



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VÝROBNÍHO PROCESU ESKALÁTORŮ/VÝTAHŮ

IMPROVING THE QUALITY OF THE ESCALATORS/ELEVATORS PRODUCTION PROCESS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vendula Vejtasová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

BRNO 2020



# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	<b>Vendula Vejtasová</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Zlepšování kvality výrobního procesu eskalátorů/výtahů

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro středně velké a velké strojírenské podniky je pro udržení konkurenceschopné výroby přínosné zavést a udržovat systém managementu kvality. Mezi jedny ze základních nástrojů preventivního zabezpečování kvality patří například vývojový diagram, kontrolní plán nebo FMEA. Dalším významným prvkem managementu kvality je monitoring nákladů spojených s nekvalitou, identifikace příležitostí a návrhy preventivních opatření pro jejich snižování.

### Cíle bakalářské práce:

- Provést analýzu výrobního procesu eskalátorů/výtahů.
- Definovat cíle jakosti/kvality u tohoto výrobního procesu.
- Systémový rozbor řešené problematiky.
- Výběr vhodné metody/nástroje.
- Navrhnout aplikaci vybrané metody/nástroje.
- Analyzovat přínos vybrané metody.
- Vlastní závěry a/nebo doporučení.

### Seznam doporučené literatury:

TOŠENOVSKÝ, Josef a Darja NOSKIEVIČOVÁ. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-722-5040-X.

ČSN EN ISO 9000. Systémy managementu kvality: Základní principy a slovník. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.

ČSN EN ISO 9001. Systémy managementu kvality: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.

ČSN EN ISO 9004. Management kvality: Kvalita organizace - Návod k dosažení udržitelného úspěchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.

ČSN ISO 10014. Management kvality: Směrnice pro dosahování finančních a ekonomických přínosů. Praha: Český normalizační institut, 2007.

Infozdroje.cz. Infozdroje.cz [online]. Praha: Albertina icome Praha s.r.o., 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: [www.infozdroje.cz](http://www.infozdroje.cz)

ČSN online [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá procesem výroby eskalátorů a pohyblivých chodníků. Zaměřuje se především na způsobilost procesu, jeho hodnocení a na aplikaci statistických nástrojů v podobě indexů způsobilosti, regulačních diagramů a PPM. Poznatky z oblasti teorie jsou aplikovány na konkrétní technologický postup a jeho kritickou charakteristiku. Výsledkem práce je vyhodnocení správnosti použití statistických nástrojů a návrh na zlepšení.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the process of manufacturing of escalators and moving sidewalks. It focuses on the eligibility of the process, its evaluation and application of selected statistical tools in the form of capability indexes, control charts and PPM. Theoretical knowledges are applied to a specific technological process and its critical characteristic. The result of the work is an evaluation of the proper application of statistical methods and proposals on how to improve them.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Eskalátor, indexy způsobilosti, regulace procesu, regulační diagramy.

## **KEYWORDS**

Escalator, competency indices, process control, control charts.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VEJTASOVÁ, Vendula. *Zlepšování kvality výrobního procesu eskalátorů/výtahů* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125584>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. 59 s., Vedoucí práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za jeho rady a cenné připomínky. Dále bych chtěla poděkovat společnosti Otis a.s. za poskytnutí materiálů a informací pro zpracování této závěrečné práce. Poděkování také patří mé rodině a mému příteli za jejich nepřetržitou podporu během doby mého studia.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Blechy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26.6.2020

.....  
Vejtasová Vendula





# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI</b> .....	<b>17</b>
2.1	Základní údaje o společnosti.....	17
2.2	Historie společnosti.....	17
2.3	Charakteristika společnosti .....	17
2.4	Výrobní divize v Břeclavi.....	18
<b>3</b>	<b>POPIS VÝROBNÍHO PROCESU</b> .....	<b>19</b>
3.1	Procesní mapa .....	19
3.2	Procesní mapa finální montáže eskalátorů.....	23
3.3	Montáž schodnic .....	24
3.3.1	Eskalátor typu 508 NCE .....	24
3.3.2	Montáž bezpečnostní palety .....	27
3.3.3	Seřízení hřebenové desky a montáž hřebenů.....	27
3.3.4	Seřízení okopových plechů.....	28
3.4	Systém řízení kvality .....	28
3.4.1	Systém managementu kvality a jeho procesy .....	28
3.4.2	ACE (Achieving Competitive Excellence).....	29
3.4.3	Plánování .....	30
3.4.4	Podpora.....	30
3.4.5	Monitoring výrobků.....	31
<b>4</b>	<b>CERTIFIKACE VÝROBNÍCH PROCESŮ</b> .....	<b>33</b>
4.1	Definování cílů .....	33
4.2	Regulační diagramy ( $\bar{x}$ , R).....	33
4.2.1	Regulační diagram $\bar{x}$ .....	34
4.2.2	Regulační diagram R .....	35
4.3	Způsobilost procesu .....	35
4.3.1	Index $C_p$ .....	35
4.3.2	Index $C_{pK}$ .....	36
4.3.3	PPM .....	37
4.4	Mezera mezi schodnicí a okopovým plechem .....	37
4.4.1	Měření mezery mezi schodnicí a okopovým plechem .....	37
4.4.2	Indexy způsobilosti.....	40
4.4.3	PPM .....	42
4.5	Zhodnocení výsledků.....	43
4.6	Vlastní doporučení .....	44
4.6.1	Indexy způsobilosti.....	46
4.6.2	Regulační diagramy .....	46
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK</b> .....	<b>53</b>
7.1	Seznam obrázků.....	53
7.2	Seznam tabulek.....	53
7.3	Seznam zkratk a symbolů .....	54
<b>8</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>57</b>

<b>9</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>59</b>
----------	----------------------	-----------

# 1 ÚVOD

V dnešní době působí na trhu velké množství firem. Podmínkou úspěchu každé firmy je konkurenceschopnost. Konkurenceschopnost může být zvýšena kvalitním řízením jakosti, které může výrazně zamezit neshodným dílům ve výrobě a neshodným jednotkám u zákazníka a tím zabránit zbytečnému vynakládání finančních prostředků na šrotaci a záruční opravy.

Práce je vytvořena ve spolupráci se společností Otis a.s. Společnost Otis se zaměřuje na výrobu eskalátorů, výtahů a pohyblivých chodníků. Klade velký důraz na produkci kvalitních produktů a má zavedený integrovaný systém řízení, který je tvořen normou ČSN EN ISO 9001:2016.

Pro hlubší pochopení dané problematiky je v práci podrobně popsán výrobní systém eskalátorů a výtahů. Dále se práce zaměřuje výhradně na eskalátory a jejich montáž. Zvláštní důraz je kladen na montáž schodnic, protože jejich kritická charakteristika je hlavním předmětem celé práce.

Kritické charakteristiky jsou vytipovány u každého produktu. Následně probíhá jejich měření a vyhodnocování. Tato práce je zaměřena na návrh zlepšení tohoto kontrolního systému. Vzhledem k velkému počtu měřených kritických charakteristik při montáži, je tato práce zaměřena pouze na jednu kritickou charakteristiku, a to na mezeru mezi schodnicí a okopovým plechem. Velikost mezery se řídí normou ČSN EN 115-1:2019, proto je její měření velice důležité.

Výsledkem práce je rozbor aktuálně používané metodiky, její zhodnocení a návrh na zlepšení.



## 2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

### 2.1 Základní údaje o společnosti

Obchodní název: Otis a.s.

Sídlo: Břeclav, J. Opletala 3506/45, PSČ 690 02

IČO: 42324254

DIČ: CZ42324254

Právní forma: Akciová společnost

Registrace: Společnost je zapsaná v OR vedeném Krajským soudem v Brně, spisová značka, oddíl B, vložka 536, zápis ze dne 30. září 1991 [1]

### 2.2 Historie společnosti

V první polovině 19. století se inženýr a konstruktér Elisha Otis snažil sestrojít brzdu, která by zastavila vlak. Práci však nebyl schopen dokončit. Proto nastoupil jako manažer, který měl přeměnit opuštěnou pilu na továrnu na postele. Do druhého patra budovy bylo potřeba dopravit několik těžších věcí. V tu chvíli dostal nápad využít svou práci na vlakové brzdě a sestrojil první bezpečnou zdviž. Tento vynález si nechal patentovat a v roce 1853 založil společnost Otis.

Nejprve se potýkal s neúspěchem, ale v roce 1854 přišel zlom. Otis začal předvádět svůj vynález v budově Crystal Hall v New Yorku. Stál na plošině, která byla zavěšena na laně vysoko nad hlavami diváků. Poté za zvuku virblu nosné lano přesekl sekerou. Plošina se posunula pouze o pár centimetrů, protože ji Otisova brzda téměř okamžitě zastavila. Po představení počet objednávek raketově vzrostl.

Po jeho smrti v roce 1861 společnost převzali jeho dva synové Charles and Norton a o tři roky později otevřeli továrnu v New Yorku. V roce 1873 měla firma vyrobených a umístěných více než 2000 výtahů a expandovala do Evropy a Ruska. Díky výtahům se začaly stavět vyšší budovy, znevýhodnění lidé dostali práci jako obsluha výtahů a velkoměsta začala růst.

V roce 1976 se společnost stala dceřinou společností United Technologies, pod kterou spadá dodnes. [2]

### 2.3 Charakteristika společnosti

Společnost Otis a.s. se sídlem ve Farmingtonu v USA se orientuje na výrobu, montáž a servis výtahů, eskalátorů a pohyblivých chodníků. Patří mezi přední světové výrobce produktů určených k přepravě lidí.

V současné době zaměstnává více než 68 000 zaměstnanců z čehož zhruba 33 000 jsou zkušební technici. Působí ve více než 200 zemích a teritoriích a po celém světě má 26 technických středisek a 11 zkušebních věží. [1] [2]

## 2.4 Výrobní divize v Břeclavi

Výrobní divize v Břeclavi byla založena v roce 1991 a v současné době zaměstnává přes 400 zaměstnanců. Jako jediná v Evropě se zabývá výrobou nových eskalátorů a pohyblivých chodníků, jejich modernizací a náhradními díly. Druhou významnou částí výroby je modernizace výtahů.

Továrna navrhuje a zpracovává výrobky do komerčních nebo veřejných prostor a ty jsou poté distribuovány z ČR do celého světa. Výrobky lze nalézt například v českém, londýnském nebo japonském metru či ve výškových budovách v Saudské Arábii a Jižní Koreji.

