

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh nasazení nového typu měřícího zařízení
v sériové výrobě automobilů

Bc. Jiří Roleček

Diplomová práce 2023

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Roleček, DiS.**
Osobní číslo: **D21538**
Studijní program: **N1041A040008 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Technologie a řízení dopravy**
Téma práce: **Návrh nasazení nového typu měřicího zařízení v sériové výrobě automobilů.**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Aspekty řízení kvality v sériové výrobě automobilů
2. Analýza stávajícího zabezpečení kvality v sériové výrobě automobilů
3. Návrh nasazení nového typu měřicího zařízení v sériové výrobě automobilů
4. Zhodnocení navrhovaného řešení

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **50-60**
Rozsah grafických prací: **5-6**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Interní materiály Škoda Auto a.s.
Materiály dodavatele technologie měřicího zařízení
Kultura Kaizen

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniel Salava, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2023**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. ledna 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem **Návrh nasazení nového typu měřícího zařízení v sériové výrobě automobilů** jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12.05.2023

Bc. Jiří Roleček

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Salavovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konstruktivní připomínky a své rodině za prostor a podporu při psaní této práce.

ANOTACE

Předložená diplomová práce se zabývá návrhem nového typu automatického měřicího zařízení v provozu svařovny v závodě Škoda Auto a.s. Kvasiny. Je zde představen nový měřicí koncept doplňující stávající systém sériového měření rozměrnosti vyráběných karoserií.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výroba, kvalita, rozměrnost, měření, přesnost

TITLE

Proposal of the implementation of a new type of measuring equipment in car series production

ANNOTATION

The thesis deals with the design of a new type of automatic measuring equipment at the body shop plant at Škoda Auto a.s. Kvasiny. It presents a new measuring concept complementing the existing system of serial measurement of dimensions of manufactured car bodies.

KEYWORDS

Production, quality, dimensionality, measurement, accuracy

OBSAH

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	10
Seznam použitých symbolů a značek	11
Úvod.....	13
1 Aspekty řízení kvality v sériové výrobě automobilů	14
1.1 Management kvality dle ISO	14
1.2 Použité metody – Ishikawův diagram, multikriteriální analýza, Saatyho metoda	15
1.3 Politika ŠKODA AUTO	16
1.4 Systém zabezpečení kvality ve ŠKODA AUTO.....	16
1.5 Podnikové cíle QMS	16
1.5.1 Hlavní a podpůrné podnikové cíle	17
1.6 Měrového středisko v rámci QMS	17
1.7 Proces výroby karoserií.....	18
1.8 Fáze výroby karoserie	19
UB-I	21
UB-II.....	21
AB-I.....	22
AB-II.....	22
AB-IV	22
Panelové díly.....	22
Okovaná karoserie	23
2 Analýza stávajícího zabezpečení kvality v sériové výrobě automobilů	24
2.1 Měřicí stroje a zařízení.....	24
2.1.1 RPS systém	26
2.1.2 Cubing a Maisterbok.....	27

2.1.3	Souřadnicové měřicí stroje	28
2.1.4	Dotykové (taktilní) měření.....	30
2.1.5	Optické měření.....	31
2.1.6	Režimy měření In-line, At-line, Off-line	32
2.2	Plány měření.....	34
2.2.1	PMP body	35
2.2.2	Funkční míry.....	36
2.2.3	Software SPL	37
2.3	Shrnutí analýzy stávajícího stavu zabezpečení kvality v sériové výrobě automobilů 38	
3	Návrh nasazení nového typu měřicího zařízení v sériové výrobě automobilů.....	39
3.1	Posouzení jednotlivých variant SMS	40
3.2	Multikriteriální analýza hodnocení variant a Saatyho ohodnocení kritérií.....	41
3.2.1	Kritéria	42
3.2.2	Saatyho metoda párového srovnání	46
4	Zhodnocení navrhovaného řešení	50
4.1	Vlivy na změnu výsledků analýzy	50
4.2	Možnost pořízení nového typu měřicího zařízení	54
4.3	Výhody z nasazení nového typu měřicího zařízení.....	56
5	Závěr	59
6	Bibliografie	60

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Schéma výrobního procesu	18
Obrázek 2 – Svařovny závodu ŠA Kvasiny.....	19
Obrázek 3 – FTS autonomní vozík	19
Obrázek 4 – Čelní elektrický vysokozdvizný vozík	20
Obrázek 5 – Fáze výroby karoserie	21
Obrázek 6 – Organizační schéma útvaru kvality ŠA Kvasiny.....	24
Obrázek 7 – Umístění měřících zařízení.....	25
Obrázek 8 Pracoviště měrového střediska	25
Obrázek 9 – Souřadnicový systém karoserie	26
Obrázek 10 – Cubing	27
Obrázek 11 – Maisterbok.....	28
Obrázek 12 – SMS DEA Bravo HA	30
Obrázek 13 – Optické skenování	31
Obrázek 14 – AbsoluteCell.....	32
Obrázek 15 – Měřící buňka Messzelle	33
Obrázek 16 – In-line měření (UB-II).....	34
Obrázek 17 – Moduly KFM.....	36
Obrázek 18 – Manažerská zpráva (graf FM)	37
Obrázek 19 – Ishikawův diagram	40
Obrázek 20 – Komplexita	53
Obrázek 21 – Umístění At-line, svařovna A.....	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Plán měření	35
Tabulka 2 – Regulační meze procesu	36
Tabulka 3 – Výhodnosti jednotlivých kritérií	41
Tabulka 4 – Hodnocení variant dle kritérií	46
Tabulka 5 – Saatyho matice	48
Tabulka 6 – Saatyho matice (výpočet prvků)	48
Tabulka 7 – Celkové ohodnocení variant měření	49

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

0S	Nultá série
AB	Aufbau (Karoserie)
BM	Berichtemaße (hlášené míry)
CCD	Charge-coupled device (obrazový snímač)
COP	Conformity of Production (shodnost sériové výroby)
EU	Evropská Unie
FIS	Řídící výrobní systém
FM	Funktionmaße (funkční míry)
HW	Hardware (technická část počítače)
KFM	Katalog funkčních měř
KDR	Katalog důležitých rozměrů
MCDA	Multi-criteria decision analysis (multikriteriální analýza)
MIG	Laserové pájení technologií MIG
MPE	Největší dovolená chyba
MQB	Modularer Querbaukasten (modulární platforma)
PMP	Prüfmerkmalsplan (plány měřících bodů)
QK	Quality Key (známka kvality)
QMS	Quality management systém (systém managementu kvality)
RPS	Referenzpunkt–System (systém referenčních bodů)
SMS	Souřadnicový měřicí stroj
SOP	Start of Production (začátek sériové výroby)
SPL	Systém pro vizualizaci výsledků měření
SQS	Systém pro kvalitativní řízení výroby

SW	Software (programové vybavení)
ŠA	Škoda Auto a.s.
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein (Technické kontrolní sdružení)
UB	Unterbau (podlaha)

ÚVOD

Aktuální globální situace v průmyslu a obchodu odráží stále se zrychlující trend výzkumu, vývoje a zavádění nových technologií do procesů. Díky těmto novinkám firmy neustále zvyšují svoji produktivitu, bez níž by v současné tržní ekonomice nemohly obstát. Tato zlepšení v konečném důsledku navazují a naplňují myšlenky principů Kaizen, které mají „za úkol“ neustále zlepšování procesů a kvality.

Aktuální hospodářská situace je výrazně ovlivněna i řadou dalších, vnějších faktorů, jež mají dopad na strategii firem. Automobilový průmysl, včetně koncernu Volkswagen, v posledních letech provází řada negativních vlivů, jež nutí firmy podnikající v oblasti automotivie ještě více zaměřit svůj fokus na zefektivňování svých procesů.

Jednotlivými negativními vlivy pro Volkswagen byla aféra „Dieselgate“, která celý koncern, Škoda Auto a.s. (dále ŠA). nevyjímaje, zatížila nemalými pokutami. Jedním z důsledků pak bylo i zpříšňování emisních limitů pro vyráběné automobily. Dalším zásahem byla pandemie Covid, kdy došlo k nabourání globálních odběratelsko – dodavatelských řetězců, jejichž důsledkem pro automotivie byla vzniklá nejistota v dodávkách jednotlivých komponentů, zesložitění logistických toků, nebo například výroba nekompletních vozů, čekajících zejména na nedostatkové polovodičové jednotky.

Zatím poslední ranou je konflikt na Ukrajině, který do již tak složitého období přinesl další rizika a nejistoty v podobě uzavření trhů, zvyšování cen energií a další hrozby v podobě odstávek výrobních programů.

Všechny tyto dříve zmiňované komplikace vytvářejí na jednotlivé firmy a celé trhy obrovský tlak na zvyšování produktivity a průběžné snižování nákladů.

Škoda Auto a.s. a její Měrové středisko provádějící měření rozměrovosti svařenců a karoserií je nedílnou součástí výrobního procesu automobilů a důležitým článkem v řízení kvality. I zde je samozřejmostí a nutností neustálá snaha o snižování nákladů prostřednictvím zvyšování efektivity měření, ale i inovací v podobě automatizace, robotizace a digitalizace procesů.

Hlavním cílem práce bude návrh implementace nového měřicího zařízení. Na základě provedené analýzy současného stavu prováděných měření, popisu nevýhod a nedostatků současného stavu měření pak bude navržen cílový stav. Bude vyhodnocen přínos navrhovaného řešení z pohledu zajištění kvality a investiční výhodnost daného řešení.

1 ASPEKTY ŘÍZENÍ KVALITY V SÉRIOVÉ VÝROBĚ AUTOMOBILŮ

1.1 Management kvality dle ISO

Management kvality založený na ISO normách řady 9000, vydávaných Mezinárodní organizací pro normalizaci specifikuje požadavky na systém zabezpečení kvality a schopnost organizace prokázat shodu výrobku, či poskytovaných služeb s platnými předpisy. Principy norem předkládají doporučení, které se mění v závazek v případě, že se společnost zaváže svým odběratelům k jejich aplikaci pro své výrobky, anebo služby. V takovém případě pak společnost prokazuje dodržování vysokých kvalitativních standardů dle norem ISO před akreditovanou společností jako je například společnost TÜV (Technischer Überwachungs-Verein) provádějící certifikační audity i ve ŠA. V případě splnění požadavků udělí žadateli certifikát, jež pro odběratele značí schopnost podniku dlouhodobě naplňovat a překračovat očekávání zákazníků.

Osm základních principů uplatňovaných v normách ISO 9000 obsahuje:

- **Zaměření na zákazníka**, kdy je nezbytné znát nejen jeho aktuální přání a požadavky, ale i snaha o předvídání a naplňování přání budoucích.
- **Vedení a řízení zaměstnanců**, podněcuje zapojení vedoucích zaměstnanců vytvářejících vhodné prostředí, umožňující plnit stanovené cíle organizace.
- **Zapojení zaměstnanců**, jež uplatňuje angažovanost všech zaměstnanců do nastaveného směřování organizace, protože zaměstnanci jsou jedním z nejdůležitějších prvků ovlivňujících chod podniku.
- **Procesní přístup**, umožňuje efektivnější řízení činností, které jsou rozděleny na procesy. Díky procesním mapám, procesnímu řízení apod. je zaručena transparentnost a jednoznačnost.
- **Systémový přístup**, pracuje s jednotlivými navazujícími procesy jako se systémem, což umožňuje efektivnější řízení, pomáhá zlepšovat orientaci a srozumitelnost.
- **Neustálé zlepšování**, je neustávající a trvalou snahou o zlepšování každé jednotlivé činnosti podniku.
- **Rozhodování se na základě faktů**, umožňuje a usnadňuje rozhodovací procesy, které jsou založeny na podložených datech a analýzách.
- **Vzájemně prospěšné dodavatelské vztahy**, jsou partnerským přístupem vytvářejícím vzájemnou kvalitní spolupráci v odběratelsko-dodavatelských řetězcích. (1), (2)

1.2 Použité metody – Ishikawův diagram, multikriteriální analýza, Saatyho metoda

Jedním ze sedmi základních nástrojů kvality je **Ishikawův diagram rybí kosti**. Tento diagram bude použit v této práci jako nástroj pro vytvoření vstupů do další analýzy. Obecně je tento nástroj používán v rámci brainstormingu. Jeho účelem je zkoumání pravděpodobných příčin zkoumaného problému. Problém je vyobrazen jako hlava ryby. Z této hlavy pak vychází páteř tvořená hlavními kostmi, které jsou pojmenovány podle hlavních oblastí, či kategorií příčin. Tyto příčiny mohou být dále rozpadnuty do podpříčin, které podrobněji specifikují daná subtémata. (3)

Multikriteriální analýza (dále MCDA, z anglického Multi-criteria decision analysis) se používá v situacích, kdy je prováděn výběr varianty výrobku, služby apod podle řady kritérií, často i protichůdných, která mají vliv na výběr konkrétní varianty. Tato rozhodovací metoda je tedy použita v případech, kdy konečný důsledek volby je založen na kvalitativních, či kvantitativních kritériích převedených do číselné hodnotící stupnice. Současně s přiřazením dané číselné hodnoty příslušnému kritériu je třeba specifikovat „směr hodnocení“, tedy která hodnota představuje lepší/ horší výsledek. V této práci bude tato metoda použita pro vyhodnocení optimální varianty nového měřicího zařízení. (4)

Saatyho metoda je metodou kvantitativního párového porovnávání kritérií pomocí vah. V této metodě je zkonstruována tzv. Saatyho matice, kde se vzájemně porovnávají jednotlivá kritéria mezi sebou. Díky požití celočíselné stupnice 1 až 9 je umožněno stanovení stupně důležitosti posuzovaného kritéria oproti druhému dle níže uvedeného verbálního hodnocení:

1 znamená rovnocennost porovnávaných kritérií

3 značí slabou preferenci

5 určuje silnou preferenci

7 označuje velmi silnou preferenci

9 definuje absolutní preferenci

Lze využít i neuvedené mezistupně, tedy hodnoty 2, 4, 6, 8 s odpovídajícím slovním hodnocením. V Saatyho matici jsou všechna kritéria uspořádána do řádků a sloupců, na diagonále tedy vzniknou hodnoty 1. V případě, kdy je posuzované kritérium méně důležité, než druhé zapíše se do matice převrácená hodnota výše uvedené stupnice. (4)

1.3 Politika ŠKODA AUTO

Politikou kvality se vedení společnosti veřejně přihlašuje ke svému závazku uplatňovat své kvalitativní standardy tak, aby výrobky dodávané svým zákazníkům nejenom plnily, ale i překonávaly očekávání svých zákazníků. Management společnosti se zároveň tímto dokumentem zavazuje k vytváření takového prostředí, které bude umožňovat tyto hodnoty naplnit a dále rozvíjet ve spolupráci se svými zaměstnanci. (5)

1.4 Systém zabezpečení kvality ve ŠKODA AUTO

Zabezpečení kvality ve výrobě automobilů společnosti ŠA je jednou z klíčových činností nejen značky Škoda, ale i celého koncernu Volkswagen, pod jehož pomyslná křídla „Škodovka“ od roku 1991 spadá. Zavedením systému řízení kvality (QMS — Quality management system) popsáném v normách řady ISO 9000 splňuje požadavky, které tato norma uvádí a umožňuje tak obdržení typového schválení pro své produkty. Díky tomuto schválení je možné prodávat vozy nejen do zemí EU, ale i na řadu trhů, které podmiňují plnění požadavků norem ISO pro umožnění zavedení výrobků na své trhy. (6)

Kromě ISO norem řady 9000 jsou dále kvalitativní standardy rozšířeny a aplikovány prostřednictvím odvozených norem pro automobilový průmysl. Konkrétně jsou jednotlivá specifika rozpracována v normě IATF 16949, která definuje rozšířené požadavky na automotive. Konkrétními zpřísnujícími požadavky oproti ISO 9001 je například povinnost dokumentace řízení procesu v oblasti bezpečnosti výrobků, nebo například systematika analyzačních měření. (7)

Dalšími specifickými normami v oblasti automobilového průmyslu jsou normy VDA. Tyto normy jsou německým oborovým derivátem norem ISO řady 9000 zaměřeným na automotive. Přináší další konkretizaci požadavků na systémy kvality zaměřené právě na automobilové výrobce a dodavatelské řetězce. Normy VDA 6.x jsou zaměřeny na systém managementu kvality, certifikační požadavky apod. Pro značky koncernu VW, ale i pro tuto práci budou dále důležitými dokumenty normy VDA 5, zaměřující se na oblast měření, a dále VDA 5.1 zabývající se Inline měřící technikou v sériové výrobě automobilů. (8)

1.5 Podnikové cíle QMS

Jak již bylo zmíněno v předchozích odstavcích, přihlášení se k politice kvality založené na principech norem řady ISO, ale také dle VDA norem řady 6, deklaruje vedení společnosti

svůj závazek v nastavení kvalitativního směřování celého podniku. Popisem organizační a výkonné struktury, návaznosti jednotlivých procesů a jejich interakcí vytvářejících hodnoty jsou dále nedílnou součástí, umožňující řízení společnosti i kvalitativní cíle, díky nimž je možné hodnotit a identifikovat důležité vlastnosti jednotlivých procesů. Správným nastavením těchto cílů je pak umožněno tyto procesy adekvátně řídit a zaměřovat pozornost a zdroje tam, kde je to potřeba.

