířenější normy vůbec. [8]

Total Quality Management (TQM)

Jedná se o komplexní systém řízení organizace, jež klade důraz na sledování a řízení kvality ve všech oblastech a není svázán normami. Systém funguje pouze, pokud zaměstnanci chápou cíle podniku v oblasti kvality, přispívají k tvorbě dalších cílů, přijmou

firemní cíle za vlastní a jsou pro ně naplňující. Dodržování kvality zde není nutné vynucovat pod tlakem, jelikož by zde mělo být podporováno vnitřní motivací pracovníků, která závisí na prosperitě organizace a přijmutí zájmu organizace za vlastní. Jedním z nejdůležitějších principů TQM je flexibilní řízení podniku, nikoliv řízení striktní. Pokud společnosti uvažují o možných a předvídatelných odchylkách ve struktuře, jsou následně schopny lépe reagovat na nepředvídatelné problémy. [8], [9]

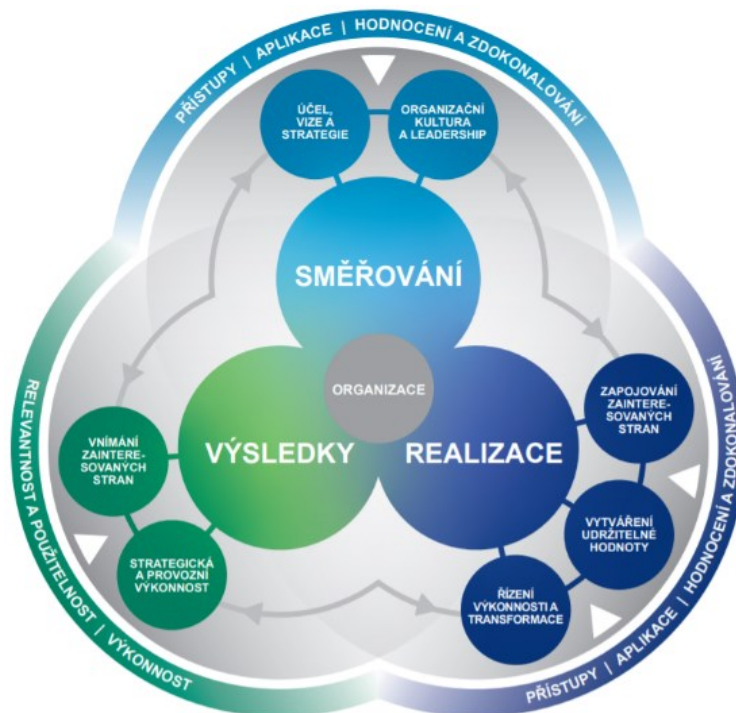
- **Total** – znamená zohlednění všech skupin zájmu jako jsou zákazníci, dodavatelé, majitelé společnosti a zaměstnanci.
- **Quality** – vyjadřuje kvalitu všech procesů a činností, které provádějí zaměstnanci a klade si za cíl soustavně zlepšovat výkony a celkové podnikové výsledky.
- **Management** – oblast, která zastupuje plně zodpovědnou složku společnosti, jakou je prosazování a realizace procesu soustavného zlepšování. [2]

Mezi základní principy TQM je považována:

- orientace na zákazníka;
- neustálé zlepšování;
- účast všech;
- sociální ohleduplnost. [10]

V Evropě je využívaný model označován jako Model EFQM (European Foundation for Quality Management). EFQM vznikl v roce 1988 jako iniciativa 14 nejúspěšnějších evropských firem. Tento model navázal na dříve používaný Evropský model TQM. Poslední Model EFQM, který vznikl po důkladné analýze potřeb v letech 2018 až 2019, je založen na třech jednoduchých, ale funkčních otázkách (obrázek 3):

- "**Proč**" organizace funguje? Jaký účel naplňuje? Proč zrovna tato strategie? (Směrování)
 - "**Jak**" má v úmyslu naplňovat svůj účel a strategii? (Realizace)
 - "**Čeho**" doposud skutečně dosáhla? „**Čeho**“ chce dosáhnout zítra? (Výsledky)
- [10]



Obrázek 3 EFQM model [10]

Oproti předchozím modelům se mnohé změnilo, ale základní principy zůstaly stejné. Stále je prioritní nadřazenost zákazníka, potřeba vnímat zainteresované strany jako středobod veškerého dění a porozumění vztahů mezi příčinami, následky a tím, proč a jak organizace vykonává činy a co mohou v důsledku způsobit. [10]

Rozdíl mezi ISO 9000 a TQM

TQM není kompletní řízení kvality a jedná se o filozofii společnosti, na rozdíl od normy ISO 9000, což je přesně definovaný systém. Proto je u modelu TQM důležité, aby vedení všech procesů ve společnosti mělo vliv na kvalitu. Jelikož není model TQM přesně definovaný, existuje tolik verzí, kolik je jeho uživatelů, každý ho totiž implementuje jinak. Oproti tomu normy řady ISO 9000 jsou jasně definovány a pro správné a jednoznačné pochopení dané normy pomáhají společnostem externí registrovaní auditoři. Jako další rozdíl může být brán fakt, že ISO normy slouží jako prevence vzniku nekvality, oproti tomu model TQM slouží k nápravě již vzniklé nekvality. [11]

Další normy a podnikové standardy

Konkrétně v automobilovém průmyslu dále funguje Mezinárodní pracovní skupina pro automobilový průmysl (IATF – International Automotive Task Force). Cílem IATF a ISO je sjednotit a harmonizovat různorodé národní standardy pro řízení kvality v automobilovém průmyslu, které byly zaváděny v šedesátých letech. Konkrétně se jedná o americké QS 9000, francouzské EAQF (Écurie Automobile Quillanaise), italské AVSQ (Associazione nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità) a odvětvové příručky VDA (Verband der Automobilindustrie) používané v koncernu Volkswagen a tudíž i ve ŠKODA AUTO a.s. VDA příručky stanovují požadavky na QMS v automobilovém průmyslu, které jsou nad rámec norem řady ISO 9000. Jejich překlad zajišťuje Česká společnost pro jakost. [12]

IATF 16949:2016 Norma pro systém managementu kvality v automobilovém průmyslu

Normu využívá ŠKODA AUTO a.s. jako požadavek na dodavatelskou kvalitu. Požadavky na systém kvality v organizacích zajišťující sériovou výrobu a výrobu příslušných náhradních dílů v automobilovém průmyslu. Normu IATF je nutno chápat jako dodatek k normám řady ISO 9000, konkrétně normě ČSN EN ISO 9001:2016 a také jí spolu s touto normou používat. [13]

2. Kvalita

Českým ekvivalentem pro slovo kvalita je slovo „*jakost*“, nicméně obojí udává vypovídající hodnotu o vlastnosti výrobku a také odpovídá na otázku „*Jaký?*“¹. Užívání pojmů kvalita, respektive jakost je spojeno s Aristotelem, který pojem jakost použil jako první na počátku starověku a řekl, že kvality (barva, chuť apod.) pocházejí ze smyslového vnímání. Z ekonomicko-průmyslového hlediska jsou nejužitečnější následující definice kvality:

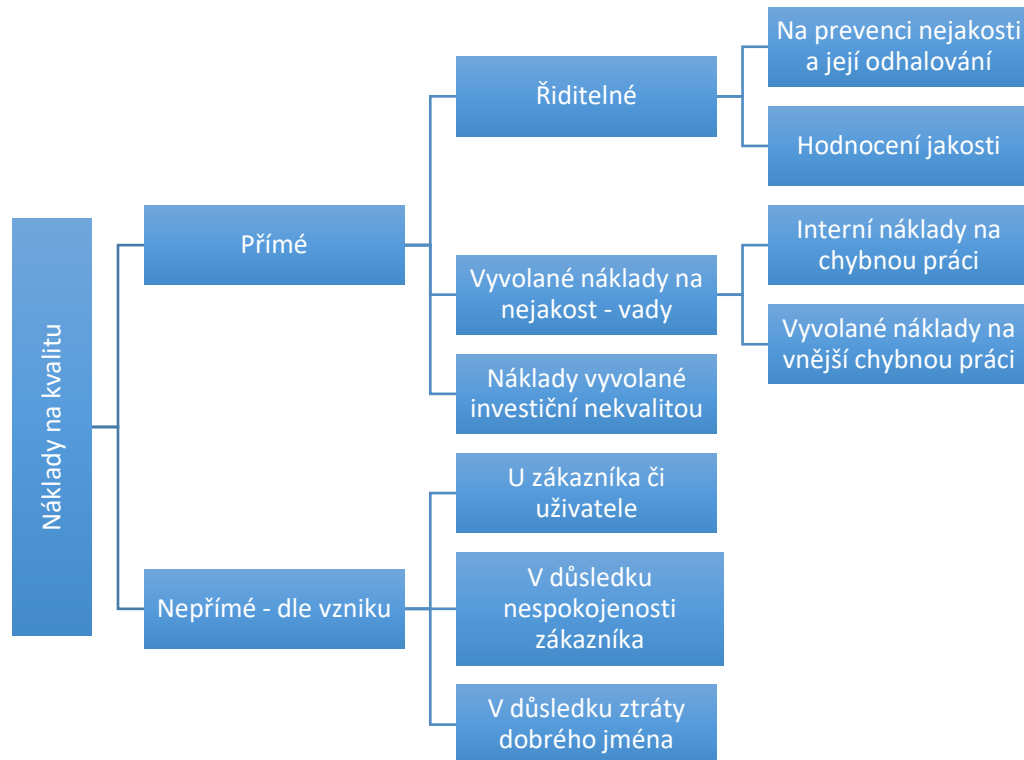
- kvalita je to, co za ni považuje zákazník (Feigenbaum);
- kvalita je shoda s požadavky (Crosby);
- kvalita je způsobilost pro užití (Juran);
- kvalita je výrobek nebo služba, které jsou ekonomické, nejužitečnější a vždy uspokojivé pro spotřebitele (Ishikawa). [14]

Jelikož se jedná o práci na technické fakultě, budeme se držet definice dle normy ČSN EN ISO 9000:2016, která říká: „*Kvalita je stupeň plnění požadavků souborem inherentních znaků*“. Kde inherentní znaky chápeme jako znaky vnitřně spjaté s výrobkem, jsou jeho součástí a požadavkem na kvalitu. Inherentní znaky se dělí na měřitelné – kvantitativní a kvalitativní, kam patří například příjemné vystupování, jež může být pro zákazníka rozhodující. Dále v této práci bude užíván pouze pojem kvalita. [15], [16]

¹ Z latinského „Qualis“

2.1. Náklady na kvalitu

Mezi náklady na kvalitu patří: výdaje na zabezpečení kvality, včetně všech postupů pro její zajištění, tj. kontrola kvality a také získávání, tvorba a archivace dokumentace i výdaje na rozpoznání a eliminaci vad. Celkově náklady můžeme dělit na přímé a nepřímé a ty dále hierarchicky dělit dle obrázku 4.



Obrázek 4 Struktura nákladů – převzato z [18]

Přímé náklady

Přímé náklady obsahují všechny náklady na co nejúčinnější eliminaci a zabránění tvorby potenciálních chyb pracovníků. Také zahrnují náklady na zkušební, měřicí a přijímací činnosti způsobené nízkou kvalitou. Přímé náklady můžeme dělit na:

- **Řiditelné** – náklady říditelné slouží k zajištění toho, aby zákazník dostal pouze vyhovující výrobky či služby
 - **Na prevenci a odhalování nekvality** – všechny náklady na předcházení chyb a vad při zajišťování kvality, patří sem i náklady na:
 - *Plánování kvality*
 - *Zkoušení při návrhu*
 - *Schvalování dodavatelů*

- *Přezkoumávání způsobilosti výrobního procesu*
- *Plánování kontrol a zkoušek*
- *Zajišťování přesnosti měřidel*
- *Audit kvality*
- *Průzkum trhu a srovnání s konkurencí*
- *Školení v oblasti kvality*
- *Tvorby příruček, návodů a uživatelské dokumentace*
- *Analýza a redukce příčin vad*
- *Certifikace výrobků apod.*
- **Hodnocení kvality** – náklady spojené s analýzou činnosti a zaručením její správné opakovatelnosti, náklady na:
 - *Zkoušky vývojových prototypů a nových procesů*
 - *Vstupní, mezioperační a výstupní kontrolu*
 - *Měřicí prostředky – měřidla a měřicí SW*
 - *Přejímací zkoušky*
 - *Zkušební dokumentace*
 - *Činnosti externích zkušeben*
 - *Materiál prototypů apod.*
- **Vyvolané náklady na interní nekvalitu** – obsahuje všechny náklady, které způsobují jak vady a chyby, tak chybně provedenou práci. Dělíme je na:
 - *Dodatečný vývoj*
 - *Neopravitelné zmetky a jejich likvidace*
 - *Vícepráce a opravy*
 - *Třídící a opakované kontroly*
 - *Přezkoumání a řešení problémů*
 - *Nápravná opatření*
- **Interní náklady na chybnou práci** – náklady, jež musí podnik vynaložit předtím, než je produkt předán zákazníkovi, jelikož byl výrobek chybně vyroben. To znamená, že někdo neprovedl svou práci bezchybně a není zaručena opakovatelnost činnosti. Do této skupiny zahrnujeme náklady na:
 - *Dodatečný vývoj*
 - *Neopravitelné zmetky a jejich likvidace*
 - *Vícepráce a opravy*
 - *Třídící a opakované kontroly*
 - *Přezkoumání a řešení problémů*
 - *Nápravná opatření*

- *Prostoje zaviněné vadami*
- **Vyvolané náklady na vnější nekvalitu** – neboli náklady na chybnou práci jsou náklady, které vzniknou podniku po předání výrobku zákazníkovi – po expedici a nebyly odhaleny všechny vady, jež výrobek obsahuje. Patří sem především náklady na:
 - *Reklamace*
 - *Pozáruční servis a opravy*
 - *Penále za pozdní dodání*
 - *Nevyhovující kvalita*
 - *Pohotovostní zásoby náhradních dílů*
- **Náklady na promrhané investice a škody vyvolané investiční nekvalitou** – patří sem náklady na investice do měřicích, kontrolních a zkušebních zařízení, ochranu životního prostředí a drahé přípravy. [17], [18]

Nepřímé náklady

Nepřímé náklady často označované za dlouhodobé nelze určit z podnikového účetnictví, ale vznikají jako nedílná součást životního cyklu výrobku. Pomocí dlouhodobé analýzy výrobku nebo skupin výrobků lze tyto náklady snižovat.

Nepřímé náklady dělíme dle vzniku na tři druhy:

- **vznikající u zákazníka či uživatele;**
- **vznikající v důsledku nespokojenosti zákazníka** – soudní a mimosoudní spory, nutnost operativně řešit dlouhodobě se opakující problémy, medializace problémů;
- **vznikající v důsledku ztráty dobrého jména** – ztráta důvěry zákazníků přímo vedoucí ke ztrátě zákazníků, nevýhodné postavení na trhu. [18]

2.1.1. Snižování nákladů na kontrolu pomocí redukce pracovníků kontroly

Možností snížení nákladů na kontrolu kvality jsou například redukce pracovníků. Poté dojde k přechodu od sekundární kontroly kvality (speciální měrové laboratoře) ke kontrole primární, respektive sebekontrolé. Jedná se o nahrazení kontrolní práce specialistů technické kontroly přímo obsluhou stroje, seřizovačem, nebo směnovým

mistrem. Ihned dochází ke kontrole práce, sledování kvality v procesu a vývoje sledovaných parametrů, podle kterých lze predikovat kvalitu výsledného produktu. Zjištěné informace jsou ihned analyzovány, vyhodnocovány a obsluha stroje na ně reaguje patřičnou změnou. Nicméně pro zavedení a správné fungování sebekontroly existuje mnoho podmínek, například:

- kompletní výrobní dokumentace včetně kontrolní technologie;
- kontrolní pomůcky a měřidla včetně informací o termínu kalibrace;
- podmínky pro vhodné ukládání měřidel a manipulaci s nimi;
- správné seřízení stroje;
- seznámení pracovníka provádějícího sebekontrolu s důsledky nedodržení požadavků na kvalitu pro další operace, s postupy řízení neshodných produktů;
- zaškolení ke kontrolní činnosti včetně způsobu vedení záznamů o výsledcích kontroly. [17]

Další možností může být zavedení statistické regulace výrobního procesu. Pomocí dlouhodobého sledování statistické regulace procesu a neustálého vyhodnocování způsobilosti lze předcházet výrobě nekvalitních výrobků. Poslední možností je automatizovat kontrolu kvality a eliminovat zčásti chyby lidského faktoru. [17]

2.1.2. Hledání optimální kvality

Při navyšování nákladů pro prevenci a snižování nákladů na odhalování vad by měl celkový součet nákladů na nekvalitu klesat. Náklady zaviněné chybnou prací klesají, pokud se dostatečně dbá na prevenci. Prevence v tomto případě znamená najmout kvalifikovaný a proškolený personál, náklady s tím spojené stoupají a přínos je vidět až v dlouhodobém horizontu. [18]

2.2. Systém kontroly kvality

Kontrola – tradiční způsob pro řízení kvality, ve kterém správný systém kontroly volíme dle charakteru výrobního procesu, výrobků nebo služeb, ke specifickým znakům kvality. Jak napsal profesor Nenadál: „Kontrola jakost nevytváří, ale zvyšuje výrobní náklady“ [17]. Přehled možností kontroly kvality je uveden v tabulce 2.

Snažíme se docílit systému kontroly, který by namísto konečné kontroly u hotového výrobku umožňoval nekvalitě předcházet.

Definice nekvality:

- **Příchod neshodného materiálu a surovin do podniku** – řešením může být přenesení plné zodpovědnosti na dodavatele a tvorba kvalitního a funkčního systému hodnocení a výběru dodavatelů, velmi úzká spolupráce s dodavateli a uzavírání dohod výhodných pro obě strany, které mohou vypadat následovně:
 - odběratel požaduje provádění a doložení 100% výstupní kontroly u dodavatele;
 - odběratel požaduje provádění a doložení 100% operační a výběrové kontroly;
 - výstupní kontrolu u dodavatele;
 - odběratel požaduje realizaci a doložení statistické regulace procesu a výběrovou či namátkovou výstupní kontrolu u dodavatele;
 - odběratel může požadovat certifikaci systému kvality u dodavatele. [17]

- **Ve výrobě neshodných produktů** – při velké důvěře mezi odběratelem a dodavatelem, která je podpořena dlouhodobou kvalitní spoluprací, můžeme přecházet ke vstupním kontrolám výběrovým, namátkovým anebo může dojít k úplnému zrušení vstupní kontroly, což je z pohledu logistiky nejlepší možné řešení, dodavatel má procesy pod kontrolou a plně řízené – například pomocí statistické regulace procesu výroby. Tudiž nemusí provádět výstupní kontrolu a odběratel kontrolu vstupní. Nicméně dostat se do takového ideálního stavu je možné pouze tehdy, pokud jsou opravdu zvládnuté výrobní procesy na straně dodavatele a dochází k jejich statistické regulaci po delší dobu – je nutný delší časový úsek pro sběr dostatečného množství dat. [17]

Přehled možností kontroly

Tabulka 2 Přehled možností kontroly – převzato z [17]

Hledisko členění	Druh kontroly	Vysvětlivky
Objekt kontroly	Kontrola: - Surovin, materiálu - Hotových výrobků - Nářadí, náhradních dílů - Dokumentace údajů, strojů a zařízení	- Součást systému údržby strojů a zařízení
Fáze životního cyklu produktů	Kontrola: - Výzkumu a vývoje - Technické dokumentace - Výrobní, funkční zkoušky - Atestace hotových výrobků	
Místo provádění kontroly	- Pracoviště výrobní - Pracoviště útvary technické kontroly - Laboratoře - Zkušebny, nástrojárny, sklady - Měrová střediska	
Použití měřidel a měřicích přístrojů	Kontrola: - Objektivní - Subjektivní	- Metody srovnávací (měření kalibrem) - Smykové hodnocení (vizuální kontrola, srovnání se vzorníkem)
Rozsah kontroly	Kontrola: - Stoprocentní - Výběrová - Namátková	- Účinnost není vždy stoprocentní - Statistická regulace procesu - Statistická přejímka - Létaující
Rozsah automatizace	Kontrola: - Ruční - Mechanizovaná/poloautomatická - Automatizovaná	- Aktivní (in-process) - Pasivní (automatické třídění)
Subjekt kontroly	Kontrola: - Primární - Sekundární - Automatizovaná	- Sebekontrola - Technolog, pracovník technické kontroly, řízení kvality, laboratoře, zkušebny
Vliv zkušební metody na produkt	Metoda: - Destruktivní - Nedestruktivní	- Mechanické, chemické poškození - Ultrazvukem, indukční metody
Začlenění do výrobního procesu	- Kontrola: - Vstupní - Operační/mezioperační - Výstupní	- Kontrola 1. kusu, mezioperační, pooperační - Zahrnuje i kontrolu balení, kompletnosti, průvodní a technickou dokumentaci

Kontrola slouží k zamezení pokračování výroby výrobku neodpovídajícího požadovaným specifikacím, nezaručuje však výrobu shodných – kvalitních výrobků. Pro lepší orientaci se dle provádění kontroly ve výrobním řetězci dají dělit na:

- vstupní;
- operační/mezioperační;
- výstupní. [19]

Vstupní kontrola prověřuje kvalitu výrobních a pomocných materiálů, které výrobní podnik přejímá. Jedná se o kontrolu vstupního materiálu z prvovýroby anebo nakupovaných, sestavených výrobků určených pro montáž. Vstupní kontrola může být:

- vyčerpávající;
- výběrová;
- pomocí statistické přejímky;
- úplně odstraněna pomocí bez přejímkových systémů. [19]

Mezioperační / Operační kontrola slouží pro ověření shody se specifickými požadavky v průběhu výrobního procesu a je nedílnou součástí pro regulaci a řízení výroby. Může být mezioperační, kontrola 1. kusu a pooperační. [19], [14] Typy mezioperační kontroly:

- **Kontinuální** – nepřetržité sledování předem definovaných charakteristik jako jsou: teplota v žíhací peci, tloušťka nanesené vrstvy na výrobku ve fázi rozpracovanosti apod. V sériové výrobě se často označuje jako in-line a jde o kontrolu přímo v lince, např. při manipulaci mezi jednotlivými operacemi. Moderním trendem je zde použití optických senzorů, tento způsob kontroly je využíván např. v ocelárnách pro rozměrovou kontrolu profilů. [19], [14]
- **Diskontinuální** – na určitých inkriminovaných místech dochází k odběru rozpracovaných výrobků, které jsou kontrolovány buď na místě nebo jsou transportovány do specializovaných kontrolních laboratoří. [19], [14]

Mezioperační kontrola je vhodná pro včasné odhalení zmetků, jelikož čím dříve se neshodné díly odhalí, tím dříve končí investice drahé výrobní technologie do výroby neopravitelných zmetků. [19], [14]



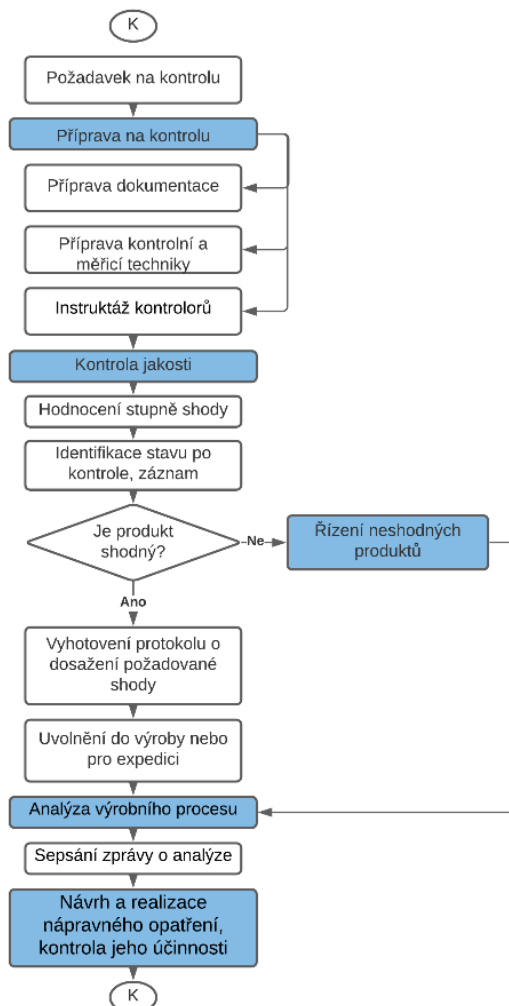
Výstupní kontrola – dochází k ověřování shody hotového výrobku. Výrobky se rozlišují na kvalitní, se sníženou kvalitou a na nekvalitní. [19]

2.2.1. Cíle kontroly kvality ve výrobě:

- objektivně posoudit míru shody mezi požadavky a skutečností;
- identifikovat odhalené neshody;
- zabránit průniku neshodných produktů nejen až k odběrateli, ale na každý další stupeň zpracování;
- zajistit technologickou kázeň;
- odhalovat neshody ve výrobním procesu, které by mohly vést k výrobě neshodných produktů;
- zpracovávat výsledky kontroly s cílem odhalit příčiny neshodných produktů a přijímat a realizovat opatření k nápravě. [17]

Schéma principu kontroly

Pro zlepšení povědomí o průběhu kontroly slouží následující vývojový diagram (obrázek 5).



Obrázek 5 Schéma principu kontroly kvality – převzato z [17]

2.3. Kvalita ve výrobním procesu

Pro možnost interpretace pojmu kvalita ve výrobním procesu je nejprve nutné vysvětlit si, co je proces. Proces je logicky a sekvenčně poskládaný soubor činností vedoucí ke společnému cíli, kde výstup z předchozí činnosti je vstupem do následující. Pojem výrobní proces můžeme charakterizovat jako plynulý tok materiálu, ve kterém dochází k přeměně vstupních surovin a finálních výrobků pomocí jednotlivých operací. Do výrobního procesu může být zahrnuta i doprava a skladování výrobku. Celý proces přeměny surovin na finální výrobek zvyšuje přidanou hodnotu výrobku. Je žádoucí, aby

bylo prováděno co nejméně činností a operací, které přidanou hodnotu nepřinášejí a tudíž zvyšují náklady. [20]

2.4. Zdroje informací o výrobním procesu

Pro získávání informací o výrobním procesu se v dnešní době digitalizace a s ní spojeným Průmyslem 4.0. používají databázové systémy, do kterých jsou nahrávána data o výrobním procesu. Poměrně velké množství dat zadávají operátoři výrobních zařízení osobně, a to i přes velkou míru digitalizace. Zde vzniká prostor pro vytvoření chyby. K tomu se dnes využívají rozbalovací nabídky, kde operátor nemá možnost zapisování dat, pouze vybírá jednu z předvyplněných možností. Tam, kde takovéto možnosti nejsou, je důležité data předpřipavit – sjednotit názvy, pročistit hodnoty, u kterých je jasně vidět manuální chyba – například přepis v desetinné čárce.

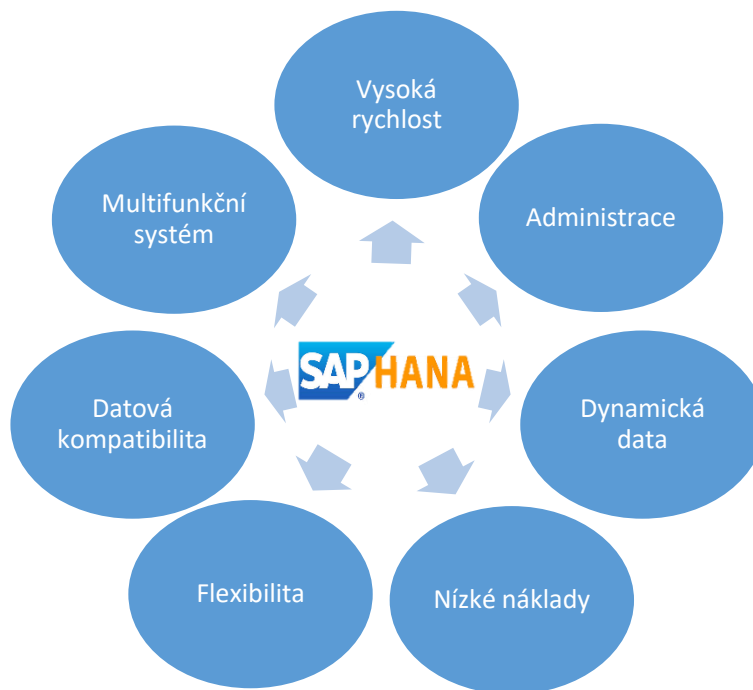
S rozvojem Průmyslu 4.0 a tím spojené digitalizace dochází ke sběru stále více dat. Sbírají se data z výrobních a montážních linek, přímo z obráběcích strojů. Dále data o stavu nástrojů – jejich výměně pro odhad konce životnosti. Přímo ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. se využívají následující systémy.

2.4.1. SAP

Zkratka SAP (Systems, Applications and Products) znamená Systémy, Aplikace a Produkty. Jedná se o nejznámější, nejkomplexnější a pravděpodobně nejvyužívanější systém pro podnikové řízení a zpracování dat. ŠKODA AUTO a.s. v současnosti provozuje více než devadesát SAP systémů, a to v oblastech financí, logistiky, řízení lidských zdrojů, materiálového hospodářství apod. Jedním z mnoha modulů SAPu je SAP HANA. [21]

SAP HANA (obrázek 6) je cloudová platforma sloužící pro zpracovávání velkých objemů dat pomocí obsáhlého portfolia analytických nástrojů a reportů. Platforma SAP HANA ukládá všechna data do operační paměti, tento fakt umožňuje vysoký výkon a rychlé zpracovávání dat. Výkon ještě znásobují systémy prediktivní analýzy, které práci s daty výrazně urychlují. [21]

Platforma je schopna pracovat nejen s nově ukládanými daty, ale i s daty, která jsou archivována v databázích. Dále je schopna načítat data z různých zdrojů, nejen z aplikací SAPu. [21]



Obrázek 6 Schéma platformy SAP HANA – převzato z [13]

2.4.2. chy.stat

Pod zkratkou chy.stat se skrývá pojem „chytrá statistika“. SW chy.stat pomáhá udržovat stabilitu výrobních procesů, jejich neustálou optimalizaci a tím minimalizovat rizika a zvýšit konkurenceschopnost. Program je schopen v reálném čase zpracovávat měřené znaky kvality, procesní a energetické parametry. chy.stat je rozdělený do několika modulů, z nichž každý má svoji oblast využití. Jedná se o moduly:

- Monitor – pomocí monitoru lze včas reagovat na alarmy a rizika z výroby. Poskytuje v reálném čase sledování výrobní linky – alarmy, problémy, a dokonce i SPC.
- Crustallus – pro sledování dlouhodobé stability procesů. Porovnává chování procesů na výrobních linkách. Sleduje alarmy a upozorňuje na problémy pomocí dalších ukazatelů (nejen C_p a C_{pk} ale využívá i DataScience).