Kromě vývoje a výroby produktů firma zajišťuje instalaci, zaškolení, údržbu servis a dodávku náhradních dílů. [2]



Obrázek 1 Logo společnosti Otis a.s. [1]

## 3 POPIS VÝROBNÍHO PROCESU

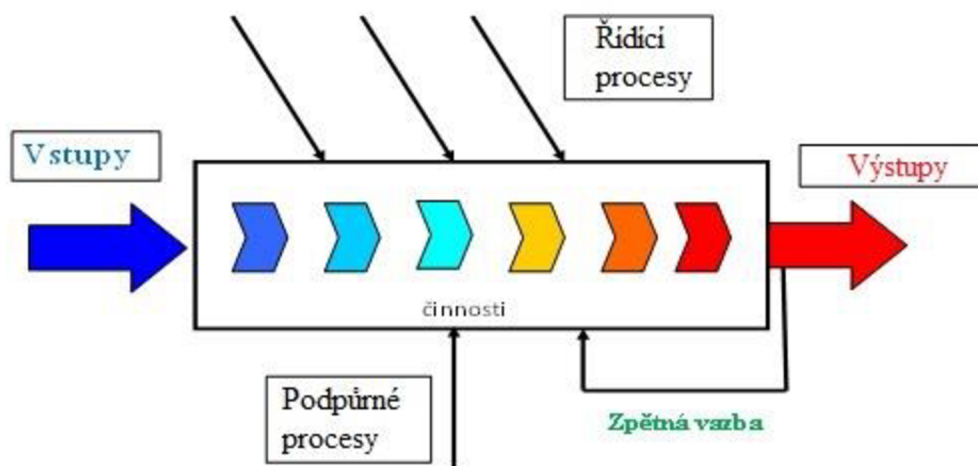
Výrobní proces je systém veškerých dílčích podnikových procesů. Je to sled postupných aktivit, který přeměňuje vstupy – zdroje na výstupy – produkty. Z hlediska vytváření procesní mapy rozlišujeme:

- Hlavní procesy
- Řídící procesy
- Podpůrné procesy

Hlavní procesy jsou procesy jejichž cílem je vytvářet hodnotu pro zákazníka. Přeměňují vstupy ve výstupy a ty potom poskytují zákazníkům.

Podpůrné procesy podporují realizaci hlavních procesů. Mezi tyto procesy patří např. metrologie, monitorování procesů nebo údržba.

Řídící procesy jsou procesy, pomocí kterých management řídí rozvoj firmy. Mezi tyto procesy můžeme zařadit např. plánování zdrojů, plánování jakosti nebo organizování pravomocí a odpovědnosti. [3] [4]

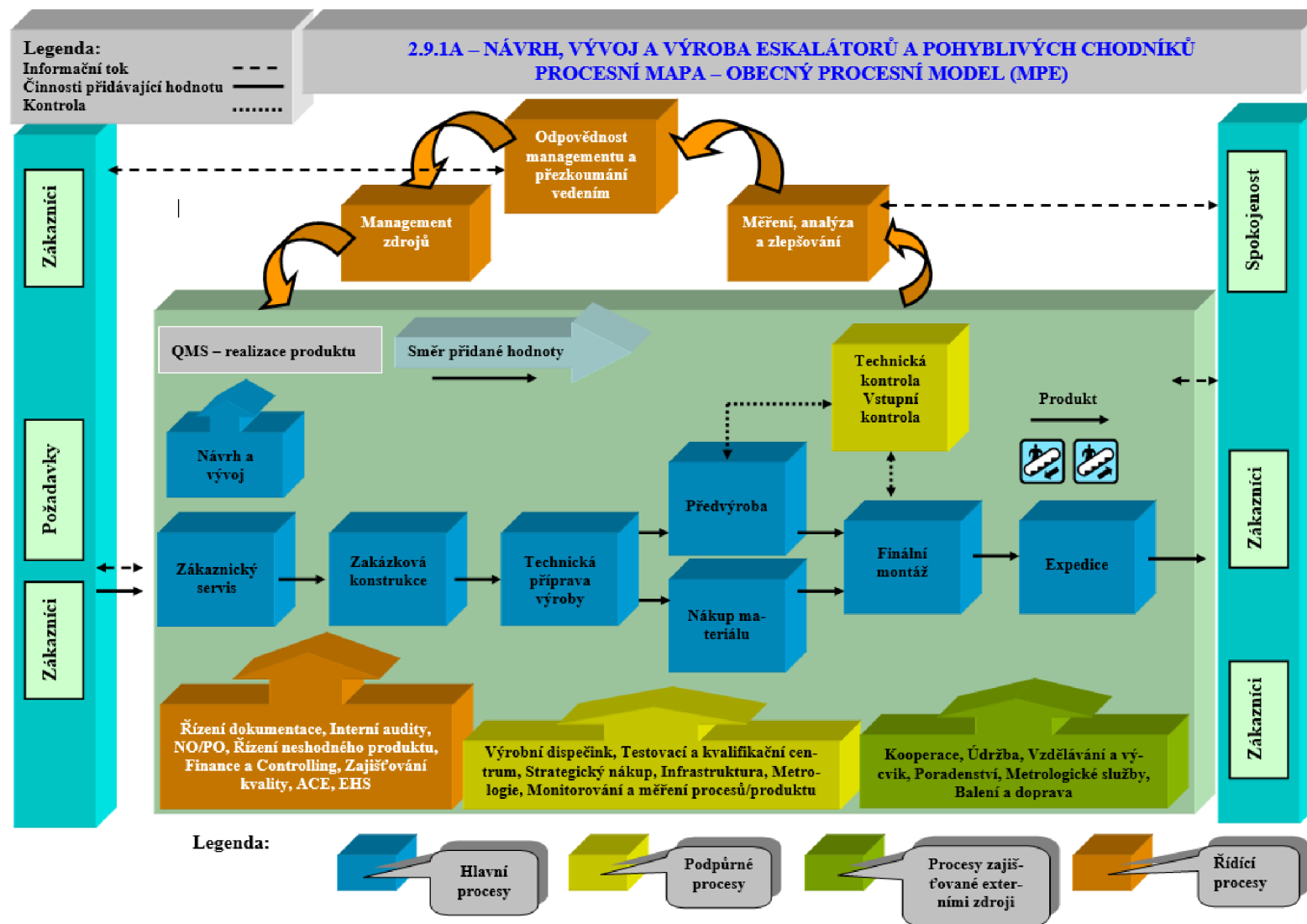


Obrázek 2 Schéma procesu [5]

### 3.1 Procesní mapa

Procesní mapa je jedním z výstupů analýzy procesu. Jedná se o systematické zachycení hierarchie procesů. Toto zachycení nám poskytne přehled o všech procesních oblastech, skupinách procesů a samotných procesech. [3]

Následující obrázek zobrazuje procesní mapu návrhu, vývoje a výroby výtahů a pohyblivých chodníků. Mapa znázorňuje vzájemné vazby a pořadí procesů. V tabulce pod obrázkem jsou jednotlivé procesy popsány. Z důvodu obsáhlosti práce se v následujících kapitolách zaměřím pouze na eskalátory.



Obrázek 3 Procesní mapa výroby [18]

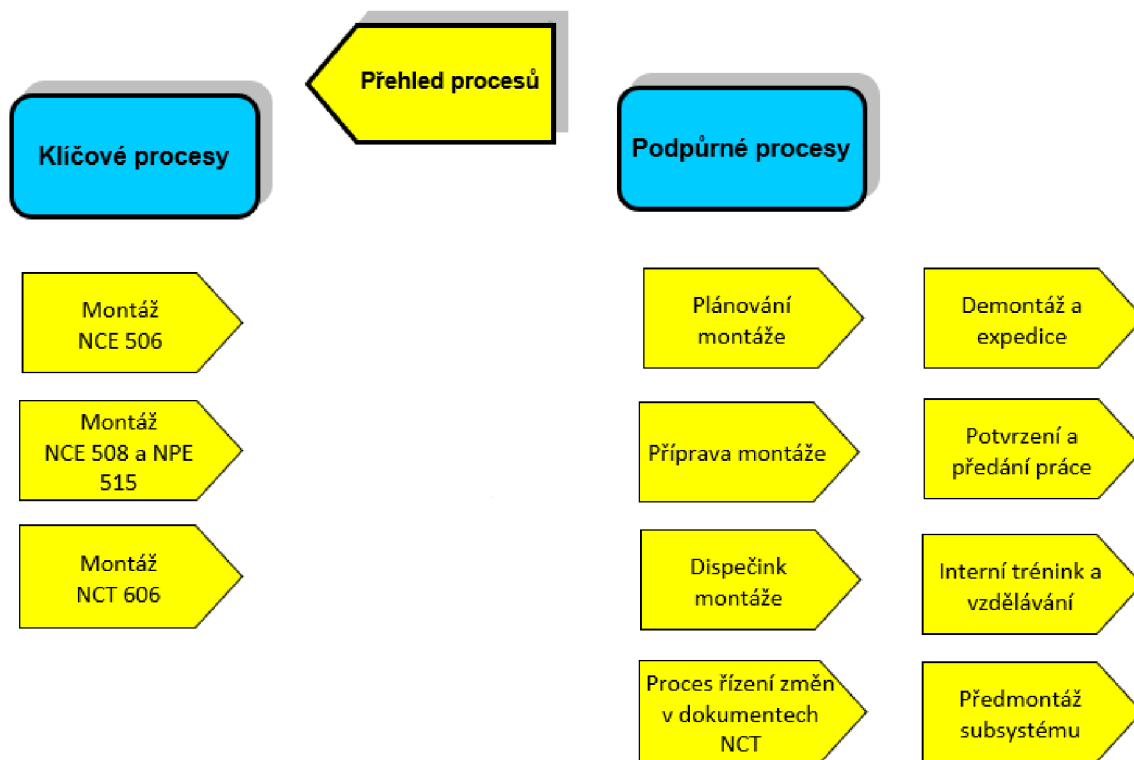


Tabulka 1 Přehled procesů

Název procesu	Popis procesu	Klasifikace
Zákaznický servis	Zajišťuje komunikaci se zákazníkem, přijímá objednávky a plánuje termíny.	Hlavní proces
Zakázková konstrukce	Přebírá podklady k zakázkám od zákaznického servisu a na jejich základě vytváří specifikaci produktu.	Hlavní proces
Technická příprava výroby	Na základě specifikace produktu vytváří technologické postupy pro výrobu a podklady pro nakupovaný materiál.	Hlavní proces
Předvýroba	Zajišťuje výrobu dílů, které je firma schopna vyrobit (insourcing).	Hlavní proces
Nákup materiálu	Zajišťuje nákup dílů, které si firma neumí sama vyrobit (outsourcing).	Hlavní proces
Finální montáž	Na základě specifikace výkresu a dodaného materiálu smontuje produkt dohromady.	Hlavní proces
Expedice	Zajišťuje logistiku finálního produktu na stavbu.	Hlavní proces
Návrh a vývoj	Vývoj nových produktů nebo upgrade stávajících standardních produktů (produktová řada) na základě požadavků trhu.	Hlavní proces
Management zdrojů	Zodpovědnost celého managementu, zajišťuje materiálové a lidské zdroje.	Řídící proces
Odpovědnost managementu a přezkoumání vedením	Management zodpovídá za chod celé fabriky.	Řídící proces
Měření, analýza a zlepšování	Neustálá snaha o zlepšování procesů na základě feedbacku od zákazníka.	Řídící proces
Technická a vstupní kontrola	Kontroluje jakost nakupovaných materiálů a měří a kontroluje vytipované kusy jednotky.	Podpůrný proces

### 3.2 Procesní mapa finální montáže eskalátorů

Následující obrázek zobrazuje procesní mapu finální montáže eskalátorů. Procesní mapa obsahuje několik typů eskalátorů. Pro účely této bakalářské práce jsem si vybrala produkt NCE 508. Tabulka č. 2 obsahuje popis jednotlivých procesů.