Pro správné nastavení těchto cílů je potřeba zajištění jejich konzistentnosti s politikou kvality společnosti, musí být jednoznačně měřitelné, jejich naplněním by měly být uspokojeny požadavky zákazníků a v případě potřeby by měly být aktualizovány, aby odrážely daný stav.

Nedílnou součástí zabezpečení QMS je i stanovení jednotlivých kompetencí, oprávnění a zodpovědností, definice nápravných opatření v případě zjištění neshod, termín opatření, ale i zajištění zdrojů potřebných k nápravě. (1)

1.5.1 Hlavní a podpůrné podnikové cíle

Pro řízení procesů v závodech ŠA jsou stanovovány hlavní a podpůrné cíle kvality. Stanovení těchto cílů se provádí s roční periodicitou s půlroční revizí. Hlavní cíle obsahují tzv. Core procesy, tedy klíčové procesy podniku, které mají přímý vliv na spokojenost zákazníků a tím i tvorbu hodnot společnosti. Mezi tyto cíle patří například: QK auditů procesu, QK jednotlivých produktových auditů, závadovost na kontrolních bodech kvality, nebo například reklamace v zákaznické síti.

Podpůrné cíle kvality obsahují podrobnější členění cílů se zaměřením na další důležité procesy, představující většinou vstupy do procesů navazujících, případně rozpad hlavních cílů na jednotlivé zodpovědné oblasti, jako jsou například: jízdní zkoušky, výsledky zkoušky vodotěsnosti, jednotlivé produktové audity s rozpadem na podoblasti interních dodavatelů (např. svařovna, lakovna, montáž, ...), rozměrovost BM + FM (Berichtemaße + Funktionmaße) apod. (9)

1.6 Měrového středisko v rámci QMS

V rámci zajištění kvality zaujímá měrově středisko nepostradatelnou a velmi důležitou roli. Jeho umístění na začátku výrobního toku automobilů ve svařovně podtrhuje aspekt důležitosti kontroly procesu výrobního procesu svařovny prostřednictvím měření geometrických znaků

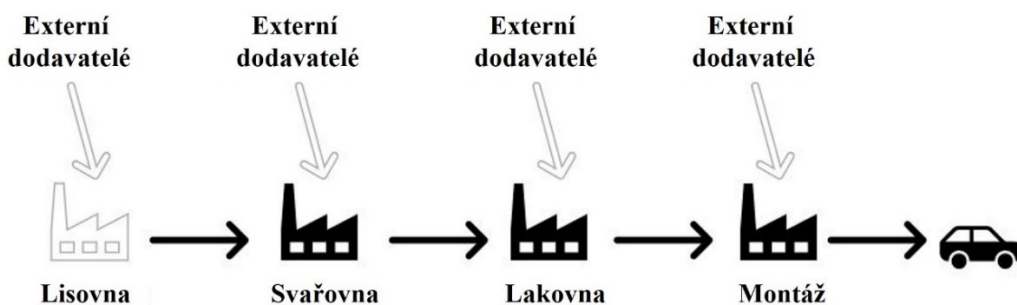
vyráběných karoserií a jejich podkompletů, které indikují shodu výrobku s danou výkresovou dokumentací.

Manažerským přehledem o plnění kvalitativních znaků jsou jednak funkční míry, zmíněné v předchozím odstavci (viz 1.5.1), které dávají rychlou informaci o stavu plnění hlavního indikátoru kvality z pohledu měření, ale také „Manažerská zpráva“, která danou problematiku zobrazuje ve formě přehledného manažerského reportu a bude popsána dále. Součástí těchto reportů je i přehled CoP (Conformity of Production) měř, tedy rozměrů, které jsou sledovány jednak z důvodu ověření shody vyráběných karoserií/ vozů se schváleným typem z pohledu souladu s regulačními požadavky (legislativní požadavky, homologace, typové schválení), ale zároveň jde i o velmi důležité znaky z pohledu aktivní a pasivní bezpečnosti, ochrany uživatele a životního prostředí.

1.7 Proces výroby karoserií

Výroba automobilů je rozdělena do jednotlivých, na sebe navazujících procesů, které musí plnit ta nejpřísnější kritéria, aby ve výsledku zákazník dostal produkt, tedy osobní automobil, který splní všechny jeho očekávané požadavky na kvalitu. Jakákoli odchylka od standardu může vést k závadě a samozřejmě i k nespokojenosti zákazníka vyjádřené reklamací a v konečném důsledku i možnému nezájmu o koupi dalšího vozu stejné značky. To na výrobce, včetně ŠA, klade požadavky na co nejlepší zvládnutí procesu samotné výroby.

Svařovna je jednou z velmi důležitých součástí procesu výroby automobilů. Hlavním interním dodavatelem je pro ni lisovna, dodávající jednotlivé plechové díly, ze kterých se karoserie z velké části svařuje, případně pak externí dodavatelé plechových dílů, svařenců, lepidel, či nadouvacích protihlukových přepážek. Svařovna je naopak interním dodavatelem lakovny, která dále dodává nalakované karoserie montáži (viz Obrázek 1).



Obrázek 1 – Schéma výrobního procesu

Zdroj: Autor

1.8 Fáze výroby karoserie

Výroba karoserií v závodě Kvasiny probíhá ve dvou svařovnách, které se označují jako „Svařovna A“ a „Svařovna B“ (viz Obrázek 2). Ve Svařovně A se v současné době vyrábějí karoserie pro vozy Škoda KAROQ a Seat ATECA a CUPRA, včetně integrace karoserií Škoda OCTAVIA liftback. Ve Svařovně B probíhá výroba karoserií Škoda SUPERB ve variantě liftback a kombi a Škoda KODIAQ, a to i včetně jeho nového následovníka.



Obrázek 2 – Svařovny závodu ŠA Kvasiny

Zdroj: Interní materiály ŠA

Všechny svařovny v závodech ŠA mají principiálně shodný výrobní postup, který bude popsán v následujících odstavcích. Výroba v obou svařovnách je z velké části robotizovaná (cca 78 %), pohyb karoserií a podkompletů je zajištěn pomocí automatických dopravníků, jednotlivé díly jsou k linkám naváženy pomocí autonomních FTS vozíků využívajících pro svoji orientaci v prostoru laserového navádění (viz Obrázek 3), případně čelní elektrické vysokozdvizné vozíky. (10), (11)



Obrázek 3 – FTS autonomní vozík

Zdroj: (11)

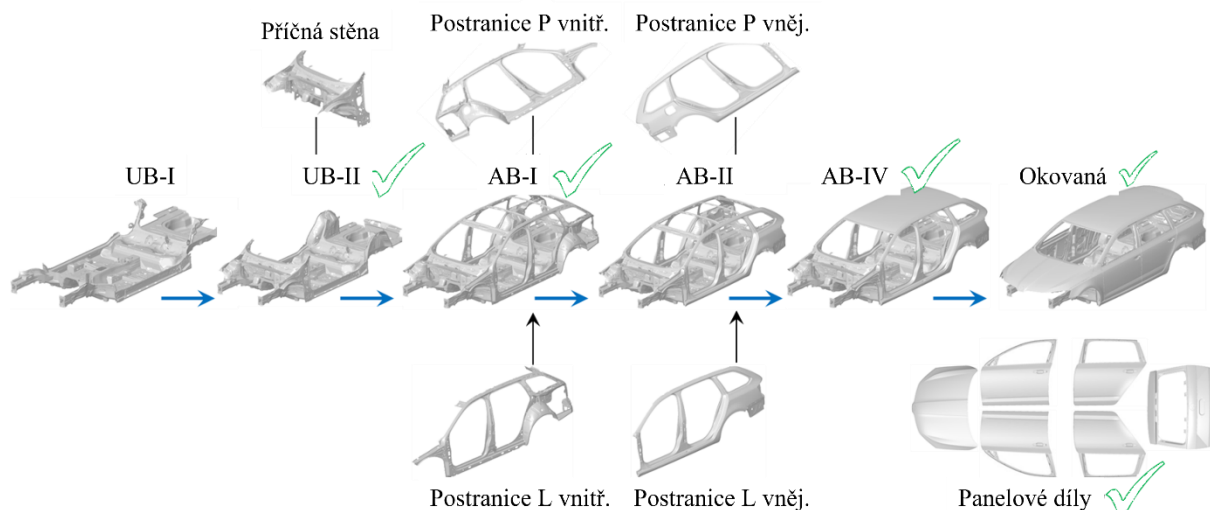


Obrázek 4 – Čelní elektrický vysokozdvizný vozík

Zdroj: (11)

Volba druhu materiálu pro výrobu karoserií je jedním z nejdůležitějších kroků při vývoji nového vozu. Faktory ovlivňující výběr materiálů mají vliv na celou řadu požadavků, které jsou očekávány a požadovány od hotového vozu. Těmito faktory jsou například hmotnost materiálu, korozivzdornost, bezpečnost, ekonomická návratnost, ale i například recyklovatelnost atd. Volbou materiálu pak vzniká potřeba volby technologie spojování jednotlivých dílů do podskupin a výsledného celku, tedy karoserie. Kromě samotné rozměrovosti jednotlivých dílů má zásadní vliv na konečný rozměr i právě zvolená technologie spojování. Použité technologie spojování dílů karoserie jsou například: odporové sváření, laserového letování, lepení, či tvarová spojení. Všechny vyráběné díly musí zachovávat svoje kvalitativní rozměrové znaky tak, aby byla umožněna bezproblémová montáž a funkce. (12)

Jednotlivé fáze výroby karoserie jsou jednoznačně identifikovatelné (viz Obrázek 5) a probíhají na oddělených výrobních linkách. Použité zkratky a popisy vycházejí z německého pojmenování dané výrobní části.



Obrázek 5 – Fáze výroby karoserie

Zdroj: Interní materiály ŠA

UB-I

Tato část (z německého originálu Unterbau) je základním nosným prvkem celé karoserie. Jedná se o podlahu, která na kvasinských modelech vychází z platformy MQB (Modularer Querbaukasten) u karoserií KODIAQ a SUPERB, případně MQB–A pro KAROQ a ATECA/CUPRA. V této fázi výroby dochází ke svaření velkých podsestav přední a zadní části podlahy a předních podélných výztuh. Z pohledu rozměrovosti karoserie jde o velmi důležitou část výroby, kdy jsou ustaveny tzv. RPS body karoserie, které budou popsány v další části práce. Významným prvkem je zde fyzické přiřazení identifikačního štítku, který nese jednoznačnou identifikaci karoserie a jejíž pohyb je sledován díky výrobnímu informačnímu systému FIS a kvalitářskému informačnímu systému SQS. Již v tuto dobu je známa výsledná podoba finálního automobilu. (13)

UB-II

V okamžiku přivaření příčné stěny oddělující budoucí prostor pro cestující a agregát vzniká další skupina s názvem UB-II. Kromě příčné stěny jsou dále přivařeny vnitřní výztuhy

A sloupků, vnitřní podběhy pro zadní kola a vnitřní zadní čelo. V této etapě jsou dokončeny výrobní procesy týkající se podvozkové části karoserie.

AB-I

AB-I, neboli Aufbau–I představuje část výrobního procesu, kdy jsou k předchozímu dílu karoserie UB-II připojeny svařené podstavy rámu vnitřních postranic a příčné nosníky budoucí střechy. Do této fáze byly zpracovány partie karoserie, které představují zejména nosnou a bezpečnostně relevantní část vozu. Rozměrovost tří doposud zmíněných sestav determinuje rozměrovost navazujících částí karoserie, které představují vnější skelet karoserie.

AB-II

Po přivaření vnitřních postranic přicházejí na řadu postranice vnější, představující konečnou podobu karoserie v bočním pohledu. Většina těchto partií již bude pro budoucího zákazníka viditelná, stejně tak i navazující části karoserie, které budou následovat v dalších procesních krocích. Správná rozměrovost tohoto výrobního kroku ovlivňuje správné ustavení střechy mezi rámy postranic, navazujících panelových dílů a montážních dílů, jakými jsou například zadní skupinová světla, čelní okno apod.

AB-IV

Ve výrobní lince AB-IV dochází ke kompletnímu dohotovení karoserie. Mezi rámy vnějších postranic se vloží střecha, která dosedne svojí spodní částí na příčné nosníky, ke kterým je přilepena adhezním pružným lepidlem. Spoj střechy s postranicemi je proveden pomocí laserového MIG pájení, které je kvůli antikorozním vlastnostem a výslednému vzhledu jemně přebroušeno a je tak finalizován konečný vzhled. Později v lakovně bude na tento spoj aplikováno PVC kvůli antikorozní ochraně. Jakákoliv odchylka od nominálního rozměru předchozí skupiny (AB-II) může mít vliv na kvalitu laserového spoje.

Panelové díly

Pod pojmem panelové díly se rozumí díly, které se montují na dokončenou karoserii ve fázi AB-IV a jsou v jakémkoli okamžiku demontovatelné z karoserie bez zásahu do její konstrukce. Těmito díly jsou: přední blatníky, boční dveře, kapota a zadní víko. Každý z těchto dílů je vyráběn na separátní výrobní lince a je dovážen na místo tzv. okování. Panelové díly se obecně skládají z výlisků vnitřního a vnějšího plechu a dále pak z několika výztuh, které mají povětšinou bezpečnostní funkci. Pro jejich kompletaci je využito technologie odporového

bodového svařování a ve velké míře i lepení. To má u těchto dílů zvláštní funkci. Jednak je zde použito kaučukové lepidlo pro spojení vnějšího plechu s výztuhou, které zde zajišťuje zejména tlumící a antivibrační vlastnosti, lepidlo zůstává pružné. Dále je použito lepidlo na epoxidové bázi, které zajišťuje spojení zalemovaného vnitřního a vnějšího plechu po obvodu dílu. Po jeho vytvrzení v procesu sušení katodické vrstvy v lakovně, dojde k jeho aktivaci a úplnému vytvrzení. Jelikož k úplnému vytvrzení dílu dochází až v lakovně, dochází zároveň i ke změně rozměrů samotných dílů. Proto se v náběhových fázích provádí analýzy, ze kterých vyplyne, v jaké rozměrové záměrné chybě je potřeba díly ve svařovně vyrobít tak, aby po vytvrzení v lakovně došlo k jejich „narovnání“ do požadovaných rozměrů a minimalizovaly se tak vícepráce potřebné k finálnímu dolícování celého vozu. (14)

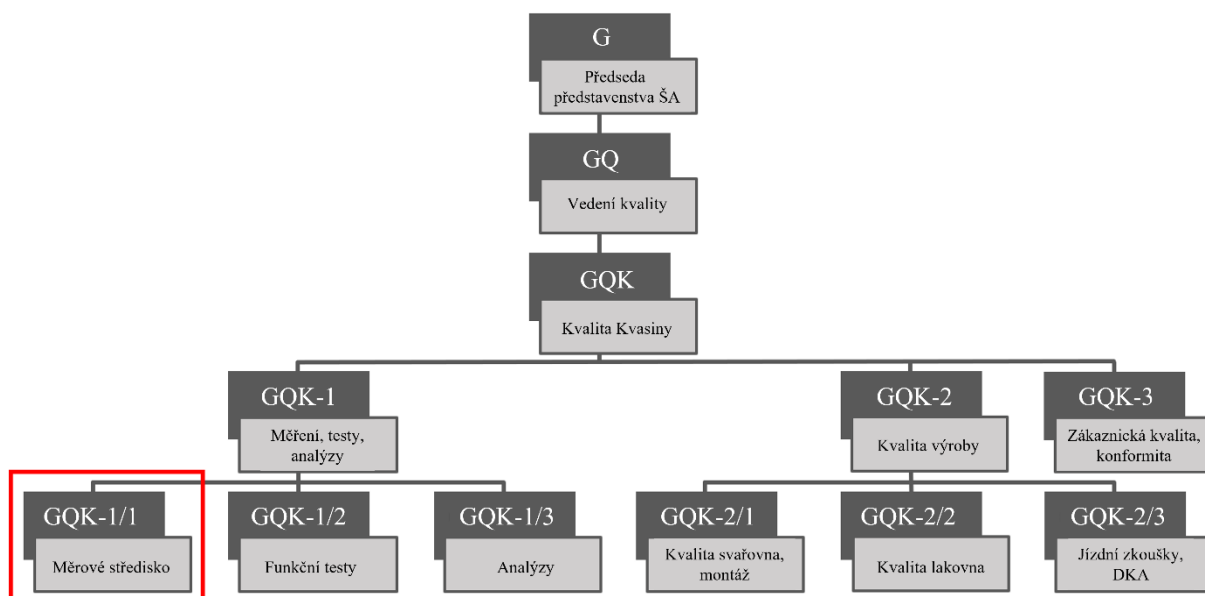
Okovaná karoserie

Okování karoserie se provádí na lince finiše a představuje tak poslední výrobní operaci při výrobě karoserie na svařovně. Na karoserii jsou postupně namontovány zadní boční dveře, poté přední boční dveře, oba blatníky a nakonec kapota. V průběhu usazení těchto dílů na karoserii je prováděno lícování, které má za úkol přesné pozicování těchto dílů s ohledem na plošnou a spárovou návaznost dílů. Pořadí montáže těchto dílů je nezaměnitelné kvůli vzájemné návaznosti a vychází se z rozměrovosti karoserie. Zadní dveře se nejprve nalícují k postranici, přední dveře k zadním dveřím, poté přední dveře k blatníku, a nakonec kapota k blatníkům. Kvůli výslednému lícování těchto dílů je zásadní dodržení rozměrovosti karoserie, protože jakákoli odchylka ovlivňuje ustavení navazujících částí karoserie. Kromě dříve zmíněných dílů je obdobně do karoserie zabudováno i zadní víko, které na ostatní díly přímo nenavazuje a jeho lícování se provádí pouze k samotné karoserii v její zadní části.