- Ordo – zajišťuje řízení zakázkového měření, sleduje informace o výrobní zakázce nebo celé dávce. Pomáhá s organizací SPC a uvolňováním výrobních linek.
- Scrap – slouží pro kontinuální přehled o zmetkovitosti a nákladech na jednom místě. Je schopen automaticky sbírat data ze strojů v reálném čase.
- Fenestra – představuje online dashboard nahrazující PDF přehledy a nástěnky. Bývá využíván pro prezentace managementu i pro online vizualizaci a interaktivní práci s daty.
- myBeDa – je internetový nástroj pro sběr dat a SPC. Data jsou sbírána pomocí terminálu s možností personalizace a nastavením i pro ruční měřidla.
- Měrové protokoly – slouží pro přehled zakázek k měření na KMS i pro dílenská měřidla. Naměřená data jsou automaticky nahrávána nebo zadávána operátorem u ručních měřicích stanic. Dále je zde možnost vyhodnocení naměřených dat a uvolnění výroby. Část modulu Měrové protokoly je zobrazena na obrázku 7, kde pomocí barevných obdélníků byla cenzurována citlivá data. [22]



Obrázek 7 Zobrazení zakázky s naměřenými hodnotami v SW chy.stat [13]

2.4.3. AMU

AMU neboli Aplikace Mobilní Údržba slouží pro zaznamenávání prostožů na výrobních linkách. Prostoje zadávají sami seřizovači obráběcích strojů přímo ke konkrétním zařízením. V aplikaci je možnost zapsat poznámku v podobě krátkého textového popisu. Zobrazení prostředí AMU je na obrázku 8. Aplikace také slouží pro sledování a vyhodnocování prostožů, objednávání servisních zásahů a sledování stavu jednotlivých prováděných servisních úkonů.

Aplikace

Mobilní

Údržba

Uživatel: Jan Eichler

 KT: 22

Odpolední

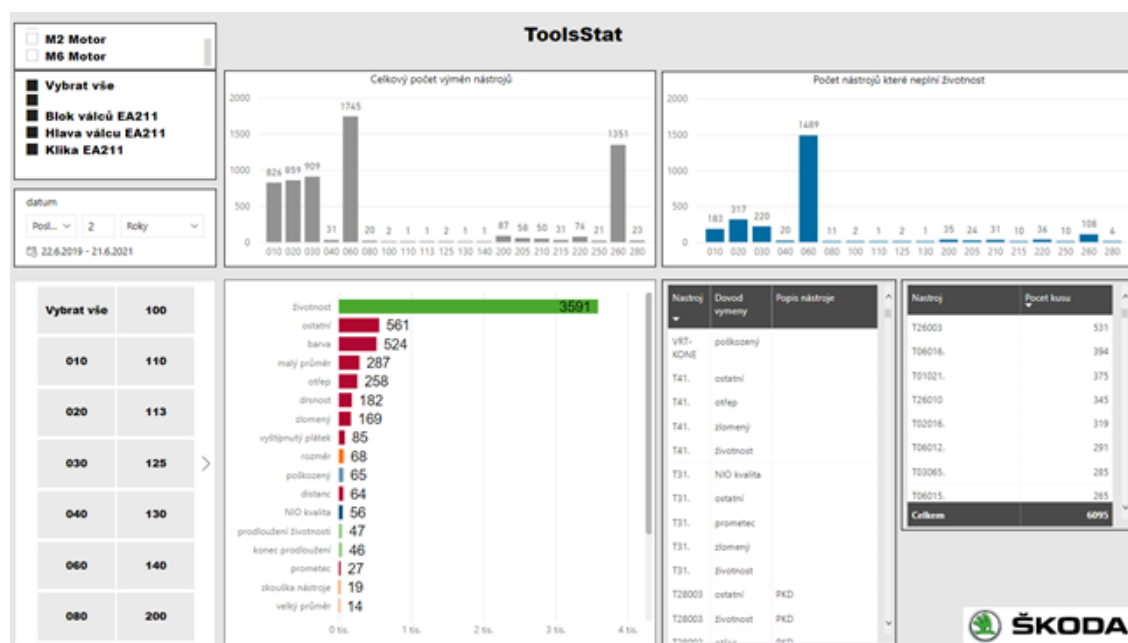
5. 6. 2021 17:37:12



Obrázek 8 Prostředí aplikace AMU [13]

2.4.4. Toolstat

Toolstat slouží jako databáze s informacemi o výměnách nástrojů, včetně informací kdy, jak a proč byly vyměněny (obrázek 9). Ze získaných informací lze vypočítat průměrnou dobu životnosti nástroje a poté například vyměnit nástroj ještě před ukončením životnosti a tím snížit výrobu neshodných dílů. Systém také slouží ke sledování vynaložených nákladů na nástroje. Data z Toolstatu jsou zobrazována přes platformu Microsoft PowerBI. [13]

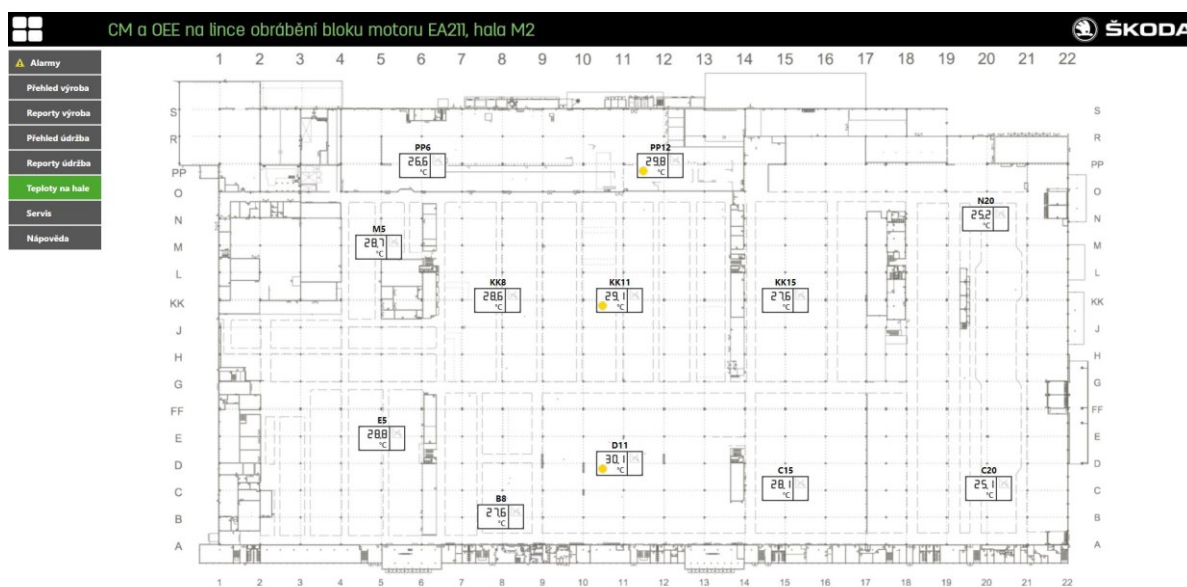


Obrázek 9 Systém Toolstat pro správu obráběcích nástrojů [13]

2.4.5. Condition monitoring

Platforma Condition monitoring dovoluje měřit, vizualizovat a uchovávat procesní data a technologické veličiny. Ke zpracovaným hodnotám je možnost definovat mezni

hodnoty a na jejich základě generovat alarmy. Za typické příklady sledovaných veličin patří provozní teploty (obrázek 10), teploty procesních kapalin, tlaky, odběry elektrické energie pro jednotlivé motory, motohodiny, cykly, zdvihy a popřípadě ještě vibrace. Samotné měření veličin může probíhat nepřetržitě nebo v definovaných časových intervalech, například jednou za měsíc. Získané informace umožňují efektivní a prediktivní údržbu s cílem co nejvíce eliminovat neplánované poruchy, předcházet zhoršení kvality, zajištění bezpečnosti pracovníků a zamezit ekologické havárii. [23]



Obrázek 10 Teploty na výrobní hale v Condition monitoringu [13]

Systém je také schopen zaznamenávat historii alarmů pro lepší přehled a analýzu závad. Dále je zde možnost po generování alarmu ještě zaslat SMS zprávu, email nebo notifikační upozornění příslušným osobám. [23]

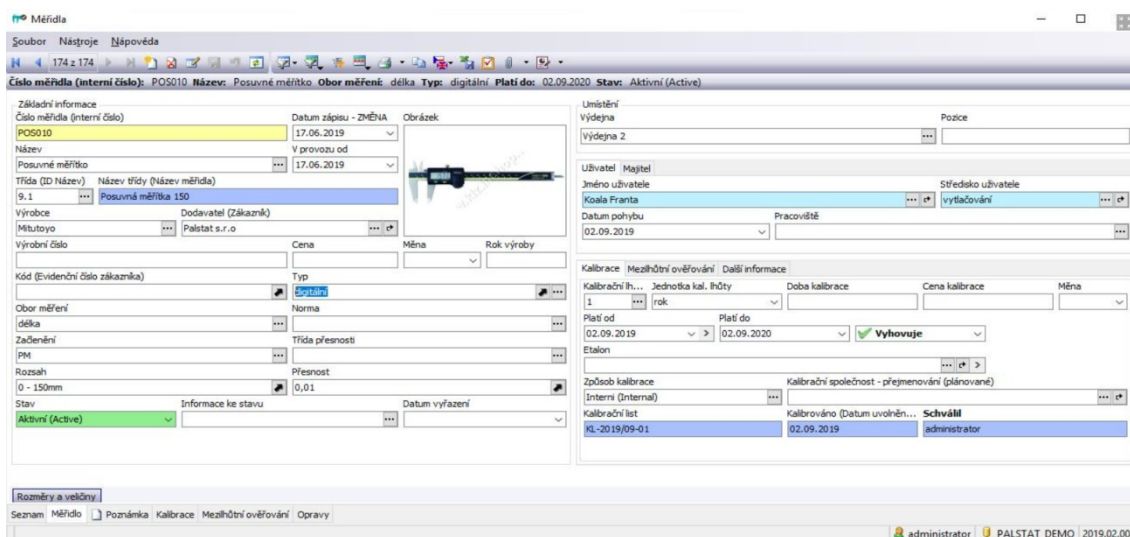
2.4.6. Palstat

Platforma Palstat poskytuje systém řízení kvality. Klade si za cíl zjednodušit a zefektivnit plnění požadavků dle norem zabývajících se systémem kvality. Obsahuje jednotlivé skupiny obsahující množství modulů. K takovým skupinám patří:

- plánování;
- monitorování;
- neshody;
- metrologie;
- údržba apod. [24]

Ve společnosti ŠKODA AUTO A.S. se využívá především pro správu měřidel. Kdy poskytuje kompletní řešení pro potřeby metrologie, a to od kalibračních laboratoří, přes podnikovou metrologii, výdejny měřidel až po koncového uživatele. Skupina Metrologie obsahuje modul Evidence měřidel, do kterého řadíme: seznam měřidel, životní cyklus měřidla, řízení výdejen a uživatelů měřidel, interní a externí kalibrace, sledování nákladů na kalibrace, plánování a evidence oprav. [24]

Do karty měřidla (obrázek 11) jsou zaneseny informace o nákupu, zprovoznění a zkušebním provozu měřidla, dále pak termíny kalibrací, které se dopočítávají samy dle kalibrační lhůty. V Palstatu je nastaven pravidelný měsíční, reporting ohledně blížící se expirace měřidel pro zodpovědné osoby.



Číslo měřidla (interní číslo): POS010 **Název:** Posuvné měřítko **Obor měření:** délka **Typ:** digitální **Platí do:** 02.09.2020 **Stav:** Aktivní (Active)

Základní informace

Číslo měřidla (interní číslo) Datum zápisu - ZMĚNA Obrázek
 POS010 17.06.2019
 Název V provozu od
 Posuvné měřítko 17.06.2019
 Třída (ID Název) Název třídy (Název měřidla)
 9.1 Posuvné měřítka 150
 Výrobce Dodavatel (Zákazník)
 Mítutoyo Palstat s.r.o.
 Výrobní číslo Cena Měna Rok výroby
 Kód (Evidenční číslo zákaznika) Typ
 Obor měření Norma
 délka
 Zařazení Třída přesnosti
 PM
 Rozsah Přesnost
 0 - 150mm 0,01
 Stav Informace ke stavu Datum vyřazení
 Aktivní (Active)

Uživatel **Majitel** **Středisko uživatele**
 Jméno uživatele Koala Franta
 Datum pohybu Pracovnídne vyřizování
 02.09.2019

Kalibrace **Mezihodní ověřování** **Daší informace**

Kalibrační ř...	Jednotka kal. lhůty	Doba kalibrace	Cena kalibrace	Měna
1	rok			

Platí od 02.09.2019 Platí do 02.09.2020 **Vyhovuje**

Etalon

Způsob kalibrace Kalibrační společnost - přejmenování (plánované)
 Interní (Internal)
 Kalibrační list Kalibrovaná (Datum uvolněn... **Schátil**
 KL-2019/09-01 02.09.2019 administrator

Rožměry a veličny

Seznam | Měřidlo | Poznámka | Kalibrace | Mezihodní ověřování | Opravy

administrator | PALSTAT_DEMO | 2019.02.004

Obrázek 11 Karta měřidla v systému Palstat [25]

3. Zlepšovateľské procesy v managementu kvality

3.1. Kontinuální proces zlepšování

Pro správné využití nástroje pro kontinuální přístup kontroly kvality je nutné nejprve porozumět a správně změřit sledovaný proces, aby mohlo dojít k jeho průběžnému zlepšení. Tomuto kroku se často přiřazuje pojem *přirozený procesní přístup*. Cílem je analýza současného stavu, jeho popsání a definování kritérií hodnocení procesu. Proces je třeba sledovat neustále, především je třeba spojovat souvislosti. Zjištěné příležitosti slouží jako podklad pro návrh a následnou implementaci vhodnějšího řešení. Jednotlivé změny je nutno dokumentovat. Dokumentace slouží jako podklad pro popis nového stavu. Důležité je si uvědomit, že jde o nekonečný cyklus a zlepšení není nikdy považováno za definitivně lepší stav. [5]

3.1.1. Kaizen

Kaizen je japonskou metodou kontinuálního zlepšování. Hlavní myšlenkou metody Kaizen je princip neustálého zlepšování, ve kterém figuruje každý zaměstnanec společnosti. Předpokládá se řešení a zájem o všechna zlepšení bez ohledu na dopad a významnost. Kaizen si zakládá na provedení důkladné analýzy potenciálně negativních účinků po změně. Základní nástroje využívané metodou Kaizen jsou:

- **5S** – nástrojem 5S získáváme štíhlé pracoviště, kde pracovník nevykovává žádné pohyby a činnosti nepřidávající hodnotu. Definice jednotlivých činností vychází z obrázku 12. Postupným vývojem byl definován obsáhlejší nástroj vycházející z metody 5S a to 7S, který navíc zohledňuje bezpečnost a životní prostředí;

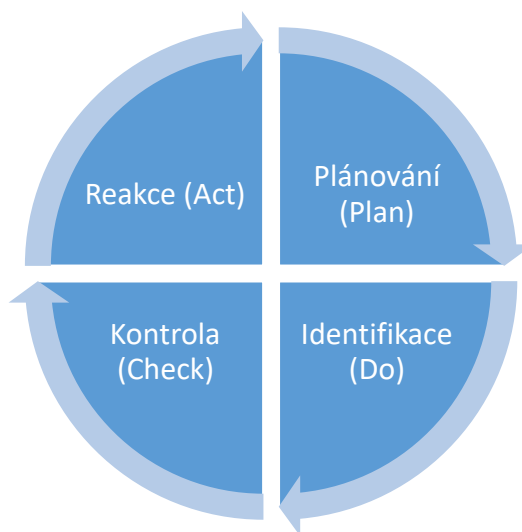


Obrázek 12 Metoda 5S [26]

- **Vizuální management** – nástroj pro kontrolu předchozího kroku, pomocí kterého lze okamžitě zjistit problém;
- **Minimalizace ztrát** – má za cíl rozdělit aktivity na aktivity přidávající hodnotu výrobku a aktivity, které hodnotu nepřidávají. [5], [26]

3.1.2. Cyklus PDCA

Cyklus PDCA byl vytvořen Demingem, jako již zmiňované Demingovo kolo. Jedná se o model neustálého zlepšování podnikových procesů.



Obrázek 13 Demingův cyklus PDCA – převzato z [5]

Jednotlivé pojmy znamenají:

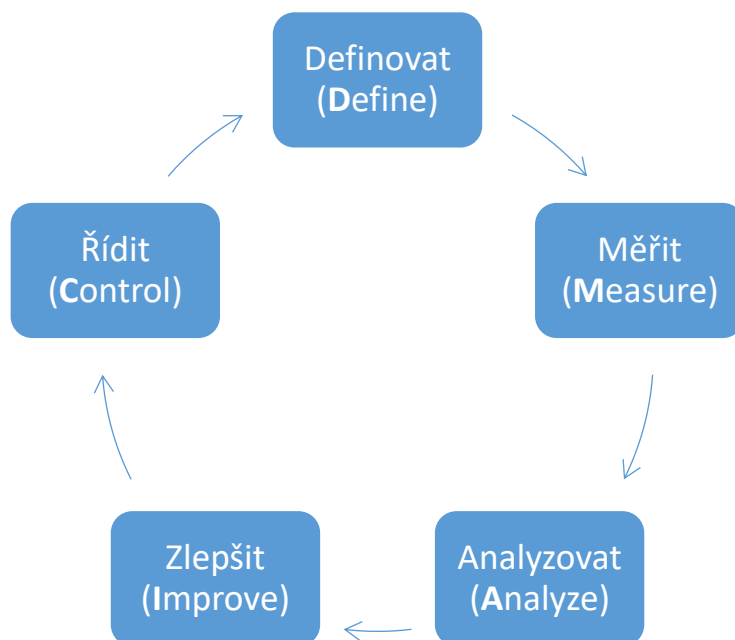
- **Plan** – v první fázi změn je sledován proces a identifikován problém, na jehož základě jsou tvořena nápravná opatření a aktivity;
- **Do** – identifikace možných řešení, výběr nejlepších a následně jejich provedení;
- **Check** – kontrola a analýzy dosažených výsledků vůči plánovanému stavu změny;
- **Act** – reakce na implementované změny a úpravy procesu za účelem definitivního odstranění problému. [5]

3.1.3. Six Sigma

Six Sigma je přísný a vysoce disciplinovaný podnikový proces, který si společnosti osvojily, aby se mohly zaměřit na vývoj a dodávání spolehlivých, téměř dokonalých produktů a služeb. Ačkoli se Six Sigma ukázala jako velmi cenná ve výrobních operacích, její potenciál se projeví až po zavedení do všech komplexních systémů v podnicích. K dosažení tohoto cíle je nutná dobře definovaná vize a plán spolu se strukturovanými úlohami. [27]

Hlavním cílem filozofie Six Sigma je zvyšování rentability podniku, za vedlejší cíle je považováno zlepšení kvality a vyšší efektivita. Jak je již patrné z názvu, souvisí metoda s orientací na minimalizaci výskytu neshod a problémů. Minimalizace neshod je realizována pomocí takové způsobilosti procesu, kde je střední hodnota sledovaného znaku kvality od blíže umístěné toleranční meze vzdálená alespoň šest směrodatných odchylek (Six Sigma = 6σ). [27], [28]

Proces zlepšování je prováděn cyklem DMAIC, který definuje jednotlivé zlepšovací kroky. Pojem DMAIC vznikl spojením prvních písmen názvů jednotlivých kroků v anglickém jazyce, jak je znázorněno na obrázku 14. [27], [28]



Obrázek 14 DMAIC cyklus zlepšování – převzato z [5]

Jednotlivé fáze můžeme popsat jako:

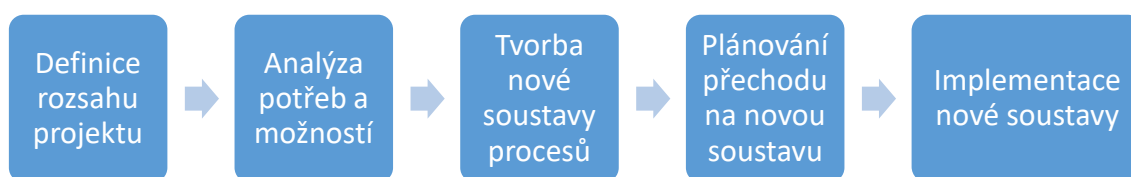
- **D – Define:** definovat projektové cíle a zákaznické výstupy (interní a externí);
- **M – Measure:** změřit proces a určit současný stav, kvantifikovat problém;
- **A – Analyze:** analyzovat a určit kořenové příčiny problémů;
- **I – Improve:** zlepšit proces eliminací defektů;
- **C – Control:** řídit budoucí výkon procesu. [28]

3.2. Diskontinuální proces zlepšování

Oproti kontinuálnímu plynulému přístupu zlepšování se diskontinuální liší ve skokových zlepšeních, a to hlavně z důvodu udržení konkurenceschopnosti ve stále rychleji rostoucím konkurenčním prostředí. K rapidnímu růstu konkurence dochází rychlým vývojem nových technologií a velkou mírou globalizace. Na podniky je vyvíjen stále větší nátlak pro dosažení často dramatických zlepšení. [5]

3.2.1. Reengineering podnikových procesů

Jednou z možností diskontinuálního přístupu zlepšování může být Reengineering podnikových procesů. Tato možnost pracuje s filozofií nevyhovujícího stávajícího procesu, který je třeba kompletně změnit. Díky tomu jsou tvůrci nových procesů zcela odpoutáni od současného stavu a mohou se soustředit pouze na tvorbu procesu nového. Schéma Reengineeringu procesu je zobrazeno na obrázku 15. [5]



Obrázek 15 Reengineering procesu – převzato z [5]

4. Procesy a jejich kontrola

4.1. Variabilita procesu a její příčiny

Nikdy se nepovede vyrobit dva totožné produkty z jednoho procesu. Vždy se najdou rozdíly, i když budou téměř neměřitelné. Pokud se budeme bavit o rozměrové kontrole obrobeného dílu, mohou být rozměry ovlivněny:

- Strojem – vůle v ložiscích a jejich opotřebení, výměna starých součástí za nové;
- Nástrojem – tuhost, životnost;
- Materiálem – rozměry polotovaru, tvrdost, vměstky;
- Zaměstnanci – seřízení, vyškolená obsluha;
- Prostředím – teplota okolí, teplota procesních kapalin, chvění – buzení i nebuzené. [2]

Následně můžeme definovat pojem variabilita jako vlastnost každého procesu, která způsobuje nedostatky v jeho opakovatelnosti a vyjadřuje nestálost znaku, jež vzniká společným působením výše uvedených vlivů. Protože proces, který není konstantě sledován a řízen, vede k přirozenému zhoršení. [17]

4.1.1. Náhodné vlivy

Náhodné vlivy obsahuje každý proces, je jich velké množství, ale jednotlivě působí na malém rozsahu a nepřevažují ostatní vlivy (např. momentální psychický stav pracovníka, kolísání teploty chladicí kapaliny při obrábění, chvění stroje atd.). Vlivem těchto důvodů mají znaky kvality stabilní pravděpodobnostní rozdělení. Díky tomu je zde možnost odhadnout parametry a předvídat tak chování procesu a tím pádem proces regulovat, udržovat požadovanou úroveň kvality a předcházet tvorbě neshodných dílů. Z technických a ekonomických důvodů nejdou náhodné vlivy zcela odstranit, dají se ale podstatně eliminovat například použitím kvalitnější suroviny – z hlediska homogenity složení, nebo koupí přesnějších strojů. [17]

4.1.2. Vymezitelné vlivy

Vymezitelné vlivy způsobují výrazné odchylky kvality od kýžené úrovně. Takovéto vlivy lze odhalit a jejich působení minimalizovat nebo eliminovat v krátkém časovém

intervalu i za relativně nízkých nákladů. Vymežitelné vlivy ovlivňují především hodnoty znaku kvality či parametru procesu a to tak, že se mění buď náhle nebo postupně. Mezi náhlé změny řadíme například změnu operátora u stroje, výměnu nástroje apod. Za postupné změny považujeme pozvolné opotřebení řezného nástroje, postupné ucpávání filtru atd. Základním nástrojem pro regulaci procesu je regulační diagram, který je blíže popsán v kapitole Metody sledování a regulace kvality ve ŠKODA AUTO a.s. [17]

4.1.3. Analýza systému způsobilosti procesů

Důležitým prvkem ovlivňujícím kvalitu vyráběného výrobku je metoda hodnocení způsobilosti procesu. Tu můžeme charakterizovat jako schopnost procesu trvale poskytovat výrobky splňující požadavky na kvalitu. Samotné analýzy způsobilosti systémů se provádějí již v prvotní fázi plánování procesu, kdy výsledky ověřují správnost a schopnost navrženého procesu dodávat produkty o kýžené kvalitě. [17]

Sbírání dat o způsobilosti procesů je velmi cenná informace jak pro výrobce, tak pro zákazníka. Pro zákazníka jsou sbíraná data důkazem stabilní výroby, tj. výroby ve stabilních podmínkách a s pravidelnou kontrolou dodržování předepsaných kvalitativních kritérií. Pro výrobce slouží jako podklady pro neustálé možnosti zlepšování. [17]

Podobným způsobem můžeme sbírat data i z výrobních zařízení, a tak hodnotit jejich způsobilost. Způsobilostí výrobních zařízení chápeme jako schopnost výrobního zařízení poskytovat výrobky o požadované kvalitě. Tuto informaci poté můžeme využít například při nákupu dalšího stroje, jeho opravách, modernizaci apod. [17]

Pokud budeme uvažovat hodnotu způsobilosti procesu a způsobilost výrobního zařízení, můžeme posoudit míru variability sledovaného znaku kvality danou výrobním zařízením a variabilitu vnesenou jinými zdroji, jako například vliv materiálu, obsluhy a údržby zařízení. [17]

4.1.4. Analýza způsobilosti procesu

Analýzou způsobilosti procesů získáváme informace pro plánování a samotné řízení kvality výrobku. Pro samotné hodnocení způsobilosti procesu jsou využívány indexy způsobilosti procesu, které srovnávají nejvyšší přípustnou variabilitu hodnot sledovaného znaku kvality s jeho skutečnou variabilitou, která je dosažena při statisticky

zvládnutém procesu. Pro správnou interpretaci indexů způsobilosti je nutné splnit dvě počáteční podmínky a zvolit vhodný způsob sběru počátečních údajů. První podmínkou je nutnost statisticky zvládnutého procesu a druhou nutnost normálního rozdělení sledovaného znaku kvality. Pro správný způsob provádění analýzy způsobilosti procesu na základě měřitelných znaků byl definován následující postup:

- 1) výběr vhodného znaku kvality;
- 2) analýza struktury měření;
- 3) sběr vstupních údajů;
- 4) analýzy sbíraných údajů;
- 5) ověření podmínky normálního rozložení sledovaného znaku;
- 6) ověření podmínky statisticky zvládnutého procesu;
- 7) samotný výpočet způsobilosti a jejich vyhodnocení. [17]

Samotná analýza způsobilosti procesu může být rozdělena dle předpokladů na:

- způsobilost měřidla;
- krátkodobou – okamžitou způsobilost výrobního zařízení;
- předběžnou způsobilost procesu před náběhem výroby;
- dlouhodobou způsobilost procesu.

Krátkodobá způsobilost výrobního zařízení předpokládá:

- proměření nejméně padesáti kusů po sobě jdoucích;
- záznam v časové posloupnosti;
- analyzovat na přítomnost zvláštních příčin variability;
- posoudit, zda sledovaný znak kvality má alespoň přibližně normální rozdělení. [29]

Předběžná způsobilost před náběhem sériové výroby předpokládá:

- proměření nejméně padesáti kusů po sobě jdoucích a jejich rozdělení do skupin po třech až deseti kusech;
- zakreslit výběrové charakteristiky do regulačního diagramu;
- analyzovat na přítomnost zvláštních příčin variability;
- zvláštní příčiny variability identifikovat, odstranit a zabezpečit, aby se nemohly opakovat;

- v uvedeném případě podskupiny ovlivněné zvláštními příčinami variability z dalšího zpracování vyloučit;
- posoudit, zda sledovaný znak kvality má alespoň přibližně normální rozdělení. [29]

Dlouhodobá způsobilost po náběhu sériové výroby předpokládá:

- proměření nejméně sto kusů po sobě jdoucích rozdělených do skupin po třech až deseti kusech, a to vše během dvaceti pracovních dní (odběry realizovat v intervalech předpokládaných pro statistickou regulaci v budoucnu);
- zakreslovat průběžně výběrové charakteristiky do regulačního diagramu;
- analyzovat stejně jako při stanovení předběžné způsobilosti. [29]

V průběhu analýzy dlouhodobé způsobilosti je třeba provádět statistickou regulaci, ve které by mělo být pokračováno i nadále. Výsledkem analýzy procesu a stanovení dlouhodobé způsobilosti je podrobné poznání procesu a stanovení modelu rozdělení sledovaného znaku kvality. Pokud jsme spokojeni s dosaženou způsobilostí, jsme spokojeni i s odvozeným modelem rozdělení. Tento model musíme do budoucna hlídat, sledovat proces pomocí statistické regulace, abychom měli včas informaci o případných změnách v procesu, způsobených zvláštními příčinami variability a abychom mohli včas zasáhnout. Je třeba zpracovat pro operátory přehled možných zvláštních příčin variability a postupy pro jejich odstranění. [17]

Indexy způsobilosti procesu

Index způsobilosti procesu C_p

Index způsobilosti procesu C_p značí, čeho jsme schopni dosáhnout a s jakou mírou teoretické schopnosti procesu lze zajistit, aby se sledovaný znak kvality nacházel v tolerančním poli. Index C_p stanovujeme pouze v případech, kdy jsou definované oboustranné toleranční meze a jedná se o poměr maximálně přípustné a skutečné variability hodnot znaku kvality, a to bez ohledu na jeho umístění v tolerančním poli. Pomocí indexu C_p charakterizujeme schopnost sledovaného znaku kvality vejít se do tolerance, ale nepodává žádnou informaci o tom, jak jsou tyto možnosti reálně využity. Skutečnou míru variability sledovaného znaku zde vyjadřuje 6σ , která

v normálním rozdělení definuje oblast, ve které se s pravděpodobností 0,9973 bude nacházet každá další hodnota sledovaného znaku kvality. Pokud není hodnota směrodatné odchylky definována, nahrazuje se vhodným odhadem. [30] [17]

$$C_p = \frac{LSL - USL}{6\sigma} \quad (1)$$

Kde: USL – horní toleranční mez;

LSL – dolní toleranční mez;

σ – směrodatná odchylka.