Obrázek 4 Procesní mapa finální montáže eskalátorů

Tabulka 2 Přehled procesů montáže eskalátorů

Název procesu	Popis procesu	Klasifikace
Montáž NCE 508	Finální montáž eskalátoru.	Hlavní proces
Plánování montáže	V dostatečném předstihu je třeba zajistit koordinaci všech dotčených subjektů, stanovit časový plán a posloupnost jednotlivých kroků montáže.	Podpůrný proces
Příprava montáže	Zajištění místa montáže, montážního vybavení a zařízení, rozdělení úkolů a priorit v rámci montážní čety, kvalitativní kontrola objektu montáže a kompletnost všech dílů.	Podpůrný proces
Dispečink montáže	Dispečer zajišťuje komunikaci všech dotčených subjektů.	Podpůrný proces
Proces řízení změn v dokumentech NCE 508	Pokud nastane situace, že si zákazník přeje něco změnit nebo pokud konstruktér udělal ve výkresu chybu, je potřeba provést změnu v dokumentech.	Podpůrný proces

Demontáž a expedice	V případě dlouhých eskalátorů, které se nevejdou do kamionu, musí být eskalátor rozdělen na více částí a poté přepraven na stavbu.	Podpůrný proces
Potvrzení a předání práce	Kontrola funkčnosti a kvality montáže produktu a odsouhlasení zadavatelem.	Podpůrný proces
Interní trénink a vzdělávání	Organizace školení s cílem zvýšení technické odbornosti pracovníků.	Podpůrný proces
Předmontáž subsystému	Montáž subdodavatelských součástí a zkouška jejich funkčnosti.	Podpůrný proces

### 3.3 Montáž schodnic

Montáž eskalátoru se skládá z velkého množství operací. Jedná se např. o montáž balustrád, montáž a seřízení kolejevého systému nebo montáž čidel na nástupních deskách. V této bakalářské práci jsem se zaměřila na montáž schodnic.

#### 3.3.1 Eskalátor typu 508 NCE

Schodnice jsou nasazovány na hřídele řetězu schodnic pracovníkem, který stojí v montážním prostoru dolní stanice. Při vkládání se používají bezpečnostní nášlapy proti uklouznutí na obou stranách a dolní část ochranného krytu napínacího vozíku. Horní díl se montuje po montáži všech schodnic.

Nejprve je do jednotky vložena jedna vzorová schodnice, s níž se celá jednotka projede kvůli ověření, zda nedochází během dráhy ke kolizi schodnice s některou částí eskalátoru. Poté se vloží kontraktové schodnice, které jsou stejného typu jako schodnice vzorová. Schodnice jsou na pracoviště dodány na vozíku.



Obrázek 5 Schodnice na vozíku [11]

U schodnic pro jednotky se sklonem 30° musí mít všechny schodnice zarážky proti sklopení. Na schodnicích pro jednotky se sklonem 35° se pomocí kladiva zarážky odstraní.

Před vložením schodnice do jednotek jsou na oba čepy s pružinou nasazeny přípravky ve tvaru vidlice, díky čemuž se čepy vysunou z objímek schodnic.



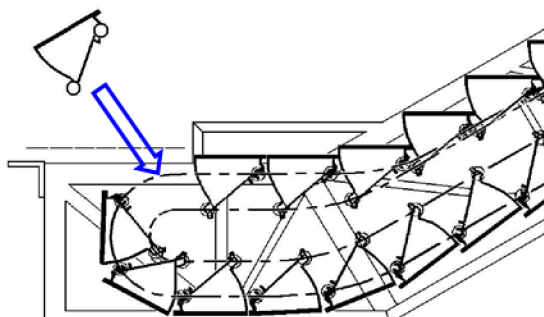
Obrázek 6 Nasazený přípravek [11]

Posuvná pouzdra na hřídeli se odsunou ke středu hřídele a konce hřídele jsou namazány předepsaným mazivem.



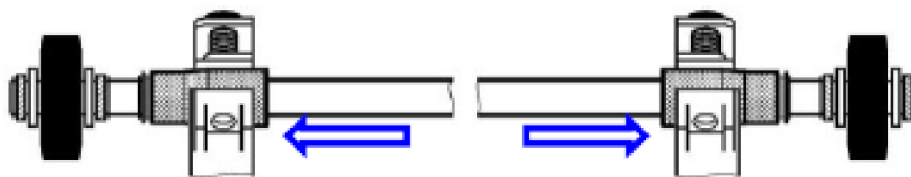
Obrázek 7 Odsunutá pouzdra na hřídeli [11]

Schodnice se vkládá kladkou dolů přes výřez v obraceči napínacího vozíku.



Obrázek 8 Vkládání schodnic [11]

Po vložení schodnice se posuvná pouzdra pootočí a zasunou do objímek tak, aby po vysunutí přípravků čepy zapadly do posuvných pouzder.



Obrázek 9 Zasunutá pouzdra a čepy [11]

Aby bylo dosaženo koncové polohy čepů, je nutno doklepnout čepy kladivem, a poté je možno řetěz schodnic posunout do polohy pro vložení další schodnice.

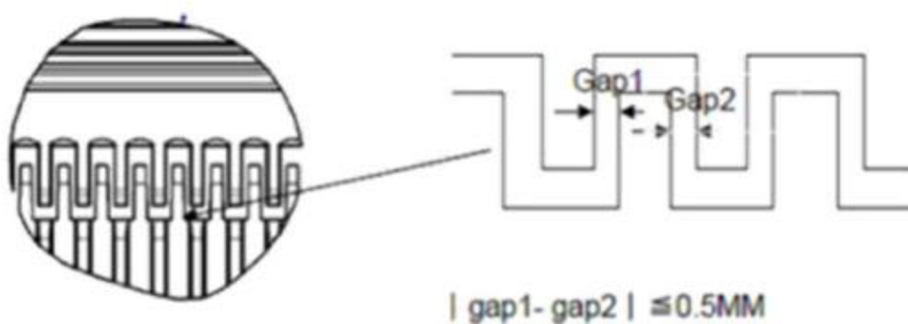


Obrázek 10 Řetěz v poloze pro vložení další schodnice [11]

Finální seřízení polohy schodnic se provádí v dolní stanici. Nejprve se upevní hřebeny v horní stanici. Schodnicový pás je posouván a na každou schodnici se podle hřebenů označí směr, kterým se schodnice musí posunout. Vycentrování polohy schodnic a vyrovnání mezi jednotlivými schodnicemi se provádí změnou počtu distančních kroužků na hřídelích řetězu schodnic.

Aby bylo možno odebrat či přidat distanční kroužky, musí se pomocí přípravků nadzvednout čepy pro uvolnění posuvných pouzder.

Při pojezdu schodnicového pásu je zkontrolováno vycentrování žeber schodnic vůči hřebenům. Schodnice musí volně probíhat hřebeny. V případě nesprávné polohy je schodnice označena pro další seřízení. Poté jsou upevněny hřebeny v dolní stanici.



Obrázek 11 Poloha schodnic vůči žebrům [11]



### 3.3.2 Montáž bezpečnostní palety

Krátké jednotky, které jsou dodávány vcelku, a jednotky bez spojovacího pole mají nainstalovány všechny schodnice.

V případě vícedílné dodávky se na jednotku neinstalují dvě schodnice v horním a dolním pásu v prostoru spojovacích polí. Místo posledních dvou schodnic se vkládá do eskalátoru bezpečnostní paleta pro možnost kontroly a seřízení.

Bezpečnostní paleta je složena z pevné desky, která je napevno upevněna k hřídelím řetězu schodnic, a z pohyblivé desky, kterou lze po zastavení chodu jednotky zasunout pod pevnou desku, což umožňuje přístup pro další kontrolu a seřízení. Během chodu jednotky je pohyblivá deska upevněna k hřídeli řetězu schodnic.



Obrázek 12 Bezpečnostní paleta v jednotce [11]

Chybějící schodnice jsou dodány spolu s jednotkou a jsou instalovány na schodnicový řetěz stejným způsobem, jaký je popsán výše.

### 3.3.3 Seřízení hřebenové desky a montáž hřebenů

Hřebenové desky jsou nastaveny dle jednotlivých typů schodnic. Vertikální poloha desky se nastavuje pomocí pružiny, horizontální polohu desky fixuje doraz. Hřebeny se k hřebenové desce přichytí šrouby.



Obrázek 13 Hřebenová deska a hřebeny [11]

### 3.3.4 Seřízení okopových plechů

Seřízení okopových panelů podle schodnic se provádí pomocí šroubů s „T“ hlavou. Vzdálenost mezi schodnicemi a panely se seřizuje dle specifikace na výkresu. Měření vzdáleností se provádí na dolním nástupním místě, střední části a horním nástupním místě pomocí orientační a spárové měřky. [11]



Obrázek 14 Nastavení pozice okopového panelu [11]

Mezera mezi okopovým plechem a schodnicí se řídí normou ČSN EN 115-1:2019. Tato norma říká, že vodorovná mezera nesmí být větší než 4 mm na jedné straně a součet mezer měřených na protilehlých stranách nesmí přesáhnout hodnotu 7 mm. [14]

## 3.4 Systém řízení kvality

Společnost OTIS a.s. má zavedený systém řízení kvality v rozsahu systémové normy ČSN EN ISO 9001:2016, který spolu se systémem EH&S = ISO 14001:2016 & OHSAS 18001:2008 tvoří integrovaný systém řízení.