Všechny výše popsané etapy výroby mají zvláštní význam pro měrové středisko, protože představují fyzický výstup z dané výrobní linky, tedy z dané výrobní fáze procesu, ale zároveň jsou vstupem do procesu dalšího. Jinými slovy tak představují kvalitativně posouditelný výstup z dané výrobní fáze. Měření daného polotovaru pak představuje nejen možnost hodnocení daného výrobního procesu, ale umožňuje daný proces řídit prostřednictvím měrového protokolu, v němž jsou zaznamenány odchylky od nominálu. (15)

2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO ZABEZPEČENÍ KVALITY V SÉRIOVÉ VÝROBĚ AUTOMOBILŮ

Měrové středisko spadá v organizační struktuře kvality pod organizační skupinu GQK-1, s vlastním označením GQK-1/1 (viz Obrázek 6). Organizačně je tedy prostřednictvím vedoucího kvality podřízena předsedovi představenstva společnosti. V závodě Kvasiny pak kvalitu zastřešuje vedoucí kvality Kvasiny.



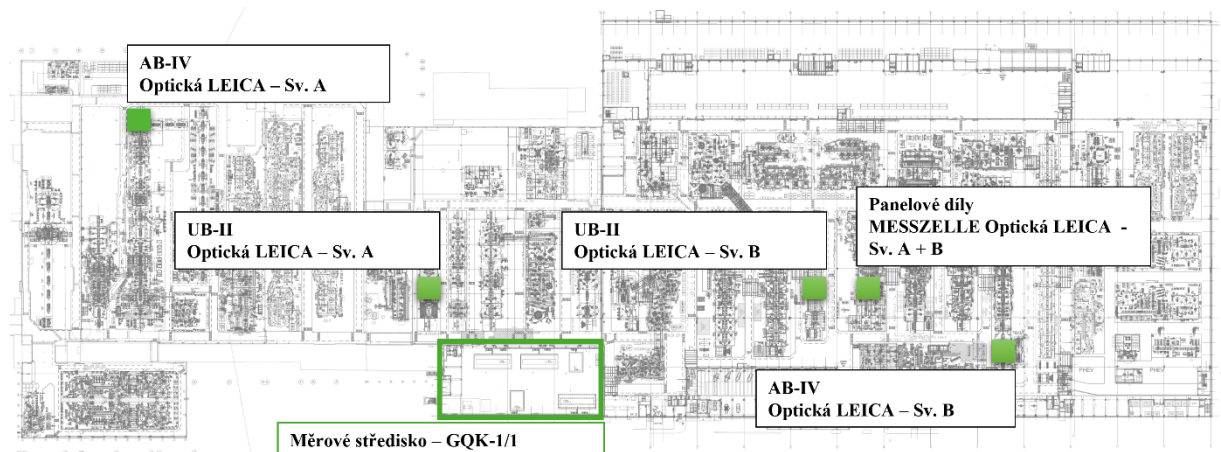
Obrázek 6 – Organizační schéma útvaru kvality ŠA Kvasiny

Zdroj: Interní materiály, úprava autor

2.1 Měřicí stroje a zařízení

Pro zajištění kompletního servisu v oblasti měření, rozměrových analýz a zkoušek je měrové středisko vybaveno řadou strojů a zařízení, které svojí komplexitou pokrývají široké spektrum požadavků. Díky svému přesahu, kdy se rozměrové vyhodnocování neomezuje pouze na oblast svařovny, popřípadě lisovny, je i oblast působení měrového střediska rozprostřena i mimo měrové centrum.

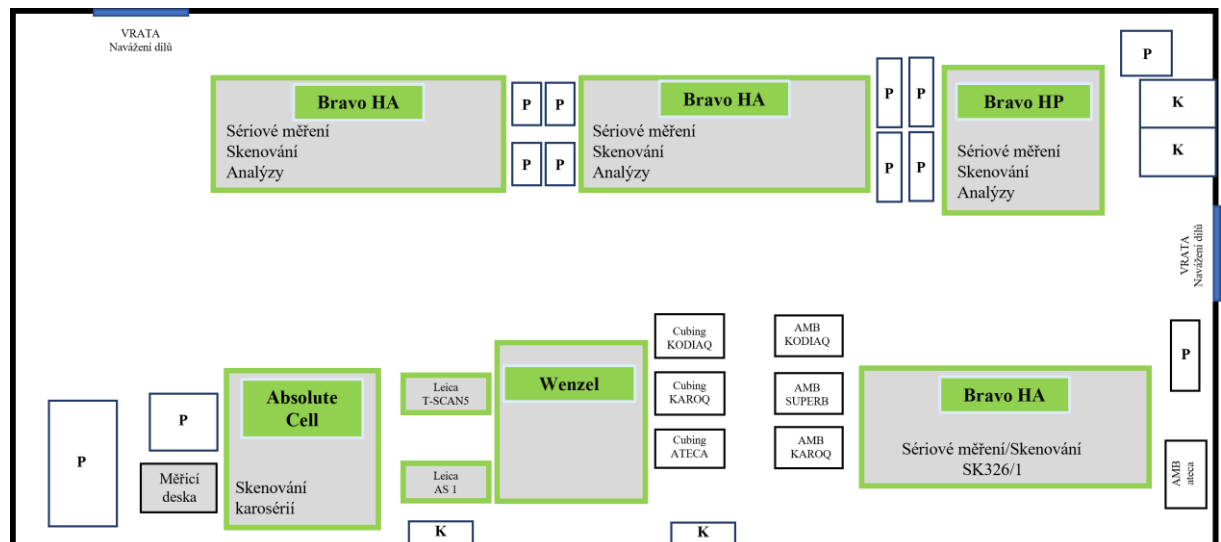
Na níže uvedeném obrázku (viz Obrázek 7) jsou vidět detaily umístění jednotlivých zařízení.



Obrázek 7 – Umístění měřících zařízení

Zdroj: Interní materiály ŠA, úprava autor

Kromě absolutního měření na souřadnicových měřících stojích a optických strojích zajišťuje kontrolu a hodnocení kvality i prostřednictvím analyzačních nástrojů, jakými jsou Cubing a Maisterbok. Rozmístění jednotlivých pracovišť měrového střediska je vizualizováno na níže uvedeném obrázku (viz Obrázek 8). Jednopísmenné označení „P“ označuje umístění přípravků potřebných pro měření, písmenem „K“ jsou označeny Kardexy, což jsou automatizované skladové vertikální systémy. Jednotlivé měřící stroje a další zařízení bude popsáno dále.



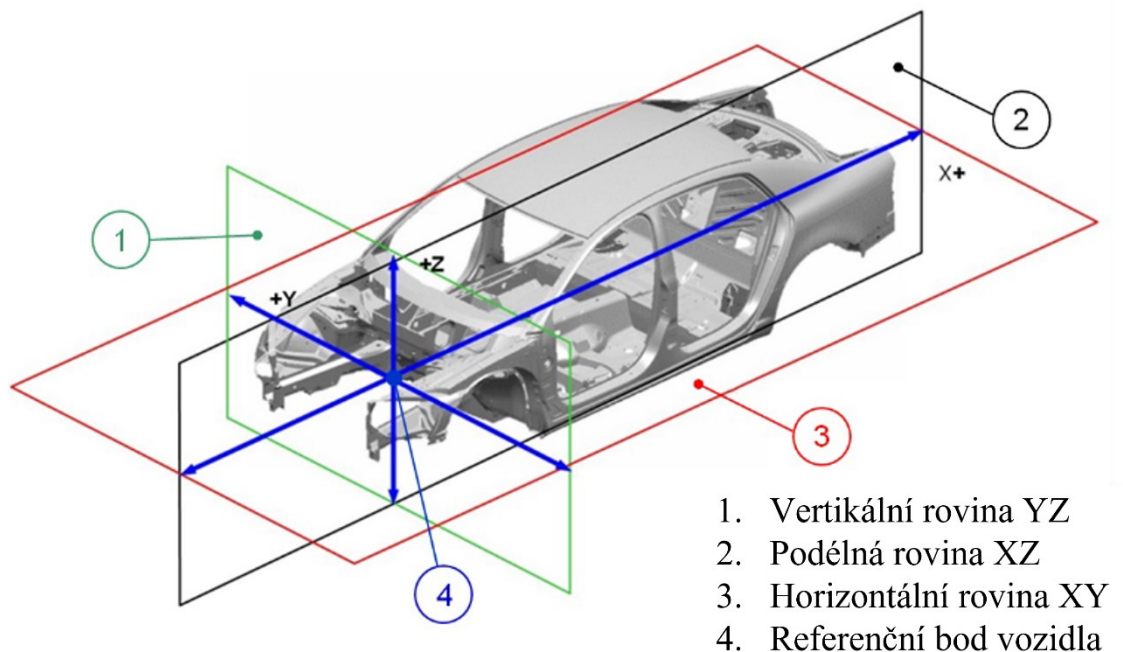
Obrázek 8 Pracoviště měrového střediska

Zdroj: Interní materiály ŠA, úprava autor

2.1.1 RPS systém

Systém stanovení referenčních bodů na karoserii, svařených podskupinách a jednotlivých dílech je velmi důležitou součástí procesu plánování výroby a sériového měření dílů. Při tomto procesu jsou definovány konkrétní ustavovací body na dílech, které slouží k přesnému ustavení, či upnutí dílu ve výrobních zařízeních a dále pak na měřicích strojích tak, aby nedocházelo k negativnímu ovlivnění rozměrovosti a zajištění opakovatelnosti výroby a sériového měření. RPS (Referenzpunkt–System) body jsou zaneseny do výrobní dokumentace. Na karoserii jde většinou o otvory umístěné na nosné části podlahy, které zároveň slouží k ustavení karoserie na dosedací trny ve výrobní lince a zároveň i na ustavovací systém měřicího zařízení. Obdobně jsou RPS body definovány pro všechny měřené podskupiny a díly, a to včetně plechových výlisků a montážních dílů.

Tyto body zároveň definují referenční body dílu/ karoserie, kdy se vychází z kartézského souřadnicového systému (X, Y, Z) (viz Obrázek 9). Naměřené hodnoty jsou přepočítávány od počátku souřadného systému karoserie, umístěného do osy pření nápravy. Podélnou osou je osa X, příčné hodnoty odpovídají ose Y a osa Z je promítána ve výškovém profilu vozidla. (16), (17)



Obrázek 9 – Souřadnicový systém karoserie

Zdroj: Interní materiály ŠA

2.1.2 Cubing a Maisterbok

Cubing představuje fyzický model daného automobilu v měřítku 1:1, který je velmi přesně obroběn z hliníkové slitiny. Tento model představuje datový nominál vozu. Na Cubing (viz Obrázek 10) je možné namontovat různé díly a snadno pak pomocí měření posoudit shodu montovaného dílu s výrobní dokumentací, která by měla zaručit správnou montovatelnost a funkci. Prostřednictvím Cubingu jsou posuzovány díly montované na hotovou karoserii po kompletním nástřiku laku, tedy díly, které jsou montovány při montáži vozu. V případě odchylek od normálu se posuzuje možnost dalšího zpracování, případně šrotace dílů. Neshodné díly jsou reklamovány dodavateli, který musí učinit taková opatření, která povedou ke zlepšení nevyhovujícího stavu.



Obrázek 10 – Cubing

Zdroj: Interní materiály ŠA

Maisterbok opět představuje fyzický model karoserie (viz Obrázek 11), který umožňuje provést analyzační zástavbu dílů. Oproti dříve popsanému Cubingu ale Maisterbok umožňuje analyzovat plechové díly karoserie. Jestliže je tedy Cubing použit pro rozměrovou analýzu dílů použitých na montáži, u Maisterboku jsou takto hodnoceny zejména plechové díly dodávané

do svařovny z interních lisoven, případně z lisoven dodavatelských, případně přímo navazující montážní díly vnější části karoserie, jako například zasklení a vnitřní obložení dveří.



Obrázek 11 – Maisterbok

Zdroj: Interní materiály ŠA

2.1.3 Souřadnicové měřicí stroje

Hlavní nástroje kontroly rozměrovosti karoserií představují souřadnicové měřicí stroje (zkráceně SMS). ŠKODA AUTO spolupracuje s předními dodavateli těchto zařízení a zároveň představuje velmi významného zákazníka. Většina zařízení je v současné době dodávána firmou HEXAGON. Měřicí technologie těchto strojů uplatňují dva základní principy. Historicky starším je měření dotykové neboli taktilní. Systémem mladším je pak měření optické. Oba způsoby mají své nezastupitelné místo při vyhodnocení rozměrovosti karoserií. Výhody, nevýhody a účely použití budou popsány v dalším textu.

Dotykové měření je prováděno na souřadnicových měřicích strojích DEA Bravo, případně na starším provedení SMS od firmy Wenzel. Označení Bravo HA a HP (viz Obrázek 8) pak upřesňuje konkrétní specifikaci daného měřicího zařízení. Základem těchto strojů je přesná kovová deska, která je jedním z předurčujících parametrů měřicího zařízení. Svým rozměrem 3x16 m (u HA varianty) umožňuje umístění až třech karoserií za sebou. Karoserie a díly se na desku přemisťují za pomoci portálového jeřábu. Na samotnou desku je nutné nejprve rozmístit ustavovací systém DEA Five–Unique, Zeis CARFIT, případně speciální ustavovací přípravky vyrobené pro konkrétní model. Ustavovací systém je po ploše měřicí desky přemisťován pomocí stlačeného vzduchu proudícího otvory v desce, díky němuž je usnadněna manipulace. Jednotlivé ustavovací prvky jsou rozmístěny do míst RPS bodů daného měřeného

dílu pomocí předem vytvořeného programu. Díl, nebo karoserie je poté umístěna na tyto podpěry, kdy čepy ustavovacího systému přesně zapadnou do RPS otvorů dílu/ karoserie.