Index způsobilosti procesu C_{pk}

Index způsobilosti procesu C_{pk} vyjadřuje, čeho jsme skutečně dosáhli a zohledňuje na rozdíl od indexu C_p kromě variability sledovaného znaku také polohu vůči tolerančním mezím. Proto můžeme říct, že index způsobilosti C_{pk} charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat toleranční meze. Index lze počítat, jak pro jednostranně předepsanou toleranci, tak i pro oboustranně předepsanou toleranci pomocí následujících vzorců:

- Jednostranná tolerance, předepsána horní a poté dolní toleranční mez

$$C_{pk_{LSL}} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (2)$$

$$C_{pk_{USL}} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (3)$$

- Oboustranná tolerance – předepsány obě toleranční meze

$$C_{pk} = \min\{C_{p_{LSL}}; C_{p_{USL}}\} = \min\left\{\frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \mu}{3\sigma}\right\} \quad (4)$$

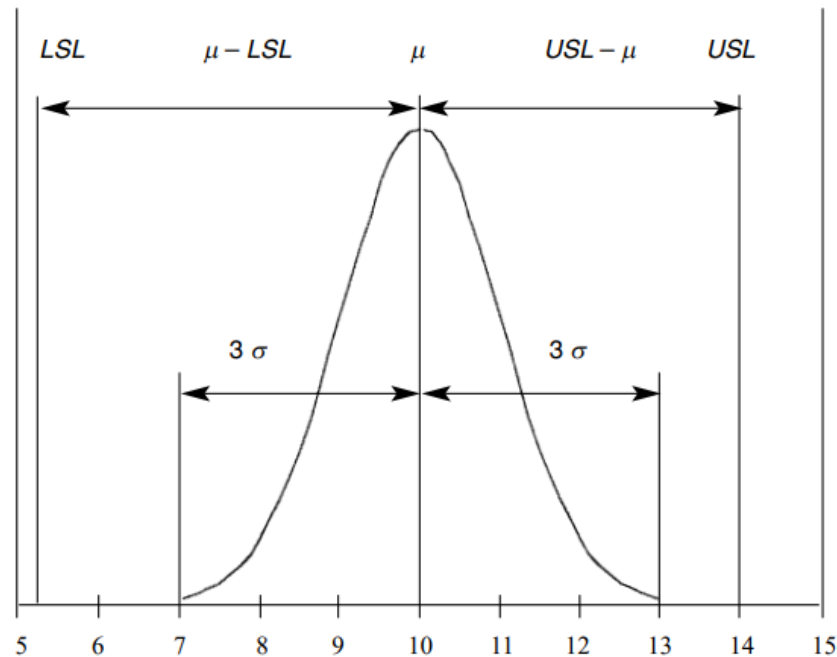
Kde: USL – horní toleranční mez;

LSL – dolní toleranční mez;

σ – směrodatná odchylka;

μ – střední hodnota sledovaného znaku kvality. [30] [17]

Pro výše uvedené výpočty indexu C_{pk} je třeba určit potřebné charakteristiky, k tomu může pomoci grafické znázornění normálního rozložení, včetně výpočtu jednotlivých charakteristik znázorněné na obrázku 16. [17]

Obrázek 16 Charakteristiky potřebné pro výpočet C_{pk} [17]

Mezi indexy platí nerovnost, kdy hodnota indexu C_{pk} je obecně menší a maximálně se rovná hodnotě C_p . Čím více je střední hodnota sledovaného znaku kvality vzdálena od středu tolerančního pole, tím více se od sebe indexy liší a rovnosti obou indexů lze dosáhnout pouze tehdy, pokud střední hodnota sledovaného znaku kvality leží ve středu tolerančního pole. [17]

$$C_{pk} \leq C_p \quad (5)$$

4.1.5. Analýza způsobilosti výrobního zařízení

Způsobilost výrobního zařízení určuje schopnost samotných výrobních strojů produkovat výrobky o požadované kvalitě. Indexy způsobilosti výrobního zařízení se počítají stejně jako indexy způsobilosti procesu, ale je zde změna ohledně značení. Indexy způsobilosti výrobního stroje značíme C_m a C_{mk} . Kdy požadavky na index C_{mk} jsou přísnější nežli index C_{pk} a to z důvodů, že sbíraná data zohledňují pouze variabilitu výrobního stroje. Výrobní stroj považujeme za způsobilý, pokud je hodnota $C_{mk} > 1,67$. Od způsobilosti procesu se liší podmínkami sběru vstupních údajů a je vztažena na opakovatelnost produktu za určitých souborů podmínek v kratším časovém intervalu. Způsobilost procesu výrobního zařízení zjišťujeme v následujících případech:

- u výrobce výrobního zařízení před dodáním zákazníkovi;
- po instalaci výrobního zařízení u zákazníka;
- po určité době provozování výrobního zařízení;
- po opravách výrobního zařízení;
- před zahájením výroby nového výrobku. [17]

Samotnému sběru vstupních dat pro vyhodnocení způsobilosti výrobního zařízení je nutné předem zajistit stabilní podmínky chodu stroje. Mezi tyto podmínky můžeme zařadit:

- stálou obsluhu stroje;
- stejný vstupní materiál;
- stejné nastavení výrobního stroje;
- konstantní provozní parametry;
- stejné okolní podmínky. [17]

Po dodržení všech těchto podmínek, kdy jsou vlastnosti výrobku ovlivněny pouze výrobním strojem, je žádoucí vyrobit přibližně 50 výrobků a na těchto výrobcích měřením sledovat vybrané znaky. Pro získané údaje platí ověření stejných podmínek jako u analýzy způsobilosti procesu. Tyto údaje poté vyneseme do grafu časové závislosti a sledujeme odchylky jako je periodičita trendu a nepravidelný chod zařízení. Pomocí regulačních diagramů sledujeme statistickou zvládnutelnost výrobního stroje za předem definovaných podmínek. V opačném případě dochází k analýze příčin a nápravných opatření pro statistické zvládnutí výroby. Pokud nelze dosáhnout statistické zvládnutelnosti, je zde možnost měřit pouze výkonnost výrobního stroje s ohledem na kvalitu. [17]

4.1.6. Analýza systému měření

K získání výše uvedených dat jsou nutná měřidla. Pro správné rozhodování například při regulaci procesu, určování shody a neshody specifikací výrobku či hodnocení nápravných opatření jsou potřeba verifikovaná a kvalitní data. Při samotném hodnocení měřidel je třeba řešit rozlišovací schopnost indikačního zařízení, stabilitu v čase a rozsah statistických charakteristik. V celém systému měření existuje variabilita, která ovlivňuje



naměřené hodnoty, z toho důvodu musíme tyto jednotlivé vlivy definovat, určit jejich váhu a statisticky je vyjádřit. Způsobilost měřidel je posuzována řadou vlastností jako jsou:

- strannost;
- shodnost;
- opakovatelnost;
- reprodukovatelnost;
- stabilita;
- linearita. [17], [31]

Strannost

Strannost měření považujeme za míru správnosti. Je definována jako rozdíl mezi aritmetickým průměrem výsledku měření stejného znaku, které je opakovanou a definovanou referenční hodnotou. Strannost je míra systematické chyby. A pro její kvalifikaci je třeba znát pravou hodnotu znaku, která bývá definována etalonem. Pokud je pouze malá strannost výsledků měření, prověřují se následující příčiny:

- chyby etalonu;
- opotřebení měřidla;
- měřidlo není uzpůsobeno pro měření daného rozměru;
- nesprávná kalibrace;
- vliv operátora;
- vliv prostředí. [17], [31]

Shodnost

Shodnost měření vyjadřuje variabilitu výsledků opakovaného měření jednoho znaku kvality. Míra shodnosti je vyjadřována pomocí směrodatné odchylky. Obecně shodnost ukazuje vliv působení náhodných chyb. [17]

Opakovatelnost

Před samotným hodnocením je nutné mít statisticky zvládnutý systém. Opakovatelnost měření vyjadřuje opakovanou schopnost měření v definovaných podmínkách. Tyto podmínky jsou: identický operátor, identická metoda měření,

identické měřidlo na identickém místě s identickými okolními podmínkami a v co nejkratším časovém horizontu. [31]

Jako nejčastějším důvodem neopakovatelnosti je velká variabilita umístění měřeného dílu v měřidle. Opakovatelnost měření je charakterizována pomocí parametru rozptylu výsledků měření. Pokud je rozptyl naměřených hodnot příliš veliký, je nutné provést analýzu příčin a provést nápravná opatření. [31], [17]

Reprodukovatelnost

Reprodukovatelnost měření vyjadřuje variabilitu střední hodnoty opakovaných měření jednoho konkrétního znaku za stejných podmínek. V praxi se často jedná o případ střídání obsluhy měřidla, měření různými měřidly nebo měření na rozdílných místech. Z tohoto hlediska lze na reprodukovatelnost pohlížet jako na strannost, která je spojena s obsluhou měřidla. [17], [31]

Stabilita

Stabilita, někdy označovaná jako stálost, umožňuje předvídat, jak se bude měřidlo do budoucna chovat a představuje celkovou variabilitu výsledků měření jednoho stejného znaku v delším časovém období. Proto musí být měřidlo i celý systém měření odolný proti okolním vlivům, které by mohly nestabilitu způsobit. Do těchto vlivů řadíme: teplotní gradienty, opotřebení, koroze apod. Stabilitu vyhodnocujeme na základě informací o změnách strannosti měření v časové závislosti. [17], [31]

Linearita

Linearita je vyjádřena rozdílem mezi hodnotami strannosti v předpokládaném pracovním rozsahu měřidla. Pokud měřidlo vyjde jako nelineární, existují příčiny, mezi jejichž teoretické zdroje patří například nekompletní kalibrace měřidla v celém pracovním rozsahu a opotřebení měřidla. Linearitu hodnotíme pomocí indexů způsobnosti C_g (zohledňuje pouze shodnost měření) a C_{gk} (zohledňuje jak shodnost, tak strannost měření), hodnotí se měřidlo nebo celý systém měření. Indexy porovnávají variabilitu opakovaně naměřených hodnot s určitou částí šířky tolerančního pole, ve kterém má být měřidlo užíváno. [17], [31]

4.1.7. Faktory ovlivňující koeficienty způsobilosti

Vypovídající schopnost koeficientů způsobilosti je ovlivněna mnoha faktory, mezi které patří: volba znaku kvality, samotný způsob sběru dat, počet hodnocených údajů, způsobilost samotného systému měření, volba správného indexu způsobilosti, a soulad požadavků zákazníka a použitých kritérií včetně omezujících podmínek. [17]

Existuje několik doporučení, která je třeba vzít v úvahu. Jedním z nich může být označení hodnot indexů způsobilosti informací o tom, podle kterého znaku kvality byla způsobilost posuzována, a proces lze považovat za způsobilý, pokud je prokázána způsobilost všech znaků kvality. Dále by měly být hodnoty indexů způsobilosti doplňovány informacemi o hodnotách předepsaných tolerančních mezí. [17]

4.2. Sledování procesu kontroly kvality

Obecně při sledování procesu kontroly ve vztahu k výrobnímu procesu můžeme klasifikovat čtyři případy rozměrové kontroly. Jedná se o měření před výrobním procesem, měření ve výrobním procesu, měření mezi výrobními procesy a měření po výrobním procesu. Každý z těchto případů poskytuje údaje celkovému systému řízení kvality. [30]

4.2.1. Měření před výrobním procesem

Měření před výrobním procesem se provádí ve výrobním systému za účelem charakterizace strojů, vypracování vhodných procesních plánů a vymezení způsobilosti procesu. Do této kategorie patří kalibrace a korekce obráběcích a měřicích strojů. Procesní měření jsou obecně dvou různých typů. Prvním typem jsou přímá měření, kdy se kritický prvek na dílu měří během jeho výroby a získaná hodnota rozměru, tvaru nebo povrchové úpravy se použije ke korekci. Druhý typ měření v procesu je nepřímý a nazývá se deterministická metrologie. [30]

Obráběcí stroje jsou po desetiletí sledovány a studovány. Identifikují se jejich hlavní potenciální zdroje vad, které vedou k tvorbě neshodných dílů. Mezi tyto chyby patří:

- chyby konstrukce vzniklé při samotné výrobě stroje;
- chyby vzniklé zatížením stroje – řezné síly, tepelné vlivy, dynamické pohyby vřetena, kinematické chyby a vibrace;

- chyby procesu – upínání a znovu upínání dílu, opotřebení nástroje, nevhodně definované parametry obrábění jako je řezná rychlost, posuv, hloubka řezu, špatný výběr řezné kapaliny. [30]

Tyto chyby se snažíme odstranit měřením před samotným opracováním dílů. Správně seřízené výrobní stroje se mohou svojí přesností přiblížit ke strojům měřicím. Dříve byly využívány obráběcí stroje bez kontroly a redukce výše uvedených chyb, nicméně v dnešní době, kdy jde výzkum a vývoj v této oblasti stále dopředu, se v nových výrobních halách objevují stroje, které tyto chyby dokážou identifikovat a eliminovat samy. Kde tato možnost není, se stále využívají tři metody k odstraňování těchto chyb. [30]

- První metoda spočívá v manuálním zásahu měřidlem v pracovním prostoru stroje a okamžité korekci na základě naměřených dat. Tato metoda patří do skupiny přerušovaného procesu z důvodu měření.
- Druhá metoda spočívá ve výrobě součásti, následném změření, provedení korekce v programu, vyrobení další součásti a opětovném změření dané součásti. Pomocí iterační metody dojdeme nakonec ke shodnému výrobku. Po dosažení kýženého výsledku se pečlivě nastavené parametry uchovají. Metoda je velmi kapacitně a časově náročná, ale v průmyslu hojně využívaná.
- Třetí metoda je měření přímo ve výrobním stroji pomocí sondy, která se upíná do vřetena. Sonda je automaticky upnuta ze zásobníku nástrojů a součást se její pomocí změří kontaktní metodou před a po obrobení, tak jako je tomu u taktilních metod při měření na souřadnicových měřicích strojích. Následně je na základě získaných dat provedena korekce. [30]

4.2.2. Měření ve výrobním procesu

Metody měření mezioperační kontroly jsou obecně dvojího typu. Prvním typem je měření přímé, to znamená měření kritického elementu na součásti přímo ve výrobní lince, kde je získána skutečná hodnota rozměru, tvaru nebo povrchových vlastností. Tato hodnota se použije pro upravení výrobního procesu, tak aby procesem nebyly vyráběny neshodné díly tzv. zmetky. Druhým typem mezioperačního měření je tzv. deterministická metrologie, která pracuje na principu sledování ostatních

proměnných, než je rozměr součásti, a z těchto parametrů odvozuje přesnost vyráběné součásti. [30]

S pokračujícím vývojem je využíváno senzoricko-interního mezioperačního měření součásti, která se vyrábí, ve spojení se zpětnou vazbou na řídicí jednotku stroje pro korekci procesu. Laboratorní systémy byly vyvinuty pro některé operace, ale obecně tyto systémy nemohou fungovat v prostředí výrobních linek (z důvodu odlétávání třísek a působení řezné kapaliny) nebo se nemohou dostat kontaktní metodou měření na požadovaný povrch součásti kvůli kolizi s nástrojem. Mezi další nevýhody patří složitost systému a spolehlivost. [30]

Nejpoužívanější metodou měření se doposud stal přístup nepřímého snímání (deterministická metrologie) spojený s příslušným postprocesním měřením mimo výrobní proces. Zde je cílem provést předběžnou kalibraci stroje, sledovat on-line příslušné proměnné a opravit proces podle chybových modelů na základě korelace mezi chybami obrábění a procesními proměnnými. Chyby obrábění jsou kvantifikovány postprocesní kontrolou s použitím tradičních metrologických nástrojů, jako jsou souřadnicové měřicí stroje často označované zkratkou CMM (Coordinate Measuring Machine). [30]

Dále jsou v dnešní době monitorovány teploty kritických prvků stroje a řezné kapaliny, řezné síly, úrovně vibrací, informace o výměně nástrojů, teplota okolí a tribologie. [30]

4.2.3. Měření mezi výrobními procesy – mezioperační kontrola

Zde hovoříme o měření, kdy dochází na okamžik k přerušení procesu pro provedení měření. Samotné měření může probíhat přímo v obráběcí stroji pomocí dotykové sondy nebo z něj může být součást vyjmuta. Na základě naměřených dat dochází k úpravě procesních proměnných. Měřidla používaná v takovémto režimu měření mohou být složitější jedno či více účelová zařízení, kontaktní nebo optická. Také jednoduché kalibry s nulovou vypovídající hodnotou o tvaru elementu. Součást je buď předána k dalšímu opracování, nebo je vrácena a přepracována, pokud je to možné, anebo úplně vyřazena. Při měření součásti ve stroji je nutné brát v úvahu teplotu jednotlivých komponent stroje, obrobku i samotné měřicí sondy. Za účelem řešení

systematiky obráběcího stroje se obráběcí stroj používá spíše jako komparátor, než jako měřicí stroj sám o sobě. Pro komparaci se využívá artefakt, který se také využívá pro pravidelnou kalibraci měřicího systému stroje. Kalibrační artefakt je kalibrován na laboratorním CMM a poté je měřen na obráběcím stroji. [30]

4.2.4. Měření po dokončeném výrobním procesu

Měření po dokončeném výrobním procesu jsou často označována za výstupní kontrolu. Tato kontrola neprobíhá na pracovišti, ale ve specializovaných měrových laboratořích. Měrové laboratoře jsou vybaveny nejrůznějšími měřidly. Používají se zde jak ruční měřidla, např. ruční drsnoměry, dutinoměry, kalibry, posuvná měřidla, výškoměry, mikrometry, tak i automatizovaná univerzální měřidla typu CMM, konturograf s možností měření drsnosti apod. Všechna tato měřidla vyskytující se v laboratořích by měla být v nejvyšších třídách přesnosti. Výhodou CMM je schopnost poskytnout komplexní pohled na problematiku měřeného elementu pomocí skenovací metody. [30]

Při ručním měření registrujeme následující chyby. Špatné určení vztažného bodu na měřené součásti, které na CMM můžeme nazvat vyrovnáním součásti. Tomuto problému předcházíme vyrovnávací smyčkou; program si nejprve zaměří díl v prostoru – provede jeho vyrovnání, které se iterační metodou zpřesňuje, a poté je již schopen měřit a vyhodnocovat charakteristiky. Dalším negativním prvkem může být sám operátor. Záleží na jeho kvalifikaci a dovednostech, ale ani tepelné působení lidského těla na měřenou součást či měřidlo není zanedbatelné. Další chybou, která může spadat i do kompetencí operátora může být špatné upnutí dílu, špatně vyhodnocená přítlačná síla apod. Těmto chybám můžeme předcházet pravidelnými školeními operátorů, kontrolou jejich kvalifikace, schopnosti danou práci vykonávat a přesným definováním postupů měření pomocí návodek a průvodek. Nicméně lidský faktor, a tudíž i možnost pro tvorbu chyb, zde stále hraje svoji roli. [30]

Jak již bylo zmíněno, většinu těchto vlivů lze pomocí použití CMM úplně eliminovat. Nejzásadnějším problémem zde zůstává upevnění dílu do měřicího stroje. K tomu se dnes využívají jednoúčelové upínací přípravky, které poměrně přesně definují opakovatelnost upnutí dílu. Je třeba správně volit strategie měření jednotlivých

elementů, jako je rychlost skenování, počet snímaných bodů a bezpečnostní data pro zabránění kolize snímací konfigurace s měřenou součástí, upínacím přípravkem nebo samotným strojem. [30]

V konečném pohledu na sledování kvality procesu je nutná propojenost všech měřících operací v procesu. Například metodou měření v přerušovaném procesu lze účinně monitorovat proces a snížit tak počet případů, kdy je třeba měření ve specializovaných laboratořích. V žádném případě nenahrazuje měření výstupní kontroly na pracovištích. Při výstupní kontrole prováděné na speciálních měrových laboratořích se dbá na správnost a preciznost měření, tedy převládá kvalita nad kvantitou. Je třeba také zdůraznit, že bez měření a analýz před obráběním mohou měření přerušovaného procesu problémy s kvalitou spíše způsobit než jim předcházet, popřípadě je eliminovat. Neexistuje ale jedna univerzální rada pro všechno, je třeba věnovat pozornost detailům jednotlivých kroků měření ve výrobním procesu, a to od samotné přejímky výrobního stroje od dodavatele až po výstupní kontrolu finálního dílu. Pouze díky velké preciznosti a péli je možné vyrábět kvalitní výrobky s vysokou opakovatelností a udržitelností v boji s konkurencí. [30]

4.2.5. Auditová kontrola

Speciálním případem měření může být auditová kontrola, která poskytuje informaci o dodržení předepsaných specifikací. Jedná se o proměření součásti po kompletním opracování. Kontrola může být vyžádána zákazníkem jako kontrola dodavatele v případě nízké důvěry v obchodním vztahu. Auditní kontrola se někdy používá, když je proces schopnější a stabilnější, než je nutné k udržení SPC. Poté lze použít kontrolní audit k ověření funkčnosti procesu dle očekávání. [30]

Samotný děj sledování kontroly procesu, a především mezioperační kontroly, je nedílnou součástí výrobního procesu a cíleně udržuje proces pomocí statistických metod a metod adaptivní zpětné vazby. Udržet proces v dlouhodobých časových intervalech pod hodnotou $C_{pk} \geq 1,33$ je hlavním cílem oddělení kvality a zlepšování procesů. [30]

4.2.6. Optimalizace schopnosti řízení procesů

Optimalizace schopnosti řízení procesu zahrnuje optimalizaci všech aspektů přístupu měření a aspektů jeho statistické spolehlivosti zpětné vazby k řízení procesu, který přispívá k celkové šířce nejistoty a zaměření výrobního procesu. Nejistota procesu měření zahrnuje vlivy:

- samostatného měřicího CMM stroje;
- postupu měření – jak je měřicí program naprogramovaný;
- okolního prostředí – teplota a její gradienty, vlhkost a vibrace;
- principu měření;
- operátora;
- kalibrace nebo nastavení. [30]

Proces měření musí být schopen měřit funkční měřenou veličinu na úrovni vhodné pro sledovaný rozsah (tolerance nebo rozpětí procesu) s dostatečnou nejistotou a rozlišením. Dalším, ještě skrytějším zdrojem nejistoty, je nedostatek standardizace. Aby bylo možné korelovat z jednoho měření na druhé napříč lokacemi a značkami souřadnicových měřicích strojů, musí existovat standardy pro správnou metodu měření, správnou definici souboru dat, metodu filtrování (jaké průměrné délky dat budou zahrnuty), metodu kalibrace a způsob výpočtu měřené veličiny z dat. [30]

Nejistotu měřených výsledků lze snížit použitím přesných měřicích strojů, dodržováním standardů a měřením funkční měřené veličiny, nikoli odvozené veličiny. Určování nejistoty měření je podmíněno normou ČSN EN ISO 15530-3 [32]. Nejlepším způsobem, jak toho dosáhnout, je využití komerčně dostupného, počítačově programovatelného vybavení, jako jsou CMM, počítačové metrologické přístroje pro sledování topografie povrchu a měřidla pro měření součástí k zajištění SPC přímo ve výrobní lince. Toto zařízení by mělo být umístěno ve vhodném prostředí a co nejbližší procesu. [30]

Převážná část práce na zdokonalené kontrole procesu by měla být věnována zlepšení schopnosti procesu a umístění nejlepší a nejpoužívanější inspekční technologie pro statistické řízení procesu co nejbližší procesu v co nejlépe kontrolovaném prostředí. Přijaté definice a standardy se neustále vyvíjejí a zdokonalují pro špičkovou široce



používanou technologii měření jako jsou dotykové snímací metody CMM, čímž je zajištěna korelace a konzistentní integrita dat. [30]

5. Systém řízení kvality ve ŠKODA AUTO a.s.

Řízení společnosti probíhá pomocí Integrovaného systému řízení (IMS), do kterého spadá i Systém řízení kvality (QMS). Mottem zakladatelů společnosti ŠKODA AUTO a.s. bylo: „*Jen to nejlepší, co můžeme udělat, jest pro naše zákazníky dosti dobré.*“ a toho se společnost drží dodnes. Cílem společnosti je tento závazek naplňovat vysoce kvalitními a k životnímu prostředí ohleduplnými výrobky a službami, které osloví a zaujmou zákazníky. Systém řízení kvality byl ve ŠKODA AUTO a.s. zaveden v roce 1993 pro jednodušší přístup na trh Evropské unie. Po úspěšném zavedení požadavků QMS byly společnosti vydány certifikáty VDA a ISO. [13]

5.1. Příklady metod pro sledování a regulaci kvality využívané ve ŠKODA AUTO a.s.

5.1.1. FMEA

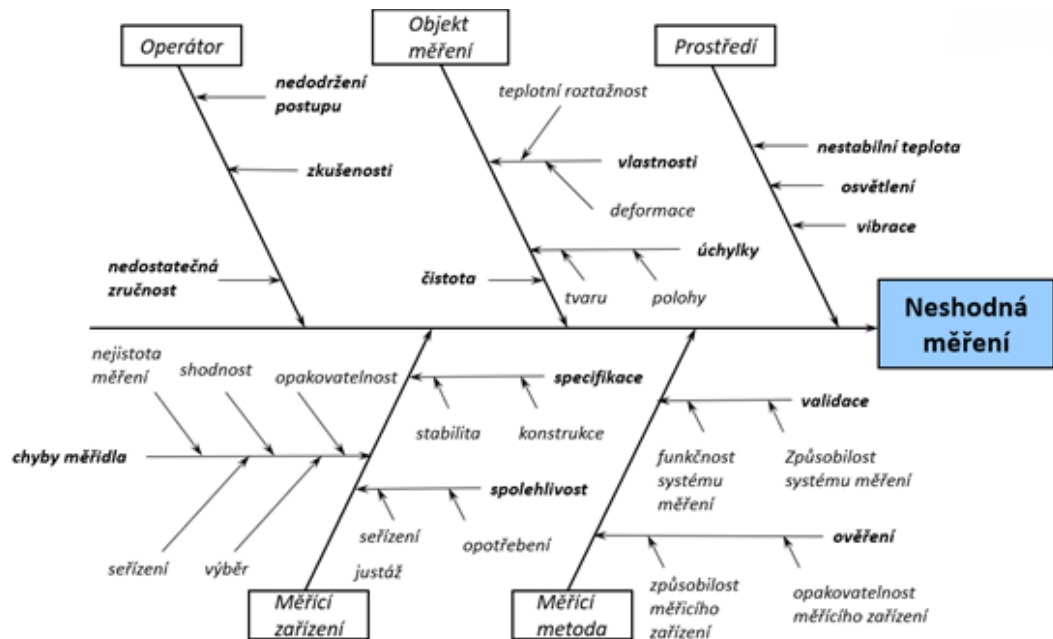
FMEA je metoda ke kvalitativnímu hodnocení závad a jejich následků. FMEA, která je po překladu z němčiny často označována jako analýza možností vzniku vad a jejich následků, je týmem prováděná analýza systému a rizik doprovázející vývoj a plánování. Je metodou preventivního řízení kvality, s její pomocí jsou zjišťovány, hodnoceny a dokumentovány potenciální závady (výskyt, význam a odhalení), stejně jako jsou stanovena opatření k redukci rizik. FMEA je nasazována především v oblastech vývoje produktu (rané koncepční fáze) a vývoje výrobního procesu. VDA 4 rozlišuje mezi FMEA procesu a výrobku. [13]

FMEA výrobku posuzuje požadované funkce výrobků a systémů až k popisu vlastností a charakteristických znaků. Přitom jsou sledovány možné odchylky a jsou definována opatření k zajištění požadavků. [13]

Procesní FMEA posuzuje všechny postupy k vyrobení produktů a systémů až k požadavkům na faktory ovlivňující proces. Přitom jsou sledovány možné odchylky a jsou definována opatření k zajištění postupů a charakteristických znaků výrobku. [13]

5.1.2. Ishikawa diagram

Ishikawa diagram, často také označován jako diagram rybí kosti, je diagramem příčin a následků, kdy příčiny jsou uvedeny v levé a důsledky v pravé části diagramu (obrázek 17, modře vyznačená oblast). Bývá tvořen v týmu při činnosti zvané brainstorming neboli česky bouření mozků. Často je nasazován v oblastech zlepšování procesů jako je optimalizace kvality, výroby a nákladů nebo při analýze závad a reklamací.



Obrázek 17 Ishikawa diagram pro měrové středisko [13]

5.1.3. MFU (Maschinenfähigkeitsuntersuchung)

Maschinenfähigkeitsuntersuchung můžeme z němčiny přeložit jako ověření způsobilosti stroje. Jedná se o metodu, která je používána při procesu výroby produktu v oblasti plánování a výroby. S její pomocí se hodnotí a dokumentuje, zda stroj, který musí být zkontrolován, umožňuje bezpečnou výrobu. [13]

Cílem kontroly způsobilosti stroje je rozhodnutí, zdali kontrolovaný stroj umožňuje bezpečnou výrobu sledovaného ukazatele uvnitř definovaných mezních hodnot. Ideálně by přitom měly do procesu kontroly vstupovat pouze strojem podmíněné vlivy na výrobní proces. Tento typ hodnocení je předpokladem k plnění stanovených požadavků na kvalitu. [13]

Jak a za jakých předpokladů je nutné provádět kontroly způsobilosti strojů, je popsáno v normě VW² 101 30. Koncern Volkswagen má k dispozici software qs-STAT, který umožňuje vyhodnocení podle VW normy. Na základě náhodných vlivů se při výrobě homogenních dílů na kontrolovaném stroji vytvářejí zásadně rozdílné hodnoty sledovaného ukazatele. Sledované hodnoty mají rozptyl podle kvality výroby. Proto je prověřováno, nakolik rozdělení hodnot sledovaného ukazatele zapadá do konstruktérem definovaného intervalu tolerancí. Hodnocení je vyjádřeno koeficienty způsobilosti C_m a C_{mk} , přičemž hodnotou je C_m zohledněn pouze rozptyl a hodnotou C_{mk} také poloha výroby. Tyto parametry musí být nejméně tak velké jako definované hraniční hodnoty, aby tím byl splněn požadavek na způsobilý stroj. [13]

Ke zjištění parametrů způsobilosti při hodnocení sledovaného znaku je, pokud možno za ideálních podmínek, odebráno dostatečně velké množství vyrobených dílů (více než 50 kusů) v přímém sledu. Z tohoto náhodného výběru je odhadnuta střední hodnota a meze oblasti rozptylu pro soubor hodnot ukazatelů. Ty jsou poté srovnány s intervalem tolerancí. Meze oblasti rozptylu jsou přitom stanoveny tak, že podíl hodnot ukazatele činí mimo oblast rozptylu na obě strany vždy 0,135 %. Mimo to se kontroluje, zda rozdělení hodnot ukazatele odpovídá očekávané zákonitosti. [13]

5.1.4. SPC (Statistical Process Control)

Statistické řízení procesu označováno také jako Statistická regulace procesu znamená kontrolu a řízení ukazatelů procesu a výrobku pomocí statistických metod a postupů. Předpokladem je způsobilý proces a správný výpočet mezí zásahu. Pomocí SPC jsou změny procesu tak brzo rozpoznatelné, že mohou být nápravná opatření nasazena dříve, než vznikne velký podíl nekvalitních dílů. Dále slouží SPC jako důkaz kvality. [17]

Proces je pozorován a kontinuálně hodnocen pomocí statistických metod (regulační karty kvality) a je řízen pomocí vhodných nápravných opatření jako jsou:

- definice/výběr kvalitu určujících parametrů s požadovanými hodnotami a tolerancemi;
- výběr měřicí metody;

² VW (Volkswagen)

- výběr vhodného momentu měření a frekvence měření v procesu a rozsahu/velikosti namátkových kontrol;
- velikost a průběh měřených parametrů vedou k zavedení nápravných opatření k řízení procesu. [17]

Statistické řízení procesu se v principu skládá ze dvou řídicích okruhů, vnějšího, který zahrnuje kontrolu způsobilosti procesu, a vnitřního, který zahrnuje používání regulačních karet. Zde jsou v pravidelných časových odstupech odebírány náhodné vzorky dílů z výroby za reálných sériových podmínek a jsou měřeny příslušní ukazatele. Ve vnitřním řídicím okruhu je pomocí regulačních karet přímo na stroji prováděno srovnání naměřených hodnot s cílovou hodnotou. K tomu jsou z náhodných měření zjištěny statistické parametry, které umožňují hodnocení polohy a šíře rozptylu procesu. Při překročení zjištěných hraničních hodnot, tj. mezí zásahu pomocí statistického parametru, dojde k opravnému zásahu do procesu ještě předtím, než vznikne velké množství neshodných výrobků. Ve vnějším řídicím okruhu se srovnávají naměřené hodnoty, které byly zaznamenávány během dostatečně dlouhého časového období. Přitom musí být časový interval prováděných kontrol tak velký, aby měly všechny vlivy z kategorií: stroj, člověk, materiál, prostředí (okolí, životní prostředí) a metoda možnost se projevit. [13]

5.1.5. Regulační diagramy

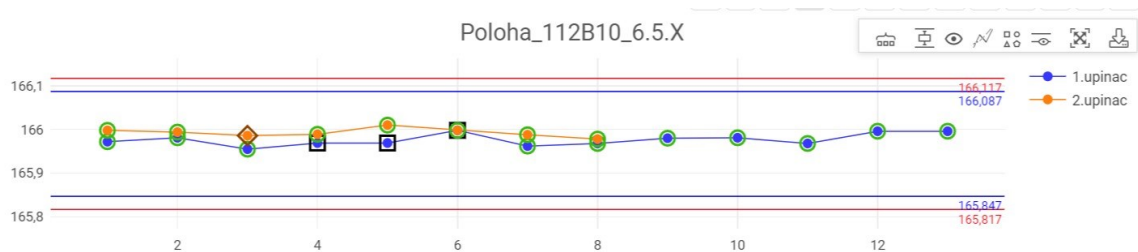
Regulační diagramy jsou nasazovány v managementu kvality pro vyhodnocení kontrolních dat a patří k jednomu ze sedmi nástrojů kvality. V diagramech jsou graficky vyneseny statistické hodnoty výběrových parametrů jako střední hodnota, standardní odchylka apod. Také obsahují výstražné meze a meze zásahu (na obrázku 18 jsou výstražné meze modře a regulační neboli meze zásahu červeně). [13]

Principy využívání regulačních diagramů mohou být následující:

- v pravidelných časových intervalech provádíme náhodně odběr určitého předem stanoveného pevného počtu produktů;
- u odebraných produktů (stejného druhu, vyrobených za stejných podmínek) se měří či zjišťuje stejný znak kvality (např. určitý rozměr odlitků, počet neshod na jednom odlitku, délka součásti atd.);

- z naměřených či jinak zjištěných hodnot znaku kvality se vypočítá pro každou podskupinu jedna nebo více výběrových charakteristik ($x_j, s_j \dots$);
- hodnoty vypočítaných výběrových charakteristik se chronologicky zakreslí do regulačního diagramu (v případě nového regulačního diagramu se nejdříve vypočítají hodnoty centrální přímky a regulačních mezí LCL a UCL);
- provede se analýza regulačního diagramu. [17]

Analýzou regulačních diagramů zjišťujeme stabilitu procesu. Nestabilní proces nastává, pokud se body v diagramu vyskytují mimo regulační meze nebo vykazují nenáhodná seskupení. V takovém případě je nutná analýza sledovaného procesu, odhalení a definice problému a přijmutí nápravných opatření. [17]



Obrázek 18 Reálný příklad regulačního diagramu v SW chy.stat[13]

V tabulce 3 je uveden přehled nepoužívanějších testů statistické nestability. Tabulka také obsahuje vymezené příčiny. Důležité je si uvědomit, že regulace procesu je vlastně testováním statistické hypotézy, jejíž nevyvrácení znamená, že je proces stabilní.