Vybudovaný QMS je také prostředkem pro naplňování politiky kvality a dosahování cílů kvality. QMS je udržován a neustále je zlepšována jeho efektivnost.

Integrovaný systém řízení definuje pravidla řízení finančních zdrojů a zdrojů týkajících se oblastí informačních technologií. Veškeré procesy firmy podléhají zákonu USA tzv. Sarbanes – Oxley, který definuje povinné kontrolní mechanismy. Tyto mechanismy zajišťují, že všechny finanční operace jsou monitorovány nezávislou osobou. Tímto je zabráněno, případnému nekontrolovatelnému pohybu finančních zdrojů.

### 3.4.1 Systém managementu kvality a jeho procesy

Společnost OTIS a.s. v souladu se standardem ISO 9001:2015 vytvořila, implementovala a udržuje systém managementu kvality. Podmínkou pro certifikaci je plnění kritériálních norem.

- a) Vstupy, výstupy a měřitelné ukazatele výkonnosti procesů jsou definovány v SIPOC/popisech procesů případně v další dokumentaci QMS
- b) Vzájemné poslušnosti a vazby jsou definovány v procesních mapách
- c) Zdroje jsou uvolňovány v rámci plánování zdrojů
- d) Odpovědnosti a pravomoci jsou uvedeny v popisech procesů (v SIPOC) nebo v další systémové dokumentaci QMS (směrnice, nařízení, pracovní návody)
- e) Rizika jsou řešena v rámci Analýzy rizik a příležitostí OTIS a.s.

- f) Probíhá pravidelné vyhodnocování měřitelných ukazatelů výkonnosti, aby se dosáhlo zamýšleného výsledku

Společnost OTIS a.s. rozděluje své procesy na:

Realizační procesy:

- Návrh, vývoj, výroba, montáž a servis eskalátorů a pojezdných chodníků
- Návrh, vývoj, výroba, montáž a servis výtahů

Hlavní procesy:

- Návrh a vývoj výrobku
- Obchodní procesy
- Procesy Engineeringu
- Nakupování
- Výroba, montáž a poskytování služeb

Řídící procesy:

- Řízení dokumentace a záznamů
- Interní audity
- Nápravná opatření, preventivní opatření (řízení rizik) a trvalé zlepšování (operační systém ACE)
- Řízení zdrojů (finanční, lidské)
- Řízení neshodného produktu

Podpůrné procesy:

- Řízení infrastruktury
- Řízení metrologie
- Monitorování a měření procesů a produktů, analýza dat

Procesy zajišťované externími zdroji:

- Kooperace (povrchová úprava – elox, žárový a galvanický zinek, barva; svařování)
- Poradenství
- Údržba (opravy strojů a zařízení, revize a kontroly zařízení)
- Balení, doprava, celní služby
- Metrologické služby
- Vzdělávání a výcvik

### 3.4.2 ACE (Achieving Competitive Excellence)

Monitorování, měření, analýza a vyhodnocování procesů je prováděno v rámci operačního systému ACE. Jedná se o komplexní program, který je zaměřený na zvyšování kvality a efektivnosti výrobních i administrativních procesů, a následné zvyšování konkurenceschopnosti produkovaných výrobků a služeb.

Oproti Six-Sigma je podstatně širší, avšak není tolik orientovaný na data. ACE se točí kolem tří základních kategorií nástrojů – nástroje pro zlepšování procesů a odstraňování odpadu, nástroje pro rozhodování a nástroje pro řešení problémů.

Za realizaci programu ACE je vrcholově zodpovědný útvar kvality, který program ACE řídí prostřednictvím koordinátora ACE. Tento program je popsán v ACE kritériích UTC, které popisují jednotlivé požadavky na systém ve společnosti a nástroje, se kterými lze systém zlepšovat. [6] [7]



Na úrovni firmy jsou stanoveny cíle kvality. Pro každý cíl je definována cílová hodnota, jsou definovány zdroje, odpovědnosti za dosažení cíle a časové ohraničení dosažení cíle. Hodnoty cílů vycházejí z relevantních dat a z očekávání koncernu. Aby bylo dosaženo těchto cílů, jsou na úrovni procesů rozeznány měřitelné metriky, dle kterých je řízena výkonnost procesu

Všechny metriky se vyhodnocují v pravidelných, zpravidla měsíčních intervalech. Hodnocení je porovnáváno s cílovými hodnotami, a pokud dojde k nedosažení cílových hodnot či je zřejmý trend, který by vedl k nedosažení cílových hodnot, je provedena analýza příčin a je vždy zpracováno nápravné opatření. Analýza údajů je prováděna s použitím metod uvedených v ACE kritériích UTC.

Pro soustavné zlepšování procesů, služeb a celého QMS se provádí analýza vhodných technických a ekonomických dat pomocí různých statistických metod.

Analýze podléhají údaje z těchto oblastí:

- Vhodnost, efektivnost a přiměřenost QMS
- Trendy procesů
- Charakteristiky procesů, výrobků, služeb
- Shoda s požadavky na produkt
- Spokojenost zákazníků
- Příležitosti pro preventivní opatření

### **3.4.3 Plánování**

Plánování systému managementu kvality se vztahuje na všechny činnosti, které stanovují cíle a požadavky na kvalitu, na aplikaci prvků QMS a jeho zlepšování.

Plánování systému managementu kvality zahrnuje:

- Plánování procesů (příprava realizace QMS, určení posloupnosti a vzájemného působení procesů, časové harmonogramy)
- Plánování výrobků (identifikace, klasifikace, stanovení znaků jakosti, stanovení cílů jakosti, požadavků na jakost, omezujících faktorů)
- Plánování zdrojů potřebných pro QMS (lidské, materiálové)
- Vypracování plánů kvality a opatření pro zlepšování kvality
- Vypracování metodik pro monitorování, měření a analýzu procesů (ve spolupráci s programem ACE)

Plány kvality jsou vypracovány pro všechny procesy zahrnuté do QMS. Plány obsahují i způsob ověřování, kritéria přijatelnosti a pořizované záznamy. Veškeré změny QMS týkající se daného velkého projektu jsou komunikovány pomocí aktualizace Plánu Kvality.

Plánování kvality ve společnosti OTIS a.s. provádí zejména vedení společnosti a dále pak jednotlivá oddělení v rámci svých činností.

### **3.4.4 Podpora**

Potřebné zdroje (finanční, lidské, materiálové atd.) pro systém managementu kvality jsou uvolňovány na základě přezkoumání vedením, dále na základě porad vedení a na IMS SC. Vhodné, přiměřené a adekvátní poskytování zdrojů slouží k implementaci, uplatňování, udržování a k neustálému zlepšování efektivnosti systému managementu kvality, ke zlepšování byznysu firmy a tím také ke zvyšování spokojenosti zákazníků prostřednictvím plnění jejich požadavků, což je prvořadým cílem či principem byznysu firmy.

Společnost chápe lidské zdroje jako jediný aktivní zdroj, který má, protože lidský faktor ovlivňuje kvalitu všech procesů v podniku. Všichni zaměstnanci společnosti, kteří provádějí činnosti ovlivňující kvalitu výrobku jsou kompetentní na základě adekvátního vzdělání, výcviku, zkušeností, znalostí, dovedností, morálních vlastností a osobnostních předpokladů. Společnost klade důraz a rozvíjí schopnosti svých pracovníků zejména v oblastech odbornosti, profesionality, týmové odpovědnosti a loajality.

Pro uskutečňování politiky kvality a naplňování cílů kvality poskytuje vedení společnosti odpovídající lidské zdroje zejména v těchto oblastech:

- Kompetentní zaměstnance pro metodické vedení a řízení v oblasti managementu kvality, pro komplexní zabezpečení QMS
- Kompetentní zaměstnance pro nezávislé ověřování QMS/ISŘ, společnost má vyškolen odpovídající počet interních auditorů s potřebnou praxí a příslušnými osvědčeními
- Kompetentní zaměstnance pro odborné činnosti související s QMS (metrologie, kontrola a zkoušení, návrh a vývoj, výroba, prodej, nakupování, skladování)

Pro dosažení shody s požadavky na výrobek poskytuje společnost OTIS a.s. svým pracovníkům veškeré potřebné zdroje v podobě budov, pracovních prostor, strojů a zařízení a jiné potřebné prostředky.

Údržba strojů, zařízení, energetických rozvodů a budov, opravy strojů a zařízení jsou pro společnost OTIS a.s. zajišťovány jako sdílené služby společností VeSt s.r.o a Elektroklinik. V rámci sdílených služeb jsou prováděny opravy běžné – na základě požadavku na společnost VeSt s. r. o. a pravidelné preventivní prohlídky – na základě plánu preventivní údržby. Údržba strojů, zařízení, energetických rozvodů a budov splňuje požadavky na tyto činnosti definované v rámci podnikového programu TPM.

Firma si plně uvědomuje důležitost měření ve vztahu ke shodě produktu a jednoznačně poskytuje adekvátní zdroje, aby byly zajištěny platné a spolehlivé výsledky. Firma zajišťuje, že poskytované zdroje jsou:

- Vhodné pro prováděné činnosti měření
- Udržovány s cílem zajistit jejich trvalou vhodnost pro daný účel

Spolehlivá měřidla a kontrolní a zkušební zařízení jsou předpokladem pro spolehlivé výsledky zkoušek a pro správnou výrobu. Měřidla a kontrolní a zkušební zařízení je nutno periodicky kalibrovat, aby byla zaručena jejich přesnost a funkční schopnost. Zodpovědnost za řízení metrologie nese útvar kvality, který se stará o kalibraci a uchovávání příslušné dokumentace.

### **3.4.5 Monitoring výrobků**

Monitorování a měření významných znaků výrobku je nedílitelnou součástí realizace výrobků ve společnosti OTIS a.s. Rozsah potřebné kontroly a měření výrobku, způsob předepsání kontrolních operací a požadované záznamy o kvalitě jsou definovány ve výrobních postupech, popisech procesů, v pracovních návodech, v kontrolních plánech a v kontrolních protokolech. Kontrolní protokol definuje konkrétní znaky, které je třeba prověřit. Shodu výrobku s požadavky pak stvrzuje pověřená osoba svým podpisem přímo na kontrolní protokol.