Srdcem stroje jsou dvě na sobě nezávislá ramena souřadnicového měřicího stroje (viz Obrázek 12). Obě ramena jsou pohyblivá ve všech třech osách. Pohyb ramene po ose X, představuje přesun podél měřicí desky, tedy v podélné ose karoserie. Celý přesuvný mechanismus vodících drah je zabudován pod úrovní podlahy, díky čemuž je umožněno maximální využití daného prostoru a snadnější manipulace s díly a přípravky. Pohyb po vodící dráze zabezpečují vzduchová ložiska a zabudovaný motor s pastorkem a řemenem. Pohyb ramene v ose Z je realizován pomocí kuličkových (SMS HP), nebo vzduchových ložisek (SMS HA) a představuje pohyb ramene ve svislé ose. Maximální výška měření je 2,6 m. Y osou je příčná osa. I tento pohyb zajišťují kuličková, případně vzduchová ložiska stroje. Systém pro snímání polohy jednotlivých os zabezpečuje přesnost měření. Každá z těchto os je opatřena optickým snímačem polohy a přesnou optickou stupnicí. Snímání polohy je kvůli požadované přesnosti měření mikrometrické. Počátek souřadného systému stroje je situován do předního spodního levého měřitelného rozsahu stroje. Naměřená vzdálenost je pak vypočtena pomocí programu PCDMIS. Měřitelná vzdálenost je ovlivněna volitelnou délkou ramene.

Na konec tohoto ramene je instalováno otočné zápěstí umožňující natočení o 360°. Díky tomu je možné dosáhnout i na složitější umístění měřeného bodu. (18), (19)



Obrázek 12 – SMS DEA Bravo HA

Zdroj: Interní materiály ŠA

2.1.4 Dotykové (taktilní) měření

V předchozí kapitole (viz 2.1.3) byla popsána hlavní část měřicího stroje. Podstatou taktilního měření je dotykové měření realizované prostřednictvím dotykové sondy umístěné na konci posuvného příčného ramene stroje, na jejímž konci je umístěna rubínová kulička o průměru 2 mm. Pro uskutečnění měření je nejprve nutné vytvořit v Off-line režimu měřicí program v SW PCDMIS, poté je tento program přenesen do SMS a po fyzickém odladění na karoserii je provoz zautomatizován. Stroj tak na základě předem vytvořených dat snímá jednotlivé předdefinované body prostřednictvím dotyku rubínové kuličky se snímaným dílem. Samotný dotyk, tedy změření polohy daného místa trvá přibližně 2 s, v závislosti na složitosti a komplexnosti měření dílu je dána i celková doba měření, vycházející nejen z počtu provedených bodových měření, ale i velikosti samotného dílu. Přesnost dotykového měření závisí nejen na samotném stroji, ale i na zvolené délce ramene osy Y. Maximální chyba měření ale nepřesahuje 75 μm . (20)

2.1.5 Optické měření

Oproti dotykovému měření (viz 2.1.4) využívá optické měření laserové technologie. Pro SMS DEA Bravo je pro toto snímání využíván scanner CMS firmy Hexagon s přesností senzoru 20 μm a variabilním optickým rozlišením umožňujícím měření až 2000 bodů na řádek o délce 24–124 mm. Tento scanner využívá triangulační technologii pro zjišťování měřené vzdálenosti cíle laseru promítaného v rovině a CCD kamera (Charge-coupled device) sleduje oblast měření laserového paprsku na díle. Při snímání měřeného povrchu je generován tzv. mrak bodů, který je následně přenesen do SW Polyworks a představuje geometrický tvar snímaného dílu. (21)

Generačně novějším řešením je použití průmyslového robota Fanuc, nebo Kuka, na kterém je implementováno skenovací zařízení Leica (viz Obrázek 13). Přesnou polohu snímání zajišťuje laserový tracker. Obdobně jako u scanneru CMS je využita laserová technologie umožňující generování až 200.000 bodů za sekundu v podobě mraku.



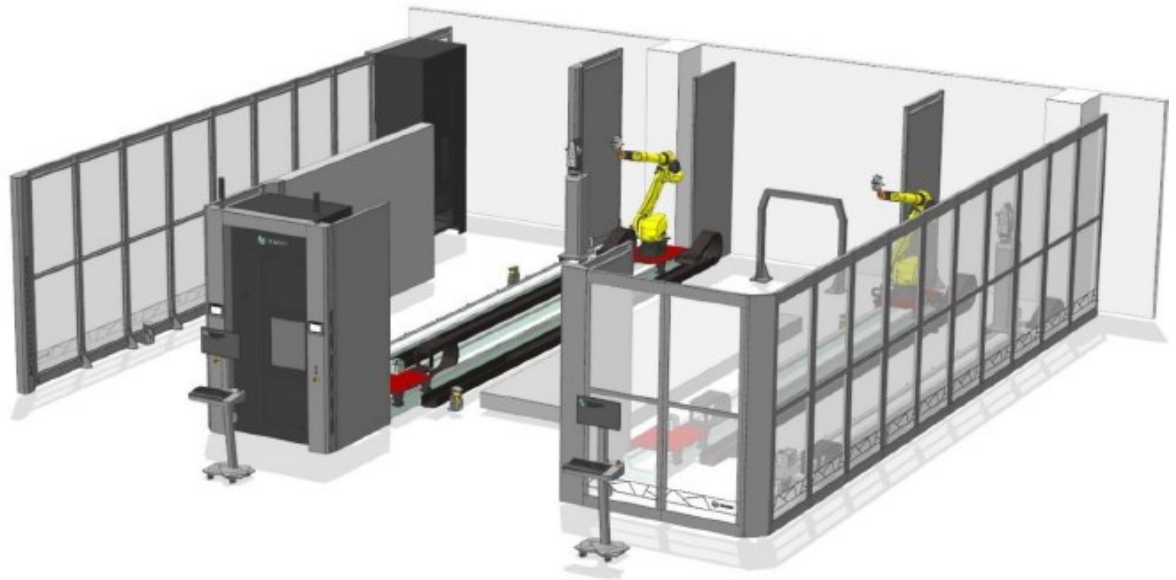
Obrázek 13 – Optické skenování

Zdroj: (21)

Nespornou výhodou optického měření je rychlost měření, která je 10–15 x vyšší než u taktilního měření. Optické měření navíc umožňuje analyzovat větší, souvislou oblast dílu. Nevýhodou je celkově delší doba Off-line přípravy měřících programů a relativně časově náročná confirmace prvních výsledků, pro které se používá měření dotykové.

Generačně nejpokročilejším systémem je optická buňka AbsoluteCell (viz Obrázek 14), využívající dvou na sobě nezávisle pracujících robotů se scannery Leica a dvěma trackery.

Oproti stávajícím systémům je zde využito jednak pojezdové dráhy v ose X jak pro roboty se scannerem, tak i pro oba trackery. Zároveň i díky možnosti automatického přepínání, je umožněno oběma Leicám spárovat se s libovolným trackerem. Tím dochází ke zrychlení měření a umožnění měření i v obtížně dosažitelných místech.



Obrázek 14 – AbsoluteCell

Zdroj: Interní materiály ŠA

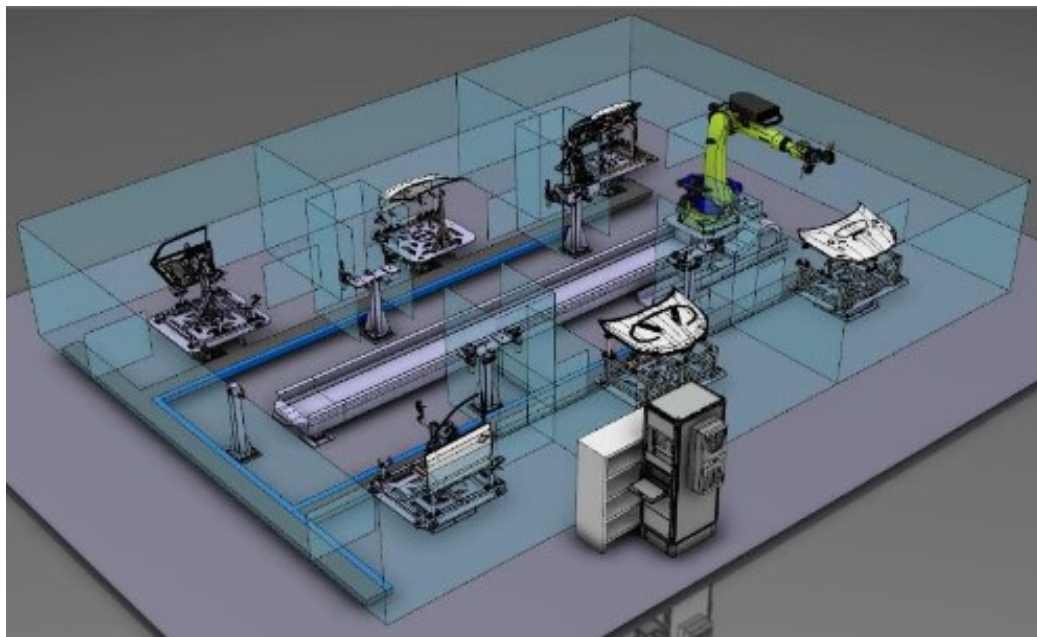
2.1.6 Režimy měření In-line, At-line, Off-line

Měřicí technologie v prostoru měrového střediska vyhodnocují rozměrovost dílů v tzv. **Off-line** režimu. To znamená, že díly, které mají být změřeny musí být přivezeny z místa výroby do haly, kde se následně provede měření. Tato činnost samozřejmě vyžaduje zapojení lidské síly, což není ekonomicky i časově výhodné. Prakticky to znamená, že pracovník výroby dle předem známého požadavku vyjme konkrétní díl z výrobní linky, umístí na vozík a manuálně tento vozík s dílem převezde do haly měrového střediska. Zde se daný díl buď převěsí pomocí jeřábu, v případě menších dílů je tato operace provedena bez manipulátoru a je umístěn na ustavovací prvky předem rozmístěné dle RPS dílu na měřící desce SMS. Následně proběhne měření dílu, kontrola naměřených výsledků a export dat do systému SPL, kde jsou tato data zpřístupněna určeným pracovníkům. Po změření je díl navrácen do výroby. Středisko zodpovědné za rozměrovost karoserie, tedy „Pilotní hala“ dle náměrů vyhodnotí potřebu korekce v zařízení, tedy provede opatření vedoucí ke zlepšení stavu rozměrovosti. Tyto korekce jsou zaznamenány a archivovány v SW prostředí programu SPL. Díky tomu jsou plněny požadavky ISO 9001 a VDA6 definující potřebu uchovávání informací, díky nimž je proces

výroby dokumentovatelný. Tímto krokem je zvyšována důvěra zákazníků v nastavení systému, zároveň umožňuje společnosti prokázat shodu plánů se skutečností.

Rozvoj robotické a měřicí techniky umožnil nasazení dalších systémů – At-line a In-line, které jsou naopak koncipovány tak, že jsou blíže výrobnímu toku.

V případě **At-line** jde o měření, které se nachází tzv. vedle linky. Ve výrobním závodě Kvasiny je tento systém použit pro panelové díly. Na obrázku je označen jako Messzelle (viz Obrázek 7). Jedná se o speciální měřicí buňku vybavenou optickým měřením – Leicou umístěnou na průmyslovém robotu Kuka, trackerem sledujícím a vyhodnocujícím laserové paprsky měřicí Leicy a šesti pracovními pozicemi pro kompletní sadu panelových dílů (viz Obrázek 15). Přestože je toto pracoviště z velké části automatizováno, i sem je nutné díly manuálně přivést a správně ustavit do měřících stolů. Samotné měření pak probíhá plně automaticky, včetně odeslání naměřených dat do systému SPL.



Obrázek 15 – Měřicí buňka Messzelle

Zdroj: Interní materiály ŠA

Posledním systémem je měření **In-line**, tedy v lince. I při tomto měření jsou využity průmyslové roboty s nainstalovanou Leicou a trackerem, jde tedy o měření optické. Výhodou tohoto systému je jeho integrace přímo do výrobní linky (viz Obrázek 16). Z obrázku (viz Obrázek 7) umístění jednotlivých měřících zařízení je patrné, že jsou kvasinské svařovny osazeny celkem čtyřmi měřícími systémy, vždy po dvou na každé svařovně. Konkrétně pak v lince UB-II a AB-IV. Tyto polotovary karoserií jsou měřeny plně automaticky v rámci

výrobního toku. Výhodou tohoto umístění je jednak plná automatizace, ale také bezprostřední vizualizace náměrů na obrazovce umístěné u linky, plus automatické odesílání výsledků do SPL. SPL systém navíc umožňuje zasílání avíza při překročení sledovaných parametrů. Případná korekce v zařízení pro úpravu rozměrovosti je tak velmi urychlena. Naopak nevýhodou je, že měřicí programy nejsou plně srovnatelné s klasickým měřením v Off-line. Jednak je to dáno časovou náročností, kdy měření musí respektovat takt linky. Tím je standardní měřicí program rozdělen na pět částí. Kompletní měření je pak nutné složit z pěti těchto podprogramů. Další nevýhodou je také fakt, že automatický ustavovací systém RPS a samotná konstrukce linky neumožňuje náměry všech hodnot obsažených v Off-line. Poslední nevýhodou tohoto měření, která dosahuje přesnosti měření s chybou $MPE \leq 120 \mu m$, právě díky umístění měřicího systému v náročném pracovním prostředí, které je ovlivněno chvěním, kolísáním teplot a dalšími negativními jevy.



Obrázek 16 – In-line měření (UB-II)

Zdroj: Interní materiály ŠA

2.2 Plány měření

Kapacity měření vycházejí jednak z hloubky výroby, počtu vyráběných modelů a jeho karosářských variant. Nutné je zohlednění ekonomických hledisek a aspektů relevantních pro kvalitu. Na základě těchto dat jsou plánovány kapacity a vybavení měrového střediska tak, aby pokrylo potřebné požadavky na měření. Plánovaná měření pak definují skupinu dílů pro daný

model a požadovaný počet měření za daný časový úsek (viz Tabulka 1). Ostatní díly nejsou do standardního plánu měření zahrnuty a jsou měřeny na požadavek. (22)

Tabulka 1 – Plán měření

č.	Název dílu	počet měření/ týden	doba měření dílu (min)	doba měření celkem (min)
1	Podlaha přední	1	65	65
2	Podlaha zadní	1	70	70
3	Podélník přední L	1	45	45
4	Podélník přední P	1	45	45
5	Podélník zadní L	1	50	50
6	Podélník zadní P	1	50	50
7	Podběh přední L	1	35	35
8	Podběh přední P	1	35	35
9	Podběh zadní L	1	35	35
10	Podběh zadní P	1	35	35
11	Příčná stěna	2	70	140
12	UB-II	2	240	480
13	Postranice vnitřní L	2	165	330
14	Postranice vnitřní P	2	165	330
15	Postranice vnější L	1	120	120
16	Postranice vnější P	1	120	120
17	Karoserie AB-I	2	150	300
18	Karoserie AB-II	1	150	150
19	Karoserie AB-IV	2	200	400
20	Víko zadní úplné	1	100	100
21	Kapota	1	90	90
22	Dveře přední L	1	110	110
23	Dveře přední P	1	110	110
24	Dveře zadní L	1	110	110
25	Dveře zadní P	1	110	110
26	Blatník L	1	40	40
27	Blatník P	1	40	40
28	UB-II tuckery	1	80	80
29	Karoserie okovaná	3	70	210
30	Tunel	1	40	40
SUMA		38	2745	3875

Zdroj: (22), úprava autor

2.2.1 PMP body

Před zahájením výroby daného modelu jsou definovány díly karoserie, které bude nutné v sériovém provozu měřit. K těmto dílům se definují tzv. PMP body (Prüfmerkmalsplan), tedy plány měřených bodů, a to i včetně stanovených RPS bodů (viz 2.1.1). Na základě těchto bodů je tedy definován rozsah kompletního měření daného dílu. Celková časová náročnost měření jednotlivých dílů je dána reálně provedeným měřením vycházejícím z počtu stanovených PMP,

rozměru daného dílu, dostupnosti jednotlivých měřených bodů a zvolené technologie měření (taktilní, optické). (23)

2.2.2 Funkční míry

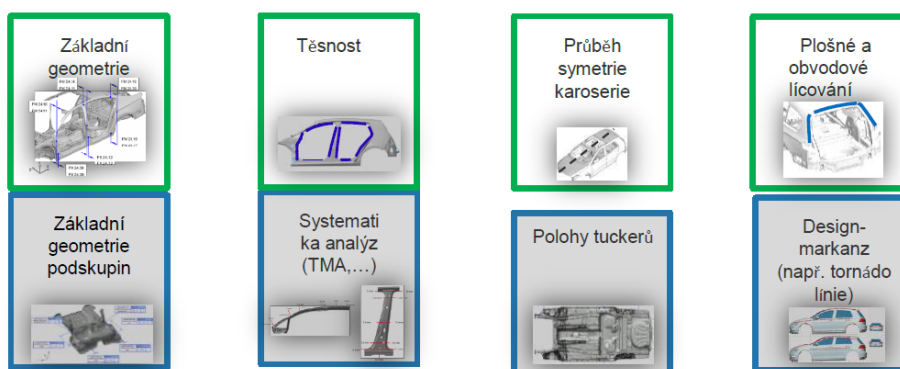
Pro zobrazení geometrie karoserie a jejího komplexního kvalitativního posouzení je za pomoci „Katalogu funkčních měř“ (dále KFM) definován rozsah geometrických znaků neboli FM (Funktionmaße). Ty slouží jako kvalitativní ukazatele geometrie karoserie. Pomocí sledování těchto znaků je možné posuzovat způsobilost výrobního procesu v jeho jednotlivých fázích. Pro stanovení meze zásahu do procesu jsou nastaveny hodnoty (viz Tabulka 2).