Tabulka 3 Situace v regulačních diagramech a vymezipitelné příčiny [17]

Situace v regulačním diagramu	Popis	Možné vymezipitelné příčiny
	Body mimo regulační meze	<i>Regulační diagram (R)</i> <ul style="list-style-type: none"> – zvětšení rozptylu vlivem změny v prvcích procesu v daném okamžiku – změna měřidla, kontrolora – vylepšení dat <i>Regulační diagram (\bar{x})</i> <ul style="list-style-type: none"> – proces se posunul právě u dané podskupiny – změna měřicího systému
	9 bodů za sebou leží nad CL nebo pod CL	<i>Regulační diagram (R)</i> <ul style="list-style-type: none"> – zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu – změna měřidla, kontrolora – vylepšení dat <i>Regulační diagram (\bar{x})</i> <ul style="list-style-type: none"> – změna měřidel, způsobu měření – změna prvků procesu
	6 bodů za sebou stoupá nebo klesá (trend)	<i>Regulační diagram (R)</i> <ul style="list-style-type: none"> – zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu – změna měřidla, kontrolora – vylepšení dat <i>Regulační diagram (\bar{x})</i> <ul style="list-style-type: none"> – opotřebení nástroje
	15 bodů v řadě za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> <ul style="list-style-type: none"> – nesprávně vypočítané regulační meze – nesprávně zakreslené body – nesprávně kalibrované měřidlo – podskupiny obsahující výrobky ze dvou či více strojů s různou úrovní procesu – zlepšení procesu
	8 bodů za sebou leží na obou stranách CL, ale žádný ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> <ul style="list-style-type: none"> – nesprávně vypočítané regulační meze – nesprávně zakreslené body – nesprávně kalibrované měřidlo – podskupiny obsahující výrobky ze dvou či více strojů s různou úrovní procesu, v jednom výběru jsou výrobky z jednoho stroje – změny v procesu, v metodách měření

5.2. Audity kvality

Pojmem audit rozumíme systematický, nezávislý a dokumentovaný proces získávání informací a jeho objektivní zhodnocení s cílem stanovit rozsah plnění kritérií auditu, souborů požadavků, postupů apod. Slovo „audit“ pochází z antického Říma, kdy jeden z úředníků vyhledával císařské rozkazy a druhý jej poslechem kontroloval. [17]

V rámci IMS je nutno provádět následující audity kvality:

- **Audit QMS** – jedná se o systematické zhodnocení souladu požadavků příslušných norem ISO 9000 a VDA s dokumentací společnosti a se zavedenou praxí;
- **Audit procesu** – hodnotí kvalitativní způsobilost kontrolovaného procesu. Auditovaný proces je prostorové, technické nebo organizační ohraničení procesů řídicích a podpůrných, vzniku výrobku, managementu zakázek výroby, zákaznických a servisních. Procesní audity můžeme dle místa nebo tématu provádění dělit na: metrologii, výrobu nářadí, výrobu vozů, komponent a logistiku;
- **Audit výrobku** – porovnání plánovaných a skutečně dosažených vlastností výrobku z pohledu náročného zákazníka (například dle VDA a koncernových metodik a směrnic.) [13]

Audity jsou nástrojem, kterým lze identifikovat slabá místa, následně je vylepšit a tím zlepšovat celý IMS. Jsou prováděny kvalifikovanými auditory a probíhají dle plánu auditů IMS.

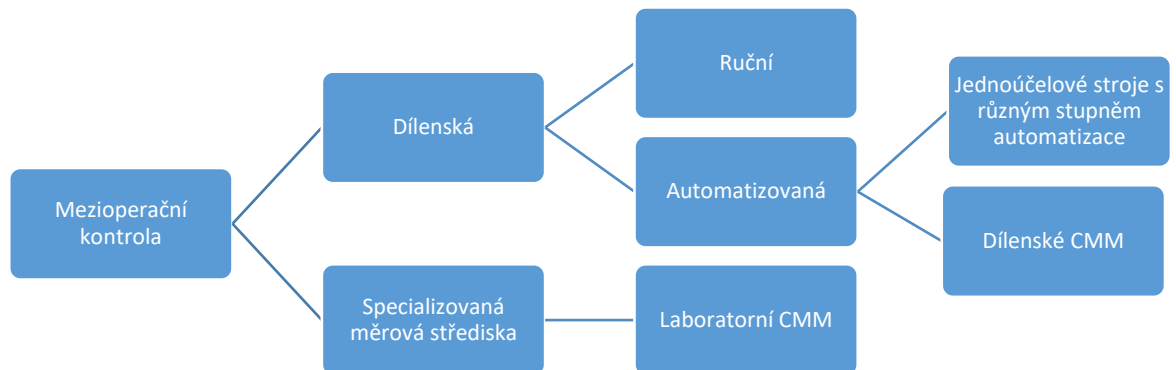
Cíle kvality ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. vydává vedoucí řízení kvality, navazují na koncernové cíle a orientují se především na shodu výrobku s požadavky, spokojenost všech zainteresovaných stran, kvalitu systému, procesů a produktů. [13]

5.3. Měřidla využívaná v mezioperační kontrole

Pro zajištění kontroly kvality, ať již se jedná o vstupní, výstupní nebo mezioperační, jsou potřebná měřidla. Dříve byla hojně využívána komunální měřidla, jako jsou kalibry, měřky, dutinoměry, hloubkoměry apod. Tato měřidla mají malou vypovídající hodnotu

o skutečném tvaru součásti. Proto jsou dnes ve velkosériové výrobě pro komplexní analýzu elementů stále více využívány souřadnicové měřicí stroje.

V malosériové výrobě je mezioperační kontrola převážně jednoúrovňová, ale ve velkosériové výrobě můžeme definovat víceúrovňovou mezioperační kontrolu, jak je znázorněno na obrázku 19.



Obrázek 19 Dělení mezioperační kontroly

5.3.1. Dílenská ruční měřidla

Mezi dílenská ruční měřidla můžeme zařadit například:

- **Hloubkoměry** – digitální nebo analogové, slouží pro měření drážek, zápichů, odsazení a hloubek otvorů (obrázek 20).



Obrázek 20 Digitální hloubkoměr [33]

- **Dílenské drsnoměry** – zařízení pro analýzu drsnosti povrchu, vhodné pro mobilní kontrolu kvality povrchu. Dílenské drsnoměry (obrázek 21) mohou disponovat absolutním bezpatkovým snímačem, vyhodnocovací jednotkou s barevným dotykovým displejem a integrovanou termotiskárnou pro okamžitý tisk nasnímaných a vyhodnocených hodnot. [34]



Obrázek 21 Drsnoměr Mitutoyo SJ-500 [34]

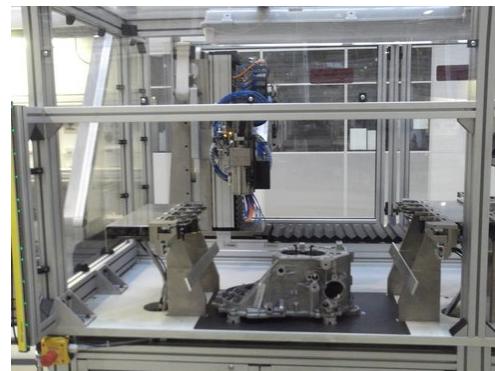
- **Dutinoměry** – digitální (obrázek 22) nebo analogová měřidla pro měření průměrů dutin. Dle principu měření je můžeme dělit na dvoubodové nebo tříbodové dutinoměry. [35]



Obrázek 22 Tříbodový digitální dutinoměr [35]

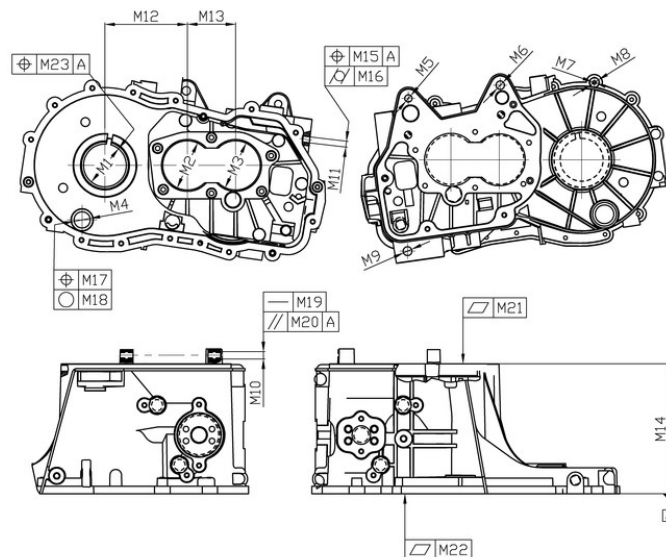
5.3.2. Dílenská automatizovaná měřidla – jednoúčelové stroje

Jednoúčelová poloautomatizovaná dílenská měřidla mají, jak již název připomíná, jednu nevýhodu, a to v malé univerzálnosti. Při změně typu ve výrobě je nutné celý stroj přestavět, což je velmi nákladné. Oproti tomu jejich výhodou je rychlost a přesnost měření. Jednoúčelová poloautomatizovaná měřidla využívaná v závodě ŠKODA AUTO a.s., jako například měřicí stanice KS-360/362 od firmy AMEST (obrázek 23), byla dříve používaná pro kontrolu otvorů, tj. průměrů a jejich roztečí ve skříních spojky a převodovky pomocí dynamických měřících hlav osazených trny. Po modernizaci snímacího systému na talířkové měření průměrů bylo prováděno talířky oproti dříve používaným trnům. [36]



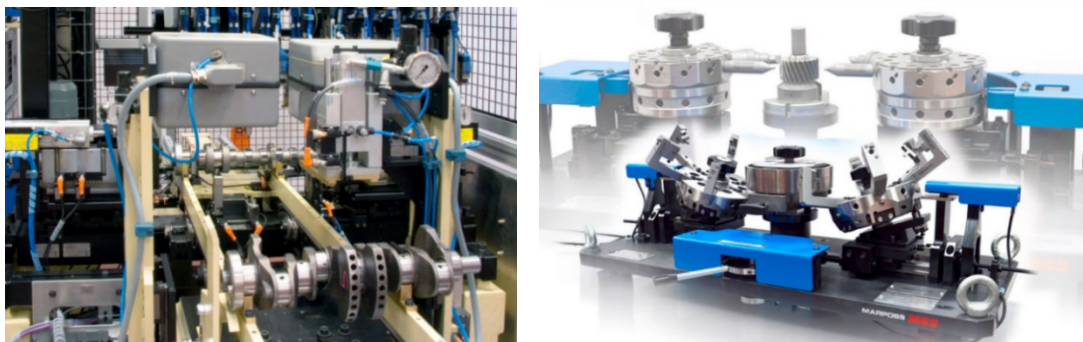
Obrázek 23 Měřicí stanice KS 362 firmy AMEST [36]

Příklady měřených parametrů měřicí stanice AMEST na skříňovém dílu převodovky jsou schematicky znázorněny na obrázku 24. V nedávné době byla měřicí stanice AMEST nahrazena univerzálními dílenskými měřidly Carl Zeiss s.r.o. řady CenterMax z důvodu univerzality, a to v podobě snadného přeprogramování. Dalším důvodem pro nahrazení stanice AMEST byla velká míra poruchovosti.



Obrázek 24 Měřené rozměry na skříňovém dílu – převodovce [36]

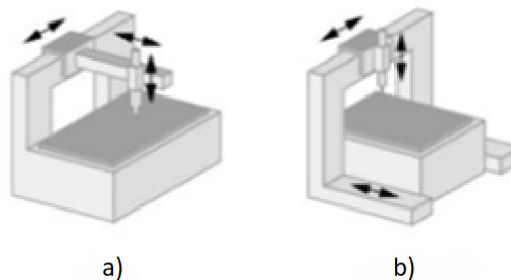
Jiné jednoúčelové stroje využívané ve společnosti jsou stroje firmy Marposs. Společnost Marposs poskytuje automatické i ruční měřicí stroje včetně přípravků pro kontrolu komponentů, jako jsou klikové hřídele, ozubená kola a ojnice. Automatizovaný měřicí stroj značky Marposs osazený přímo ve výrobní lince je na obrázku 25. Na měřidlech Marposs je sběr naměřených dat prováděn elektronicky a následně se z dat vyhodnocuje SPC.



Obrázek 25 Automatické a ruční měřidlo s přípravkem Marposs [37]

5.3.3. Dílenská souřadnicová měřicí technika

Jako dílenské souřadnicové měřicí stroje pro kontrolu komponent využívá ŠKODA AUTO a.s. převážně měřidla od firmy Carl Zeiss s.r.o. Jedná se o výložníkové či portálové typy (obrázek 26 a) výložníkový typ; b) portálový typ) dle normy ČSN EN ISO 10360-1.



Obrázek 26 Typy CMM dle konstrukce [38]

Mezi menší výložníkové stroje řadíme DuraMax, který je vhodný pro kontrolu méně rozměrných součástí jako jsou ozubená kola do skříně převodovky, pastorky apod. Dalším výložníkovým typem je GageMax, který je větší oproti stroji DuraMax a je používán například pro měření klikových hřídelů. Mezi stroje portálové se řadí CenterMax, na kterém jsou měřeny skříňové díly a také bloky motorů. Stroje musí být schopny pracovat v dílenských podmínkách, kde teplota kolísá v jednotkách stupňů, ve vzduchu se v podobě aerosolu vyskytuje řezná emulze z obráběcích strojů a je zde vysoká míra prašnosti a vibrací.

5.3.4. Speciální laboratorní souřadnicová měřicí technika

Na specializovaných měrových střediscích je nutno udržovat konstantní teplotu kolísající v rozpětí maximálně jednoho stupně od definované hodnoty (21°C). Hlavně v průběhu měření by se teplota neměla měnit, jelikož vlivem tepelné roztažnosti materiálu součásti může dojít ke zkreslení naměřených hodnot. Laboratorní stroje jsou oproti dílenským přesnější, ale také vyžadují větší nároky na okolní prostředí. Kromě teploty musí být dodržována také čistota, jelikož základními prvky laboratorních strojů jsou aerostatická ložiska a třecí převody, které jsou velmi náchylné na čistotu prostředí.

Laboratorní měrová střediska disponují stroji značky Carl Zeiss s.r.o. řady Prismo a přesnějším strojem řady Prismo Ultra, který je schopen pomocí speciálního snímače ROTOS měřit i drsnost povrchu (obrázek 27).



Obrázek 27 Prismo Ultra a snímač ROTOS [39]

Všechny tyto stroje je nutno pravidelně kalibrovat, konkrétně pro potřeby měrového střediska je to zpravidla jednou za dvanáct až osmnáct měsíců. U souřadnicových měřicích strojů je ještě nutno před každou směnou kvalifikací ověřit všechny snímací konfigurace na kalibrační kouli.

Kalibrace včetně pravidelného servisu jednoho stroje tvá zhruba týden, po tuto dobu je stroj odstaven a není možné na něm měřit. S tímto faktem by bylo do budoucna dobré počítat při plánování kalibrací a také při plánování výroby. Aby měrové středisko nebylo zahrnuto díly, které není na čem měřit.

Všechna měřidla používaná při mezioperační kontrole mají definována náhradní měřidla, pokud jsou z nějakého důvodu mimo provoz. Ať už se jedná o poruchu, kalibraci nebo přestavbu na jinou technologii u jednoúčelových zařízení.

Konkrétní dílenská měřidla používaná na hale M6

Dílenská zařízení využívaná pro kontrolu kvality na hale M6 pro výrobu agregátů jsou uvedena v tabulce 4. Jedná se o stručný přehled měřidel využívaných dle kontrolního plánu operace – podrobněji v další kapitole.


Tabulka 4 Přehled měřidel operační kontroly na hale M6 [13]

Díl	Klikové hřídele	Skříně spojky	Skříně převodovky	Bloky motorů
Měřidlo	Marposs	Válečkový kalibr	Digitální hloubkoměr	Montana
	Mitutoyo – hloubkoměr	Motorický závitový kalibr	Válečkový kalibr	
	Hommel T8000 – drsnoměr a profilometr	Zeiss CenterMax	Zeiss CenterMax	
	Válečkový a závitový kalibr	Koncová měrka		
	Koncová měrka			
	Zeiss GageMax			
	Náhradní měření na měrovém středisku GQH	Náhradní měření na měrovém středisku GQH	Náhradní měření na měrovém středisku GQH	Náhradní měření na měrovém středisku GQH

6. Kontrolní plán operace

KPO (obrázek 28) je dokument tvořený technologií a je pro každý vyráběný díl jedinečný. Obsahuje informace o kontrolách kvality v průběhu výroby. Zahrnuje jak dílenské, tak laboratorní měření, které je prováděno na měrových střediscích. Jedná se o závazný dokument, podle kterého probíhají všechny kontrolní operace na jednotlivých typech vyráběných dílů. Jelikož KPO obsahuje informace interního charakteru, je třeba je cenzurovat.

Autor a datum změny



KONTROLNÍ PLÁN OPERACE

POUŽÍVEJ KALIBROVANÁ MĚŘIDLA

UDRŽUJ MĚŘIDLA V ČISTOTĚ

KONTROLUJ ČISTÉ KUSY

četnost měření - počet kusů nebo náměrů po sobě jdoucích
interval - časový interval mezi jednotlivými měřeními (v minutách)
platí pro - platí pro vypsané díly
seřízení kontrolního přístroje - při zahájení práce a před každým měřením (pokud není interval uveden u nastavovacího kusu)

záznam - způsob záznamu do kontrolních karet
0 ... bez záznamu, **A** ... atributivní znak (pevná měřidla),
V ... variabilní znak (číslicová měřidla), **SPC** ... elektron. sběr dat,
EZ ... el. zápis, **Z** ... číselný záznam
Fialově označené parametry měřit v ráci uvolnění 1.kusu a dále dle předepsaného intervalu
Oranžově označené parametry měřit až po uvolnění 1.kusu

Kromě prvního kusu uchovávat na pracovišti i díl z posledního měření.

Č. ROZ.	VÝROBCE	DRUH	ROZMĚR	ČET. MĚŘ.	INTERVAL	ZÁZNAM	PLATÍ PRO	POZNÁMKA
1	MARPOSS	OQS-MĚŘ.PŘ.						NM ZEISS
2	MARPOSS	OQS-MĚŘ.PŘ.						NM ZEISS
3	MARPOSS	OQS-MĚŘ.PŘ.						NM ZEISS
23	MARPOSS	OQS-MĚŘ.PŘ.						NM ZEISS
25	Mitutoyo	Digitální hloubkoměr Nastavovací kroužek				Z		NM ZEISS
26		VALEČKOVÝ KALIBR				á		NM ZEISS
27		VALEČKOVÝ KALIBR				a		NM ZEISS
28	Mitutoyo	Digitální hloubkoměr Nastavovací kroužek				n		NM ZEISS
29	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.				m		pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
30	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
31	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
32	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
33	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
34	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
35	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
36	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax
37	ZEISS	KONTROLNÍ PŘ.						pozn. č. 4 Měří GQH / NM Gagemax

Poznámky a upřesnění

Obrázek 28 Cenzurovaná verze KPO [13]

Informace z KPO byly zpracovány do souhrnného seznamu zobrazeném na obrázku 29.



Obrázek 29 Souhrn informací, jež jsou obsaženy v KPO [13]

6.1. Rozdílné pohledy na četnost měření dle KPO

Pokud je v KPO předepsána četnost například 1440 minut – znamená to měření 1x za 24 hodin. Zde dochází k rozdílnému pochopení, např. je domluveno, že z kapacitních důvodů budou díly k proměření naváženy každý den po půlnoci. Pokud nastane problém, díly budou navezeny ráno po vyřešení problému přibližně okolo osmé hodiny. Nicméně teď je třeba si položit otázku, zdali přivést další kus na měření standardně po půlnoci nebo následující den opět okolo osmé hodiny ranní, protože měření je definované jedenkrát za 24 hodin.

6.1.1. Rozdíl v předepsané četnosti

Na příkladu níže je vysvětlen rozdíl předepsané četnosti v KPO mezi navezením dílů k proměření po konkrétním čase (např. po 480 minutách) nebo mezi počtem měření za směnu (např. 1x za směnu).

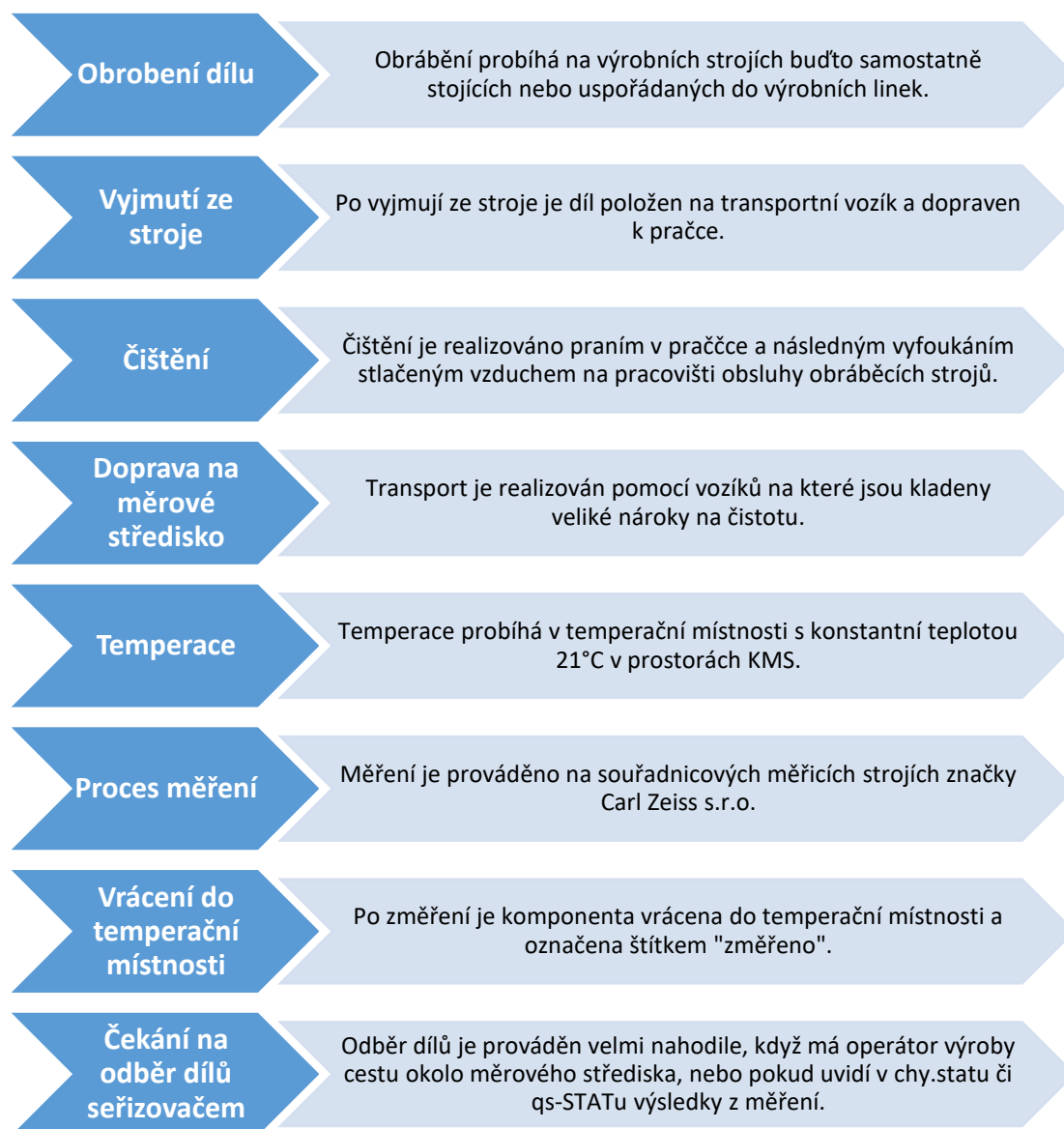
Pokud je uvedeno po 480 minutách, měl by být dodržen čas od posledního měření v rozmezí +/- 30 minut, což znamená, pokud se měří v 7:00 mělo by se poté měřit v 15:00 (14:30 – 15:30 je tolerované okno interním auditem). Pokud je uvedeno 1x za směnu, je možné měřit kdykoli.

7. Kontrolní měrové středisko GQH M6

Kontrolní měrové středisko na hale M6 v mladoboleslavském závodě ŠKODA AUTO a.s. je vybaveno celkem pěti měřicími zařízeními firmy Carl Zeiss s.r.o. Konkrétně se jedná o čtyři stroje řady Prismo a jeden přesnější stroj řady Prismo Ultra vybavený snímacím systémem ROTOS pro měření drsnosti povrchu.

7.1. Pohyb dílu určeného k proměření

Ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. je definován pohyb vyráběného dílu od vyjmutí z obráběcího stroje přes dovezení na měrové středisko k proměření až po vrácení dílu zpět do výrobního stroje či celé výrobní linky. Tento postup je následující:



Z pozorování vyplývá, že tento proces není vždy úplně dodržen a dochází k odchylkám od definovaného postupu. Příklady vzniku odchylek: zahájení měření, pokud díl ještě není dostatečně temperován, výběr špatného měřicího programu nebo laxní přístup obsluhy výrobních strojů při odebírání změřených dílů z KMS, kde se díly hromadí.

7.2. Povinnosti obsluhy měrového střediska

Povinnosti měrového střediska a povinnosti střediska poptávajícího měření, které si GQH najímá jako službu lze rozdělit na:

Povinnosti GQH:

- předaný díl dle potřeby temperovat;
- temperovaný díl měřit v automatickém měřícím cyklu dle měřicího programu;
- naměřená data ukládat do jednotlivých databází dle strojů pomocí SW chy.stat a qs-STAT.

Povinnosti střediska poptávajícího měření:

- stáhnout statistická data a provést vyhodnocení měřeného kusu;
- v případě zjištění závady informovat pověřeného seřizovače ve výrobě, který provede rozměrové korekce na příslušném stroji;
- provést záznam do korekční karty.

7.3. Sledování teploty na KMS

Pro nepřetržité monitorování teploty a vlhkosti na měrovém středisku je používán systém Saveris od firmy Testo. Saveris obsahuje základní bázi, která je schopna připojit až 150 sond. Báze (obrázek 30) disponuje grafickým displejem, čtyřmi tlačítky pro snadné ovládání a konektivitou pomocí rádiového signálu, ethernetu a USB (Universal Serial Bus). Báze Saveris pracuje na rádiové frekvenci o hodnotě 868 MHz a je schopna pomocí GSM modulu zasílat alarmy pomocí zpráv SMS (Short Message Service). Na měrovém středisku jsou využívány sondy Saveris H3 (obrázek 31). Jedná se o rádiové sondy obsahující teplotní a vlhkostní čidla.

Jednotlivé sondy jsou umístěny na každém CMM, další sondy jsou v temperační místnosti a jedna také uprostřed prostor měrového střediska. [40]



Obrázek 30 Báze Saveris [40]



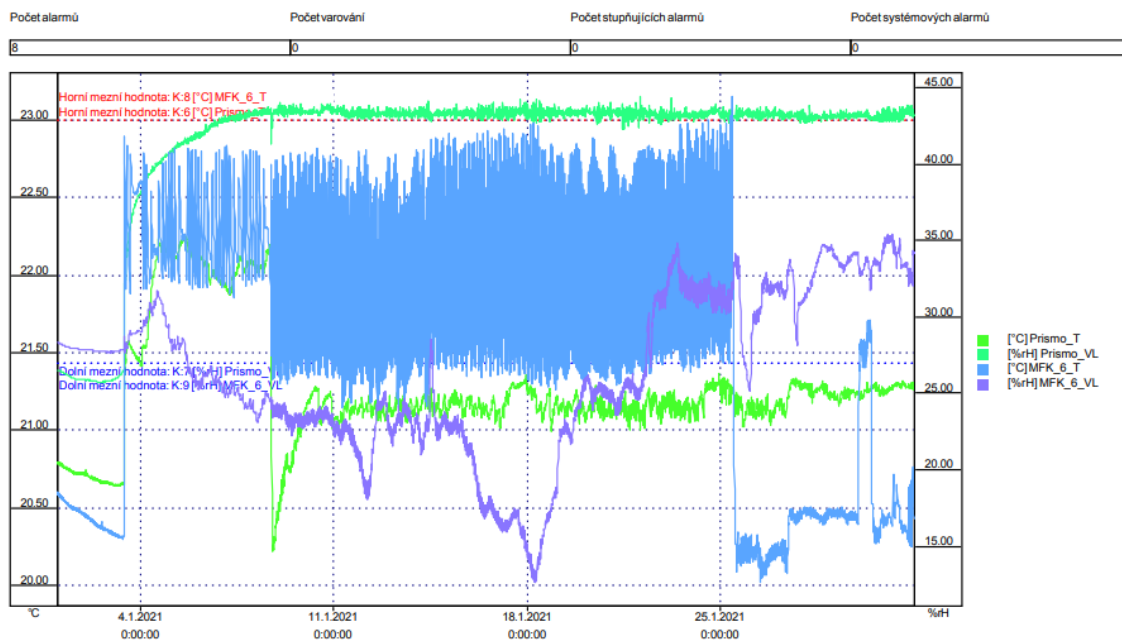
Obrázek 31 Rádiová sonda Saveris H3 [40]

Pomocí dodávaného SW od firmy Testo je možné online sledovat hodnoty teploty a vlhkosti na měrovém středisku a zobrazovat je na příslušném monitoru (obrázek 32). Zeleně jsou zobrazeny hodnoty, které se pohybují v nastavených tolerancích a červeně hodnoty, které tolerance přesahují. Naměřené hodnoty lze archivovat a zpětně vyvolávat teplotní a vlhkostní křivky za dané období (obrázek 33). [40]



Obrázek 32 Informační monitor sledování teploty na KMS

Na obrázku 32 jsou nastaveny vyšší limitní teploty pro prostory KMS, protože v době pořizování fotografie probíhala na měrovém středisku modernizační přestavba a byla vypnuta centrální klimatizace.