Monitorování namontovaných zařízení případně zařízení v servisu se provádí formou úředních zkoušek. Z takové zkoušky je proveden vždy protokol o zkoušce. V případě zjištěných

odchylek je zařízení odstavené z provozu do doby odstranění neshody. Tyto případy jsou zaznamenány v příslušné dokumentaci.

Společnost OTIS a.s. zajišťuje, že výrobek nebo materiál, který není v souladu s požadavky na kvalitu, nesmí být používán a je s ním nakládáno jako s neshodným výrobkem. Neshodný výrobek musí být vyčleněn, řádně označen a uložen na vyhrazené místo.

Zadržený neshodný výrobek se stáhne až do rozhodnutí o dalším postupu z normálního průběhu. Toto rozhodnutí může být jen se souhlasem zástupce útvaru kvality. Příčina vzniku neshodného výrobku je pak prošetřena a je zajištěno nápravné opatření.

Pokud se přese všechna provedená opatření vyskytne neshodný výrobek při montáži nebo servisu, je v povinnosti pracovníků montážně servisní oblasti závadu odstranit a o závadě a provedené opravě podat zprávu do oddělení kvality v zóně. O zjištěných neshodách se vedou záznamy, které usnadňují provádění analýz neshod. Oddělení kvality v zóně pak zajistí analýzu problému a zajišťuje opatření pro zamezení opakování závady. [6]

## 4 CERTIFIKACE VÝROBNÍCH PROCESŮ

Certifikace procesů je posuzování shody výrobku s technickou specifikací. Cílem je zajištění stability výrobních procesů a měření a nepřetržitá výroba kvalitních jednotek. Certifikace se zavádí ve firmě i u externích dodavatelů a je zaměřena na materiál, přípravky, dokumentaci, měřicí metody, školení pracovníků a výstupy. Snaží se zamezit neshodným dílům ve výrobě, opravám, přepracováním a šrotaci, vysokým nákladům za záruční opravy a neshodným jednotkám u zákazníka. Certifikace definuje několik pojmů.

Mezi klíčové pojmy patří způsobilost procesu, regulační diagram indexy způsobilosti a PPM. Tyto pojmy jsou definovány v následujících kapitolách.

Dalším důležitým pojmem je kritická charakteristika. Jedná se o parametr, který má vliv na bezpečnost a funkčnost produktu. Každý produkt má vytipované kritické charakteristiky ve výrobě a kritické charakteristiky u dodavatelů. Seznam kritických charakteristik je přiložen v příloze. Tyto charakteristiky se vyznačí v dokumentaci, následně se výrobní proces posoudí a odstraní se případné nedostatky, které byly nalezeny při posouzení. Výrobní proces se poté zmapuje, stanoví se kontrolní plán a z nízkého počtu vzorků se odhadne způsobilost procesu. Dalším krokem je monitoring a kontrola procesu dle kontrolního plánu. Na základě kontroly velkého počtu měřených vzorků se určí, zda je proces způsobilý k certifikaci a pokud ano, provede se certifikační audit. [12]

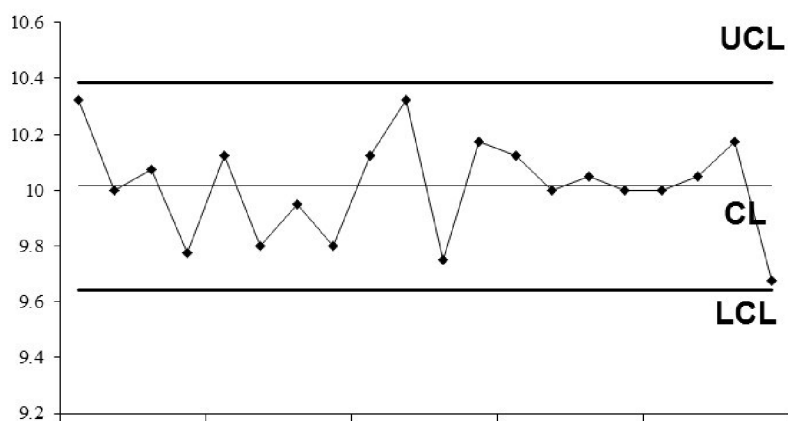
### 4.1 Definování cílů

Společnost Otis a.s. vyhodnocuje způsobilost procesu pomocí hodnoty PPM a indexu způsobilosti  $C_{PK}$ . Hodnota indexu způsobilosti je stanovena na 1,33. Této hodnotě odpovídá 63 PPM. To znamená, že na 1 000 000 dílů by mělo připadnout maximálně 63 vadných kusů.

### 4.2 Regulační diagramy ( $\bar{x}$ , R)

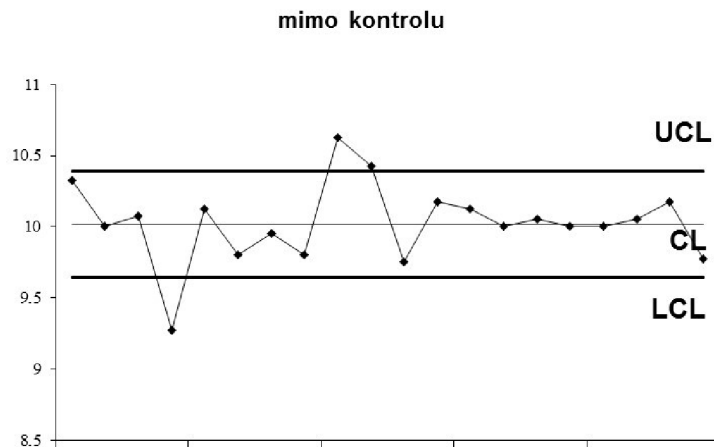
Dvojice regulačních diagramů pro výběrový průměr a výběrové rozpětí se hodí pro situace, kdy se pracuje s menšími rozsahy výběrů. V praxi se používá nejčastěji. Po sestrojení regulačního diagramu mohou nastat dvě situace. Pokud se všechny body nachází v pásmu vymezeném regulačními mezemi, považujeme proces za statisticky stabilní.

pod kontrolou



Obrázek 15 Stabilní proces [16]

Pokud některé body budou ležet mimo regulační meze, proces považujeme za statisticky nestabilní a je potřeba vnější zásah.



Obrázek 16 Nestabilní proces [16]

#### 4.2.1 Regulační diagram $\bar{x}$

Do regulačního diagramu  $\bar{x}$  se zakreslují hodnoty výběrového průměru, které vypočteme ze vztahu:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (1)$$

$x_{ij}$  je  $i$ -tá naměřená hodnota regulované veličiny v  $j$ -tém výběru.

Jestliže neznáme cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$ , určíme CL následujícím vztahem:

$$CL = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j \quad (2)$$

$k$  je počet výběrů použitých k výpočtu CL.

Vztahy pro výpočet akčních regulačních mezí:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R} \quad (3)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R} \quad (4)$$

$A_2$  je součinitel pro výpočet regulačních mezí v diagramu  $\bar{x}$  a je závislý na počtu výběru  $n$ .

Ve dvojici regulačních diagramů ( $\bar{x}$ ,  $R$ ) se odhaduje variabilita procesu pomocí rozpětí  $R$ , pro odhad směrodatné odchylky procesu platí vztah:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (5)$$

$\bar{R}$  je průměrné rozpětí ve výběrech,  $d_2$  je Hartleyova konstanta závislá na rozsahu výběru  $n$ .

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k} \quad (6)$$

k je počet výběrů použitých k výpočtu.

$$R_j = x_{max,j} - x_{min,j} \quad (7)$$

$x_{max}$  je největší naměřená hodnota v j-tém výběru,  $x_{min}$ , je nejmenší naměřená hodnota v j-tém výběru.

#### 4.2.2 Regulační diagram R

Pro regulační meze platí:

$$UCL = D_4 * \bar{R} \quad (8)$$

$$LCL = D_3 * \bar{R} \quad (9)$$

$D_3$  a  $D_4$  jsou součinitelé pro výpočet akčních regulačních mezí v regulačním diagramu a jsou závislé na rozsahu výběru n.

### 4.3 Způsobnost procesu

Způsobnost procesu je parametr, který udává dlouhodobou schopnost dodávat výstup v rozmezí tolerovaných hodnot či specifikovaného standardu. Vyjadřuje požadavky zákazníka, ale i to co je proces schopen nabídnout. Odpovídá na otázky, zda proces plní zákaznické požadavky, či jakou zmetkovitost či jinou míru neshod můžeme v procesu očekávat. [9]

Při hodnocení způsobnosti procesu se používají třídy ukazatelů – indexy způsobnosti. Indexy se liší způsobem výpočtu, vlastnostmi i podmínkami použitelnosti. Princip konstrukce je ale vždy stejný. Jde o poměr předepsané přesnosti a skutečně dosahované přesnosti výroby. Předepsaná přesnost je dána tolerancí a cílovou hodnotou. Při zavedení následujících termínů USL – horní toleranční hranice, LSL – dolní toleranční hranice, T – cílová hodnota bude toleranční interval (LSL, USL), jeho délka bude USL – LSL a střed intervalu  $MSL=1/2(USL+LSL)$ . Specifikace výrobního procesu bude tedy (LSL, T, USL).