Tabulka 2 – Regulační meze procesu

	OK v rámci tolerance (≤ 75 % tolerance)
	Mez pro zásah (> 75 % tolerance)
	Mimo toleranci (> 100 % tolerance)

Zdroj: (24), úprava autor

Jednotlivé funkční míry vyjadřují míry/ vzdálenosti definovaných měřených bodů a jsou vztaženy k funkčním parametrům celkového vozu. Tyto míry jsou dále členěny na jednotlivé moduly, jako například: Základní geometrie, těsnost, lícování apod (viz Obrázek 17). (24)

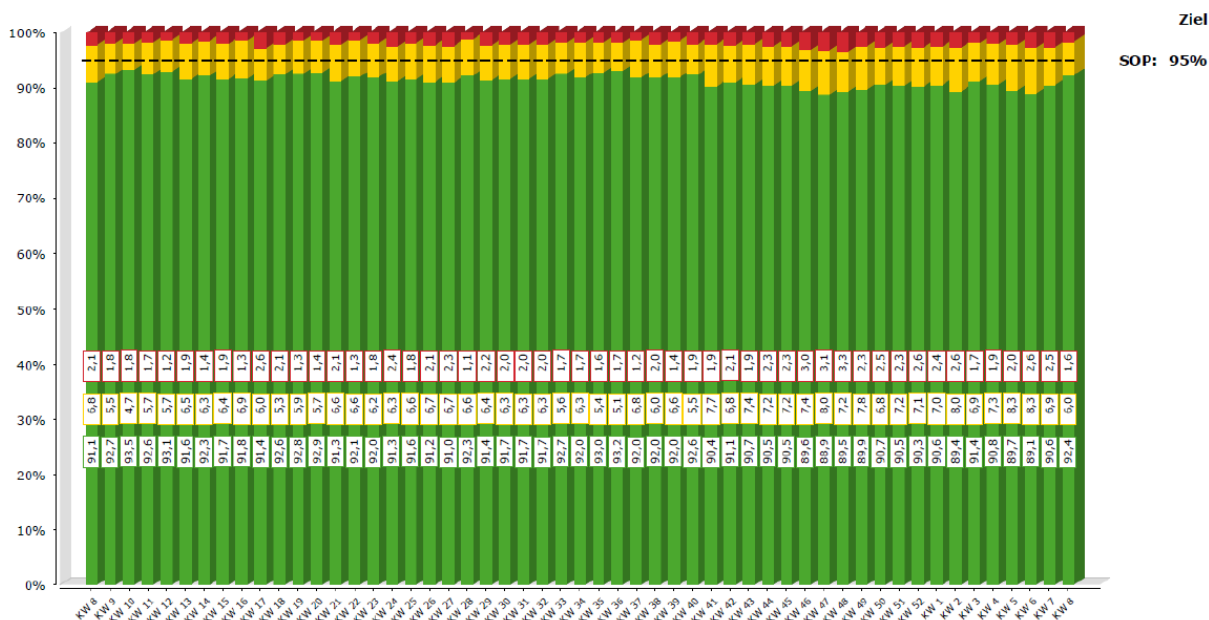


Obrázek 17 – Moduly KFM

Zdroj: (24)

Tyto moduly jsou zpracovány do manažerského přehledu, tzv. Manažerské zprávy. Ta slouží jako rychlý přehled o kvalitativním stavu karoserie. Pomocí sloupcových grafů (viz Obrázek 18) je zobrazeno plnění cílů definovaných pro jednotlivé moduly KFM a výrobní fáze projektu. V případě nedodržení stanovených cílů je nutné stanovit opatření vedoucí k nápravě. Pro zefektivnění procesů řízení kvality jsou definovány postupy, zodpovědnosti a řešitelská grémia

usnadňující a podporující procesy řízení kvality. Důležitým výstupem je „Katalog koncepčních problémů“, který na principech Lessons Learned usiluje o zlepšení stavu nejen na stávajících projektech, ale i na projektech plánovaných. Tím jsou plněny požadavky principů Kaizen, norem ISO 9000 a VDA6 požadující neustálé zlepšování procesu.



Obrázek 18 – Manažerská zpráva (graf FM)

Zdroj: Interní materiály ŠA

2.2.3 Software SPL

SPL je speciálním softwarem, který byl původně určen pro potřeby měrového střediska. Postupem doby se stal komplexním nástrojem i pro řadu dalších modulů zastřešujících různé potřeby ostatních oddělení. Pro tuto práci však bude plně dostatečný popis modulu sériového měření.

Do tohoto nejstaršího modulu jsou obsluhou odesílány měrové protokoly z SMS a z ručního měření Leicou. Ostatní měřicí systémy, tedy In-line měřicí stanoviště, Messzelle i AbsoluteCell svá měření do systému posílají automaticky. Pro každý model existuje stromová struktura představující rozpad karoserie po měřených dílech.

Standardní Off-line měření probíhá na základě požadavku, vytvořeného v prostředí SPL. K tomuto požadavku se po změření následně připojí měrový protokol se zaznamenanými výsledky měření. Ze všech provedených měření lze na základě předdefinovaných pravidel stahovat požadované reporty. Tyto reporty jsou určeny pro manažerské řízení daného projektu,

kdy jsou pomocí „Manažerské zprávy“ (viz 2.2.2) vizualizovány průběžné sumární výsledky rozdělené do dílčích modulů. Na základě výsledků plnění definovaných cílů jsou přijímána patřičná opatření vedoucí ke zlepšení stavu. Tato opatření jsou v SPL zároveň ukládána a archivována.

Dalšími moduly jsou různé typy analýz, které jsou velmi užitečnou pomůckou při optimalizacích výrobního zařízení a zpětné sledovatelnosti účinnosti nasazených opatření. V případě nutnosti detailnějšího hlídání jakéhokoli měřeného parametru je možné zasílání avíza, které upozorní na překročení meze pro zásah (viz Tabulka 2).

2.3 Shrnutí analýzy stávajícího stavu zabezpečení kvality v sériové výrobě automobilů

Z analýzy současného stavu zabezpečení kvality z pohledu ověřování stability a shody geometrické rozměrnosti sériově vyráběných karoserií plyne převaha Off-line měřících zařízení. Šest Off-line měřících zařízení s celkem třinácti měřícími pozicemi umístěných v hale měrového střediska tak tvoří majoritní část měřící techniky ve stávajícím provozu kvasinských svařoven. Možnost kombinace taktilního a optického měření představuje velmi důležitou roli z pohledu validace měření prováděných na zbývajících dvou typech zařízení, a to In-line a At-line. Zároveň zajišťují provádění pravidelných plánovaných měření vybraných skupin a typů karoserií a dále provádění rozměrových analýz. Nevýhody plynoucí zejména ze zvýšených nákladů na obsluhu apod. budou předmětem další kapitoly.

Čtyři optická stanoviště In-line umístěná ve výrobních linkách UB-II a AB-IV svařovny A a B pak představují důležitou část ověřování stability jedněch z nejdůležitějších výrobních podskupin karoserie. Umístění těchto zařízení ve výrobním toku však představuje určitá omezení a rizika popsána v předchozích odstavcích, zároveň však přináší výhody v plynoucí zejména z jejich umístění přímo ve výrobních linkách. Rovněž tyto aspekty budou zohledněny v následující kapitole návrhu nového měřícího zařízení.

Prozatím jediným zástupcem At-line měření je v současné době zařízení Messzelle určené pro měření panelových dílů obou svařoven. Tato měřící buňka, umístěná vedle výrobní linky, určitým způsobem kombinuje předchozí dva zmíněné typy měřících zařízení, a to včetně kombinace jejich výhod a rizik. Shodně s předchozími zařízeními budou i tyto parametry důležitými vstupy pro vypracování analýzy, ze které vzejde návrh pro nasazení nového typu měřícího zařízení.

3 NÁVRH NASAZENÍ NOVÉHO TYPU MĚŘÍCIHO ZAŘÍZENÍ V SÉRIOVÉ VÝROBĚ AUTOMOBILŮ

Ze současného stavu měřicí techniky ve výrobě karoserií vyplývá jasná převaha strojů měřících v Off-line režimu na měřicím středisku, následovaná čtyřmi In-line měřicími stanovišti instalovanými ve výrobních linkách UB-II a AB-IV v každé svařovně a jedním zařízením pracujícím v režimu At-line, sloužícím pro měření panelových dílů všech vyráběných modelů (viz 2.1).

Tento koncept vychází z historických souvislostí a stoupajících požadavků na různé typy měření, kdy koncepčně bylo pro měření předurčeno právě měrové středisko. Následným vývojem měřicí techniky bylo možné přesouvat měření z Off-line režimu do režimu In-line. Tím došlo jednak k výraznému nárůstu počtu měření jednotlivých podkompletů (UB-II a AB-IV), zároveň díky zmiňovanému přesunu měření přímo do výrobní linky došlo k výraznému zkrácení reakční doby. Tedy možnosti pružného reagování na změřenou kvalitativní neshodu. Konkrétně norma VDA 5.1 popisuje In-line měření jako pomoc při monitorování a kontrole výrobního procesu, čímž podporuje koncept celého procesu zajištění kontroly kvality. (25)

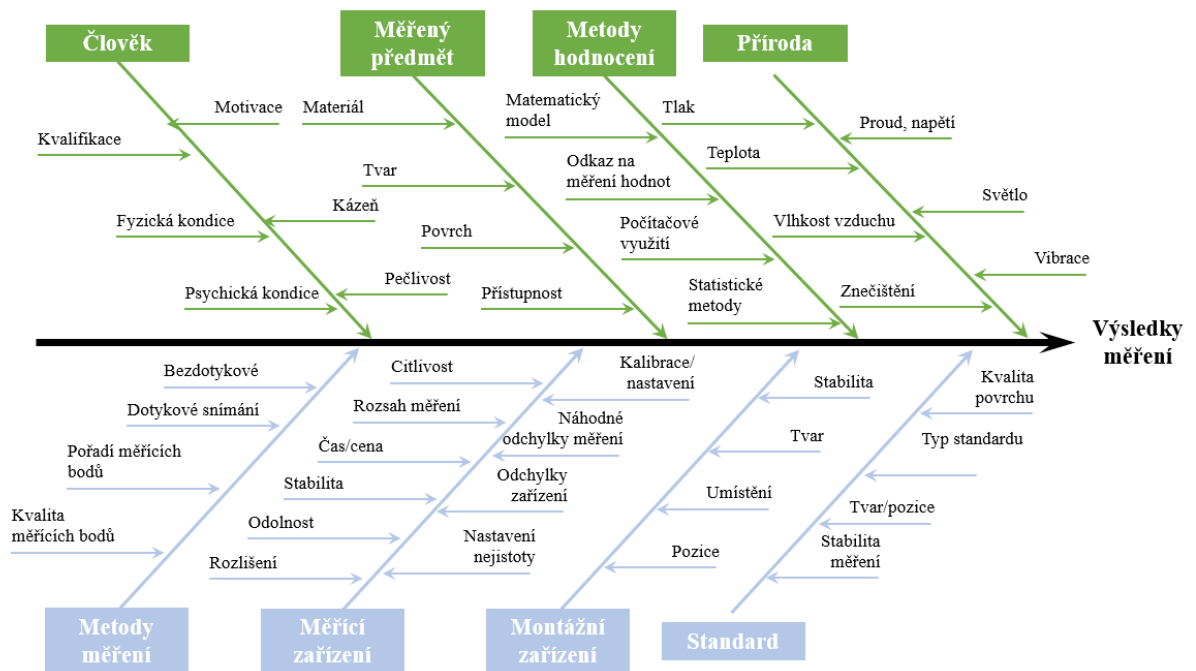
Instalace In-line měřících stanic s sebou však nese řadu povinností a omezení. Z podstaty umístění těchto měřících strojů vyplývá, že nejsou umístěny v prostředí ideálním pro měření. Jsou nainstalovány do prostředí výrobní linky, tedy svařecích robotů, manipulátorů s jednotlivými díly, dopravníky apod., které produkuje ořesy a záblesky (sváření). Stejně tak ne zcela vhodné je i okolní prostředí z pohledu klimatických podmínek – kolísání teplot, případně různé světelné podmínky. Proto i norma VDA 5 definuje povinnost provádění komparačních vyhodnocení pro ověření způsobilosti. Tato komparační měření jsou prováděna na SMS Bravo v taktilním módu měření v temperovaném prostředí. (26)

Jediným At-line měřicím zařízením je v současné době zařízení Messzelle pro měření panelových dílů. Nevýhodou tohoto zařízení je jednak závislost na ruční obsluze, kdy díly na měření musí obsluha do zařízení manuálně vkládat a dále nutnost komparačního měření (viz předchozí odstavec). Naopak jako výhoda se jeví to, že zařízení má velmi vysokou měřicí kapacitu, automatické odesílání výsledků do SPL a umístění u výrobních linek. Díky lepší možnosti odstínění od okolního prostředí je možné dosahovat lepších výsledků, než u In-line měření. Zároveň není zařízení ovlivněno vibracemi od manipulátorů, dopravníků apod. Výkyvy

teplot jsou zde eliminovány pomocí teplotní kompenzace implementované do měřicího zařízení.