Obrázek 33 Teplotní křivky vytvořené programem Testo [13]

8. Pohled do výroby z hlediska kontroly kvality

Za kvalitu provedené výrobní operace zodpovídá pracovník výroby, který operaci provádí. V průběhu výroby realizuje samokontrolu. V ojedinělých případech je v technologickém postupu předepsána kontrolní operace, kterou realizuje zaměstnanec. Ten zkontroluje všechny technologem předepsané úkony, případně další rozměry ovlivňující kvalitu výrobku. Pokud není kontrolní operace blíže specifikována, zaměstnanec provede kontrolu parametrů dle vlastního uvážení a zkušeností.

Výsledek dílenské kontroly je vždy zdokumentován do příslušného formuláře. Při měření na souřadnicovém měřicím stroji se jedná o měrový protokol nebo nahrání naměřených dat do příslušné databáze. V případě vyhovujícího měření dojde k uvolnění výrobní operace. V případě zjištěné neshody naměřených dat je další výrobní postup pozastaven a postupuje se dle řízení neshodného výrobku.

Ve všech následujících tabulkách pro analýzu pohybu dílu od výrobního stroje na KMS je používán časový formát hh:mm, případně mm:ss. Do činnosti Doba manipulace u CMM je zahrnuto: upnutí dílu na měřidlo, výběr a spuštění správného programu, vyhodnocení výsledků a vyndání dílu z měřidla.

8.1. Výroba skříní převodovek a spojek

Z hlediska využití kapacity měřidel zabírá měření skříňových dílů největší podíl měření na KMS, proto jim bude věnováno nejvíce prostoru.

8.1.1. Dílenské měření

Opracování dílů skříní převodovek a spojek obsahuje pouze jednu výrobní operaci. To znamená, že k obrobení odlitku dojde na jednom stroji na jedno, popřípadě dvě upnutí. Nejsou tedy nutné žádné mezioperační kontroly kvality. Po obrobení jsou díly podrobeny tlakové zkoušce a po ní se obrobene díly odebírají ke konečné kontrole, kde se dle KPO měří definované rozměry ručními měřidly a měřidly typu CenterMax.

Díly se na konečnou kontrolu odebírají 3x za dvanáctihodinovou směnu z každého výrobního vřetená (upínače) stroje, který je v aktuálním čase a v provozu se současně vyráběným typem dílu měřený v rozsahu KPO konečné kontroly.

8.1.2. Měření na KMS

Na KMS se měří všechny rozměry dané příslušným technickým výkresem typu dílu, pokud je to schopno měřidlo změřit. Pro rozměry, které nelze na CMM změřit, je zde určena kontrola dílenskými ručními měřidly na stanovišti konečné kontroly ve výrobě.

Na KMS se nosí díly 1x za dvanáctihodinovou směnu opět z každého výrobního vřetena (upínače) stroje, který je v aktuální směně v provozu. Pokud se během směny změni na některém stroji typ dílu, provede se opětovné měření nově zavedeného typu dílu. Pokud se na změřeném dílu z určitého stroje objeví větší problém s kvalitou, stroj je zastaven, seřízen a měření se z tohoto stroje opakuje. Když dojde k výměně nástroje apod., je nutné uvolnění výrobního stroje změřením vyrobeného kusu na KMS. Dokud tento díl není změřený, výrobní stroj stojí.

O změně typu dílu se rozhoduje dle požadavku logistiky na výrobu kompletních převodovek z obou montáží. Zabezpečuje se tak požadovaný sortiment pro obě montážní linky skříňových dílů. Na hale M6 je montováno přibližně 40 typů kompletních převodovek a z toho je 20 typů skříňových dílů vyráběno přímo ve výrobním středisku na hale M6, která disponuje následujícím portfoliem strojů.

Pro výrobu skříní převodovek:

- 4x obráběcí centrum se dvěma upínači ve výrobní lince Alfing (8ks);
- 4x samostatně stojící obráběcí centra (4ks);
- 4x výrobní stroje linky Grob (4ks).

Výroba skříní spojek:

- 3x obráběcí centrum se dvěma upínači ve výrobní lince Alfing (6ks);
- 4x samostatně stojící obráběcí centra (4ks);
- 3x samostatně stojící obráběcí centra propojena dopravníky a zakladači (3ks).

Pokud budou vyrábět všechny výrobní stroje, existuje zde možnost doručení až 30 ks skříňových dílů na měrové středisko k proměření. Varianta se současnou výrobou všech výrobních strojů se již nevyužívá, ale v případě rapidního zvýšení poptávky po výrobě jsou zde volné kapacity.

Změna typu vyráběných dílů

Ke změně typu vyráběných dílů dochází v podstatě každý den. Pokud se změna typu dílu na daném stroji uskuteční uprostřed směny, měly by být doměřeny již dovezené díly původního typu. Pokud dojde ke změně typu hned po začátku, nebo v první polovině směny, je doměřen následně i nově vyráběný typ. Na měrovém středisku se nachází dvojnásobný počet dílů k proměření.

V žádném dokumentu není jednoznačně popsána celá problematika měření skříňových dílů. Spoléhá se na rutinu obsluhy obráběcích strojů a jejich rozhodnutí, jak se v dané situaci zachovat, jestli je prioritou měřit typ nový nebo doměřit typ starý a až poté začít s novým. K této problematice existuje pouze KPO pro dílenské měření, nejsou uvedeny charakteristiky a četnost měření na KMS. Zmínka o měření na KMS existuje ve výrobním postupu, kde je předepsáno měření dílů skříňového typu 1x za dvanáct hodin.

Po změně vyráběného typu jsou výrobní stroje zastaveny a obsluha vyčkává na výsledky z KMS, což mohou být i jednotky hodin. Do té doby nemůže dojít k uvolnění výroby, proto je nutné definovat prioritizaci zakázek a předem dostávat informace o plánování změn typu na KMS z důvodu uzpůsobení využití kapacit měřicích strojů.

Skladové zásoby spojek a převodovek

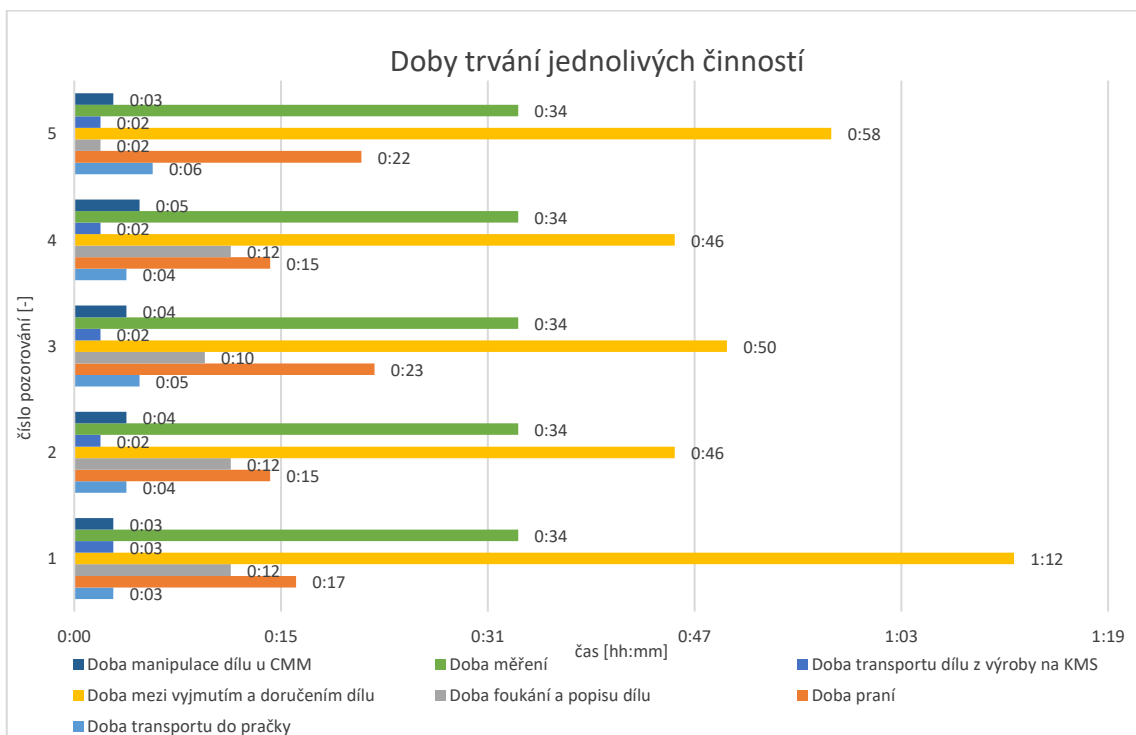
Je vyráběn vždy takový typ, který je požadován oddělením montáže převodovek. Současně jsou sledovány kapacity velkoskladu a pokud jsou malé skladové zásoby konkrétního typu skříňových dílů, přechází se na jeho výrobu. Oddělení výroby se pokouší o ukončení výroby a vyprázdnění výrobní linky od jednoho typu na konci směny, aby další směna mohla začít vyrábět typ nový. Nicméně se zde poměrně často vyskytuje změna typu v průběhu směny – především z důvodu nedostatku suroviny. Po kontrolních zkouškách odlitků a tlakových zkouškách často dochází ke zjištění, že například z dávky 1000 ks některé kusy nevyhovují na tlakovou zkoušku, což může být důsledkem špatné suroviny odlitků. Proto je zbytek dávky přetaven a musí být odlit znovu. Takto dochází k poměrně velké ztrátě disponibilní kapacity pro obrábění, jelikož výrobní stroje je třeba seřadit na jiný typ.

8.1.3. Analýza toku skříní převodovek a spojek od stroje na KMS

Skříně převodovek

Tabulka 5 Vypozorované časy pro skříně převodovek [hh:mm]

Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stroje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů	Poznámka
1	9:33	9:35	9:59	10:42	1	Zkouškový kus
2	11:00	11:02	11:22	11:57	1	Zkouškový kus
3	15:10	15:13	15:30	16:22	12	Sériové měření
4	4:04	4:08	4:23	4:50	12	Sériové měření
5	8:05	8:10	8:33	8:55	12	Sériové měření
6	4:04	4:08	4:23	4:50	12	Sériové měření
7	6:47	6:53	7:15	7:45	2	Sériové měření
8	14:16	14:20	14:41	14:48	3	Zkouškový kus



Obrázek 34 Doby trvání jednotlivých činností pro skříně převodovek



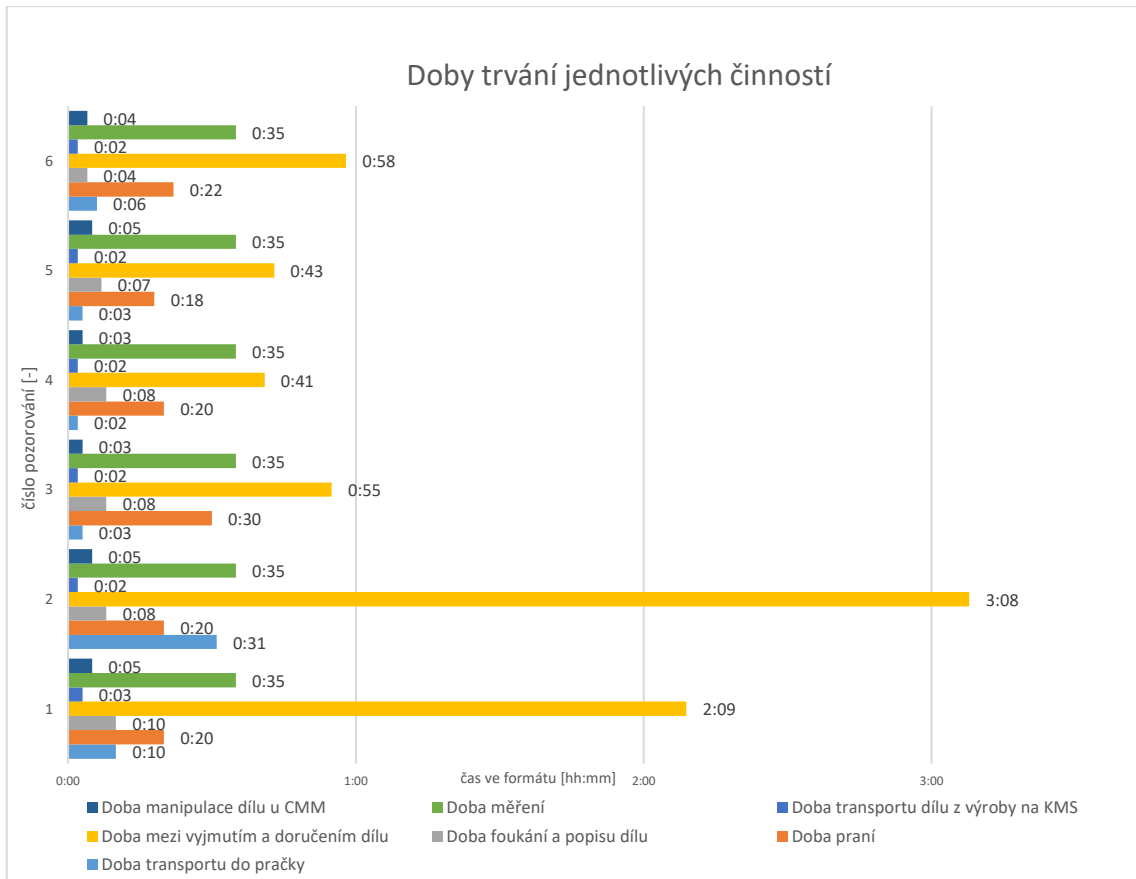
Tabulka 6 Informace o měření skříní převodovek

Operace	Typ obráběcího centra	Četnost	Kusů k měření [ks]	Doba měření jednoho kusu na CMM [mm:ss]
10	Linka Alfing	1x za 12 hodin	8	33:34
10	Samostatně stojící	1x za 12 hodin	4	
10	Linka Grob	1x za 12 hodin	4	

Skříně spojek

Tabulka 7 Vypočítané časy pro skříně spojek [hh:mm]

Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů	Poznámka
1	14:15	14:25	14:45	16:24	8	Sériové měření
2	18:45	19:16	19:36	21:53	8	Změna typu
3	8:00	8:03	8:33	8:55	8	Sériové měření
4	4:09	4:11	4:31	4:50	8	Sériové měření
5	8:02	8:05	8:23	8:45	7	Změna typu
6	6:47	6:53	7:15	7:45	13	GA – série



Obrázek 35 Doby trvání jednotlivých činností pro skříně spojek

Tabulka 8 Informace o měření skříní spojek

Operace	Typ obráběcího centra	Četnost	Kusů k měření [ks]	Doba měření jednoho kusu na CMM [mm:ss]
10	Linka Alfing	1x za 12 hodin	6	35:15
10	Samostatně stojící	1x za 12 hodin	4	
10	Samostatně stojící propojené dopravníky a zakladači	1x za 12 hodin	3	

Časový harmonogram

Kusy pro měření na ranní směnu (6:00-18:00) se vyndávají z výrobních strojů přibližně ve 4 hodiny. Nejprve jsou vyndány převodovky, poté obejity samostatně stojící obráběcí centra (4ks). Vyjmuté kusy se vloží na dopravník směřující do průchozí



automatické pračky. O přibližně deset minut později oproti vyjmutí ze stroje se vyndají 2 ks spojek ze samostatně umístěných obráběcích center a vloží se na dopravník směřující k pračce.

Následně jsou vyjmuty převodovky z automatické sériové linky od značky Alfing. Dopravník dopraví kusy k průběžné pračce, díly jsou vyprány, vysušeny a poté obsluhou vyndány na pracovní stůl. Obsluha díly vyfouká dle návodky, popíše a naskládá do příslušných pozic dle upínačů na transportní vozík. Ve výrobní lince se nacházejí 4 obráběcí centra, každé po dvou upínačích, tzn. vyjmutí 8 ks převodovek, pokud jsou všechny stroje aktuálně v provozu.

Poté jsou vyjmuty výrobky z dopravníku automatické linky Alfing pro výrobu skříňí spojek. Jako u linky na výrobu převodovek jsou díly transportovány dopravníky přes pračku a chladící ventilátor až na místo, kde je obsluha vyjme, vyfouká, popíše a naskládá na transportní vozík. Když jsou všechny tyto činnosti hotové, oba vozíky se spojkami a převodovkami se dopraví na měrové středisko. Celý tento proces trvá přibližně 50 minut. Pozorováním byla zjištěna data zapsaná v tabulce 9, kde je detailněji popsána činnost operátora výroby skříňových dílů (zeleně jsou zvýrazněny skříňové spojky a modře skříňové převodovky). Měření probíhá dva dny po sobě na noční směně. Díly jsou přichystány k měření pro ranní směnu.

Tabulka 9 Detailní časová analýza manipulace se skříňovými díly

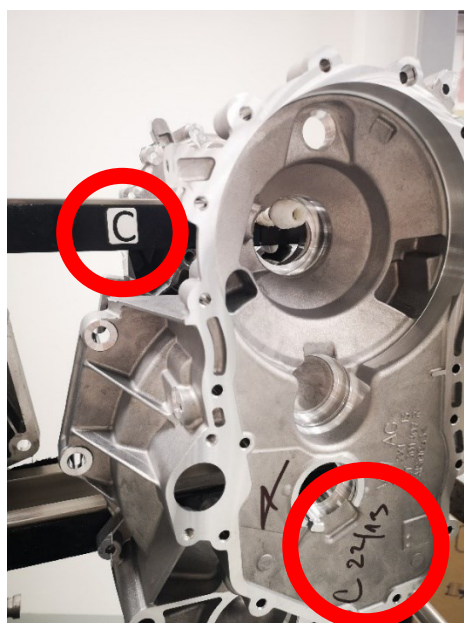
Čas [h:mm]	Doba trvání [h:mm]	Popis činnosti
4:04	0:02	Sběr dílů ze samostatně stojících obráběcích center tzv. jednohubek
4:08	0:04	Naložení 4 ks na dopravník do průběžné pračky
4:09	0:01	Sběr 2 ks ze samostatně stojících obráběcích center
4:11	0:02	Vkládání dílů na dopravník do průběžné pračky
4:13	0:02	Sběr dílů z automatické výrobní linky, po pračce a chlazení – sušení
4:22	0:09	Vyprané převodovky opouští automatickou linku a jsou operátorem foukány tlakovým vzduchem
4:23	0:01	Vyjíždí kusy jednohubek převodovek z pračky, foukání tlak. vzduchem
4:26	0:03	Popis dílů a jejich skládání na transportní vozík
4:27	0:01	Vyndání spojky z automatické linky, po pračce (6ks)
4:31	0:04	Vyjmutí jednohubek z dopravníku, po pračce
4:35	0:04	Naskládání, vyfoukání, popis a naložení spojky na vozík
4:50	0:15	Doručení 12ks skříňových převodovek a 8ks skříňových spojky na KMS
5:45	0:55	Temperace dílů
5:50	0:05	Výběr a spuštění měřicího programu

8.1.4. Transport dílů na měření

Skříňové díly jsou naváženy na transportních vozících (obrázek 36). Vozík skříňí spojek pojme 12 ks na popsaná místa dle upínačů (obrázek 37). Vozík skříňí převodovek pojme kusů 16. Často se stává, že jsou díly ještě položeny na spodní desce vozíku.



Obrázek 36 Vozíky se skříňemi převodovek a spojek



Obrázek 37 Uložení dílu dle upínače pro lepší přehlednost

Označení vozíků je důležité kvůli orientaci obsluhy a také pro správné plnění metodiky 5S, která je na měrovém středisku zavedena. Odlišení vozíku se změřenými

výrobky a nebo výrobky k měření je jak barevné, tak textové (obrázek 38). Po změření dílu obsluha KMS definuje stav dílu otočením oboustranné informační karty.



Obrázek 38 Ukazatel stavu dílů na KMS

8.2. Výroba klikových hřídelů

Výroba klikových hřídelů je rozdělena do několika operací, do procesu vstupuje polotovar výkovku, který je následně obráběn v postupové výrobní lince. Výroba je rozdělena do několika operací, díly na měrové středisko jsou dodávány po operacích 10, 30, 60, 93, 100, 120, 125 a 142. Dle počtu vřeten a upínačů jsou dováženy díly v počtech 1, 2 nebo 3 kusy k proměření. Výroba klikových hřídelů pracuje ve tří směnném systému, pracuje se na osmihodinové směny pět dní v týdnu.

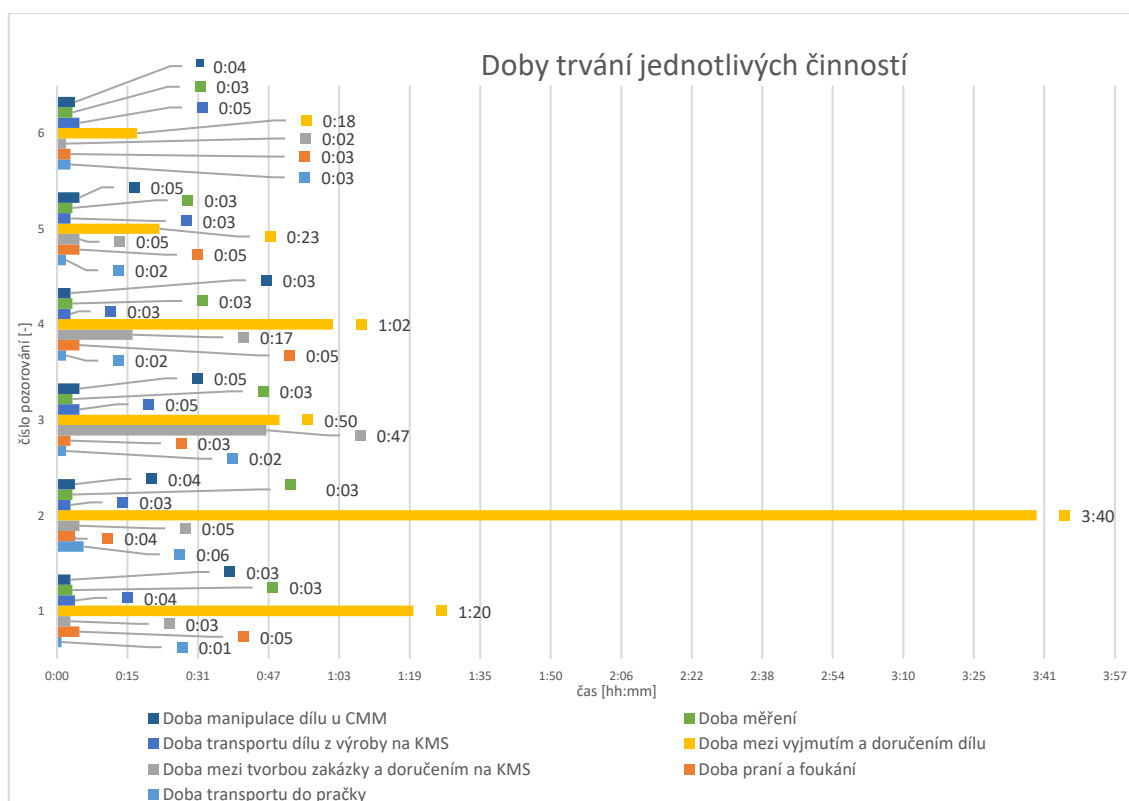
8.2.1. Analýza toku klikových hřídelů od výrobního stroje na KMS

Po vyjmutí z obráběcího centra je díl naložen na transportní vozík a operátorem dovezen k pračce. Teplota vody v pračce je nastavena na 20 °C, což vede k výraznému temperování klikového hřídele již v průběhu praní. Po praní je díl vyfoukán tlakovým vzduchem a opět naložen na transportní vozík. Operátor vytvoří zakázku v SW chy.stat a dopraví díl na měrové středisko. Jednotlivé činnosti, které operátor s dílem vykoná a jejich doby trvání, jsou uvedeny v následujících tabulkách dle jednotlivých operací. Pro operaci 10 nebyla naměřena žádná data, jelikož nedošlo k seřizování obráběcího centra.

Klikový hřídel operace 30

Tabulka 10 Vypořádané časy pro klikový hřídel OP 30 [hh:mm]

Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas tvorby zakázky v SW chy.stat	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
1	7:03	7:04	7:09	8:20	8:23	2
2	7:10	7:16	7:20	10:45	10:50	2
3	14:20	14:22	14:25	14:23	15:10	2
4	23:02	23:04	23:09	0:56	1:13	2
5	6:07	6:09	6:14	6:25	6:30	2
6	14:45	14:48	14:51	15:01	15:03	2



Obrázek 39 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 30

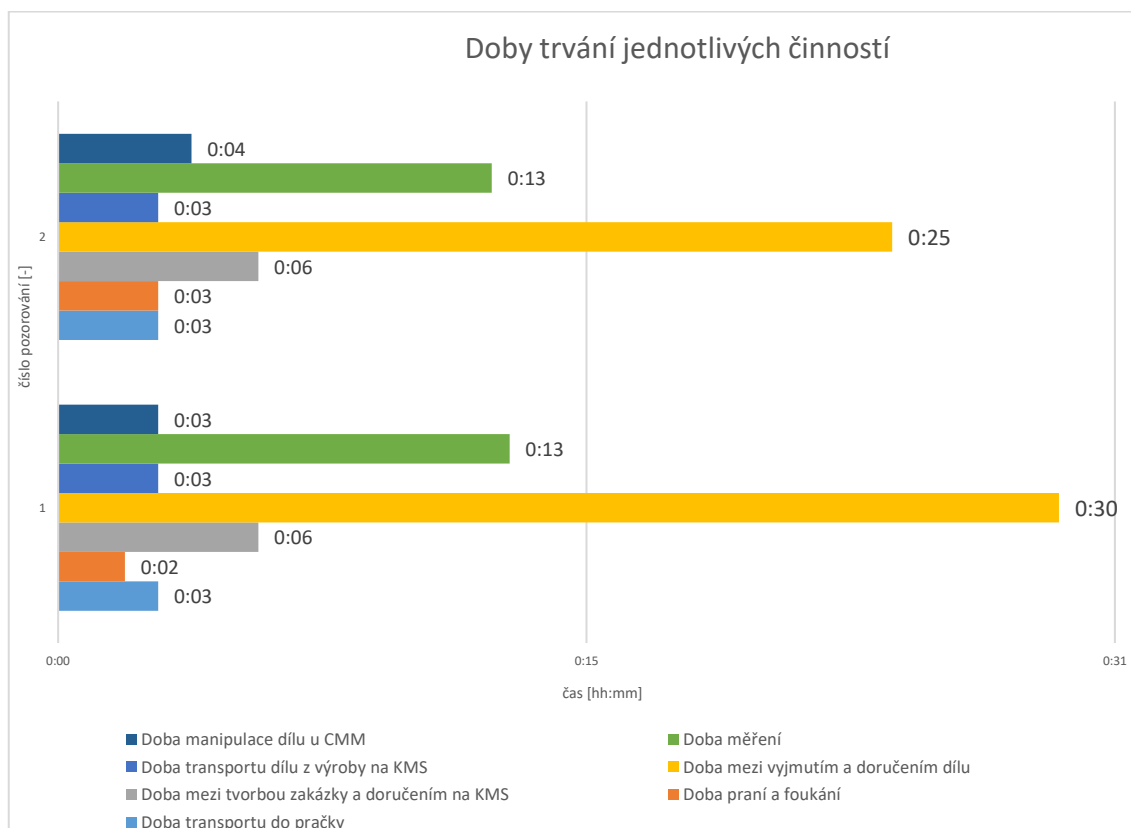
Pro operaci 30 je typické měření SPC ještě před doručením na KMS. Samotné měření SPC trvá 2x 3 minuty a probíhá na dílenském měřidle Marposs. V KPO nemá obsluha přesně definovaný čas doručení hřídelů na KMS. Určeno je pouze měření

1x za osmihodinovou směnu (viz. tabulka 17), tudíž je na obsluhu, kdy klikové hřídele doveze. Z grafu (obrázek 39) je patrná velká časová prodleva mezi vyjmutím dílu z výrobního stroje a jeho doručení na KMS. Proto by bylo vhodné stanovit intervaly doručování dílů na KMS, aby mohla obsluha CMM plánovat využití jednotlivých měřidel a připravit se na případné měření například změnou upínacího přípravku nebo výměnou sady snímacích konfigurací v zásobníku.