Skutečně dosahovaná přesnost je vyjádřena rozptylem. Pokud má soubor normální rozdělení  $N(\mu, \sigma^2)$ , leží v intervalu  $(\mu-\sigma, \mu + \sigma)$  99,73 % hodnot. Délka intervalu je  $6\sigma$ . Pokud porovnáme délku tolerančního intervalu (LSL, USL) a intervalu  $6\sigma$ , získáme představu o poměru předepsané a skutečně dosahované přesnosti, což je princip indexů způsobnosti. [8]

$$způsobnost = \frac{\text{délka intervalu, kde mají být všechny hodnoty}}{\text{délka intervalu, kde jsou všechny hodnoty}} \quad (10)$$

#### 4.3.1 Index $C_p$

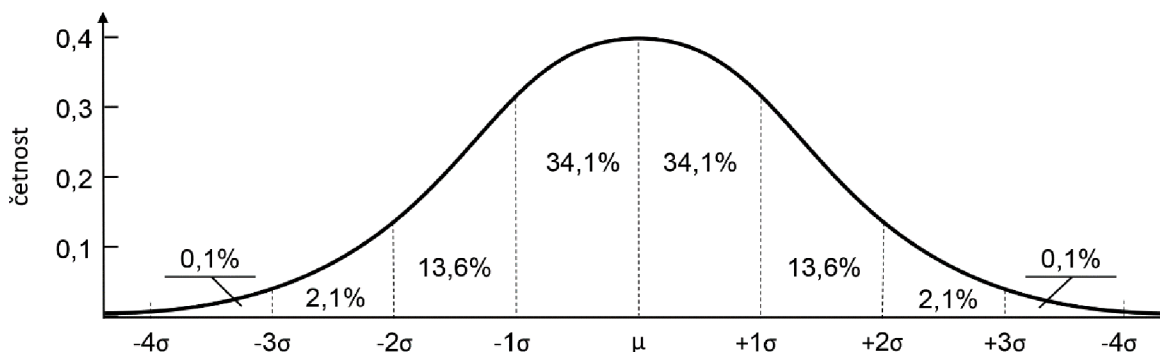
Index je definován vztahem

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (11)$$

Směrodatná odchylka  $\sigma$  je často nahrazena výběrovou směrodatnou odchylkou s, čímž místo indexu  $C_p$  získáme jeho odhad

$$\widehat{C}_p = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (12)$$

Tyto vztahy platí pouze pro normální rozdělení, proto je důležité mít dostatečně velký soubor, použít spolehlivý test na normalitu a odstranit ze souboru odlehlé hodnoty. Normální rozdělení popisuje Gaussova křivka. [8]



Obrázek 17 Gaussova křivka [15]

Pro Gaussovu křivku platí, že je symetrická a střední hodnota  $\mu$  leží pod jejím vrcholem. V praxi se používá pravidlo  $3\sigma$ . Pro toto pravidlo platí, že výsledek náhodného pokusu s rozdělením normálním rozdělením leží v intervalu: [15]

- $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$  s pravděpodobností 68,27 %,
- $(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$  s pravděpodobností 95,45 %,
- $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$  s pravděpodobností 99,73 %.

#### 4.3.2 Index $C_{pK}$

Obecnějším indexem způsobilosti je index  $C_{pK}$ . Pro tento index platí následující vztahy:

$$C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (13)$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (14)$$

$$C_{pK} = \min(C_{pL}, C_{pU}) \quad (15)$$

Pro odhady těchto indexů platí:

$$\widehat{C}_{pU} = \frac{USL - \bar{x}}{3s} \quad (16)$$

$$\widehat{C}_{pL} = \frac{\bar{x} - LSL}{3s} \quad (17)$$

$$\widehat{C}_{pK} = \min(\widehat{C}_{pL}, \widehat{C}_{pU}) \quad (18)$$

Pokud bude výsledná hodnota  $C_{pU}$  nebo  $C_{pL}$  záporná, pokládá se  $C_{pK}=0$ . To může nastat, pokud bude hodnota  $\mu$  mimo toleranční interval.

Předpokládá se, že při použití indexu  $C_{pK}$  je proces stabilizován, data neobsahují odlehlá pozorování a soubor má rozdělení  $N(\mu, \sigma^2)$ . [8]

Maximální hodnota, které mohou indexy způsobilosti dosáhnout je 2. Dále pro indexy  $C_p$  a  $C_{pk}$  platí, že index  $C_p$  musí být vždy větší než index  $C_{pk}$ . [9]

### 4.3.3 PPM

PPM je statistický odhad, který nám říká kolik kusů bude mimo specifikované limity při výrobě 1 milionu kusů.

$$PPM = \frac{\text{počet neshodných jednotek}}{\text{počet vyrobených jednotek}} = \text{podíl neshodných jednotek} * 10^6 \quad (19)$$

Pro výpočet PPM je důležité, aby byl proces stabilní, měl normální rozdělení, a aby byla data z dlouhodobého sběru. [10]

## 4.4 Mezera mezi schodnicí a okopovým plechem

Mezera mezi schodnicí a okopovým plechem je definována jako kritická charakteristika produktu z hlediska bezpečnosti a musí odpovídat výkresové dokumentaci. Hodnota pro standardní jednotky se pohybuje v intervalu 1,0 ~ 3,5 mm. Ve zvláštních případech mohou zákazníci požadovat jiné hodnoty. Metodika společnosti udává, že na každé jednotce musí být provedeno nejméně 50 měření pro výpočet indexů způsobilosti i PPM.

### 4.4.1 Měření mezery mezi schodnicí a okopovým plechem

Kontrolní měření mezery se provádí na čele a nášlapné ploše schodnice. Mezera mezi okopovým plechem a schodnicí na čele schodnice se měří pomocí digitálního posuvného měřítka 0 – 12,7 mm INSIZE s přesností 0,01 mm. Před měřením je nejprve potřeba měřidlo zkalibrovat pomocí etalonu a vynulovat na nulovou hodnotu. Po odečtení naměřené hodnoty z posuvného měřítka se musí přičíst 1 mm, což je hodnota měřicí plochy měřítka. Po připočtení hodnoty měřicí plochy měřítka dostaneme skutečnou hodnotu mezery mezi schodnicí a okopovým plechem. [13]



Obrázek 18 Měření na čele schodnice [13]

Měření mezery na nášlapné ploše schodnice probíhá stejně jako měření mezery na čele schodnice.





Obrázek 19 Měření na nášlapné ploše schodnice [13]

Druhý způsob měření je pomocí měřicího klínu. Měřicí klín měří s přesností 0,1 mm. Měření probíhá obdobně jako při měření posuvným měřítkem.



Obrázek 20 Měřicí klín [13]

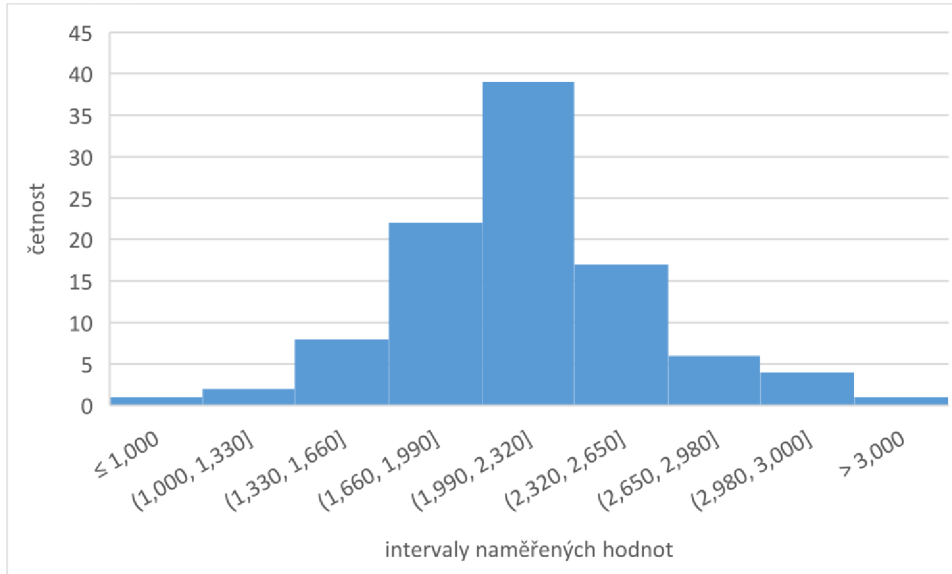
Pro účely této práce mi společnost poskytla výsledky jejich měření. V tabulce č. 3 jsou hodnoty naměřené posuvným měřítkem. Pro toto měření jsou vypočteny indexy způsobilosti a PPM a sestrojeny regulační diagramy.

$x_L$  jsou hodnoty měřené na levé straně schodnice,  $x_P$  jsou hodnoty měřené na pravé straně schodnice.

Tabulka 3 Naměřené hodnoty pomocí posuvného měřítka

k	x <sub>L</sub> [mm]	x <sub>P</sub> [mm]	$\bar{x}$ [mm]	R [mm]	k	x <sub>L</sub> [mm]	x <sub>P</sub> [mm]	$\bar{x}$ [mm]	R [mm]
1	2,540	2,610	2,575	0,070	51	2,800	2,230	2,515	0,570
2	2,230	2,360	2,295	0,130	52	2,380	2,420	2,400	0,040
3	2,000	1,910	1,955	0,090	53	2,460	2,340	2,400	0,120
4	2,100	2,150	2,125	0,050	54	2,500	2,610	2,555	0,110
5	2,240	2,400	2,320	0,160	55	1,340	1,870	1,605	0,530
6	2,470	2,300	2,385	0,170	56	1,100	1,650	1,375	0,550
7	2,000	2,100	2,050	0,100	57	1,740	1,760	1,750	0,020
8	2,100	2,100	2,100	0,000	58	2,920	1,200	2,060	1,720
9	2,150	2,100	2,125	0,050	59	2,240	2,020	2,130	0,220
10	2,110	2,100	2,105	0,010	60	1,670	2,630	2,150	0,960
11	2,000	1,970	1,985	0,030	61	2,180	2,420	2,300	0,240
12	2,000	2,050	2,025	0,050	62	1,340	3,140	1,840	2,600
13	2,650	2,700	2,675	0,050	63	1,500	2,270	1,885	0,770
14	2,350	2,250	2,300	0,100	64	1,280	2,260	1,770	0,980
15	2,000	2,000	2,000	0,000	65	2,300	2,650	2,475	0,350
16	2,100	2,150	2,125	0,050	66	3,120	2,050	2,585	1,070
17	2,300	2,100	2,200	0,200	67	3,000	1,020	2,010	1,980
18	2,500	2,500	2,500	0,000	68	2,650	1,670	2,160	0,980
19	2,050	2,050	2,050	0,000	69	3,000	1,520	2,260	1,480
20	2,150	2,100	2,125	0,050	70	2,200	2,290	2,245	0,090
21	2,200	2,150	2,175	0,050	71	2,360	2,100	2,230	0,260
22	2,100	2,200	2,150	0,100	72	2,380	2,395	2,388	0,015
23	2,050	2,050	2,050	0,000	73	2,820	1,780	2,300	1,040
24	2,130	2,120	2,125	0,010	74	2,720	1,900	2,310	0,820
25	2,010	2,200	2,105	0,190	75	1,960	2,050	2,005	0,090
26	1,830	2,100	1,965	0,270	76	1,550	1,800	1,675	0,250
27	2,300	2,010	2,155	0,290	77	2,100	1,950	2,025	0,150
28	1,920	1,850	1,885	0,070	78	1,900	2,100	2,000	0,200
29	2,300	2,100	2,200	0,200	79	1,990	2,000	1,995	0,010
30	1,850	1,930	1,890	0,080	80	1,850	2,000	1,925	0,150
31	2,900	2,200	2,550	0,700	81	2,100	1,600	1,850	0,500
32	2,100	2,020	2,060	0,080	82	2,200	2,100	2,150	0,100
33	1,950	1,760	1,855	0,190	83	2,100	2,000	2,050	0,100
34	1,750	1,650	1,700	0,100	84	2,000	2,100	2,050	0,100
35	1,760	2,030	1,895	0,270	85	1,650	2,200	1,925	0,550
36	1,550	1,870	1,710	0,320	86	1,850	2,100	1,975	0,250
37	2,450	2,010	2,230	0,440	87	2,000	1,800	1,900	0,200
38	2,010	2,330	2,170	0,320	88	2,100	1,900	2,000	0,200
39	1,860	2,010	1,935	0,150	89	1,980	2,100	2,040	0,120
40	1,870	1,760	1,815	0,110	90	2,150	1,860	2,005	0,290
41	2,990	1,860	2,425	1,130	91	2,160	1,780	1,970	0,380
42	1,580	1,860	1,720	0,280	92	2,100	1,950	2,025	0,150
43	1,780	2,150	1,965	0,370	93	2,050	1,870	1,960	0,180
44	1,490	1,890	1,690	0,400	94	1,950	2,100	2,025	0,150
45	2,390	2,420	2,405	0,030	95	3,000	2,017	2,509	0,983
46	2,560	2,480	2,520	0,080	96	1,780	2,530	2,155	0,750
47	2,480	2,390	2,435	0,090	97	1,520	3,100	2,310	1,580
48	2,380	2,290	2,335	0,090	98	1,850	2,520	2,185	0,670
49	2,550	2,430	2,490	0,120	99	1,890	2,200	2,045	0,310
50	2,920	2,010	2,465	0,910	100	1,850	2,270	2,060	0,420