3.1 Posouzení jednotlivých variant SMS

Ze dříve uvedených poznatků lze definovat a dále rozvinout oblasti výhod a nedostatků jednotlivých řešení (viz Tabulka 3), které by měly pomoci k návrhu ideální varianty nového měřicího zařízení. Jednotlivá níže uvedená kritéria popisují důležité atributy, které je třeba zohlednit při posuzování výhodnosti jednotlivých variant. Tato kritéria byla definována jednak na základě znalostí a zkušeností dané tematiky a daného prostředí, zároveň korespondují s normou VDA 5, která popisuje důležité parametry ovlivňující výsledky měření pomocí Ishikawova diagramu (viz Obrázek 19). Ishikawův diagram zobrazený tvarem rybí kosti (viz 1.2) představuje zobrazení potenciálních příčin problému, kdy hlava této ryby reprezentuje posuzovaný problém (v tomto případě měřicí zařízení) a jednotlivé kosti jsou zástupci jednotlivých oblastí příčin problémů. Tyto příčiny jsou dále rozpadnuty na vedlejší kosti představující konkrétní příčinu. (26)



Obrázek 19 – Ishikawův diagram

Zdroj: (26), úprava autor

Barevná označení vyjadřují přednosti (zelená), nedostatky (červená), případně „průměr“ mezi výhodami a nevýhodami (oranžová). (26)

Tabulka 3 – Výhodnosti jednotlivých kritérií

Kritéria	Typ měření		
	Off-line	In-line	At-line
Cena + servis	●	●	●
Přesnost měření	●	●	●
Potřeba obsluhy	●	●	●
Délka měření (měřící kapacita)	●	●	●
Komplexnost programu	●	●	●
Negativní vlivy prostředí – teplota, otřesy, světelné podmínky	●	●	●
Využitelnost	●	●	●
Potřeba komparace	●	●	●
Aktuálnost výsledků	●	●	●

Vysvětlivky:

- Nejlepší hodnoty kritéria
- Střední hodnoty kritéria
- Nejhorší hodnoty kritéria

Zdroj: autor

3.2 Multikriteriální analýza hodnocení variant a Saatyho ohodnocení kritérií

Na základě přehledu výhodnosti jednotlivých kritérií bude vytvořena multikriteriální analýza (viz 1.2), která by měla jednoznačně ukázat na nejvýhodnější variantu pro navrhovaný nový systém měření. Metoda vícekritériálního rozhodování byla vybrána proto, že dokáže komplexně posoudit jednotlivá kritéria v souvislosti s použitou alternativou měření. Pro odhad váhy jednotlivých kritérií bude použita Saatyho metoda párového srovnávání (viz 1.2), která umožní zobrazit míru důležitosti jednotlivých kritérií pomocí číselné stupnice 1-9, kdy:

1 znamená rovnocennost porovnávaných kritérií

3 značí slabou preferenci

5 určuje silnou preferenci

7 označuje velmi silnou preferenci

9 definuje absolutní preferenci

V tomto konkrétním případě bude použito i mezistupňů (tedy 2,4,6 a 8). V případě menší důležitosti kritéria před druhým se použije převrácená hodnota výše uvedené hodnotící stupnice. Posuzovaná kritéria budou nakonec vzájemně porovnána pomocí Saatyho matice. (27)

V níže uvedených odstavcích budou postupně okomentována jednotlivá kritéria a dána do souvislosti s hodnocením (viz Tabulka 3). Každému kritériu bude přiřazeno číselné hodnocení pomocí hodnotící stupnice 1-5, kde číslo 1 bude označovat nejvýhodnější variantu, naopak číslo 5 bude přiřazeno nejméně výhodné variantě. (28)

3.2.1 Kritéria

a) Cena + servisní náklady

Cena a servisní náklady jednotlivých variant řešení je předmětem obchodního tajemství, proto nebude dále konkretizována, nicméně ikony uvedené v tabulce (viz Tabulka 3) poměrově vyjadřují reálné náklady na pořízení a provoz daného zařízení. Obecně lze konstatovat, že varianta In-line měření je nejlevnější variantou (hodnocení: 1), protože tento systém obsahuje pouze dva průmyslové roboty a skenovací systém obsahující 2x Leica a tracker. Systém RPS bodů (viz 2.1.1) je pevný, součástí výrobní linky. At-line varianta je principiálně shodná s In-line řešením, pouze RPS systém je nákladnější (hodnocení: 2) z důvodu nutnosti jeho přestavení v závislosti na měřené platformě (umožňuje tedy měření více variant podsestav (viz 1.8). Nejdražší variantou je Off-line měření (hodnocení: 5), které je narozdíl od předchozích variant založeno na principu SMS měřících strojů s kombinací optického a taktilního snímání (viz 2.1.3). Další významnou položkou je jednak sendvičová deska s rozvody stlačeného vzduchu pro přesun ustavovacích RPS prvků, zajišťující přesnou polohu měřené sestavy a dále pak upínací systém PRS prvků. Toto kritérium bude hodnocení jako nejdůležitější.

b) Přesnost měření

Přesnost měření vyjadřuje maximální možnou chybu měření „MPE“ vyjádřenou v [μm]. V tomto kritériu je jednoznačně nejlepší variantou Off-line měření s maximální chybou 75 μm u taktilního měření, respektive 20 μm (viz 2.1) v případě použití optické metody, (hodnocení: 1). In-line měření dosahuje až dvojnásobku chyby, tedy až 150 μm (hodnocení: 5). Měření v režimu At-line dosahuje hodnot přibližujícím se In-line variantě, z důvodu umístění v prostorách výroby a částečných negativních vlivů prostředí je proto hodnocení poníženo

(hodnocení: 2). I přesto, že přesnost může působit jako velmi důležitý faktor, její význam v tomto porovnání má relativně nízkou hodnotu, protože všechna zařízení dosahují velmi vysoké přesnosti. Navíc v případě In-line měření lze dosáhnout „umělého“ snížení nejistoty měření prostřednictvím většího vzorku opakujícího se měření, což definuje norma VDA 5. (25), (26)

c) Potřeba obsluhy

Off-line varianta měření na SMS podmiňuje potřebu obsluhy, která musí zabezpečit ustavení pohyblivých RPS systémů (viz 2.1.3), poté přemístění a vyrovnaní měřeného dílu na rozmístěný upínací systém, spuštění měřicího programu a následnou kontrolu a odeslání výsledků do SPL (viz 2.2.3), proto bylo zvoleno jako nejméně výhodné (hodnocení: 5). Oproti tomu obě zbývající varianty umožňují plně automatické bezobslužné řízení, kdy In-line měří všechny kusy vyráběné v dané výrobní lince, At-line je řízen automatickým programem, který na základě zvolené varianty podkompletů automaticky rozmístí ustavovací RPS systém. Výsledky jsou u obou variant (In-line a At-line) odesílány do SPL automaticky (hodnocení: 1). Z důvodu optimalizace nákladů (viz 1.5) bude potřeba obsluhy, tedy finančních zdrojů vynaložených na obsluhu zařízení, druhým nejvýše hodnoceným kritériem.

d) Délka měření (měřící kapacita)

Délka měřicího programu přímo souvisí s měřící kapacitou. To znamená, že čím déle trvá měření dílu, tím déle je měřící zařízení obsazeno a nemůže být použito pro další potřebná měření. V tomto ohledu je nejméně vhodná varianta Off-line měření, kdy je doba přípravy měření a měření samotné několikanásobně delší než u zbývajících variant (hodnocení: 5). Přesnou hodnotu nelze definovat kvůli specifikům ovlivňujícím použitelnost dotykového a optického měření v kombinaci s SMS. V případě zbývajících dvou typů měření je zdánlivě lepší varianta In-line. Zde je ovšem nutno vzít v potaz, že komplexnost měření je vyšší u At-line varianty. Kompletní měřicí program u In-line varianty se skládá z pěti dílčích částí. Při detailnějším prozkoumání, vychází délka měření obdobně, což vyplývá i ze shodného principu samotných měřících systémů. Zásadnější rozdíl je pouze v nutném přestavení RPS ustavovacích bodů, které mírně prodlužuje délku celého měřicího programu u At-line varianty. Proto byla pro In-line variantu zvoleno hodnocení: 1, zatímco pro At-line hodnocení: 2. Toto kritérium je relativně důležité, protože přímo ovlivňuje počet změřených dílů, tedy kapacitu měření.

e) Komplexnost programu

Komplexnost programu vypovídá o počtu změřených a vyhodnocených bodů. Zatímco u Off-line a At-line měření je podmíněno měření všech předepsaných PMP (viz 2.2.1) a je proto uzpůsoben i systém ustavovacích prvků (obě varianty hodnocení: 1), tak u varianty In-line toto možné není (hodnocení: 5). Toto měření je umístěno přímo ve výrobní lince, kdy není prostor pro časově náročnější ustavení RPS podpěr a některé PMP tak nejsou měřeny. I toto kritérium je relativně důležité, protože je nutné Off-line doměření nevyhodnocených PMP na vybraném vzorku produkce.

f) Negativní vlivy prostředí – teplota, otřesy, světelné podmínky

Okolní prostředí může mít negativní vliv na přesnost a spolehlivost měřicího systému. V případě Off-line měření jsou všechny tyto negativní vlivy eliminovány již ve fázi návrhu podoby měrového střediska a dále v technickém zadání měřicího zařízení (hodnocení: 1). In-line varianta má v tomto porovnání nejhorší postavení (hodnocení: 5), protože se musí přizpůsobit prostředí výrobní linky. I přesto, že je snaha o maximální možné potlačení negativních vlivů prostředí, prostřednictvím stavebních úprav, odstínění apod, dochází i tak k rušivým jevům v podobě teplotních výkyvů jak během jednoho dne, tak i během střídání ročních období. Obdobně není možné zcela vyloučit mírné otřesy způsobené pohybem dopravníkové techniky, manipulací s díly apod. Světelné podmínky jsou opět proměnlivé v průběhu dne, zároveň také může docházet k zábleskům od sváření, které probíhá na okolních pracovištích. U varianty At-line měření je hodnocení: 3, protože jde o kombinaci předchozích variant. Sice je zařízení umístěno ve výrobních prostorách, je ale umístěno mimo hlavní výrobní linku. Tudíž je možné pracoviště lépe stavebně ochránit a zabránit tak negativním vlivům prostředí. Důležitost tohoto kritéria je střední, protože okolní prostředí může mít poměrně důležitý vliv na prováděná měření. Nicméně vhodným plánováním a provedením lze tyto negativa minimalizovat na únosnou míru.

g) Využitelnost

Toto kritérium určuje diverzitu měřicího systému, tedy různorodost dílů, podskupin a karoserií, které je možné daným systémem měřit. Komplexním systémem je Off-line měření, kde je možné měřit jakýkoliv díl, podskupinu či karoserii (hodnocení: 1). In-line varianta umožňuje měření pouze jednoho typu podkompletu (viz 1.8), v případě kvasinského závodu UB-II a AB-IV v jakékoli modelové variantě (hodnocení: 5). At-line měření umožní díky přestavitelným RPS bodům měření více variant podskupin karoserie v jednom měřicím zařízení

(hodnocení: 3). Limitováno bude pouze možností a dopravníkového napojení jednotlivých linek na měřící buňku At-line. Toto kritérium bude hodnoceno jako relativně důležité, neboť vyjadřuje množství implementace měřených variant v jednom zařízení, čímž dojde ke snížení vytížení Off-line pracoviště. Snahou je tedy maximalizace měření co nejbližší výrobní lince.

h) Potřeba komparace

Norma VDA 5.1 definuje požadavek na nezbytnost komparačního měření v případě použití systémů At-line a In-line. Tedy potřebu ověření determinované přesnosti těchto systémů na Off-line SMS, které jsou brány jako nadřazený systém měřidla. To znamená definování počtu a samotné provádění komparačních měření na SMS, které validuje měření prováděná v At-line a In-line režimu. Ze dříve uvedených kritérií vyplývá větší potřeba validace In-line, proto hodnocení: 5, At-line měření ohodnocení: 3 z důvodu vyšší přesnosti měřidla a nižšího zatížení negativními vlivy prostředí. Měření Off-line komparační měření nevyžaduje (hodnocení: 1). Toto kritérium má poměrně nízkou důležitost v porovnání s ostatními, protože sice vyjadřuje potřebu provádění komparačních měření, nicméně z pohledu ubírání měřící kapacity Off-line jde o zanedbatelný počet prováděných komparací. Tato komparační měření jsou obsahem plánu měření (viz Tabulka 1).

i) Aktuálnost výsledků

Aktuálnost výsledků reprezentuje jednak rychlost přenesení naměřených dat do SPL a tím pádem i viditelnost výsledků pro zákazníky měření, zároveň také reflektuje umístění měřícího zařízení a reálnou aktuálnost výsledků. V případě provedení Off-line měření nejprve musí dojít k vyjmutí měřeného dílu z výrobní linky, dovezení na měrové středisko, provedení přípravy měření, změření, kontrolu výsledků a následné odeslání do systému SPL. V případě naměřené neshody, která vyžaduje zásah ve výrobním zařízení uběhne poměrně dlouhá doba. Za tuto dobu může být s obdobnou odchylkou vyrobeno více karoserií, které mohou vyžadovat repasní opravu, v extrémním případě i šrotaci. Obdobným problémem je i relativně nízká četnost měření dle stanoveného plánu měření. Proto je u Off-line varianty hodnocení: 5. At-line a In-line je v tomto kritériu mnohem pružnější díky svému umístění blízko, respektive přímo ve výrobní lince (hodnocení: 1). I když by se na první pohled mohlo zdát toto kritérium jako důležité, vzhledem k teoretickým rizikům vícenákladů za repase a šrotové díly, díky kombinaci měření s ostatními systémy kontroly kvality, jako je In-line měření na linkách UB-II a AB-IV, nastavení a kontrole lícování karoserií na lince finíše, průběžné kontroly auditem a pilotní halou, je toto riziko minimalizováno.

Níže uvedená tabulka (Tabulka 4) shrnuje předchozí ohodnocení jednotlivých variant měření v závislosti na posuzovaném kritériu. Vypočítaný průměr každého řádku pak bude použit k celkovému multikriteriálnímu vyhodnocení.

Tabulka 4 – Hodnocení variant dle kritérií

		Varianty			průměr
		Off-line	In-line	At-line	
Posuzovaná kritéria	Cena + servis	5	1	2	2,67
	Přesnost měření	1	5	2	2,67
	Potřeba obsluhy	5	1	1	2,33
	Délka měření	5	1	2	2,67
	Komplexnost programu	1	5	1	2,33
	Negativní vlivy prostředí	1	5	3	3,00
	Využitelnost	1	5	3	3,00
	Potřeba komparace	1	5	3	3,00
	Aktuálnost výsledků	5	1	1	2,33

Zdroj: Autor

3.2.2 Saatyho metoda párového srovnání

V kapitole 3.2.1 byla okomentována jednotlivá kritéria u všech posuzovaných variant řešení měřicího systému, včetně přiřazení hodnocení systémem hodnotící stupnice od jedné do pěti a definování důležitosti daného kritéria. Z těchto dat lze sestavit Saatyho matici, kde budou všechna posuzovaná kritéria uspořádána do řádků a sloupců. Tato kritéria budou na základě předchozích komentářů vzájemně párově porovnávána, včetně přiřazení hodnocení dle Saatyho hodnotící stupnice (viz 3.2). Na diagonále matice budou jedničky. Jelikož je při počtu kritérií $k > 3$ obtížně splnitelná konzistentnost hodnocení, bude pro výpočet vah kritérií použit vztah pro stanovení normalizovaného geometrického průměru řádků (dle vzorce **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). (29)

Geometrický průměr řádků Saatyho matice

$$G_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

(1)

Na základě vypočítaných normalizovaných geometrických průměrů pak budou vypočteny váhy jednotlivých kritérií (dle vzorce (2)).

$$v_i = \frac{G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (2)$$

Kde:

G_i normalizovaný geometrický průměr

s_{ij} prvek Saatyho matice

v_i váha kritéria

Zdroj: (29)

Výsledná Saatyho matice párového srovnávání pak bude vypadat následovně (viz Tabulka 5).

Tabulka 5 – Saatyho matice

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	Geometrický průměr (G_i)	Váha (v_i)
K1	1	9	2,00	3,00	5,00	7,00	6,00	8,00	4,00	4,15	0,35
K2	0,11	1	0,20	0,33	0,50	0,50	0,50	1,00	0,33	0,41	0,03
K3	0,50	5,00	1	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	2,00	2,24	0,19
K4	0,33	3,00	0,50	1	2,00	2,00	3,00	3,00	1,00	1,38	0,12
K5	0,20	2,00	0,33	0,50	1	2,00	1,00	2,00	1,00	0,86	0,07
K6	0,14	2,00	0,25	0,50	0,50	1	1,00	1,00	0,50	0,59	0,05
K7	0,17	2,00	0,33	0,33	1,00	1,00	1	2,00	0,50	0,69	0,06
K8	0,13	1,00	0,25	0,33	0,50	1,00	0,50	1	0,50	0,48	0,04
K9	0,25	3,00	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1	1,13	0,09

Zdroj: Autor

Použité hodnocení kritérií v Saatyho matici bude popsáno níže pomocí vysvětlení zadaných hodnot několika prvků prvního řádku (zvýrazněny v Tabulka 6), ostatní prvky byly hodnoceny obdobným principem.

Tabulka 6 – Saatyho matice (výpočet prvků)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	Geometrický průměr (G_i)	Váha (v_i)
K1	1	9	2,00	3,00	5,00	7,00	6,00	8,00	4,00	4,15	0,35
K2	0,11	1	0,20	0,33	0,50	0,50	0,50	1,00	0,33	0,41	0,03
K3	0,50	5,00	1	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	2,00	2,24	0,19
K4	0,33	3,00	0,50	1	2,00	2,00	3,00	3,00	1,00	1,38	0,12

Zdroj: Autor

Posuzované kritérium K1 (Cena + servisní náklady) jsou absolutně preferovány před kritériem K2 (Přesnost měření), proto bude tomuto prvku přiřazena hodnota 9 dle Saatyho škály preferencí. Prvek symetrický dle hlavní diagonály bude mít převrácenou hodnotu, tedy 1/9, v Saatyho matici vyjádřeno vypočtenou hodnotou 0,11. Posuzované kritérium K1

(Cena + servisní náklady) je slabě preferováno před kritériem K4 (Délka měření), proto má tento prvek hodnotu 3, prvek symetrický dle hlavní diagonály obdrží hodnotu 1/3.