Klikový hřídel operace 60

Tabulka 11 Vypořádané časy pro klikový hřídel OP 60 [hh:mm]

Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas tvorby zakázky v SW chy.stat	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
1	8:50	8:53	8:55	9:14	9:20	3
2	12:30	12:33	12:36	12:49	12:55	3

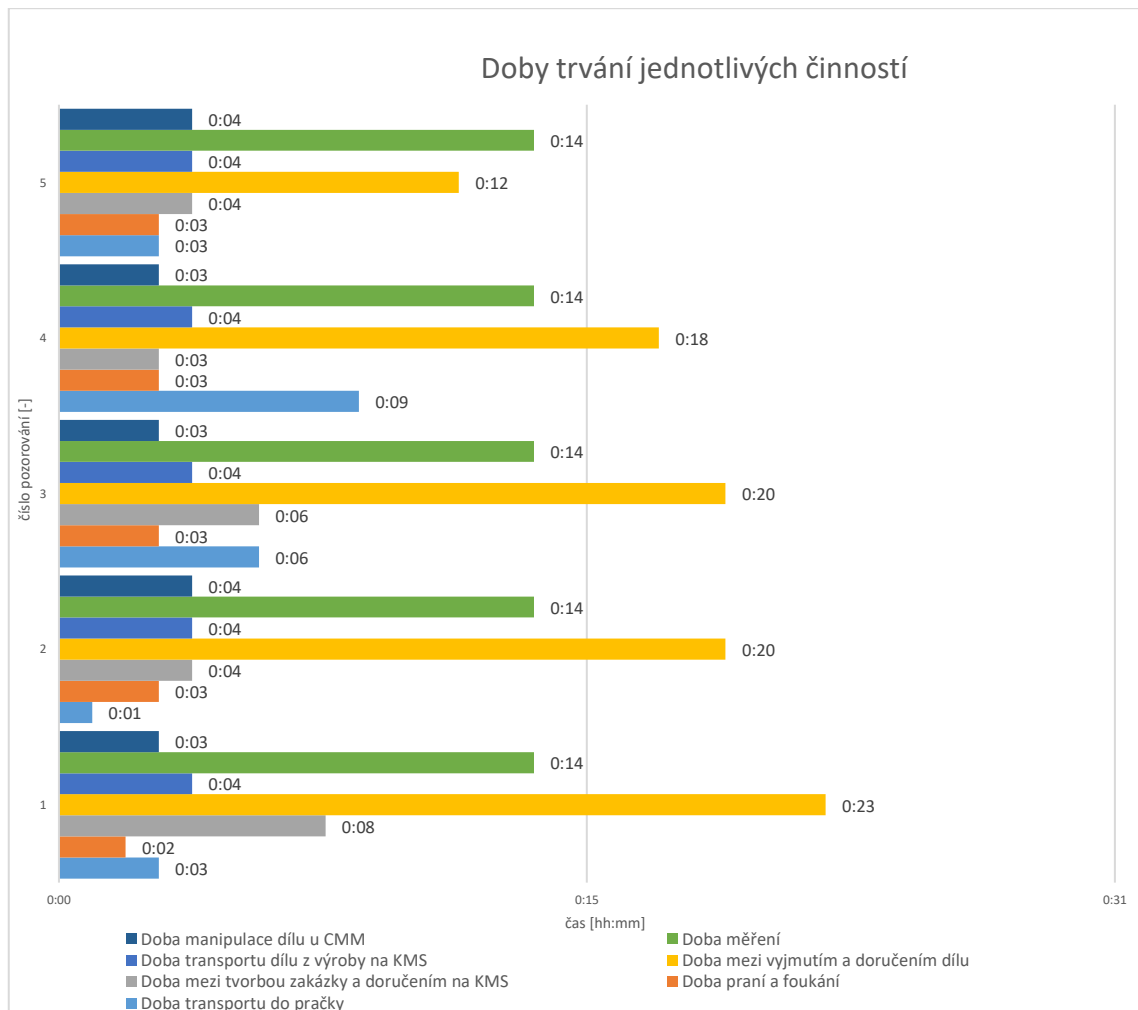


Obrázek 40 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 60

Klikový hřídel operace 93

Tabulka 12 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 93 [hh:mm]

Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas tvorby zakázky v SW chy.stat	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
1	7:30	7:33	7:35	7:45	7:53	2
2	15:32	15:33	15:36	15:48	15:52	2
3	22:05	22:11	22:14	22:19	22:25	2
4	7:00	7:09	7:12	7:15	7:18	2
5	15:03	15:06	15:09	15:11	15:15	2

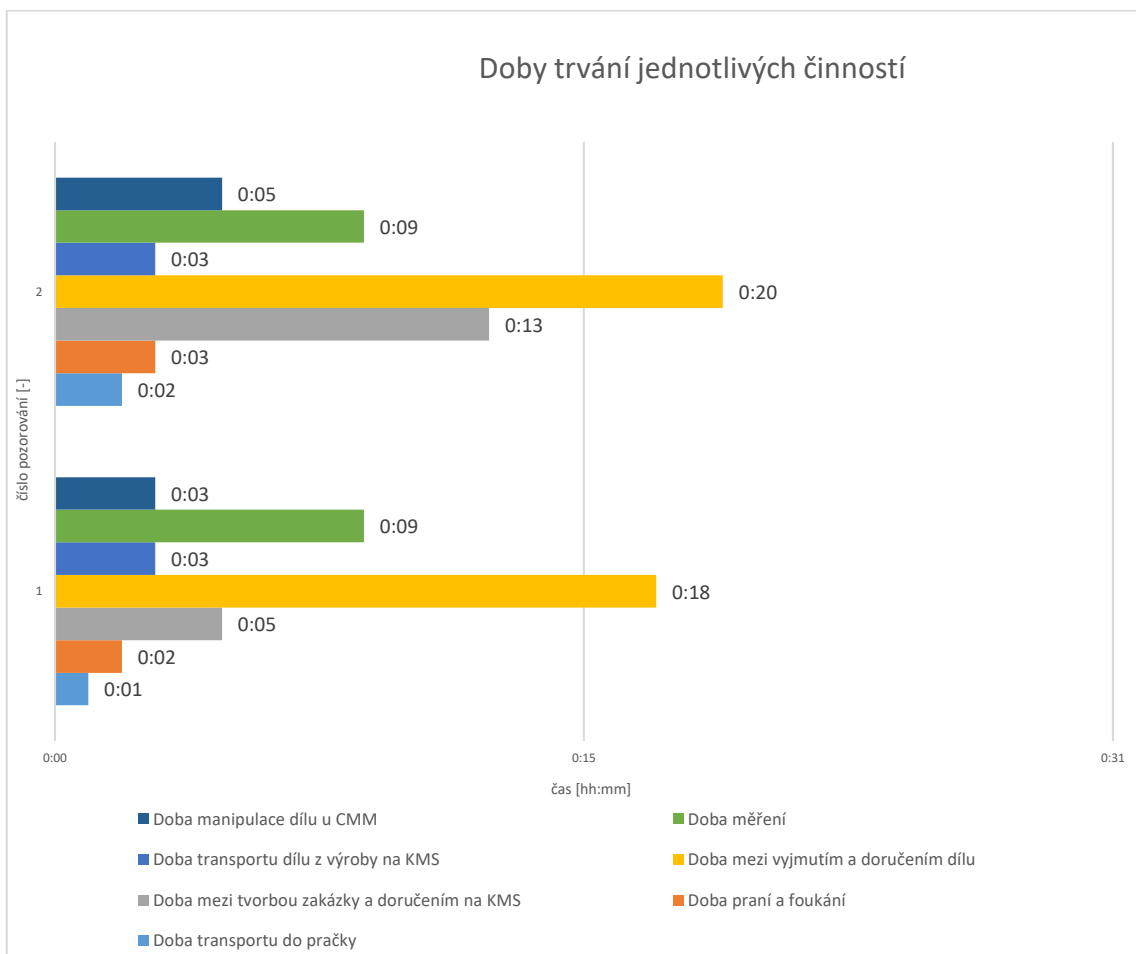


Obrázek 41 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 93

Klikový hřídel operace 100

Tabulka 13 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 100 [hh:mm]

Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas tvorby zakázky v SW chy.stat	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
1	7:30	7:33	7:35	7:45	7:50	2
2	11:00	11:02	11:05	11:07	11:20	1

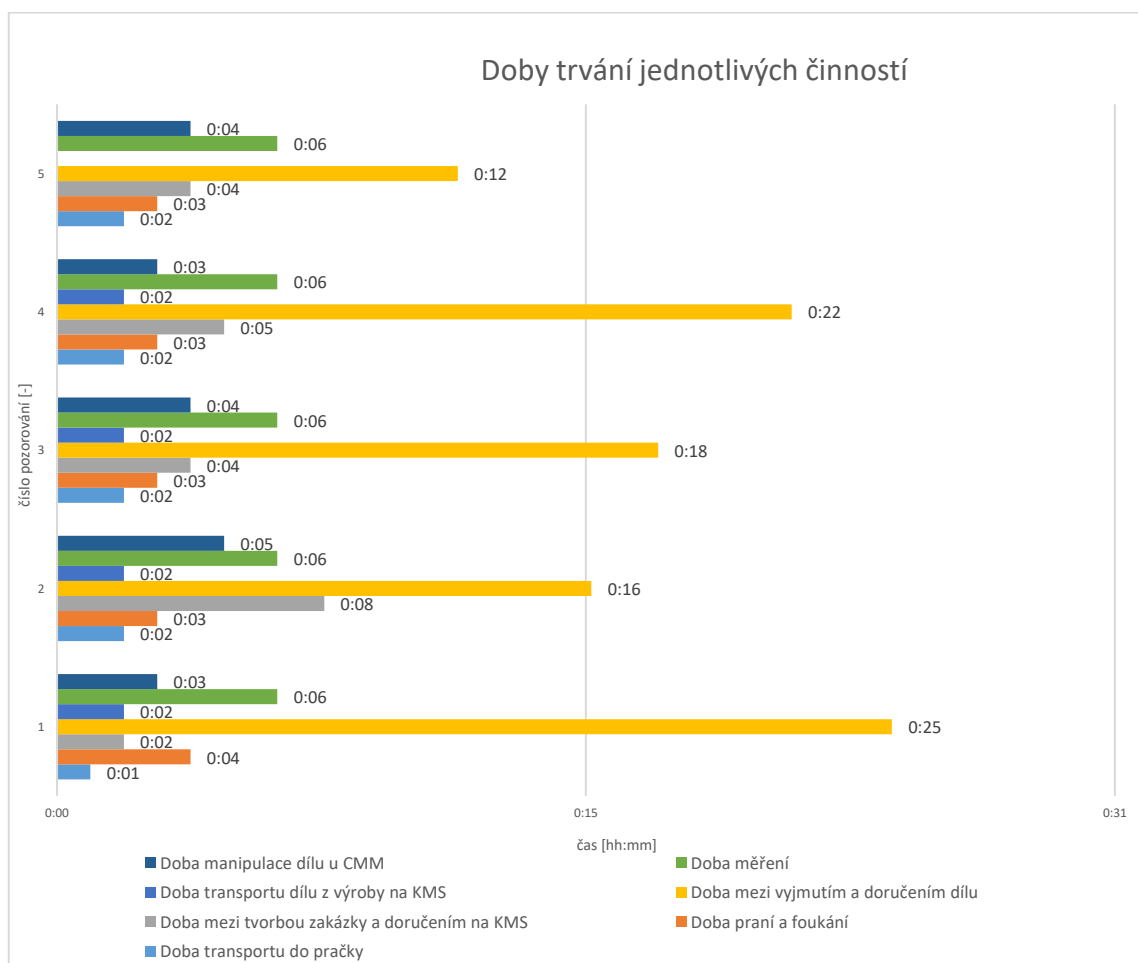


Obrázek 42 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 100

Klikový hřídel operace 120

Tabulka 14 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 120 [hh:mm]

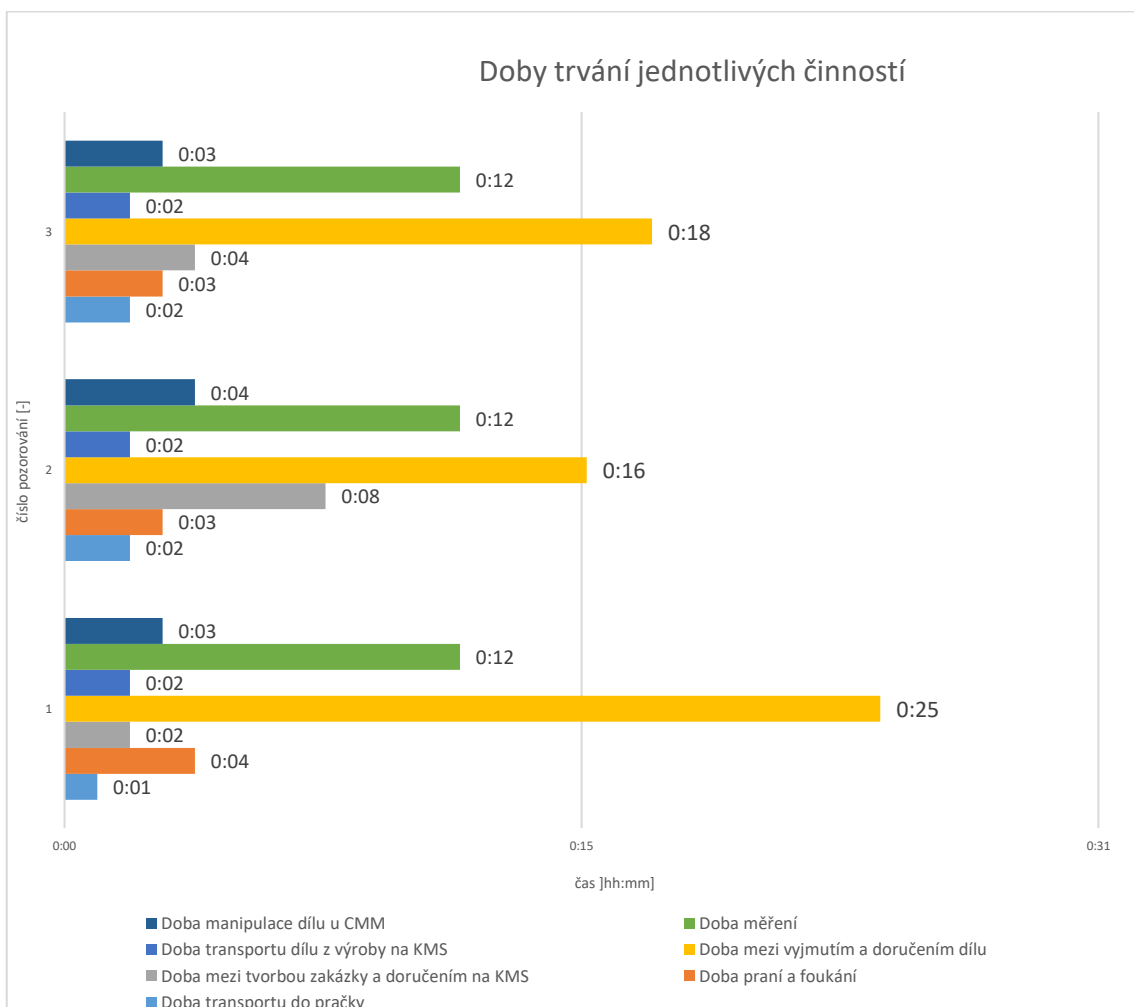
Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas tvorby zakázky v SW chy.stat	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
1	14:15	14:16	14:20	14:38	14:40	1
2	22:07	22:09	22:12	22:15	22:23	1
3	6:45	6:47	6:50	6:59	7:03	1
4	12:30	12:32	12:35	12:47	12:52	1
5	6:45	6:47	6:50	6:53	6:57	1



Obrázek 43 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 120

Klikový hřídel operace 125
Tabulka 15 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 125 [hh:mm]

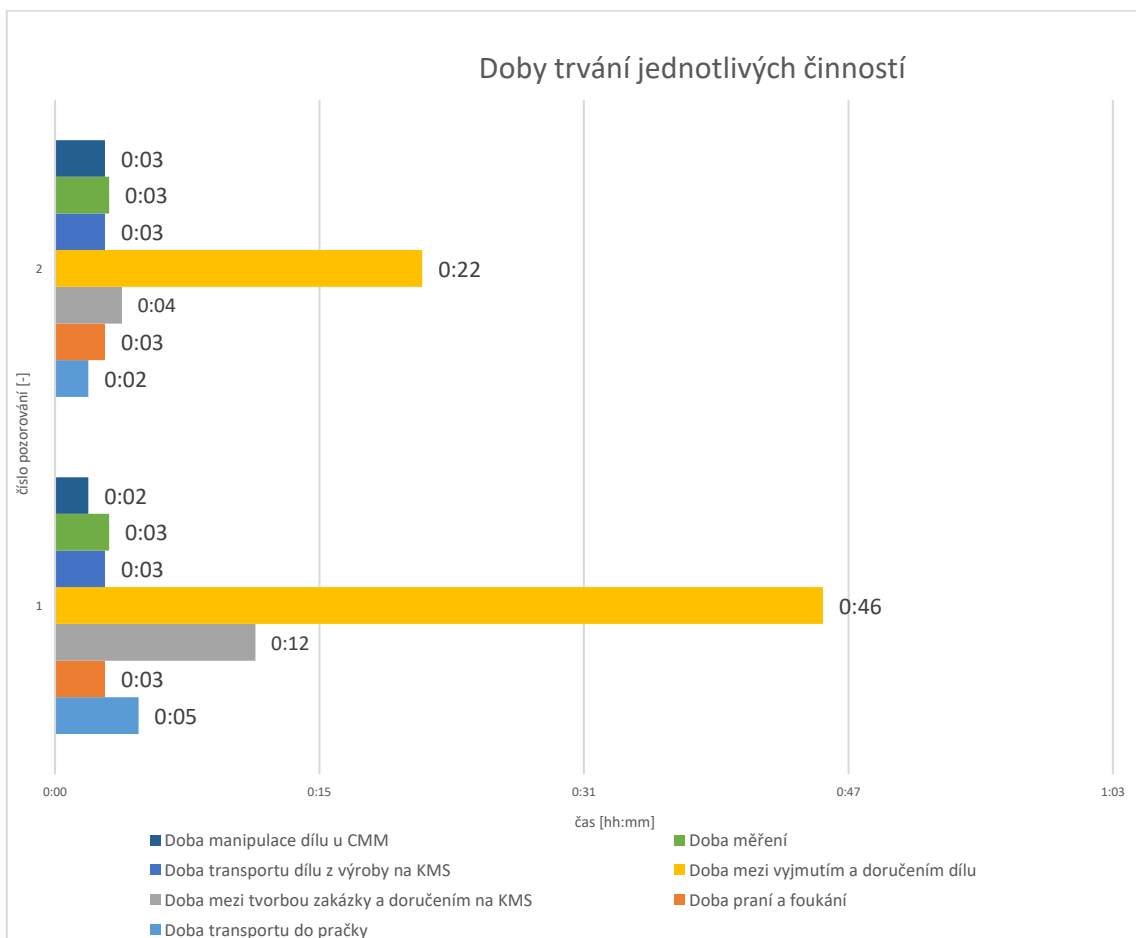
Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas tvorby zakázky v SW chy.stat	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
1	14:15	14:16	14:20	14:38	14:40	1
2	22:07	22:09	22:12	22:15	22:23	1
3	6:45	6:47	6:50	6:59	7:03	1


Obrázek 44 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 125

Klikový hřídel operace 142

Tabulka 16 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 142 [hh:mm]

Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas tvorby zakázky v SW chy.stat	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
1	6:15	6:20	6:23	6:49	7:01	1
2	6:10	6:12	6:15	6:28	6:32	1



Obrázek 45 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 142

Četnosti měření klikových hřídelů

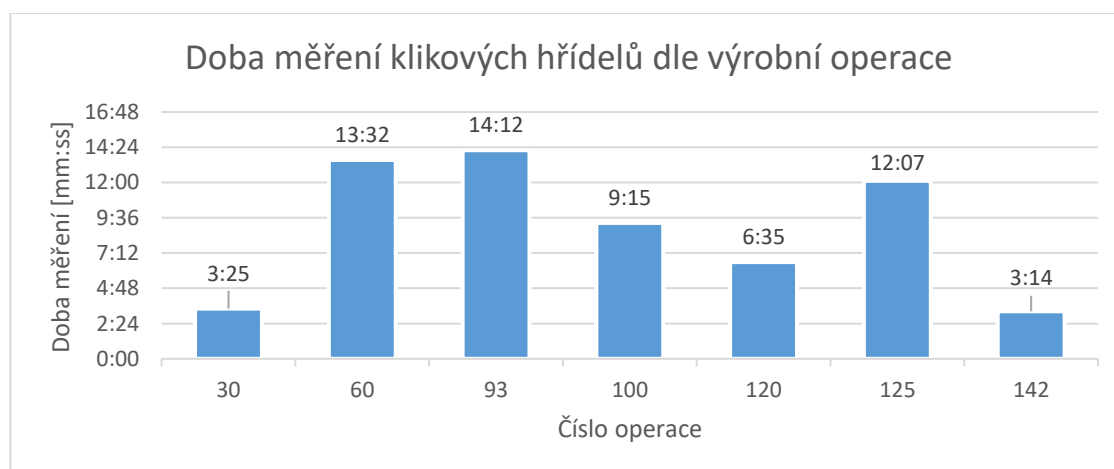
Díly k proměření na KMS jsou dodávány dle četností v KPO, kde je definováno, jak často má být díl na KMS doručen. Pro jednotlivé operace jsou četnosti uvedeny v následující tabulce (tabulka 17).

Tabulka 17 Informace o měření klikových hřídelů

Operace	Četnost	Kusů k měření [ks]	Doba měření jednoho kusu na CMM [mm:ss]
30	1x za 8 hodin	2	3:25
60	1x za 24 hodin	3	13:32
93	1x za 8 hodin	2	14:15
100	2x týdně	1	9:15
120	1x za 8 hodin	1	6:36
125	1x za 24 hodin	1	12:07
142	1x za 24 hodin	1	3:14

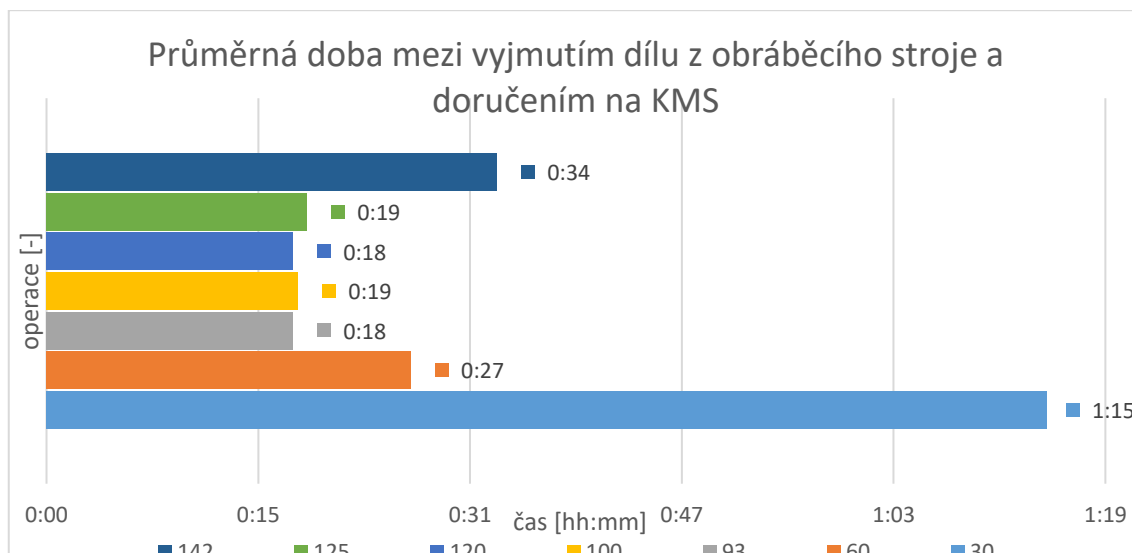
Doby měření jednotlivých měřicích programů pro díly se liší dle typu dílu. Vyráběné díly stejného charakteru, například spojky, se mezi sebou liší v detailech. Některé typy mají více charakteristik, jelikož obsahují více otvorů, nebo byly vytvářeny jiným programátorem apod. Proto bylo přistoupeno na průměrování doby měření dle charakteru dílů v kategoriích spojky, převodovek, klikových hřídelů a bloků – hutě.

V následujícím grafu (obrázek 46) je přehledně zobrazena doba trvání měřicích programů pro jednotlivé operace klikových hřídelů. Je zde znázorněn pouze čas měření, bez jakékoliv manipulace a výběru programů pro start CMM, jelikož manipulační časy jsou pro typově stejné díly téměř identické. Z grafu vyplývá, že nejdéle trvá změřit klikový hřídel operace 93.



Obrázek 46 Přehled doby měření pro jednotlivé operace u klikových hřídelů

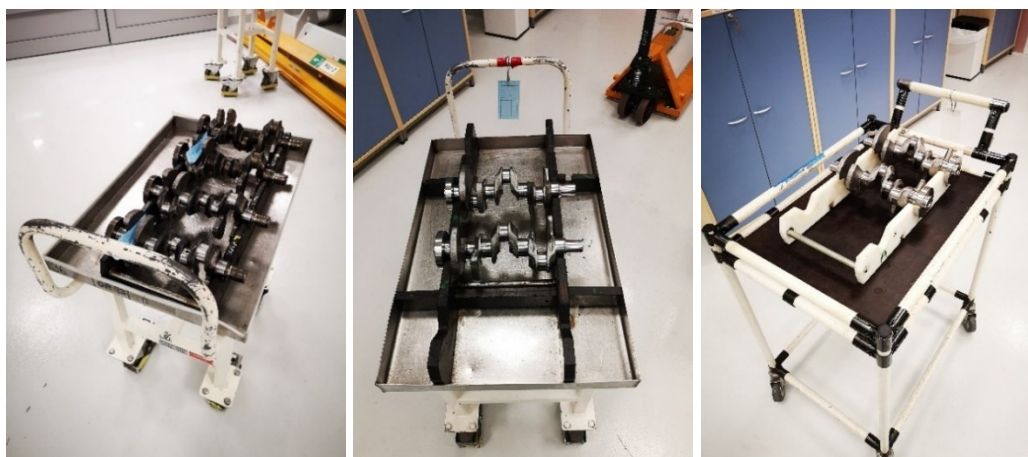
Pro srovnání průměrné doby mezi vyjmutím dílu z obráběcího stroje a doručení na KMS u klikových hřídelů byl sestrojen graf (obrázek 47), ze kterého jsou vidět velké rozdíly pro operace 30, 60 a 142. Důvodem je laxní přístup obsluhy, která nemá přesně definované časy doručování dílů na měrové středisko. Především pro obsluhu výrobních strojů těchto operací by měl být sestrojen příslušný plán doručování dílů na KMS a předpis přímo do KPO.



Obrázek 47 Srovnání průměrných průměrných dob doručení klikových hřídelů

8.2.2. Transport klikových hřídelů na KMS

Klikové hřídele jsou dopravovány na KMS na transportních vozících (obrázek 48). Vozíky jsou často špinavé od emulze a oleje, především po špatném praní a foukání dílů. Vozíky jsou vždy opatřeny visačkou s popisem typu dílu a číslem operace, která je požadována změřit.



Obrázek 48 Transportní vozíky pro klikové hřídele

8.3. Výroba bloků – hutě

Výroba bloků motorů probíhá na výrobní lince od německé firmy Grob a je rozdělena do dvou operací – operaci 10 a 20.

Po operaci 10 je nutné bloky před transportem na KMS vyprat a manuálně odstranit otřepy, které by mohly znehodnotit měření nebo dokonce zničit měřidla. Po manuálním očištění jsou kusy po dvou vkládány do pračky. Na pračce je možnost nastavení doby praní, většina operátorů nastavuje dobu praní v rozmezí 4 až 6 minut. Po vyjmutí jsou vyfoukány stlačeným vzduchem a naloženy na transportní vozík.

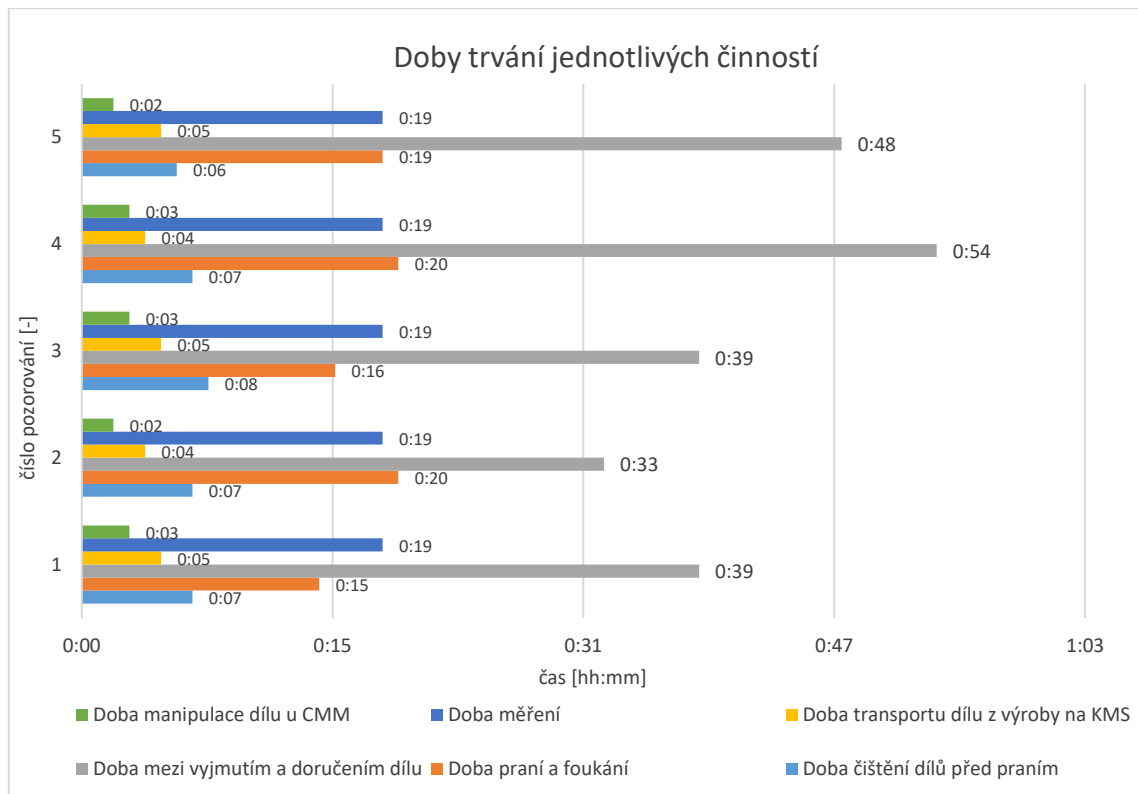
Operace 20 má integrovanou pračku přímo ve výrobní lince. To z důvodu integrované základní automatické rozměrové kontroly v lince. Bloky motorů opouštějí linku očištěné od nečistot a operátor je pouze narovná na sdílený transportní vozík s operací 10.

8.3.1. Analýza toku bloků od stroje na KMS

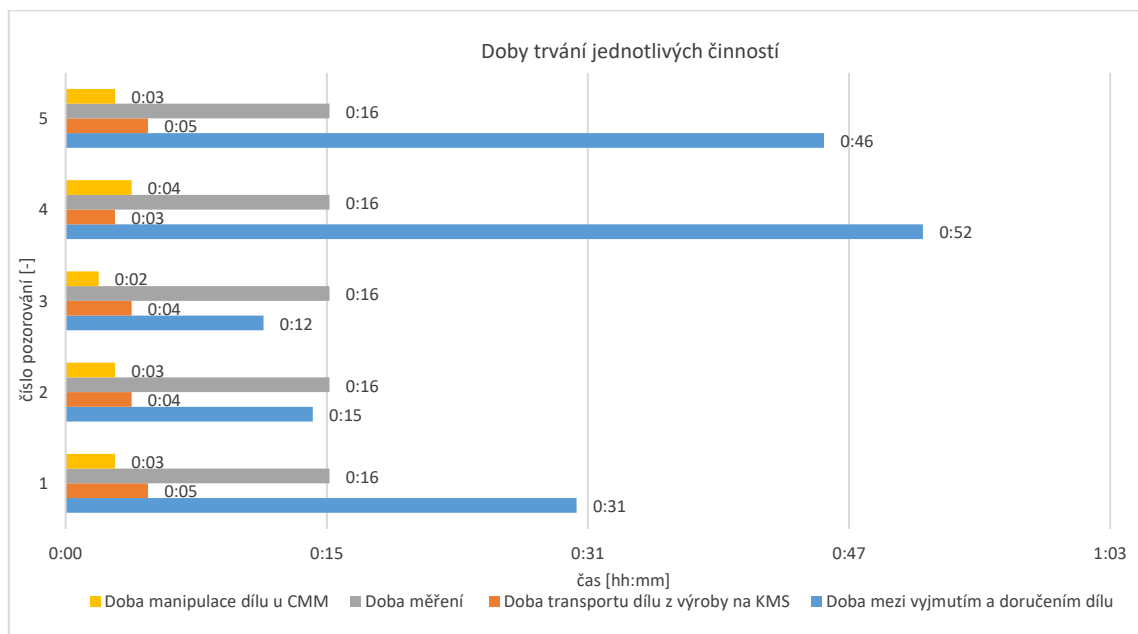
Standardní měření dle KPO je uvedeno v tabulce 18.