#### 4.4.2 Indexy způsobilosti



Obrázek 21 Histogram naměřených a vypočtených hodnot

1) Indexy způsobilosti platí pouze pro normální rozdělení. Nejprve byl tedy vytvořen histogram četností průměrů z jednotlivých výběrů. Dle histogramu můžeme říct, že se jedná o normální rozdělení, protože graf přibližně kopíruje Gaussovu křivku.

2) Pro každý rozsah byl vypočten výběrový aritmetický průměr a výběrové rozpětí podle následujících vztahů:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (20)$$

$$R_j = x_{\max,j} - x_{\min,j} \quad (21)$$

3) Následovalo vypočtení průměru z těchto průměrných hodnot  $\bar{\bar{x}}$  a  $\bar{R}$  pro celý výběr k.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j = 2,116 \text{ mm} \quad (22)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k} = 0,351 \text{ mm} \quad (23)$$

4) Tyto vypočtené hodnoty byly dosazeny do vztahů pro výpočet polohy CL a tolerančních mezí UCL a LCL námi zvoleného regulačního diagramu ( $\bar{x} - R$ ). Pro výpočet CL, UCL a LCL potřebujeme hodnoty koeficientů z tabulky koeficientů. Tabulka koeficientů je přiložena v příloze.

$$d_2 = 1,128$$

$$A_2 = 1,880$$

$$D_4 = 3,267$$

Tyto koeficienty dosadíme do následujících vztahů:

$$CL = \bar{\bar{x}} = 2,116 \text{ mm} \quad (24)$$

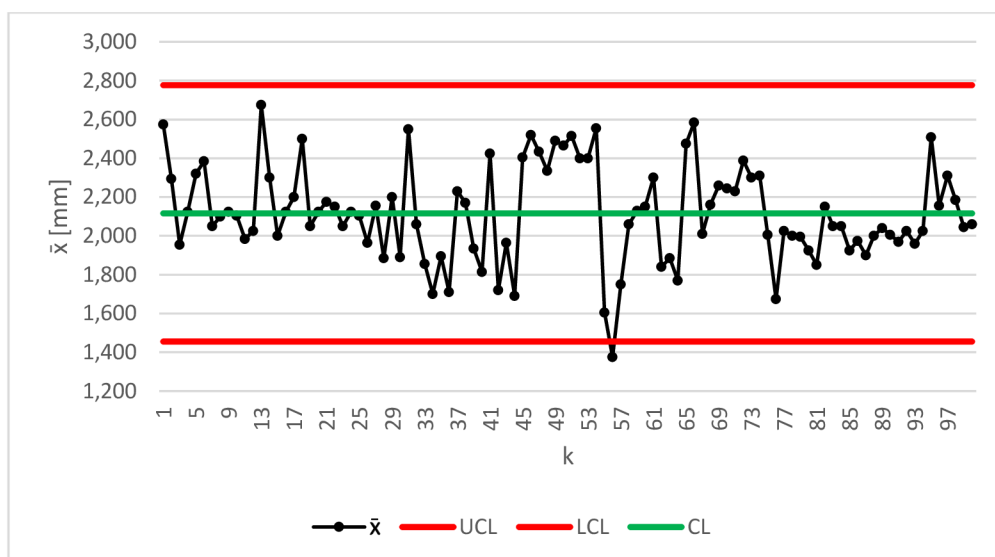
$$UCL_x = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R} = 2,777 \text{ mm} \quad (25)$$

$$LCL_x = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R} = 1,455 \text{ mm} \quad (26)$$

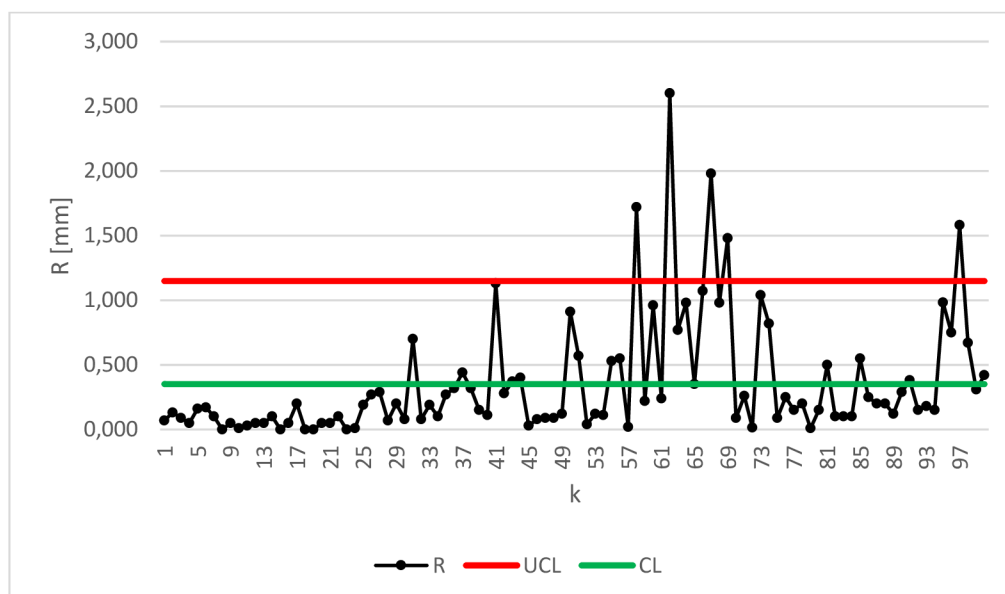
$$CL = \bar{R} = 0,351 \text{ mm} \quad (27)$$

$$UCL_R = D_4 * \bar{R} = 1,148 \text{ mm} \quad (28)$$

5) Po výpočtu těchto hodnot byl s pomocí programu MS Excel sestaven regulační diagram ( $\bar{\bar{x}}-\bar{R}$ ).



Obrázek 22 Regulační diagram  $\bar{x}$



Obrázek 23 Regulační diagram R

V regulačním diagramu můžeme vidět, že několik hodnot leží mimo regulační meze. Z toho vyplývá, že proces je statisticky nestabilní.

6) Dalším krokem je výpočet ukazatelů způsobilosti. Pro výpočet byly použity tolerační meze USL a LSL.

$$LSL = 1 \text{ mm}$$

$$USL = 3,5 \text{ mm}$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = 1,34 \quad (29)$$

$$C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = 1,48 \quad (30)$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = 1,19 \quad (31)$$

$$C_{pK} = \min(C_{pL}, C_{pU}) = 1,19 \quad (32)$$

Výsledný koeficient  $C_{pk}$  nám říká, že proces je způsobilý, ale jeho způsobilost je nízká.

#### 4.4.3 PPM

Regulační meze tentokrát nejsou vypočteny, ale jsou stanoveny výkresovou dokumentací.

$$LSL = 1 \text{ mm}$$

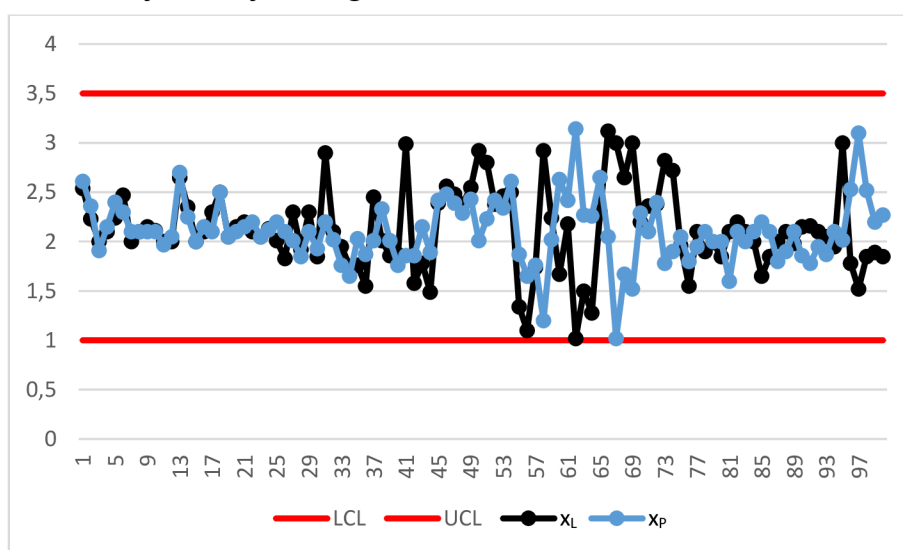
$$USL = 3,5 \text{ mm}$$

1) Prvním krokem je vypočtení hodnoty PPM.

$$PPM = \frac{\text{počet neshodných jednotek}}{\text{počet vyrobených jednotek}} * 10^6 = 0 \quad (33)$$

Všechny naměřené hodnoty odpovídají toleranci. Proto je výsledné PPM rovno nule.

2) Dalším krokem je sestavení diagramu.



Obrázek 24 Diagram PPM

Jak můžeme vidět, žádná hodnota nepřekračuje stanovené meze.