Normalizovaný geometrický průměr G_i prvního řádku (vypočtený dle **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) je vypočten jako devátá odmocnina (9 kritérií) součinu jednotlivých prvků prvního řádku, tedy následovně (viz (3)):

$$G_1 = \sqrt[9]{1 \cdot 9 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 4} = 4,15 \quad (3)$$

Váha kritéria K1, tedy ceny a servisních nákladů v_1 je vypočtena (dle (2)) jako poměr geometrického průměru kritéria K1 k sumě všech geometrických kritérií, tedy (viz (4)):

$$v_1 = \frac{4,15}{4,15 + 0,41 + 2,24 + 1,38 + 0,86 + 0,59 + 0,69 + 0,48 + 1,13} = 0,35 \quad (4)$$

Celkové vyhodnocení multikriteriální analýzy vyplyne z následující tabulky hodnocení jednotlivých variant (viz Tabulka 7), která obsahuje vypočítané váhy jednotlivých kritérií (z Tabulka 5), hodnocení jednotlivých variant měření v závislosti na posuzovaných kritériích (z Tabulka 4) a výpočet jednotlivého dílčího ohodnocení variant vzhledem k příslušnému kritériu U1-U9. Tedy například v případě výpočtu sloupce U1 u kritéria Cena + servis jde o poměr hodnot 5/ 2,67; 1/ 2,67 a 2/ 2,67.

Souhrnné hodnocení SH pak vyjadřuje výsledek analýzy, kdy jako optimální vychází měření v režimu At-line se souhrnným hodnocením 0,67.

Tabulka 7 – Celkové ohodnocení variant měření

	Cena + servis		Přesnost měření		Potřeba obsluhy		Délka měření		Komplexnost programu		Negativní vlivy prostředí		Využitelnost		Potřeba komparace		Aktuálnost výsledků		SOUHRNNÉ HODNOCENÍ
Váha	0,35	U1	0,03	U2	0,19	U3	0,12	U4	0,07	U5	0,05	U6	0,06	U7	0,04	U8	0,09	U9	SH
Off-line	5	2	1	0,4	5	2,1	5	1,9	1	0,4	1	0,3	1	0,3	1	0,3	5	2,1	1,57
In-line	1	0,4	5	1,9	1	0,4	1	0,4	5	2,1	5	1,7	5	1,7	5	1,7	1	0,4	0,76
At-line	2	0,8	2	0,8	1	0,4	2	0,8	1	0,4	3	1	3	1	3	1	1	0,4	0,67

Zdroj: Autor

4 ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ

Z předchozí kapitoly (viz 3.2) vzešla jako optimální varianta nového typu měřicího zařízení měřicí buňka pracující v režimu At-line. Toto řešení je platné v době vypracování této práce, za podmínek okomentovaných v analyzační části práce. Při jakémkoli následném posuzování je třeba vzít v úvahu řadu faktorů a celou analýzu provést od začátku s aktuálně platnými daty. V následující části práce **budou rozebrána jednotlivá hlediska a posouzen vliv na potenciální změnu výsledku**. Rovněž budou okomentovány **výhody plynoucí z nasazení nového měřicího zařízení**. A nakonec budou zváženy **možnosti pořízení At-line v aktuálním prostředí ŠA**.

4.1 Vlivy na změnu výsledků analýzy

Jednotlivá kritéria, která byla použita pro vyhodnocení multikriteriální analýzy (viz 3.2) se mohou v průběhu času měnit a výrazným způsobem ovlivnit výsledek analýzy. Proto, jak již bylo zmíněno v úvodu této kapitoly, je nezbytné analýzu kompletně přepracovat při každém novém posuzování možnosti implementace nového typu měření. Jednou z možností je provést nové hodnocení kritérií a s ním spojené výpočty a výsledky analýzy, druhou možností, která je adekvátnější, je vytvoření zcela nové analýzy včetně kompletní redefinice kritérií. Což znamená, že kritéria použitá v této konkrétní analýze nemohou sloužit jako vždy použitelné a jednoznačné dogma, ale je zapotřebí je nadefinovat znovu, dle aktuálních potřeb a okolností. V tomto konkrétním případě budou níže zhodnoceny vlivy na aktuálně použitých kritériích. Pro druhou alternativu, tedy kompletní redefinici kritérií může být znovu použit diagram příčin a následků neboli Ishikawův diagram rybí kosti (viz Obrázek 19), který definuje možné vstupy mající vliv na výsledky měření a jež byl i základním vstupem pro tuto konkrétní analýzu. (26)

a) **Cena + servisní náklady**

Cena a servisní náklady jsou v této analýze považovány za nejdůležitější kritérium. V prostředí velkoobjemového segmentu výroby automobilů, kde je neustálý tlak na veškeré nákladové položky bude toto kritérium vždy na předních místech z pohledu důležitosti. Samotná cena jednotlivých variant měřicího zařízení se však může poměrně dramaticky lišit, a to nejen z důvodů inovací měřicí techniky, obchodních podmínek, ale třeba i z důvodů ryze praktických, kdy je jakákoliv nová instalace posuzována v závislosti na místních podmínkách. To znamená, že ne vždy je potřeba investovat do kompletního nového měřicího zařízení, ale často je možné

využití synergických efektů v podobě integrace zařízení do stávajících linek, měřících hal apod. Z těchto důvodů bude nutné opětovné posouzení tohoto kritéria a nové stanovení váhy.

b) Přesnost měření

V případě posuzování stávajících měřících zařízení bylo toto kritérium posouzeno nejméně důležité. Nicméně hodnocení bylo založeno na přesnosti zařízení, která jsou v současné době ve ŠA buď instalována, nebo potenciálně poptávána. Tato přesnost je na současně vyráběných modelech karoserií plně dostačující a je i předpokladatelné, že bude dostatečná i na modelech budoucích. V budoucnu ovšem mohou nastat situace, kdy se v rámci vytížení kapacit, případně využití integrovaného měření, budou vyhodnocovat i jiné díly, než jsou části karoserie, které budou vyžadovat přesnost vyšší, případně nižší, než je nyní požadovaná. V tomto kontextu pak bude nutné korigovat jak důležitost, tak i vzájemné porovnání tohoto kritéria s ostatními.

c) Potřeba obsluhy

Potřeba obsluhy svojí vahou koreluje s prvním posuzovaným kritériem, tedy s cenou a servisními náklady, neboť se v případě automotive v České republice personální náklady spojené s obsluhou přesného měřícího zařízení dostávají na částky atakující hranici jednoho milionu korun ročně. Tyto náklady jsou posuzovány jako neproduktivní, protože se nepodílejí na vyrobených objemech závodu. Obdobně jako jiné náklady, jsou i tyto položky pravidelně přezkoumávány a hledány cesty, jak uspořit například prostřednictvím automatizace. V tomto kontextu pak bude možný jiný přístup v závislosti na destinaci závodu a výši odměn obsluhy zařízení, ekonomickém stavu společnosti apod.

d) Délka měření (měřící kapacita)

Délkou měření, respektive rychlostí, jakou je schopno měřící zařízení daný díl změřit přímo ovlivňuje i měřící kapacitu měřícího střediska (viz 3.2.1d). Tato měřící kapacita je obvykle dimenzována na základě definovaného minimálního množství změřených dílů, jejichž prostřednictvím lze jednak sledovat stabilitu procesu, a zároveň bezpečně řídit kvalitu, respektive rozměrovost produkce. Tato kapacita bude ovlivněna nejen výrobní kapacitou konkrétního závodu, ale i počtem vyráběných typů karoserií a dílů. Dalším vlivem může být i kvalita/ rozměrová stabilita vstupujících dílů, kvalita výrobního zařízení a procento robotizace, jež se bude výraznou měrou podílet na stabilitě rozměrovosti vyráběných karoserií. Tyto a další aspekty budou opět ovlivňovat váhu daného kritéria.

e) **Komplexnost programu**

Realizovatelnost měření dílů ve všech předem definovaných partiích umožňuje změření jednoho konkrétního dílu jedním měřicím zařízením. Neumožňuje-li konstrukce měřicího zařízení toto kompletní měření provádět, jsou ubírány kapacity měrového střediska doplňkovým měřením. Změnou geometrie dílu, přizpůsobením konstrukce měřicího zařízení, případně redefinicí měřících bodů lze tato omezení do jisté míry eliminovat. Proto bude vždy záležet na těchto zmiňovaných aspektech, kdy úpravou každého z nich nabude kritérium jiné váhy, čímž může být ovlivněn i celkový výsledek analýzy.

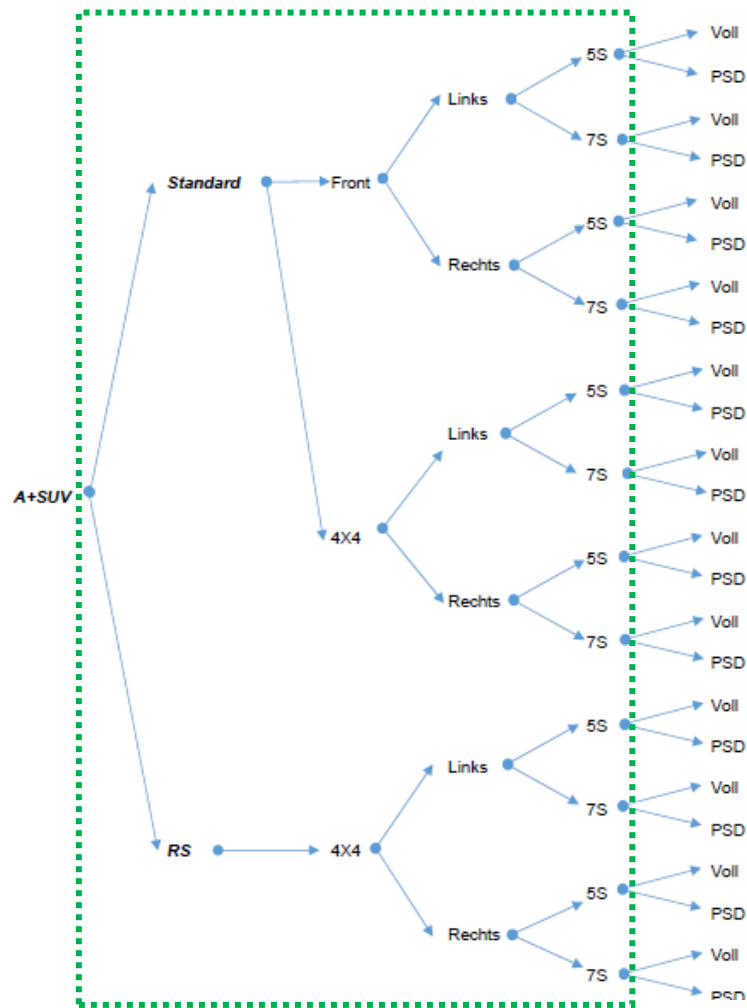
f) **Negativní vlivy prostředí**

Negativní vlivy prostředí ovlivňují kvalitu měření, a tedy i požadovanou přesnost. Míra negativních klimatických jevů (teplota, vlhkost, světelné podmínky atd.) bude záviset na destinaci závodu, možnosti a schopnosti interně potlačit negativní působení těchto jevů prostřednictvím vytápění, respektive chlazení okolního prostředí, zastínění apod. Dalšími negativními vlivy jsou jevy způsobené samotným výrobním zařízením. Opět bude velmi záležet na možnostech tyto negativní vlivy potlačit. Míra těchto vlivů a možnost jejich ovlivnění bude úzce souviset s cenou nejenom měřicího zařízení, ale i samotných výrobních prostor a zařízení. Toto kritérium tedy bude muset být posuzováno na základě konkrétních specifik daného výrobního závodu.

g) **Využitelnost**

Využitelnost reprezentující schopnost daného měřicího zařízení změřit různé typy a modelové varianty karoserií, svařených skupin a dílů úzce souvisí s výrobním rozsahem daného závodu, tedy komplexitou (viz Obrázek 20). Níže uvedený obrázek demonstruje počet podvozkových variant jednoho modelu (zeleně orámováno) rozšířený na dvojnásobek karoserií v závislosti na variantě s plnou střechou, respektive střešním oknem. Všechny tyto varianty je nutné zahrnout do měřících plánů kvůli ověření rozměrovosti. Kromě těchto podvozkových skupin a karoserií je nutné do tohoto výčtu zahrnout i jednotlivé podskupiny a související díly.

Zmiňovaný výrobní rozsah a komplexita vyráběných modelů ovlivní využitelnost měřicího zařízení, a tedy i váhu daného kritéria.



Obrázek 20 – Komplexita

Zdroj: Interní materiály ŠA

h) Potřeba komparace

Komparační měření související se systémy In-line a At-line mají v této analýze velmi nízkou váhu. Se stoupajícím počtem zejména In-line měřících zařízení a menší kapacitou Off-line měřících zařízení však bude toto kritérium nabývat na váze. Se zvyšujícím se počtem In-line měřících buněk se bude navyšovat i potřeba komparačních měření v Off-line měřících stanovištích. Bude-li tedy poddimenzovaná kapacita Off-line měřící techniky, bude tím negativně ovlivněna i její kapacita, tedy i prostor pro další měření v Off-line režimu, čímž se zvýší důležitost daného kritéria oproti ostatním.

i) Aktuálnost výsledků

Aktuálnost výsledků, tedy rychlost, jakou se dostane výsledek měření k uživatelům souvisí s počtem prováděných měření, použitým systémem měření, metodikou odesílání výsledků do systému SPL a celkovým systémem nastavení kontroly kvality. V aktuální analýze je toto kritérium relativně významné. V závislosti na výše uvedených aspektech toto kritérium může oscilovat k vyšším i nižším hodnotám, tedy mít vliv na konečný výsledek analýzy.

4.2 Možnost pořízení nového typu měřícího zařízení

Aktuálně prováděný rozsah měření, množství a diverzita měřících systémů v Kvasinské Škodovce je na velmi dobré úrovni ve srovnání s ostatními koncernovými značkami. V případě pořízení nového zařízení typu At-line by se jednalo o řádově vyšší statisíce až menší jednotky milionů Euro.

Jakákoli investice ve Škoda Auto podléhá přísným pravidlům pro schválení. V případě doplnění stávajícího systému měření o nový typ měřícího zařízení by se jednalo pouze o investici, přičemž by nedošlo k vyčíslitelným přínosům prostřednictvím zvýšení kvality/rozměrovosti a tím i potenciálnímu snížení interních, případně externích reklamací a tím pádem i snížení vynaložených prostředků na jejich řešení, protože stávající systém zabezpečení kvality je dostatečně robustní.

V tomto případě je možnou alternativou vyřazení dosluhujícího zařízení a jeho nahrazení navrhovaným měřícím zařízením pracujícím v režimu At-line. Kvasinské Off-line měřové středisko v je současné době osazeno relativně novými měřícími stroji DEA BRAVO, které budou ještě několik dalších let spolehlivě sloužit svému účelu. Jediné zařízení, které by tedy připadalo v úvahu je měřící zařízení Wenzel pracující rovněž v režimu Off-line, které sice splňuje potřebné požadavky na přesnost, ale v rychlosti měření je výrazně pomalejší než o generaci novější stroje DEA BRAVO. V porovnání s robotickými měřícími systémy jde o další výrazný skok co do rychlosti i přesnosti měření ve prospěch robotických systémů měření. Díky morálnímu i fyzickému stárnutí zařízení se i náklady vynaložené na servis neustále zvyšují. Dalším negativem je i riziko nedostupnosti náhradních dílů potřebných pro případné opravy, které se na tyto starší stroje už nemusí vyrábět.

Pro možnost posouzení vyřazení stávajícího dosluhujícího měřícího zařízení Wenzel (Off-line režim) lze použít výpočet pro vyřazení tohoto stroje z důvodu morálního opotřebení. Zjištění, jestli je výhodné tento stroj vyřadit, bude porovnáno s alternativou pořízení navrhovaného

nového měřicího zařízení v režimu At-line. Bude tedy vypočtena zůstatková hodnota (viz (5)) starého Off-line zařízení Wenzel a porovnávány ztráty (viz (6) a úspory (viz(7)) plynoucí z nasazení nového měřicího zařízení.

Níže uvedené hodnoty pro obě měřicí zařízení jsou pouze kvalifikované odhady, principiálně se však nebudou zásadně lišit od skutečných hodnot.

Vstupní data:

Off-line (dosluhující měřicí zařízení Wenzel):

Pořizovací cena $PC_1 = 20\,000\,000$ Kč

Roční provozní náklady $N_1 = \text{obsluha} + \text{servis} = 3\,000\,000 + 100\,000 = 3\,100\,000$ Kč

- Náklady na obsluhu viz 4.1c), tedy cca 1 000 000 Kč/ pracovník x 3 směny, tedy 3 000 000 Kč.