Tabulka 18 Vypozorované časy pro bloky motorů OP 10 a OP 20

Operace	Číslo pozorování	Čas vyjmutí dílu ze stoje	Čas vložení dílu do pračky	Čas vyjmutí z pračky	Čas doručení na měrové středisko	Počet měřených kusů / upínačů
10	1	18:33	18:40	18:59	19:12	6
	2	12:07	12:14	12:34	12:40	6
	3	6:03	6:16	6:36	6:42	6
	4	12:33	12:45	13:05	13:27	6
	5	12:45	12:59	13:18	13:33	6
20	1	18:41	-	-	19:12	6
	2	12:25	-	-	12:40	6
	3	6:20	-	-	6:32	6
	4	12:35	-	-	13:27	6
	5	12:47	-	-	13:33	6



Obrázek 49 Doby trvání jednotlivých činností pro bloky motorů OP 10



Obrázek 50 Doby trvání jednotlivých činností pro bloky motorů OP 20

Tabulka 19 Informace o měření bloků motorů

Operace	Četnost	Kusů k měření [ks]	Doba měření jednoho kusu na CMM [mm:ss]
10	2x za 12 hodin	6	19:13
20	2x za 12 hodin	6	15:57

8.3.2. Transport bloků motorů na KMS

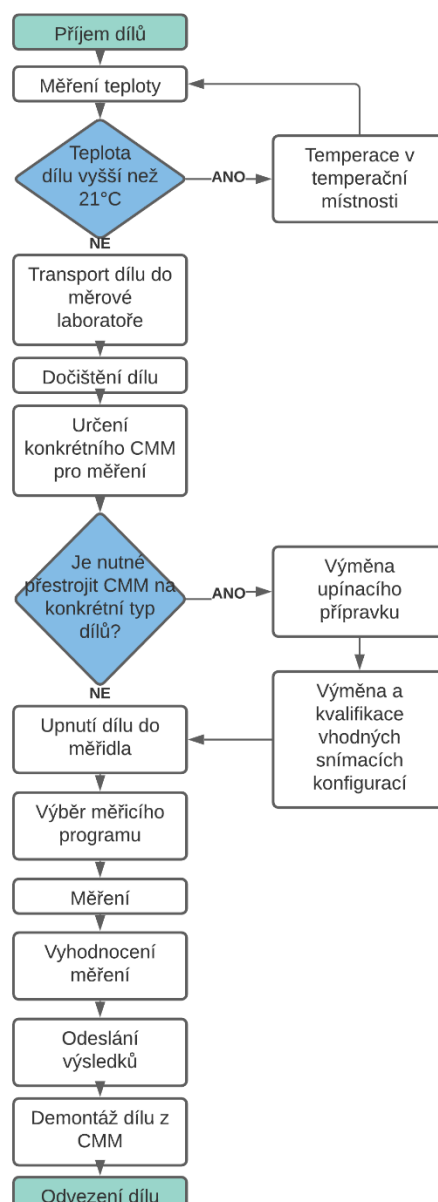
Transport bloků motorů je realizován pomocí transportního vozíku zobrazeném na obrázku 51. Ve spodní části jsou naloženy bloky po operaci 10 a ve vrchní po operaci 20. Bloky jsou na měřidla ukládána pomocí jeřábového systému z důvodu vyšší hmotnosti.



Obrázek 51 Transportní vozík s naloženými bloky motorů

9. Popis pohybu dílů na KMS

Po doručení dílu na KMS je díl přenechán v temperační místnosti a obsluha, která díl přivezla, by měla předat informaci o doručení dílu obsluze KMS, popřípadě podat nestandardní požadavky k měření (změření jen konkrétních elementů, speciální vyhodnocení, tisk papírových protokolů apod.) Pro znázornění pohybu dílů a činností obsluhy na měrovém středisku byl sestrojen následující vývojový diagram (obrázek 52).



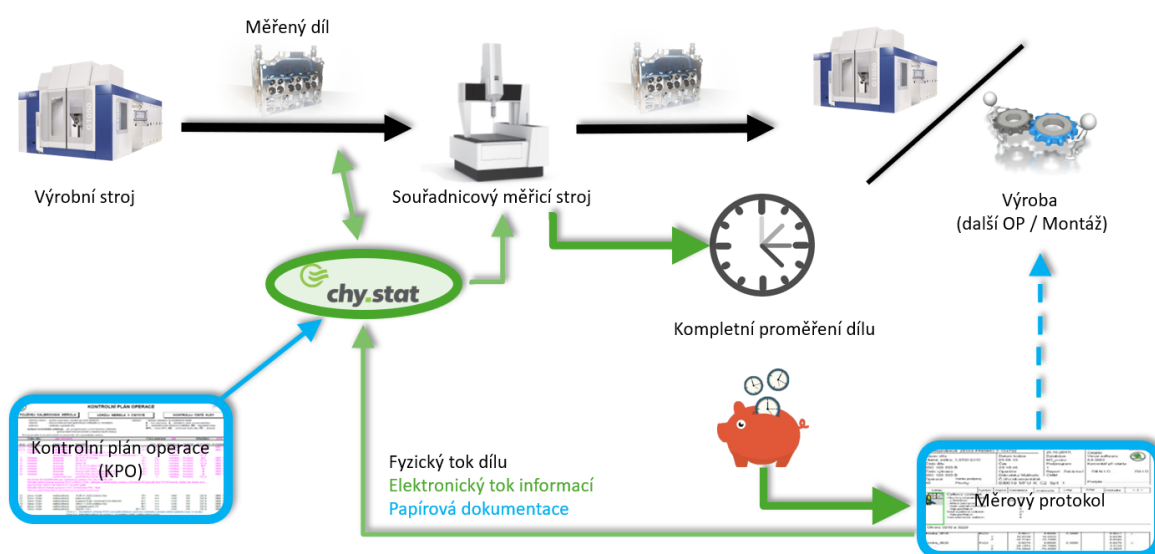
Obrázek 52 Vývojový diagram pohybu dílu a činností operátorů KMS

9.1. Programy využívané na KMS pro předávání naměřených dat

Pro potřeby komunikace KMS mezi výrobou a zároveň pro vyhodnocování potřebných statistických veličin se na měrovém středisku vyžívají dva programy chy.stat a qs-STAT s nadstavbou CMM Reporting.

9.1.1. SW chy.stat na měrovém středisku v hale M6

Pro možnosti statických vyhodnocení a archivaci dat je na KMS zaveden systém chy.stat od firmy Diribet. Konkrétně je využíván modul Měrové protokoly. Pro znázornění toku informace o změřeném dílu byl sestrojen obrázek 53. Díl je vyjmut z měřicího stroje a je vytvořena zakázka v programu chy.stat. Kus je změřen a doručen na KMS, odkud putuje dál do výroby nebo na montážní linku. Na KMS jsou po změření dílu naměřená data nahrána do SW chy.stat pod přidělenou zakázku, a pokud je třeba, je vytisknut i papírový protokol.



Obrázek 53 Schématický popis toku informace o měřeném dílu [13]

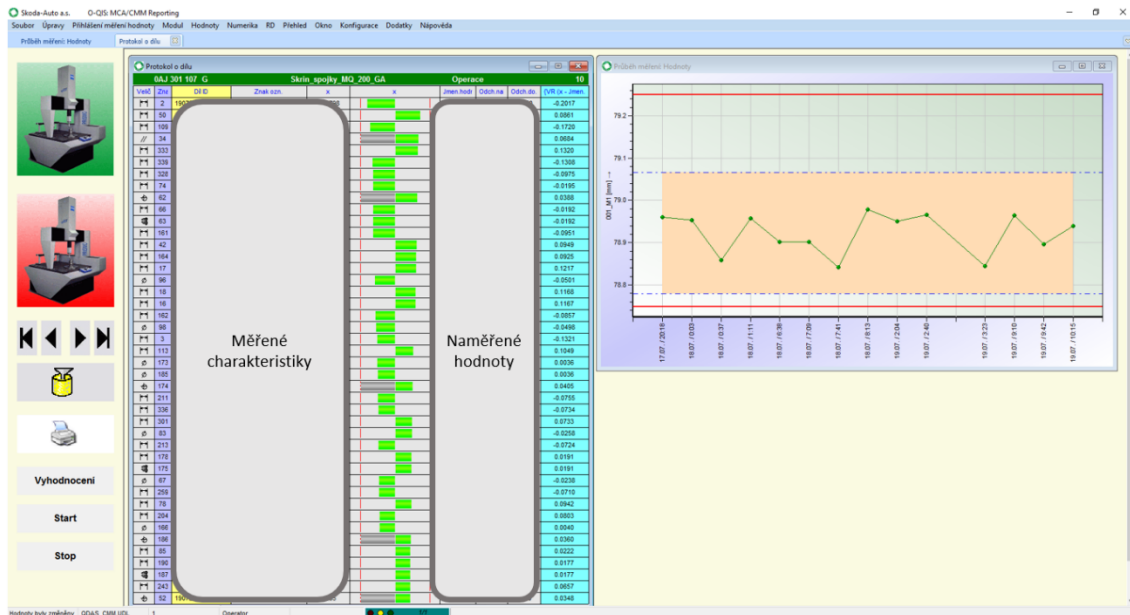
Vytvářet zakázky v SW chy.stat je možné přímo na stanovišti seřizovačů u obráběcích strojů, kde si obsluha prohlíží naměřené výsledky z KMS, nebo na zadávací stanici v temperační místnosti na KMS (obrázek 54).



Obrázek 54 Zadávací stanice pro tvorbu zakázek v SW chy.stat

9.1.2. Qs – STAT na měrovém středisku v hale M6

Předchůdce a zároveň i současník SW chy.stat je SW qs-STAT s nadstavbou CMM Reporting. Tento systém byl dlouhá léta využíván pro vyhodnocování, archivaci a jako způsob vizualizace naměřených dat. V současné době je qs-STAT nahrazován modernějším programem chy.stat. Qs-STAT je pro operátory měrového střediska velmi jednoduchý program, kde pomocí zeleného nebo červeného tlačítka (v levé části obrázku 55) označují naměřená data jako relevantní a odesílají je do výroby.



Obrázek 55 Pracovní prostředí qs-STAT a CMM Reportingu

Na systém chy.stat již přešla výroba klikových hřídelů. V současné době je využíván pro potřeby výroby skříňových dílů a bloků motorů. Během psaní této diplomové práce došlo k velkému pokroku pro možnost přechodu na chy.stat ve výrobě skříňových dílů a očekává se plné nasazení do konce roku 2021.

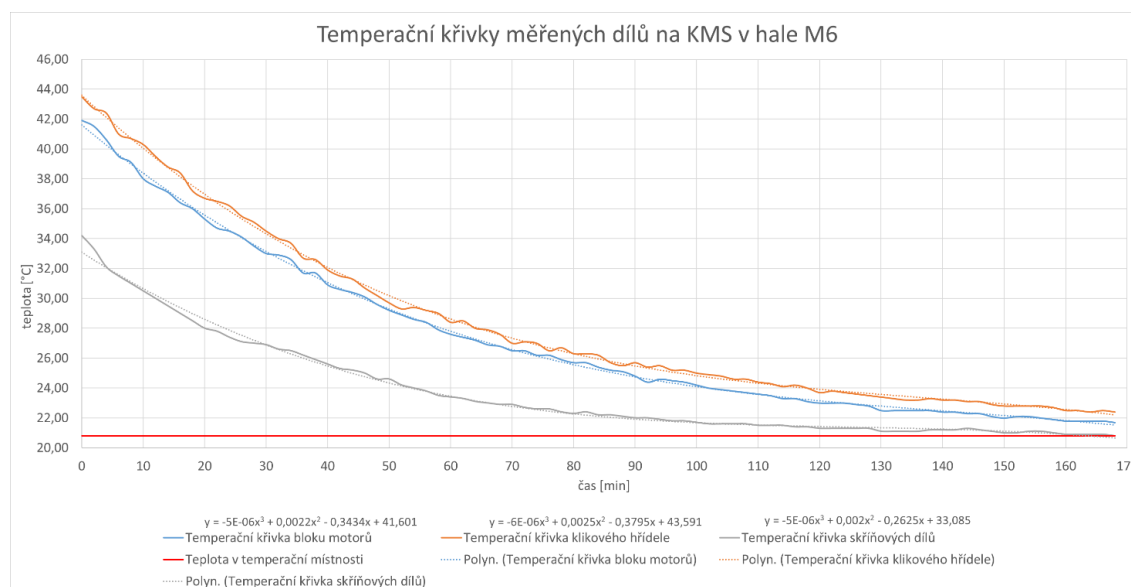
9.2. Teperace a křivky chladnutí

Teperace dílů je nedílnou součástí metrologického procesu, jelikož díl pro měření na CMM by měl mít identickou teplotu jako prostory KMS, a hlavně teplotu konstantní. Případné teplotní gradienty jsou velmi nežádoucí a znehodnocují měření. CMM je schopen pomocí teplotních čidel sejmout teplotu měřeného dílu a pomocí databáze materiálů s hodnotami teplotních roztažností obsažené v SW Calypso dopočítat příslušné rozměrové korekce. Problém nastává tehdy, pokud je teplota měřeného dílu na začátku měření vyšší, než je teplota na KMS – například 24 °C. SW Calypso tuto hodnotu zaznamená a počítá s korekcí teplotní roztažnosti po celou dobu měření, kdy zároveň vlivem okolní teploty dochází ke chladnutí dílu. Některé speciální měřicí programy měří déle jak hodinu a za tu dobu se teplota dílu může změnit (na teplotu okolí 21 °C), ale SW Calypso stále přepočítává naměřené hodnoty pomocí korekce naměřené při 24 °C.

Pro možnost časové optimalizace teperace byly sestrojeny křivky chladnutí. Sběr dat pro tvorbu křivek probíhal následovně. Nejprve byly vybrané díly ohřáty v pračce

na teplotu o mnoho vyšší, než je teplota v temperační místnosti a na KMS. Poté byly díly co nejrychleji dopraveny do temperační místnosti, kde byla každé dvě minuty změřena teplota na všech dílech a zapsána do tabulky. Měření probíhalo pomocí kalibrovaného optického teploměru s dotykovou teplotní sondou od firmy Testo. Teploty byly zaznamenávány více jak 2,5 hodiny. Poté byly vytvořeny křivky chladnutí (obrázek 56) pro konkrétní díly měřené na KMS umístěném v hale M6.

Pomocí polynomické spojnice trendu třetího stupně byly zjištěny rovnice, které by bylo vhodné implementovat do SW chy.stat pro projekt autonomního měrového střediska, kde by byla například pomocí termokamery změřena teplota dílu na transportním vozíku u vstupu do temperační místnosti a program chy.stat by pomocí rovnic určil, za jak dlouho bude díl možno změřit.



Obrázek 56 Teplotní křivky pro konkrétní díly měřené na KMS na hale M6

Zabývání se problematikou temperace dílů je velmi důležité, jelikož výroba součástí probíhá ve výrobních halách a například v letních měsících venkovní teplota často přesahuje 32 °C. Teplota ve výrobní hale může být ještě vyšší, protože další teplo je generováno obráběcími stroji. Proto je běžné, že teplota dílu doručeného na KMS přesahuje teplotu 28 °C, což znamená dobu chladnutí v temperační místnosti okolo 150 minut.

Jednou z možností urychlení chladnutí je nastavení nižší teploty v temperační místnosti, nicméně zde může nastat problém podchlazení dílu. Nebo je využíván systém



s použitím stojanového ventilátoru, který vzduch uvádí do pohybu a tím urychluje samotnou temperaci. Další možností by byla koupě chladících boxů.

10. Možnosti automatizované přepravy dílů na měrové středisko

Pro koncept autonomního měrového střediska je výhodné zajistit i automatickou dopravu vyčištěných dílů z pracoviště výroby do prostorů měrového střediska. V dnešní době se na trhu vyskytuje řada autonomních dopravníků.

Pro doručení dílu do prostor měrového střediska je důležité definovat, zdali budou díly pro měření upínány do měřicích přípravků u obráběcích strojů a pomocí válečkového dopravníku a paletového systému uzpůsobeny pro transport na autonomním řízeném dopravníku, nebo budou díly nakládány do univerzálních tažených vozíků a pomocí manipulátoru upínány do měřicích přípravků až v prostorách měrového střediska. Druhá varianta vyžaduje menší množství měřicích přípravků oproti první, nicméně je zde třeba uvažovat pořízení manipulátoru, jeho programování a údržbu.

Dalším problémem mohou být samotné měřicí přípravky, některé typy dílu – například se jedná přibližně o 20 vyráběných typů pro skříně spojek – potřebují různé přípravky z důvodu odlišného rozmístění měřených otvorů, upínacích bodů apod. V současné době se pro měření skříní spojek využívají 4 druhy měřicích přípravků. Eliminace této různorodosti by byla možná výrobou přestavitelných přípravků. Přestavovat by je bylo možné buď manuálně (v případě první varianty obsluhou obráběcích strojů, která by do přípravku díl upínala) nebo pomocí servomotorů a čidel (pro variantu druhou).

Při používání autonomního dopravníku by také nedocházelo k zahlcení měrového střediska množstvím dílů k proměření, jelikož by byly naváženy průběžně.

10.1. Autonomně řízená vozidla

Autonomně řízená vozidla často označovaná zkratkou AGV (Automated Guided Vehicles) jsou automaticky řízené dopravníky, které jsou schopny pohybovat se podle značek a optické navigace, magnetických pásů umístěných na podlaze, indukční navigací pomocí kabelu umístěného ve vyfrézované drážce v podlaze, pomocí laserové navigace a odrazových válců, které odrážejí paprsek vysílaný dopravníkem nebo pomocí GPS navigace. Srovnání jednotlivých typů navigací je zobrazeno v tabulce 20. [40]

Tabulka 20 Srovnání jednotlivých typů navigací AGV [40]

Typ navigace	Klady	Zápory
Indukční	- osvědčená technologie; - jednoduché řízení;	- neflexibilní; - nákladná a náročná instalace kabelu do podlahy;
Optická	- levné a jednoduché řešení; - snadná změna trasy; - jednoduché řízení (zastavování pomocí značek);	- neflexibilní; - riziko poškození/znečištění pásy nebo nátěru;
Laserová	- žádné prvky na podlaze, „volná navigace“; - jednoduché trasy je snadné programovat; - vysoká přesnost; - flexibilní v dosahu reflektorů;	- nutnost reflektorů na stěnách/pilířích; - laserová hlava musí mít „výhled“ (360° zorné pole); - možnost zašpinění reflektor; - jiné světelné paprsky mohou narušovat systém;
Magnetická	- snadná definice trasy pomocí magnetického pásu na podlaze;	- časté poškození magnetického pásu pomocí ostatních dopravních prostředků; - vystupuje nad úroveň podlahy;
GPS	- flexibilní; - žádné prvky na podlaze.	- nízká přesnost.

Mezi výhody AGV v průmyslu patří především:

- přesnost a bezpečnost provozu;
- předvídatelnost AGV – doba jízdy po dané trase je definována a během času je neměnná;
- možnost pracovat nepřetržitě bez nutnosti lidských zásahů;
- nízké náklady na provoz a údržbu;
- účinná a spolehlivá přeprava (dodávka „just-in-time“, větší přesnost v řízení zásob);
- flexibilita. [40]

Vhodnými typy AGV transportérů pro dopravu dílů na měrově středisko mohou být AGV:

- plošinové;
- tažné;
- podbíhací. [40]

10.1.1. Plošinové AGV

AGV plošinového typu (obrázek 57) je schopno přepravovat palety, přepravky nebo přípravky včetně již upnutých dílů pro měření. Poslední možnost je využitelná i pro projekt autonomního měrového střediska. Výška nakládací plošiny se liší dle typu a výrobce, často se pohybuje okolo šedesáti a více centimetrů nad úroveň podlahy. Hlavní výhodou je možnost usnadnění manipulace nákladu pomocí válečkového dopravníku přímo na transportní vozík. Díky tomu by mohla být u každého výrobního pracoviště stanice s částí válečkového dopravníku, na kterém by byl přípravek, do něhož by obsluha upnula díl. Po přijetí plošinového AGV ke stanici by byl přípravek automaticky nasunut na AGV a transportován na měrové středisko, kde by byl složen přímo na další válečkový dopravník. Odpadá zde tedy nutnost jakéhokoli manipulátoru, který by díl upínal do měřicích přípravků a tvorby speciálních vozíků pro tažené AGV. [40]



Obrázek 57 Plošinové AGV [40]

10.1.2. Tažené AGV

AGV tažného typu je nejvyužívanějším transportním autonomním prostředkem současnosti. Transportéry jsou schopny táhnout jeden a více vlečných vozíků. Při zapojení více vozíků hovoříme o tzv. logistických vláčcích. [40]

Výhodou tažného typu je schopnost přepravovat velké množství materiálu a pomocí ovládacích prvků řídit nápravy jednotlivých vlečných vozíků. Díky tomu vozíky lépe kopírují dráhu tahače a souprava je schopna projíždět velmi úzkými uličkami. U vlečných vozíků je možnost použití takzvaných E-rámů nebo C-rámů, které umožňují

automatizovat nakládku a vykládku palet. Novinkou je B-rám, který umožňuje snadnou nakládku a vykládku palet z obou stran soupravy a není tedy nutné zvažovat nakládání z jedné nebo z druhé strany, jak je tomu u E-rámu. [40]

Pro projekt autonomního měrového střediska je nejvíce využitelný typ tahače s B – rámem (obrázek 58). Na B-rám lze nakládat vozíky s měřicími přípravky nebo přímo se samostatnými díly dle výše zmíněné varianty jedna nebo dva. B-rám je vhodný z důvodu oboustranného nakládání a vykládání vozíků, což může zvýšit možnosti uložení vozíků s přípravky v prostorech měrového střediska. Výhodou logistických vláčků je možnost naložení více dílů z různých výrobních pracovišť. Jako nevýhodu můžeme považovat malé manipulační prostory měrového střediska.



Obrázek 58 Vlečný vozík konstrukce B-rámu [40]

Příklady tahačů AGV dle jednotlivých výrobců:

CEIT 1300L-A

Jedná se o základní model inteligentního tahacího AGV výrobce CEIT disponující vysokou spolehlivostí a kvalitou zpracování. AGV CEIT jsou vybaveny optickou nebo magnetickou navigací a automatickým nabíjením baterií. Nabíjecí konektory jsou ve spodní části vozíku. Poloměr zatáčení je 110 centimetrů a hmotnost taženého nákladu dosahuje až 1300 kilogramů, což je pro potřeby projektu autonomního měrového střediska dostačující. Tahač je možné přepnout na manuální řízení a ovládat ho pomocí tabletu, chytrého telefonu nebo přímo na dotykové obrazovce transportéru. Bezpečnost zajišťují kamery a scannery. AGV 1300L-A (obrázek 59) je vybaven vlastním řídicím systémem, který je schopen monitorovat a řídit logistická zařízení v čase. [41]



Obrázek 59 AGV CEIT 1300L-A [41]

JUNGHEINRICH EZS 350a

Autonomní tahač značky Jungheinrich typu EZS 350a (obrázek 60) je schopen táhnout přívěsy o celkové hmotnosti až 5000 kg, což by pro potřeby dopravy dílů na měrové středisko dostatečně vyhovovalo. Autonomní transportní tahač je bez řidiče schopen sám odpojovat a připojovat přívěsy. Navigován je pomocí laserových odrazových válců na trase tahače. Dobíjení baterie pohánějící třífázový 24V motor probíhá také plně autonomně pomocí nadstavby v horní části.

V případě potřeby je transportní vozík možno přepnout na manuální ovládání a ovládat ho operátorem. Bezpečnost pro smíšený provoz je zaručena optickým výstražným systémem, který na podlahu před vozík promítá výstražné linie, automatické rozpoznání překážek s následným zastavením vozíku. Velkou výhodou je jednoduchá implementace do logistických procesů pomocí nadstavby Jungheinrich Logistic Interface. [42]



Obrázek 60 Automatizovaný tahač EZS 350a [42]

10.1.3. Podbíhací AGV

Podbíhací AGV, v anglické literatuře označované jako Tunnel AGV, najdou nejčastěji své uplatnění při transportu roltejnů³ (obrázek 61 vlevo) a vozíků. Podbíhací AGV převáží roltejny a vozíky tak, že pod dopravní prostředek najede, zahákne jej a dále ho táhne. Po doručení nákladu na požadované místo vyhákne náklad a pokračuje pro další. Velikou výhodou podbíhacího typu AGV je snadná transformace z ruční na automatickou dopravu a také malé nároky na prostor, jelikož podbíhací vozík není o moc větší než vezený náklad. [5]

Výhodou využití tohoto typu AGV pro projekt autonomního měrového střediska je velmi malý zatáčecí rádius. Transportér dokáže dobře manévrovat i v relativně malých prostorech a ukládat vozíky přesně na místo určení a to z důvodu transportu pouze jednoho vozíku, a ne celého logistického vláčku. [5]

Mezi společnosti vyrábějící podbíhací AGV patří například CEIT, ForiAutomation, OmniDirectional a na obrázku 61 zobrazená INDEVA.



Obrázek 61 Podbíhací typ AGV s naloženým roltejnem [43]

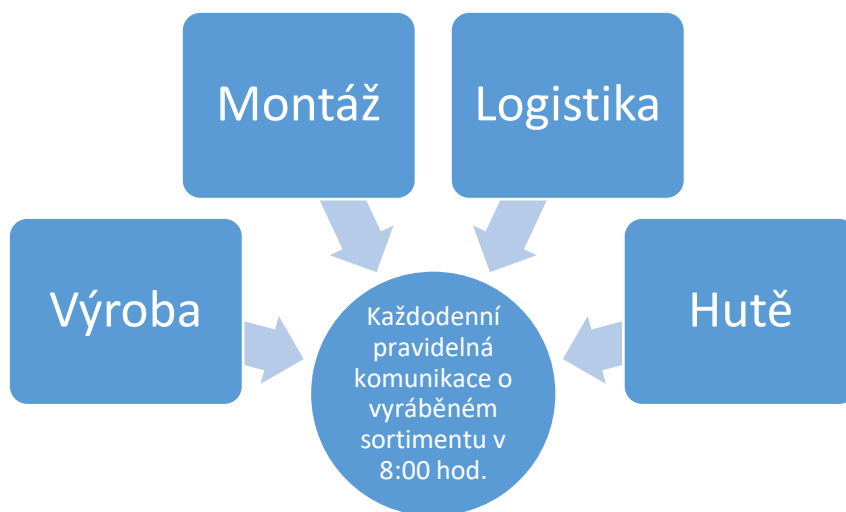
³ Roltejny jsou přepravní prostředky na úrovni odvozených manipulačních jednotek 2. řádu, opatřené čtyřkolovým podvozkem. [45]

11. Přehled doporučení pro vylepšení současné situace

11.1. Komunikace mezi zainteresovanými odděleními do výroby skříňových dílů

Komunikace mezi odděleními výroby, montáže, logistiky a hutí probíhá každý den od osmé hodiny ranní (obrázek 62). Je konzultováno, co je aktuálně vyráběno a jaký se současný stav dílů na skladě. Pro plánování a další automatizaci procesů by bylo vhodné průběžně vytvářet a na základě poptávky aktualizovat měsíční plán výroby jednotlivých typů skříňových dílů a předejít tak operativním změnám typu.

Z výše uvedených důvodů je zapotřebí přizvat do pravidelných informačních schůzek zmiňovaných oddělení i zaměstnance KMS. Poté by bylo měrové středisko vhodně a spolehlivě informováno o měřeném sortimentu každý den.



Obrázek 62 Schématické znázornění komunikace mezi odděleními

11.2. Harmonogramy doručování dílů na KMS

Pro možnost autonomního provozu měrového střediska i pro zlepšení současné situace s lidskou obsluhou měřidel je důležité sestrojít harmonogram obsahující časy doručování dílů pro měření na KMS. Z pozorování bylo zjištěno, že není možné stanovit přesné časy doručování dílů na KMS. Nicméně je důležité definovat alespoň půlhodinové intervaly, ve kterých by měly být, pokud to bude možné, díly na KMS doručovány.

11.2.1. Doručování skříňových dílů

Pro skříňové díly není plánování třeba, jelikož jsou díly naváženy většinou najednou na transportních vozících, tudíž je obsluha seznámena s množstvím měření hned na začátku směny, respektive před jejím začátkem. Navážení je realizováno předchozí směnou, aby mohlo dojít k řádné temperaci dílů.

11.2.2. Doručování klikových hřídelů

Klikové hřídele jsou doručovány, jak již bylo zmíněno, na transportních vozících dle jednotlivých operací. To znamená celkem sedm transportních vozíků o určitých rozměrech, které zabírají prostor jak v temperační místnosti, tak přímo na kontrolním měrovém středisku.

Tabulka 21 Harmonogram pro doručování klikových hřídelů

Operace [-]	Interval doručení [hh:mm]	Četnost měření	Počet kusů [-]	Doba měření jednoho kusu [mm:ss]
30	6:30 - 7:00	1x za 8 hodin	2	3:25
30	14:30 - 15:00	1x za 8 hodin	2	3:25
30	22:30 - 23:00	1x za 8 hodin	2	3:25
60	6:40 - 7:10	1x za 24 hodin	3	13:32
93	7:30 - 8:00	1x za 8 hodin	2	14:15
93	14:45 - 15:15	1x za 8 hodin	2	14:15
93	22:45 - 23:15	1x za 8 hodin	2	14:15
100	8:00 - 8:30	2x týdně	2	9:15
120	8:15 - 8:45	1x za 8 hodin	1	6:36
120	15:00 - 15:30	1x za 8 hodin	1	6:36
120	23:00 - 23:30	1x za 8 hodin	1	6:36
125	8:25 - 8:55	1x za 24 hodin	1	12:07
142	8:40 - 9:10	1x za 24 hodin	1	3:14

Harmonogram výše byl sestaven dle doby měření jednotlivých operací a počtu navážených kusů. Také byla zahrnuta doba pro potřebnou manipulaci klikových hřídelů na CMM, výběr správného měřicího programu a vyjmutí ze CMM.

Velkou úsporou prostoru a potenciální využití prvků automatizace by mohlo být dosaženo sloučením transportu operací se stejnou četností měření na jednom transportním vozíku. Konkrétně operací 30, 93, 120 a operací 60, 125, 142. Na kontrolní měrové středisko by tedy byly dopraveny pouze dva upravené transportní vozíky určené pouze pro převoz dílů do prostorů KMS. Tímto by se také zvýšila čistota transportních vozíků, kdyby na ně byly ukládány pouze vyprané díly. V současné době používané vozíky by operátoři výrobní linky stále využívali pro transport dílu od obráběcího stroje k pračce.

Největším úskalím tohoto návrhu je řešení zodpovědnosti operátorů u jednotlivých operací linky na výrobu klikových hřídelů. Za současné situace je operátor zodpovědný za svoji operaci, sám transportuje díly na KMS, vyhodnotí naměřené hodnoty, provede případné korekce a díly na KMS vyzvedne. Řešením je úprava KPO. Operátor by předal vyprané díly na upravený transportní vozík u pračky a předem určená osoba by celý vozík doručila na KMS.

Toto řešení je velmi výhodné pro projekt autonomního měrového střediska. AGV dopravník by na upraveném vozíku transportoval díly z více operací od pračky na KMS.

Konkrétně pro klikové hřídele je zejména v letních měsících velmi výhodné dopravit díly ihned po vyprání na KMS. Jelikož praní probíhá při 20 °C, díky tomu se sníží teplota dílu a při delším pobytu na výrobní hale s vyšší teplotou by teplota znovu vzrostla a klikové hřídele by musely být déle temperovány.

11.2.3. Doručování bloků motorů

Jedinou úpravou pro doručování bloků motorů by bylo rozdělení na dva vozíky v případě transportu pomocí AGV – z důvodu špatné manipulace dílů ze spodní části transportního vozíku.

Vhodně rozvržené doručování bloků motorů je v následující tabulce (tabulka 22), především je brána v úvahu delší doba temperace bloků motorů, a to jak z důvodu vyšší teploty na vstupu do temperační místnosti, tak mohutnosti samotného bloku v závislosti na pomalejší rychlosti temperace.

Tabulka 22 Harmonogram doručování bloků motorů

Operace [-]	Interval doručení [hh:mm]	Četnost měření	Počet kusů [-]	Doba měření jednoho kusu [mm:ss]
10	6:30 - 7:00	2x za 24 hodin	6	19:13
20	6:30 - 7:00	2x za 24 hodin	6	15:57
10	12:30 - 13:00	2x za 24 hodin	6	19:13
20	12:30 - 13:00	2x za 24 hodin	6	15:57

11.3. Prioritizace zakázek

V současné době je prioritizace zakázek, respektive pořadí měření jednotlivých dílů, definována především ústní domluvou s osobou, která doručuje díly na měrové středisko, popřípadě pomocí visaček na jednotlivých dílech (obrázek 63).



Obrázek 63 Současný stav prioritizace zakázek

Zlepšit systém prioritizace zakázek lze zavedením systému chy.stat, který umožňuje nastavit prioritu jednotlivých zakázek pomocí barevných vykřičníků. Díky tomu se obsluha CMM dopředu dozví, jaký kus bude měřit první ještě před doručením na KMS, bude schopna lépe zareagovat a připravit měřidlo. Tímto by došlo k redukci prostojů výrobních strojů, které čekají na uvolnění výroby protokolem z měrového střediska.

Také by bylo vhodné předcházet situaci, kdy na KMS bude během krátkého časového intervalu doručeno více dílů s nejvyšší prioritou. Docílit toho lze schvalováním definovaných priorit v systému chy.stat obsluhou měrového střediska.

11.4. Podmínky pro automatizaci

11.4.1. Identifikace dílů

Aby mohlo dojít k automatizaci měrového střediska, musí být zajištěna správná identifikace jednotlivých dovážených dílů. Tuto identifikaci může provádět například čtečka QR kódů, kterými budou díly již z výroby opatřeny, popřípadě RFID čipy. Samotná realizace popisování QR kódy by zde nemusela být problém, jelikož například skříňové díly jsou automaticky popisovány časem výjezdu z pračky. Proto by neměl být problém pomocí této popisovací sestavy tvořit QR kód.

Bloky jsou již z hutí opatřeny tzv. datamatrixem, kód je pomocí jehly vyrážen přímo do odlitku.

11.4.2. Výměna snímacích konfigurací

Pro projekt autonomního měrového střediska je také důležité brát v úvahu velký počet snímacích konfigurací. Pro konkrétní typy jsou potřeba následující počty snímacích konfigurací:

- bloky motorů – 5 ks;
- skříňě spojek – 2 ks;
- skříňě převodovek – 4 ks;
- klikové hřídele - 9 ks.

Na vybraných CMM je realizováno měření více druhů dílů, například skříňí spojek a převodovek. Zásobník na snímací konfigurace není tak velký, aby pojmul všechny potřebné konfigurace. A to jak z důvodu jejich množství, tak velikosti. Proto je při změně charakteru dílu nutné manuálně vyměnit i snímací konfigurace v zásobníku.

Tento problém lze vyřešit vícepatrovými zásobníky, které je možné udělat na otočném stole. Stůl by měl dvě aretační polohy, mezi kterými by se dle potřeby automaticky otáčel. Tímto řešením by byla zvýšena bezpečnost snímacích konfigurací, jelikož nevyužívané konfigurace jsou odloženy na granitový stůl měřidla pod

zásobníkem. Další možností jak deformovat, případně zničit konfiguraci je při výměně v zásobníku, kdy operátor CMM jednotlivé sestavy manuálně vyměňuje a může snadno dojít k jejich upuštění. V navrhovaném řešení by byly konfigurace stále uloženy v zásobnících.

11.4.3. Sledování teploty dílů

Teplotní gradienty

Jak již bylo zmíněno v kapitole o temperačních křivkách, pro autonomní měrové středisko je nutné měřit teplotu dílů na vstupu. To znamená při příjezdu dílu do prostorů KMS, konkrétně do temperační místnosti.

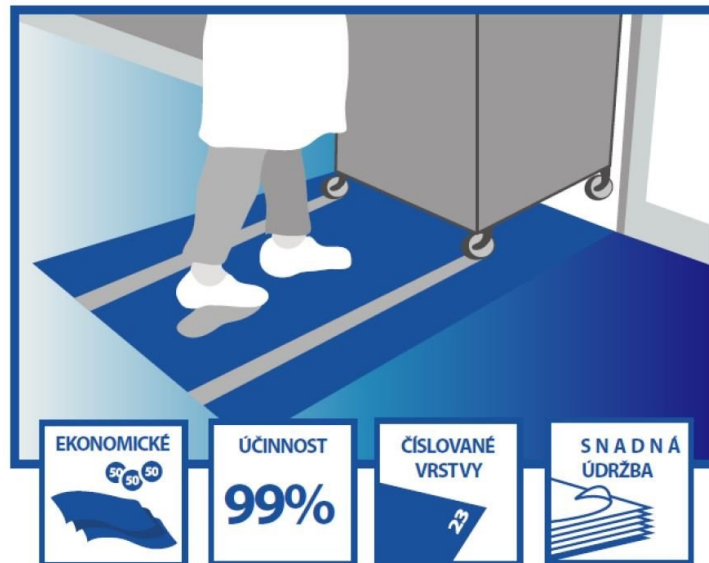
Pro měření na vstupu do temperační místnosti může sloužit termokamera. Po identifikaci dílu bude k jeho zakázce přiřazena i hodnota teploty na vstupu do temperační místnosti a pomocí rovnic křivek chladnutí systém sám vyhodnotí, kdy je dovezený díl možno začít měřit.

11.4.4. Zajištění čistoty

Čistota prostor měrového střediska

Kontrolní měrové středisko je charakteristické svou čistotou, jedná se o bezprašné prostředí s konstantní teplotou a vlhkostí. Samotná měřidla žádné nečistoty nevytváří. Největším problémem je zajištění čistoty u dovážených dílů, transportních vozíků a obuvi operátorů transportu.

Z tohoto důvodu jsou využívány dekontaminační podložky (obrázek 63). Jedná se o sadu strhávacích vícevrstvých dekontaminačních rohoží, které jsou schopny zachytávat nečistoty z bot a koleček transportních vozíků, protože se ve výrobní hale vyskytují špony, prach a další nečistoty.



Obrázek 64 Dekontaminační rohože [44]

Čištění souřadnicových měřicích strojů je realizováno dle potřeby, zpravidla však jednou týdně většinou o víkendu v kapacitně méně vytížených směnách. Stroje jsou očištěny lihovým přípravkem a vyluxovány. Čistí se především lože, nad kterými se pohybují vzduchová ložiska, aby nedošlo k jejich přidření.

Pro autonomní provoz KMS by tuto činnost zastávala obsluha, která by zajišťovala dohled nad chodem měrového střediska.

Čistota dílů

Čistota dílů je pro měrové středisko zásadní. Špinavé díly by mohly kontaminovat čisté interní prostředí, například šponami, špatně vypranou a vyfoukanou řeznou kapalinou apod. Na KMS se již dostala špona z obrobku do řízení CMM a došlo k vyzkratování řídicí jednotky. Oprava takového rozsahu vyjde na stovky tisíc korun.

Špinavé díly také znehodnocují měření. Emulze ulpívá na kuličkách snímacích konfigurací, což ovlivňuje průměr kuličky, a tudíž i naměřené hodnoty. Dalším problémem bývají nevyprané špony v závitových otvorech.

Čistota snímacích konfigurací

Čištění snímacích konfigurací je každodenní rutinní činnost. Jakýkoli dotek snímací konfigurace je třeba před kvalifikací na kalibrační kouli očistit gázou s lihovým čisticím. Bylo by velmi náročné zautomatizovat proces čištění, jelikož jednotlivé sestavy konfigurací mají různé tvary a délky.

Řešením by mohla být ultrazvuková čistička, do které by se konfigurace ponořila. Je otázkou, zdali je toto řešení vhodné pro laboratorní prostory měrového střediska.

Dalším řešením by mohlo být nahrazení pevných konfigurací upnutých ve snímací hlavě Zeiss Vast Gold snímači v otočné hlavě. Díky otočné hlavě by snímací konfigurace mohly mít mnohem jednodušší tvary, a tudíž by se lépe čistily jednodušším jednoúčelovým zařízením. V případě tohoto řešení by nebyly potřeba ani otočné zásobníky, jelikož by pro měření všech potřebných elementů stačily přibližně tři snímače.

Tímto řešením by klesla přesnost měření, jelikož pevné snímací konfigurace jsou charakteristické svojí tuhostí a stálostí rozměrů po kvalifikaci na kalibrační kouli. U standardní rotační snímací hlavy by muselo dojít ke kvalifikaci po každém úhlovém přenastavení, aby byla zachována stejná přesnost jako u pevných konfigurací se snímací hlavou Vast Gold.

Závěr

V úvodní části této diplomové práce byl popsán management kvality od historie až po současné využití pro systémy řízení kvality. Byly vyhledány různé definice pojmu kvalita. Nejvhodnějším vymezením pojmu kvalita pro tuto práci byla zvolena definice dle normy ČSN EN ISO 9000:2016, která říká: „Kvalita je stupeň plnění požadavků souborem inherentních znaků.“

Byl sestrojen přehled nákladů na kvalitu, které můžeme rozdělit na náklady přímé a nepřímé. Náklady přímé obsahují všechny náklady na co nejlepší eliminaci tvorby chyb pracovníků. Nepřímé náklady na kvalitu jsou často označovány jako náklady dlouhodobé. Mezi nepřímé náklady patří například výdaje vznikající v důsledku nespokojenosti zákazníka jako jsou soudní spory apod. Byl představen přehled možností kontroly ve výrobním úseku. Dále byly definovány zdroje informací o výrobním systému a programy, které k tomu přispívají. Jedná se o SAP, chy.stat, Condition monitoring, AMU a podobně.

Následoval popis zlepšovatelství procesů, kam patří kontinuální procesy zlepšování a figurují zde především metody Kaizen, Cyklus PDCA nebo metoda Six Sigma. Diskontinuální procesy zlepšování reprezentuje metoda Reengineeringu podnikových procesů.

V další kapitole byly popsány procesy a jejich kontrola. Jednalo se o variabilitu procesu a její příčiny, mezi které můžeme zařadit náhodné vlivy a vymezitelné vlivy. Také zde byla vysvětlena analýza způsobilosti procesu včetně indexů způsobilosti. Následně byla popsána analýza systému měření a veličiny ovlivňující měření.

Po krátkém představení firmy ŠKODA AUTO a.s., s jejíž podporou vznikla tato práce, byly předvedeny příklady metod pro sledování a regulaci kvality, kam patří regulační diagramy, statistická kontrola procesu a ověřování způsobilosti strojů. Také byl vysvětlen systém auditů kontroly kvality. V podkapitole byla představena měřidla využívána pro mezioperační kontrolu kvality.

Byl představen kontrolní plán operace, jeho popis, rozbor a analýza. Došlo ke zjištění, že existují dvě možnosti, jak si hodnoty v KPO vykládat.



Dále následoval popis kontrolního měrového střediska v hale M6, ve kterém byla prováděna analýza všech vyzpozorovaných hodnot. Byl sestrojen seznam povinností obsluhy měrového střediska, ale i střediska poptávajícího měření. Část byla zaměřena na sledování teploty a vlhkosti na KMS.

Pohled do výroby z hlediska kontroly kvality zahrnoval pozorování operátorů obráběcích strojů. Byly sledovány jejich činnosti a také materiálový tok. Analýzou bylo stanoveno několik doporučení, například ohledně sjednocení dovážení klikových hřídelů na upravených transportních vozících dle jednotlivých operací. Došlo by tak k výrazné úspoře místa na KMS, a především ke zvýšení čistoty, protože vozíky by sloužily pouze na transport od pračky na měrové středisko a zpět.

Návrh optimalizace teploty pomocí rovnic temperačních křivek zaimplementovaných v programu chy.stat by velmi usnadnil odhad doby teploty. Stačilo by pouze zadat jeho teplotu na vstupu do prostor KMS.

Po zavedení sestrojeného harmonogramu dodávání klikových hřídelů a bloků na KMS pomocí časových intervalů by obsluha měrového střediska znala časy doručení jednotlivých operací, což by přispělo k přehlednosti měření, a především by došlo k optimalizaci přípravy pro jednotlivé zakázky.

Také byl sestrojen přehled doporučení pro možnost případné automatizace jednotlivých procesů zahrnující: prioritizaci zakázek, autonomní dopravu dílů na KMS, identifikaci dílů a sledování teploty dílů na vstupu do prostor kontrolního měrového střediska.

Ideální možností kontroly kvality by byl jeden obsáhlý systém, který by byl schopen vyhodnocovat na základě statistických modelů naměřená data pro jednotlivé charakteristiky měřených kusů. Obsahoval by databázi výměn nástrojů a procesních teplot u jednotlivých obráběcích strojů. Také by v sobě integroval řezné a měrové plány. Na základě všech těchto a mnoha dalších informací by mohl například pomocí umělé inteligence všechna tato data vyhodnocovat. To by znamenalo, že by se nemusely proměřovat kompletní programy na dílech, ale jen zkrácené, které by sama umělá inteligence vygenerovala z měrových plánů. Zkrácené proto, že by se měřil pouze



element, který byl ovlivněn nějakým zásahem, například zlomeným nástrojem, vysokou teplotou nástroje a podobně.

V současné době, kdy Evropská unie stále více omezuje prodej nových aut se spalovacími motory, respektive musí automobilové závody platit nemalé sankce za prodej aut se spalovacími motory, je třeba brát v potaz, zdali se investice do autonomního měrového střediska pro měření dílů právě do spalovacích motorů vyplatí. Kontrola kvality bude fungovat dále, ale například pro měření kompletních baterií nebo jen bateriových van je souřadnicová měřicí technika na kontrolním měrovém středisku v hale M6 nevhodná.

Bibliografie

- [1] HELLMAN, Pasi a Yang LIU. Development of Quality Management Systems: How Have Disruptive Technological Innovations in Quality Management Affected Organizations?. *Quality Innovation Prosperity* [online]. 2013, **17**(1), 104–119 [cit. 2021-03-31]. ISSN 1338-984X. Dostupné z: doi:10.12776/qip.v17i1.154
- [2] ŠKAPA, Stanislav. *Jakost výrobních procesů*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-571-6.
- [3] HŘEBÍČEK, Jiří a Matěj ŠTEFÁNIK. *Systémy integrovaného managementu: Elektronický učební text předmětu PA088* [online]. Masarykova universita, 2008, , 77 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/fi/jaro2011/PA088/um/HrebicekSIM.pdf>
- [4] Quality & ISO Explained: What are the Elements of a Quality Management System?. *Overman & Associates, LLC* [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: http://www.overmanassoc.com/quality_iso/elements/
- [5] FAIFR, Adam. *Analýza a optimalizace procesů řízení kvality ve vybraném podniku: Analysis and optimization of quality management processes in selected company*. Plzeň, 2017. Diplomová. ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI. Vedoucí práce Ing. Martin Januška, Ph.D.
- [6] SHAFFIE, Sheila a Shahbaz SHAHBAZI. *LEAN SIX SIGMA: Focus, learn, succeed*. 2. THE MCGRAW-HILL, 2012, 75 s. ISBN 978-0-07-175085-1. Dostupné také z: <https://www.accessengineeringlibrary.com/>
- [7] ASQ: WHAT IS THE ISO 9000 STANDARDS SERIES? [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://asq.org/quality-resources/iso-9000>
- [8] ČÍŽKOVÁ, Martina. *Implementace systému managementu kvality podle normy ISO 9001:2015*. Praha, 2016. Diplomová. VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Alena Plášková CSc.
- [9] MACUROVÁ, Pavla. *Řízení jakosti B*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ekonomická fakulta, 2008. Studijní opora pro distanční vzdělávání. ISBN isbn978-80-248-1720-0.
- [10] The EFQM Model. *The EFQM* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.efqm.org/efqm-model>
- [11] BISHOP, Bruce. Why ISO 9000 Should Be A Company's Guidepost, And Not TQM. *Manufacturing & Technology News* [online]. [cit. 2021-04-25].
- [12] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001. Business books (Computer Press). ISBN 80-7226-543-1.
- [13] *Interní dokumenty firmy Škoda Auto a.s.*



- [14] GROSOVÁ, Stanislava. *Inženýrská ekonomika a management*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemickotechnologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-430-0.
- [15] ČSN EN ISO 9000:2016. *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha: Český normalizační institut, 2016.
- [16] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press, 2002. ISBN 80-7261-071-6.
- [17] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [18] KOŽÍŠEK, Jan. *Management jakosti*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03287-6.
- [19] BOTEK, Marek, Pavel HRADECKÝ a Irena VOLEJNÍKOVÁ. *Základy řízení podnikových procesů*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-7080-576-5.
- [20] KMEC, Ján, Daniel KUČERKA a Markéta POPÍLKOVÁ. *Výrobní proces: Studijní opora* [online]. In: . 1. vydání. České Budějovice: Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, s. 106 [cit. 2021-06-05]. Dostupné z: https://is.vstecb.cz/do/vste/ustav_podnikove_strategie/student/studijni_materialy/studijni_opory_ekonomika_podniku/Vyrobní_proces.pdf
- [21] VOIGTS, Richard Jan. *SAP HANA zvládne vše i v cloudu* [online]. [cit. 2021-06-14]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/clanky/sap-hana-zvladne-vse-i-v-cloudu>
- [22] *Chy.stat: DATA LAKES, MACHINE LEARNING, DIGITAL TWIN, DYNAMIC QUALITY CONTROL* [online]. [cit. 2021-06-15]. Dostupné z: <https://www.chystat.com/cs/#moduly>
- [23] *Act-in: Condition Monitoring* [online]. [cit. 2021-06-15]. Dostupné z: <https://www.act-in.cz/condition-monitoring>
- [24] *Měřidla: Evidence, řízení a kalibrace měřicích a monitorovacích zařízení* [online]. [cit. 2021-06-15]. Dostupné z: <https://www.palstat.cz/tmp/prospect.cz.html>
- [25] *PalstatCAQ systém řízení kvality: Evidence měřidel* [online]. [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.palstat.cz/cz/kvalita/metrologie/evidence-meridel-meridla/#prettyPhoto>
- [26] *ROI: 5S metoda* [online]. [cit. 2021-06-15]. Dostupné z: <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/5s-metoda#.YmkDOqgzaCg>
- [27] TANG, Loon, Thong GOH, Hong YAM a Timothy YOAP. *Six Sigma: Advanced Tools for Black Belts and Master Black Belts*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2006. ISBN 978-0-470-02583-3.
- [28] *Lean6Sigma: DMAIC* [online]. [cit. 2021-06-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/dmaic/>



- [29] BERÁNEK, Libor. *Průmyslová metrologie: Výukový materiál pro předmět průmyslová metrologie na Fakultě strojní ČVUT.*
- [30] HOCKEN, Robert a Paulo PEREIRA. *Coordinate Measuring Machines and Systems* [online]. Second Edition. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2012 [cit. 2021-05-29]. ISBN 13: 978-1-4200-1753-3. Dostupné z: <http://www.crcpress.com>
- [31] PERNIKÁŘ, Jiří. *HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI KONTROLNÍCH PROSTŘEDKŮ* [online]. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav metrologie a zkušebnictví [cit. 2021-05-30]. Dostupné z: http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/31_Pernikar_VUTBR.pdf
- [32] ČSN EN ISO 15530-3. *Geometrické specifikace produktu (GPS) - Souřadnicové měřicí stroje (CMM): Metody určování nejistoty měření - Část 3: Použití kalibrovaných obrobků nebo etalonů.* 1. 7. 2012.
- [33] *Hoffman Group* [online]. [cit. 2021-07-01]. Dostupné z: https://hog-media.com/images/1200x1200/?pathAndFilename=/27372/Image_1200x1200/im1200_b418755_300.jpg
- [34] *Mitutoyo: Surf test SJ-500 [mm] R5μm; 4mN* [online]. [cit. 2021-07-01]. Dostupné z: [https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/mitutoyo/04.01.05/Surface%20Roughness%20Measuring%20Instrument/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/178-532-02D/index.xhtml](https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/mitutoyo/04.01.05/Surface%20Roughness%20Measuring%20Instrument/$catalogue/mitutoyoData/PR/178-532-02D/index.xhtml)
- [35] *WHP TECHNIK: Měřicí technika, identifikační systémy a automatizační prvky* [online]. [cit. 2021-07-01]. Dostupné z: <https://www.whp.cz/tridotekovy-dutinomer-digitalni.html>
- [36] *Amest Skříňové díly: KS-360 Automatická měřicí stanice pro kontrolu rozměrů skříně převodovky* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <http://www.amest.cz/skrinove-dily>
- [37] *Marposs: DIMENSIONAL GAUGING SYSTEMS* [online]. [cit. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.marposs.com/eng/line/dimensional-gauging-systems>
- [38] ČEPOVÁ, Lenka a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Legislativa ve strojírenské metrologii a přesné měření 3D ploch: studijní opora.* Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2514-4.
- [39] *Přesnost rozhoduje: Rodina ZEISS PRISMO* [online]. [cit. 2021-06-07]. Dostupné z: <https://www.zeiss.cz/metrologie/produkty/systemy/souradnicove-merici-stroje/portalove-souradnicove-merici-stroje/zeiss-prismo.html>
- [40] *Testo: Temperature and humidity testing in the cleanroom* [online]. [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://www.testo.com/cz-CZ/climate/temperature-and-humidity-testing-in-the-cleanroom/c/cleanroom-temperature-humidity>
- [41] KÖHLER, Tomáš. *NÁVRH AUTOMATICKÉHO VOZÍKU AGV: THE DESIGN OF THE AUTOMATED TRUCK AGV.* Brno, 2017. Diplomová. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.



- [42] *CEIT by asseco: SNADNO INTEGROVATELNÉ AGV NAVRŽENÉ PRO OPTIMALIZACI V PRŮMYSLU* [online]. [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.asseco-ceit.com/cz/agv-system/tahace/>
- [43] *Jungheinrich: Automatické tahače 5 t* [online]. [cit. 2021-06-23]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/ezs-350a-492450>
- [44] *INDEVA: Velké automobily používají INDEVA® AGV* [online]. [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.indevagroup.sk/sk-video/velke-automobily-pouzivaju-indeva-agv/>
- [45] *S.A.B. Medical: Dekontaminační a antibakteriální rohože* [online]. [cit. 2021-07-23]. Dostupné z: <https://www.sab-medical.com/www/upload/products/images/20210329033809837.JPG>
- [46] *Logistika: Roltejnery* [online]. [cit. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.miras.cz/seminarky/logistika/roltejnery.php>

Seznam zkratek

- SPC Statistical Process Control (Statistická kontrola procesů)
- MIL – STD Military Standard (Armádní normy)
- ASQ American Society for Quality – Americká společnost pro kontrolu kvality
- ISO International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
- EN Evropská Norma
- ČSN Česká Státní Norma
- JUSE Union of Japanese Scientists and Engineers (Japonská unie pro vědce a inženýry)
- TQM Total Quality Management (Úplný management kvality)
- USA United States of America (Spojené státy americké)
- GE General Electric
- QMS Quality Management System (Management kvality)
- EMS Environmental Management System (Enviromentální management)
- BOZP Management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
- EFQM European Foundation for Quality Management (Evropská asociace pro management kvality)
- IATF International Automotive Task Force (Mezinárodní pracovní skupina pro automobilový průmysl)
- EAQF Écurie Automobile Quillanaise (Skupina kontrolorů kvality v automobilovém průmyslu)
- AVSQ Associazione nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità (Asociace hodnotitelů systémů kvality)
- VDA Verband der Automobilindustrie (Asociace automobilového průmyslu)
- SAP Systems Applications and Products (Systémy, aplikace a produkty)
- HANA High-performance ANalytic Appliance (Vysoce výkonný analytický systém)
- SW Software (Program)
- chy.stat Chytrá statistika
- AMU Aplikace Mobilní Údržba
- USL Upper Specification Limit (Horní toleranční mez)
- LSL Lower Specification Limit (Dolní toleranční mez)
- CMM Coordinate Measuring Machine (Souřadnicový měřicí stroj)
- IMS Integrovaný systém řízení
- MFU Maschinenfähigkeitsuntersuchung (Ověřování způsobilosti stroje)
- VW Volkswagen
- GPS Global Positioning System (Globální polohový systém)
- KPO Kontrolní Plán Operace
- KMS Kontrolní Měrové Středisko
- USB Universal Serial Bus (Univerzální sériová sběrnice)
- GSM Global System for Mobile Communications (Globální systém pro mobilní komunikaci)
- SMS Short Message Service (Služba krátkých zpráv)
- AGV Automated Guided Vehicles (Automaticky řízená vozidla)
- qs-STAT Quality Start Statistic
- RFID Radio Frequency Identification (Identifikace na radiové frekvenci)
- QR-kódy Quick Response (Kódy rychlé reakce)
- BS 5750–1 British Standard for quality systems (Britská národní norma pro systém jakosti)
- MIL – Q - 9858 – 1 Military Specification: Quality Program Requirements (Americká vojenská norma pro požadavky na kvalitu)

Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozložený systém řízení kvality od roku 1990 do 2013.....	12
Obrázek 2 Systém managementu kvality	14
Obrázek 3 EFQM model	18
Obrázek 4 Struktura nákladů	21
Obrázek 5 Schéma principu kontroly kvality	29
Obrázek 6 Schéma platformy SAP HANA.....	31
Obrázek 7 Zobrazení zakázky s naměřenými hodnotami v SW chy.stat	32
Obrázek 8 Prostředí aplikace AMU	33
Obrázek 9 Systém Toolstat pro správu obráběcích nástrojů.....	33
Obrázek 10 Teploty na výrobní hale v Condition monitoringu.....	34
Obrázek 11 Karta měřidla v systému Palstat	35
Obrázek 12 Metoda 5S.....	36
Obrázek 13 Demingův cyklus PDCA	37
Obrázek 14 DMAIC cyklus zlepšování	38
Obrázek 15 Reengineering procesu.....	39
Obrázek 16 Charakteristiky potřebné pro výpočet Cpk	45
Obrázek 17 Ishikawa diagram pro měrové středisko	57
Obrázek 18 Reálný příklad regulačního diagramu v SW chy.stat	60
Obrázek 19 Dělení mezioperační kontroly	63
Obrázek 20 Digitální hloubkoměr	63
Obrázek 21 Drsnoměr Mitutoyo SJ-500.....	64
Obrázek 22 Tříbodový digitální dutinoměr.....	64
Obrázek 23 Měřicí stanice KS 362 firmy AMEST.....	64
Obrázek 24 Měřené rozměry na skříňovém dílu – převodovce	65
Obrázek 25 Automatické a ruční měřidlo s přípravkem Marposs	65
Obrázek 26 Typy CMM dle konstrukce.....	66
Obrázek 27 Prismo Ultra a snímač ROTOS.....	67
Obrázek 28 Cenzurovaná verze KPO.....	69
Obrázek 29 Souhrn informací, jež jsou obsaženy v KPO.....	70
Obrázek 30 Báze Saveris	73

Obrázek 31 Rádiová sonda Saveris H3.....	73
Obrázek 32 Informační monitor sledování teploty na KMS	74
Obrázek 33 Teplotní křivky vytvořené programem Testo	74
Obrázek 34 Doby trvání jednotlivých činností pro skříně převodovek.....	78
Obrázek 35 Doby trvání jednotlivých činností pro skříně spojek	80
Obrázek 36 Vozíky se skříněmi převodovek a spojek	82
Obrázek 37 Uložení dílu dle upínače pro lepší přehlednost.....	82
Obrázek 38 Ukazatel stavu dílů na KMS	83
Obrázek 39 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 30	84
Obrázek 40 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 60	85
Obrázek 41 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 93	86
Obrázek 42 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 100	87
Obrázek 43 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 120	88
Obrázek 44 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 125	89
Obrázek 45 Doby trvání jednotlivých činností pro klikové hřídele OP 142	90
Obrázek 46 Přehled doby měření pro jednotlivé operace u klikových hřídelů	91
Obrázek 47 Srovnání průměrné průměrných dob doručení klikových hřídelů	92
Obrázek 48 Transportní vozíky pro klikové hřídele	92
Obrázek 49 Doby trvání jednotlivých činností pro bloky motorů OP 10	94
Obrázek 50 Doby trvání jednotlivých činností pro bloky motorů OP 20	94
Obrázek 51 Transportní vozík s naloženými bloky motorů	95
Obrázek 52 Vývojový diagram pohybu dílu a činností operátorů KMS	96
Obrázek 53 Schématický popis toku informace o měřeném dílu.....	97
Obrázek 54 Zadávací stanice pro tvorbu zakázek v SW chy.stat	98
Obrázek 55 Pracovní prostředí qs-STAT a CMM Reportingu.....	99
Obrázek 56 Teplotní křivky pro konkrétní díly měřené na KMS na hale M6.....	100
Obrázek 57 Plošinové AGV.....	104
Obrázek 58 Vlečný vozík konstrukce B-rámu.....	105
Obrázek 59 AGV CEIT 1300L-A.....	106
Obrázek 60 Automatický tahač EZS 350a	106
Obrázek 61 Podbíhací typ AGV s naloženým roltejnem.....	107
Obrázek 62 Schématické znázornění komunikace mezi odděleními.....	108



Obrázek 63 Současný stav prioritizace zakázek	111
Obrázek 64 Dekontaminační rohože	114

Seznam tabulek

Tabulka 1 Srovnání parametrů pro společnosti se zavedeným QMS a bez něj.....	15
Tabulka 2 Přehled možností kontroly	26
Tabulka 3 Situace v regulačních diagramech a vymezitelné příčiny.....	61
Tabulka 4 Přehled měřidel operační kontroly na hale M6	68
Tabulka 5 Vypozorované časy pro skříně převodovek [hh:mm]	78
Tabulka 6 Informace o měření skříní převodovek	79
Tabulka 7 Vypozorované časy pro skříně spojek [hh:mm]	79
Tabulka 8 Informace o měření skříní spojek.....	80
Tabulka 9 Detailní časová analýza manipulace se skříňovými díly	81
Tabulka 10 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 30 [hh:mm]	84
Tabulka 11 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 60 [hh:mm]	85
Tabulka 12 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 93 [hh:mm]	86
Tabulka 13 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 100 [hh:mm]	87
Tabulka 14 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 120 [hh:mm]	88
Tabulka 15 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 125 [hh:mm]	89
Tabulka 16 Vypozorované časy pro klikový hřídel OP 142 [hh:mm]	90
Tabulka 17 Informace o měření klikových hřidelů	91
Tabulka 18 Vypozorované časy pro bloky motorů OP 10 a OP 20	93
Tabulka 19 Informace o měření bloků motorů.....	95
Tabulka 20 Srovnání jednotlivých typů navigací AGV.....	103
Tabulka 21 Harmonogram pro doručování klikových hřidelů	109
Tabulka 22 Harmonogram doručování bloků motorů	111



Seznam vzorců

(1)	44
(2)	44
(3)	44
(4)	44
(5)	45