Ekonomická životnost $T_e = 15$ let

Fyzická životnost $T_f = 20$ let

Kapacita měření $V_1 = 6$ měření/ den $\rightarrow V_1 = 1\,500$ měření/ rok

- Uvažován 3 směnný provoz tzn. cca 250 pracovních dní za rok.
- Kapacita měřicího zařízení odhadnuta z přehledu doby měření z kapitoly 2.2, přičemž byl uvažován program pro AB-IV a zohledněna menší rychlost měření staršího zařízení Wenzel oproti novějším zařízením DEA BRAVO.

At-line (nově navrhované měřicí zařízení):

Pořizovací cena $PC_2 = 25\,000\,000$ Kč

Roční provozní náklady $N_2 = \text{obsluha} + \text{servis} = 0 + 100\,000 = 100\,000$ Kč

- Zařízení bude koncipováno jako bezobslužné viz 4.1c), proto nejsou započítány náklady na obsluhu.
- servisní náklady jsou u obou variant zvoleny ve výši 100 000 Kč, i když se dá předpokládat, že u staršího zařízení bude tato částka vyšší.

Kapacita měření $V_2 = 50$ měření/ den $\rightarrow V_2 = 12\,500$ měření/ rok

- Shodně s variantou Off-line měření na zařízení Wenzel, i zde uvažován 3 směnný provoz tzn. cca 250 pracovních dní za rok.
- Kapacita měřicího zařízení odpovídá rychlosti optického měřicího zařízení, kdy program pro měření karoserie ve stavu AB-IV zabere cca 20 minut, tzn. teoreticky 72 měření za 24 hodin. Redukce na 50 měření vyplývá z časové prodlevy na přesun karoserie dopravníkem do měřicího zařízení, automatické přestavení RPS atd.

Výpočet:

Zůstatková hodnota starého zařízení:

$$ZH = PC_1 - \left(T_e \cdot \frac{PC_1}{T_f} \right) = 20\,000\,000 - \left(15 \cdot \frac{20\,000\,000}{20} \right) = 5\,000\,000 \text{ Kč} \quad (5)$$

Ztráty:

$$Z = (PC_2 - PC_1) + ZH = (25\,000\,000 - 20\,000\,000) + 5\,000\,000 = 10\,000\,000 \text{ Kč} \quad (6)$$

Úspory:

$$\begin{aligned} \dot{U} &= (T_f - T_e) \cdot \left(N_1 - N_2 \cdot \frac{V_1}{V_2} \right) = (20 - 15) \cdot \left(3\,100\,000 - 100\,000 \cdot \frac{1\,500}{12\,500} \right) \\ &= 15\,440\,000 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (7)$$

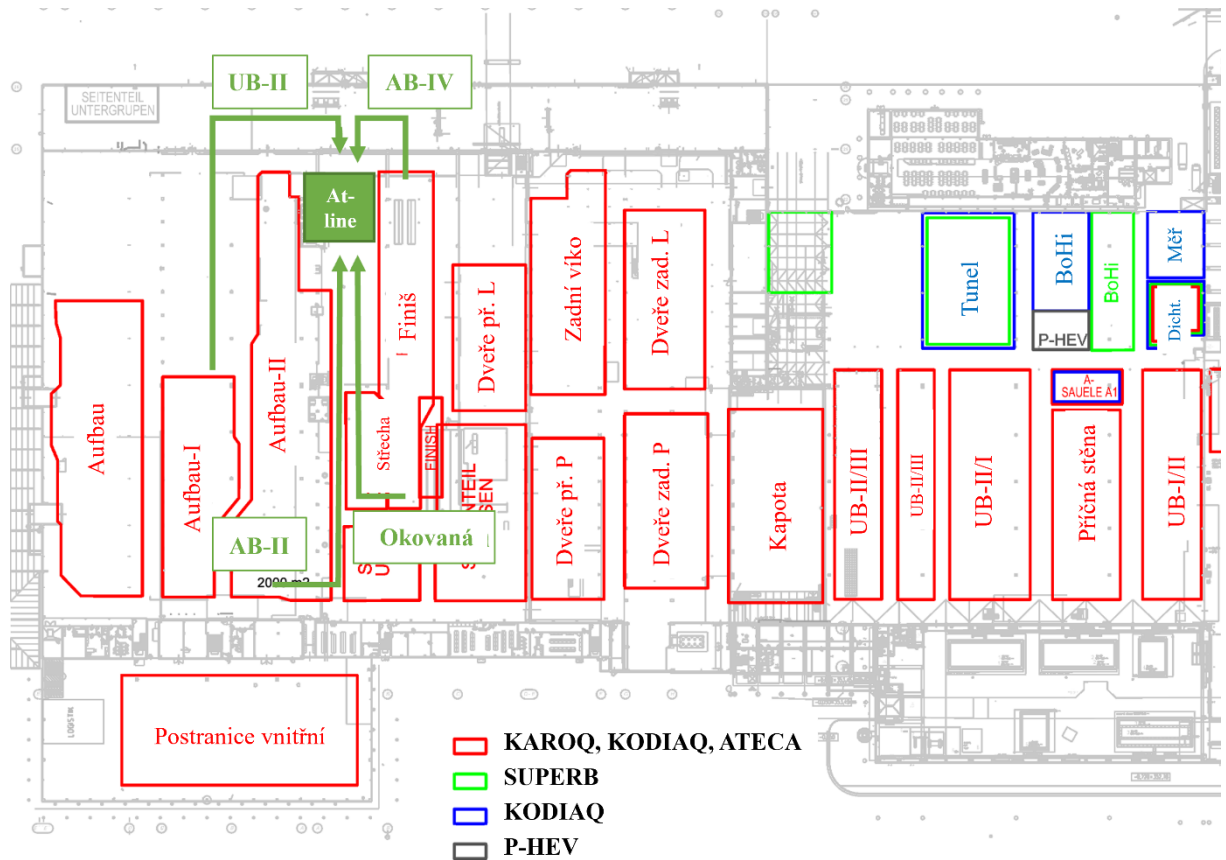
Z uvedeného výpočtu vyplývá, že ztráty z vyřazení starého dosluhujícího Off-line měřicího zařízení Wenzel činí 10 milionů Kč, oproti tomu však dojde k úsporám ve výši 15 440 000 Kč. Výsledkem je tedy jasná volba v nasazení nového typu měřicího zařízení pracujícím v režimu At-line s vyčíslitelným přínosem ve výši zhruba 5,5 milionů Kč.

4.3 Výhody z nasazení nového typu měřicího zařízení

Výhodnost plynoucí z nasazení nového zařízení bude vycházet jednak z kritérií použitých v této práci, zároveň i z technického zadání, jež musí reflektovat závěry analýzy, aby maximálně využilo potenciál tohoto systému. Jednoznačným kritériem je úspora plynoucí z vyřazení starého zařízení nahrazeným novým At-line měřicím zařízením (viz 4.2). Dalšími objektivními výhodami nasazení At-line měřicího zařízení by mohlo být:

- Uvolnění kapacity Off-line měření pro korelace In-line a At-line systémů, rozměrové analýzy odborných útvarů, zvýšené četnosti požadavků na měření v době náběhu nového modelu apod.
- Rychlejší reakce na rozměrové odchylky díky umístění měřicí buňky blíže výrobní lince, kdy budou karoserie změřeny ihned po vyřazení z toku linky. Odpadá tedy ruční převoz z linky do haly měrového střediska a případná fronta měření s vyšší prioritou.
- Rychlejší možnost provedení korekce zařízení díky rychlejšímu přenosu změřených dat do systému SPL.
- Možnost implementace zkrácených měřících programů, které umožní měření pouze definované části programu v závislosti na potřebě rozměrové analýzy problému.
- Úspory plynoucí ze servisních nákladů, kdy je očekávatelné, že se zvyšujícím se stářím zařízení bude docházet i k větší nutnosti zařízení opravovat.
- Potenciál personálních úspor v Off-line měření, tedy i nákladů na obsluhu zařízení, protože At-line stanoviště musí být plánováno jako bezobslužné.
- Možnost zvýšení komplexity měření oproti měření v In-line režimu. V tomto případě by bylo vhodné zanalyzovat nejvýhodnější umístění měřicí buňky tak, aby bylo možné její napojení na dopravníkovou techniku z více linek, tedy aby bylo možné bezobslužné měření více podskupin a typů karoserií.

- Příklad možného umístění a napojení linek ve svařovně A znázorněn na níže uvedeném obrázku (viz Obrázek 21).



Obrázek 21 – Umístění At-line, svařovna A

Zdroj: Interní materiály ŠA, úprava autor

- Navrhované umístění umožňující měření podkompletů UB-II, AB-I, AB-II, AB-IV a finální okované karoserie umožní maximalizovat rozsah nejdéších měřících programů (viz Tabulka 1), čímž dojde jednak k výrazné úspoře měřící kapacity v režimu Off-line zmiňované výše, výraznou měrou ale budou v měření zastoupeny hlavní podskupiny a finální karoserie, čímž dojde ke zcela zásadnímu zrobustnění kontroly kvality prostřednictvím sledování stability rozměrovosti vyráběných karoserií.

5 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá systémem zabezpečení kvality sériově vyráběných karoserií v kvasinském závodě ŠKODA AUTO se zaměřením na geometrickou rozměrovost a stabilitu výroby. V první části byl popsán systém zabezpečení kvality a jeho přímá návaznost na management kvality založený na normách ISO řady 9000. Dále byl popsán proces vzniku karoserií a zanalyzováno kvalitativní zabezpečení jejich rozměrovosti prostřednictvím prováděného měření v různých měřicích režimech. Hlavním cílem této práce bylo **navržení implementace nového měřicího zařízení do sériové výroby**, specifikace režimu měření a posouzení výhod plynoucích z jeho nasazení. Na základě provedené analýzy současného stavu zabezpečení kvality rozměrovosti, definice stávajících výhod a nedostatků nastaveného systému, byla provedena multikriteriální analýza s využitím Saatyho metody párového porovnání kritérií. Z této analýzy vyšlo nejlépe měřicí zařízení pracující v režimu At-line s hodnotou 0,67. Zbývající dvě posuzované metody měření dosáhly hodnot 0,76 pro In-line variantu a 1,57 pro Off-line variantu.

Pro reálnou možnost investice do nového zařízení byl proveden výpočet zohledňující alternativu vyřazení stávajícího, morálně zastaralého Off-line měřicího zařízení Wenzel, měřicím systémem pracujícím v režimu At-line. Přičemž tato varianta pořízení nového měřicího zařízení vyšla jako výhodná.

Pro maximální využití výhod At-line měřicího zařízení bylo doporučeno dopravníkové napojení na stávající výrobní linky, plně automatický bezobslužný režim měření a navrženo umístění měřicí buňky umožňující měření až čtyřech různých fází rozpracovanosti karoserií a finálního výrobku opouštějícího svařovnu, tedy karoserie okované. Tímto krokem dojde ke zvýšení robustnosti systému kontroly kvality a rozměrovosti karoserií s pozitivním dopadem na funkční a optickou kvalitu a tím pádem i celkovou zákaznickou spokojenost. Zvýšením zákaznické spokojenosti budou minimalizována rizika interních i externích reklamací, což v konečném důsledku představuje minimalizaci nákladů spojených jednak s vícepracemi ve výrobním závodě, ale také náklady vynaloženými na reklamace externích zákazníků.

6 BIBLIOGRAFIE

- [1] ČSN EN ISO 9001: Systémy managementu kvality – Požadavky. 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [2] NENADÁL, Jaroslav. Moderní systémy řízení jakosti: quality management. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press, 2002. ISBN 80-726-1071-6.
- [3] Diagram příčin a následků. In: Wikipedie: Otevřená encyklopedie. [online]. Wikipedie: Otevřená encyklopedie.: Wikipedie: Otevřená encyklopedie., 2022 [cit. 2023-04-22]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Diagram_p%C5%99%C3%AD%C4%8Din_a_n%C3%A1sledk%C5%AF&oldid=21779395
- [4] HALUZA, Miroslav a Jan MACHÁČEK. Využití multikriteriální analýzy [online]. Brno: VUT, 2011 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/7651-vyuziti-multikriterialni-analyzy-mca-pro-hodnoceni-inteligentnich-elektroinstalaci#:~:text=Multikriteri%C3%A1ln%C3%AD%20anal%C3%BDza%20se%20za b%C3%BDv%C3%A1%20hodnocen%C3%ADm%20mo%C5%BE n%C3%BDch%20alternat iv%20podle,rozhodov%C3%A1n%C3%AD%20pot%C3%A9%20%C5%99e%C5%A1%C3%AD%20konflikty%20mezi%20vz%C3%A1jemn%C4%9B%20protikladn%C3%BDmi%20krit%C3%A9rii.>
- [5] Politika ŠKODA AUTO. In: Wwww.skoda-auto.cz [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2020 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: https://www.skoda-auto.cz/_doc/97cb62c1-62ce-4255-b451-2ce019af83fc
- [6] Systémy řízení kvality a audity systému. 2019. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2019.
- [7] Norma pro systém kvality v automobilovém průmyslu: IATF 16949:2016. 1. Michigan: AIAG, 2016. ISBN 978-80-02-02699-0.
- [8] Jak se vyznat v příručkách VDA a nač slouží. In: Certifikace manažerských systémů [online]. Brno: CeMS, 2020 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.cems-cz.com/blog/332-jak-se-vyznat-v-priruckach-vda-a-nac-slouzi>
- [9] Cíle kvality. V.1. Kvasiny: ŠKODA AUTO, 2023.

- [10] Logistika Škodovky zavádí další novinky. In: Ekonom Logistika [online]. Praha: Economia, 2016 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://logistika.ekonom.cz/c1-65424400-logistika-skodovky-zavadi-dalsi-novinky-chytre-rukavice-a-automaticke-tahace-s-laserovou-navigaci-video>
- [11] Elektrické vysokozdvížné vozíky. In: Still.cz [online]. Praha: STILL ČR, 2023 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.still.cz/voziky/nove-voziky/elektricke-vysokozdvizne-voziky.html>
- [12] NAYYERI, Pooyan. LinkedIn: Materials for Automotive Body and Chassis Structure. In: LinkedIn.com [online]. Sunnyvale, CA: LinkedIn Corporation, 2015 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/materials-automotive-body-chassis-structure-pooyan-nayyeri>
- [13] ŠKODA AUTO. In: Wikipedie [online]. Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Creative Commons, 2023 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0koda_Auto
- [14] PILVOUSEK, Tomáš. Lepení ve výrobě karoserie. In: MM Průmyslové spektrum [online]. Praha: MM Průmyslové spektrum, 2017 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/lepeni-ve-vyrobe-karoserie>
- [15] Hloubka výroby. 2022. Kvasiny: ŠKODA AUTO, 2022.
- [16] Proces stanovení RPS systému. 2019. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2019.
- [17] Referenz Punkt Systematik (RPS). 01055. Wolfsburg: Volkswagen, 2017.
- [18] Bravo HP. In: Hexagon.com [online]. Stockholm: Hexagon AB, 2022 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://hexagon.com/cs/products/bravo-hp>
- [19] Uživatelská příručka Bravo HA. 2019. Stockholm: Hexagon AB, 2019.
- [20] JEHLIČKA, Martin. S přesností mikronu. In: Www.skoda-auto.cz [online]. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2022 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.skoda-kariera.cz/blog/s-presnosti-mikronu>
- [21] CMS 106 & CMS 108: Laser line scanners brochure. 2011. Germany: Hexagon AB, 2011.

- [22] Technický standard pro plánování měrových středisek. V.1. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2021.
- [23] Offline 3D měření v oblasti výroby vozů. 2021. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO, 2021.
- [24] Koncernový standardní katalog geometrie celého vozu. 2017. Wolfsburg: Volkswagen, 2017.
- [25] Inline-měřicí technika pro zpětné sledování ve stavbě karoserií: dodatek k příručce VDA 5, Vhodnost kontrolních procesů. Praha: Česká společnost pro jakost, 2013. Management jakosti v automobilovém průmyslu. ISBN 978-80-02-02476-7.
- [26] Procesy měření a zkoušení: vhodnost, plánování a management. 3., přepracované vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2021. Management kvality v automobilovém průmyslu. ISBN 978-80-02-02983-0.
- [27] FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. Vícekriteriální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-707-9748-7.
- [28] BULÍČEK, Josef. Analýza a optimalizace dopravních systémů. 2022. Pardubice: UPCE, 2022.
- [29] SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA. Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů. Brno: Computer Press, 2009. Praxe manažera (Computer Press). ISBN ISBN978-80-251-2563-2.