## 4.5 Zhodnocení výsledků

Výsledná hodnota indexu způsobilosti nedosahuje požadované hodnoty. V regulačních diagramech, vidíme, že několik hodnot překročilo vypočtené meze.

Během předešlých měsíců jsem měla možnost nahlédnout do interní dokumentace společnosti, která obsahovala výpočty  $C_{pk}$  a PPM a regulační diagramy pro jednotlivé typy eskalátorů.

Stejně jako u uvedeného příkladu hodnoty indexů způsobilosti velice často kolísaly a nedosahovaly požadované hodnoty. Aktuálně není nic neobvyklého, že vypočtené  $C_{pk}$  přesahují hodnotu 2. Vzhledem k tomu, že hodnota  $C_{pk}$  by neměla být vyšší než 2, je v těchto případech výpočet nicneříkající a zbytečný. Metodika Otisu udává, že výpočet by měl vycházet minimálně z 50 měření, v některých případech byl ale počet i nižší. U některých typů eskalátorů jsou měření prováděny na třech místech, a to na nášlapné plošině, čele schodnice a na protilehlé straně, u jiných typů se provádí pouze dvě měření, a to na levé a pravé straně. Celkově metodě měření chybí systematika.

Index  $C_{pk}$  výrazně ovlivňuje i přesnost měření. V některých případech se k měření mezery mezi schodnicí a okopovým plechem používá měřicí klín, jindy zase digitální posuvné měřidlo. Měřicí klín měří s přesností 0,1 mm. Výpočty různých měření a porovnání výsledků ale ukázaly, že index způsobilosti klesá s menší přesností měření. V případech, kdy se měřilo pomocí měřicího klínu dosahoval index  $C_{pk}$  velmi nízkých hodnot, které ukazovaly, že proces je nezpůsobilý. V tomto případě je vhodné použít měřidlo, které měří s přesností na 0,01 mm.

Za velkou chybu považuji měření velikosti mezery na protilehlých stranách a následné zprůměrování hodnot. Výpočty by se měly provádět pouze pro hodnoty naměřené na jedné straně schodnice. Index způsobilosti by se měl tedy počítat zvlášť pro levou stranu a zvlášť pro pravou stranu schodnice. Obdobně by se měly sestřiovat i regulační diagramy.

Regulační diagram pro rozpětí vcelku postrádá smysl a je nicneříkající. Nelze počítat rozpětí pro dvě hodnoty naměřené na různých mezerách. Dle regulačního diagramu R není proces statisticky zvládnutý a je potřeba vnější zásah. Při bližším prozkoumání hodnot, ale vidíme, že žádná z hodnot nepřekračuje stanovené tolerance.

## 4.6 Vlastní doporučení

V předchozím příkladu si můžeme všimnout, že rozpětí hodnot  $x_L$  a  $x_P$  často kolísá a přesahuje hodnotu 1 mm. Tato velká rozpětí potom způsobují, že index způsobilosti nedosahuje požadované hodnoty. Pokud ovšem budeme pracovat s hodnotami naměřenými pouze na jedné straně, je předpoklad, že se rozpětí nebude tolik lišit, a index způsobilosti dosáhne požadované hodnoty. Proto doporučuji změnit metodiku měření. Ideální by bylo provádět minimálně dvě měření na levé straně a minimálně dvě měření na pravé straně a pokud možno měřit na obou stranách zhruba ve stejných místech, aby bylo následně možno provést součet obou mezer. Pro každou mezeru zvlášť by se provedl výpočet  $C_{PK}$ . V žádném případě nelze počítat index způsobilosti z průměru, který je počítán z hodnot měřených na dvou různých mezerách.

Pro každou stranu zvlášť by se následně sestrojily regulační diagramy pro průměr. Pro sestrojení by se použily stejné výpočty, jaké se používají aktuálně. Regulační diagram pro rozpětí není potřebný, jelikož nám neposkytuje žádné potřebné informace. Místo něho navrhuji regulační diagram, který by sledoval vývoj velikosti součtu mezer na obou stranách. Tento rozměr je velice důležité sledovat, jelikož jeho maximální velikost stanovuje norma. Diagram by obsahoval pouze jednu regulační mez a ta by byla určena jako součet velikostí horní regulační meze mezery měřené na levé straně a horní regulační meze mezery měřené na pravé straně.

Výsledky dále mohou být ovlivněny i přesností měření. Digitální posuvné měřítko, které měří na dvě desetinná místa, je lepší volbou než měřicí klín. Přesnost naměřených hodnot by ovšem mohl ovlivnit i pracovník, který měření vykonává. Ideální je, aby měření prováděl jeden člověk jedním měřidlem.

Na následujících stranách je přímá aplikace mnou vybraných nástrojů na naměřené hodnoty. Hodnoty označené  $L_{1,2}$  jsou měřeny na levé straně schodnice. Hodnoty označené  $P_{1,2}$  jsou měřeny na pravé straně schodnice. Hodnoty označeny  $L_{1,2}+P_{1,2}$  jsou součty protilehlých hodnot. Z těchto hodnot jsou vypočteny indexy způsobilosti a sestrojeny regulační diagramy.

Tabulka 4 Hodnoty měřené na levé s pravé straně schodnice

k	L <sub>1</sub> [mm]	L <sub>2</sub> [mm]	$\bar{x}_L$ [mm]	P <sub>1</sub> [mm]	P <sub>2</sub> [mm]	$\bar{x}_P$ [mm]	L <sub>1</sub> +P <sub>1</sub> [mm]	L <sub>2</sub> +P <sub>2</sub> [mm]	$\bar{x}_{L+P}$ [mm]
1	3,00	2,56	2,78	2,11	2,39	2,25	5,11	4,95	5,03
2	2,51	2,17	2,34	2,10	1,58	1,84	4,61	3,75	4,18
3	2,78	2,82	2,80	2,22	2,29	2,26	5,00	5,11	5,06
4	1,51	1,70	1,61	2,40	2,08	2,24	3,91	3,78	3,85
5	2,59	2,99	2,79	2,96	2,24	2,60	5,55	5,23	5,39
6	3,06	2,37	2,72	2,17	2,09	2,13	5,23	4,46	4,85
7	2,69	2,89	2,79	2,93	2,32	2,63	5,62	5,21	5,42
8	2,00	1,21	1,61	1,25	2,30	1,78	3,25	3,51	3,38
9	2,78	2,79	2,79	2,53	2,08	2,31	5,31	4,87	5,09
10	2,43	2,66	2,55	2,32	2,15	2,24	4,75	4,81	4,78
11	2,67	2,74	2,71	2,33	2,10	2,22	5,00	4,84	4,92
12	1,56	1,58	1,57	1,82	1,94	1,88	3,38	3,52	3,45
13	2,70	2,81	2,76	2,84	2,76	2,80	5,54	5,57	5,56
14	1,47	1,66	1,57	2,00	1,80	1,90	3,47	3,46	3,47
15	2,50	2,58	2,54	2,70	1,93	2,32	5,20	4,51	4,86
16	2,29	1,70	2,00	1,40	2,21	1,81	3,69	3,91	3,80
17	2,63	2,77	2,70	1,99	2,02	2,01	4,62	4,79	4,71
18	1,50	1,78	1,64	1,66	2,32	1,99	3,16	4,10	3,63
19	2,60	2,20	2,40	2,50	1,76	2,13	5,10	3,96	4,53
20	2,60	1,70	2,15	1,90	2,02	1,96	4,50	3,72	4,11
21	2,61	3,00	2,81	3,01	2,25	2,63	5,62	5,25	5,44
22	1,74	1,56	1,65	2,48	2,33	2,41	4,22	3,89	4,06
23	2,85	2,35	2,60	2,30	1,87	2,09	5,15	4,22	4,69
24	2,10	1,87	1,99	1,75	1,66	1,71	3,85	3,53	3,69
25	2,10	2,36	2,23	2,63	1,92	2,28	4,73	4,28	4,51
26	1,37	1,80	1,59	2,39	2,02	2,21	3,76	3,82	3,79
27	2,72	2,30	2,51	2,37	2,01	2,19	5,09	4,31	4,70
28	2,36	1,60	1,98	1,60	2,33	1,97	3,96	3,93	3,95
29	1,99	2,80	2,40	2,78	2,84	2,81	4,77	5,64	5,21
30	1,45	1,80	1,63	2,40	2,00	2,20	3,85	3,80	3,83
31	2,53	1,82	2,18	2,40	1,88	2,14	4,93	3,70	4,32
32	2,54	2,10	2,32	1,60	1,99	1,80	4,14	4,09	4,12
33	2,61	2,30	2,46	1,92	1,69	1,81	4,53	3,99	4,26
34	1,36	2,10	1,73	1,86	1,88	1,87	3,22	3,98	3,60
35	2,12	1,99	2,06	1,78	1,99	1,89	3,90	3,98	3,94
36	2,29	1,12	1,71	1,87	2,30	2,09	4,16	3,42	3,79
37	1,87	2,15	2,01	2,10	1,66	1,88	3,97	3,81	3,89
38	1,92	2,20	2,06	2,15	2,01	2,08	4,07	4,21	4,14
39	2,24	2,25	2,25	2,30	1,88	2,09	4,54	4,13	4,34
40	2,02	2,15	2,09	2,45	2,30	2,38	4,47	4,45	4,46
41	2,35	2,15	2,25	2,02	2,45	2,24	4,37	4,60	4,49
42	2,23	2,15	2,19	2,20	1,80	2,00	4,43	3,95	4,19
43	1,91	1,76	1,84	2,15	1,76	1,96	4,06	3,52	3,79
44	2,02	1,88	1,95	2,10	1,78	1,94	4,12	3,66	3,89
45	2,25	2,30	2,28	1,98	2,37	2,18	4,23	4,67	4,45
46	2,41	2,15	2,28	2,45	2,50	2,48	4,86	4,65	4,76
47	2,15	2,40	2,28	2,01	2,48	2,25	4,16	4,88	4,52
48	2,21	2,25	2,23	2,22	2,30	2,26	4,43	4,55	4,49
49	2,54	2,50	2,52	2,56	2,75	2,66	5,10	5,25	5,18
50	2,89	2,20	2,55	1,56	2,02	1,79	4,45	4,22	4,34



#### 4.6.1 Indexy způsobilosti

Pro obě schodnice je stanovena horní a dolní tolerance.

$$LSL = 1 \text{ mm}$$

$$USL = 3,5 \text{ mm}$$

Postup je stejný jako u předešlého příkladu.

Levá strana schodnice

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = 1,42 \quad (34)$$

$$C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = 1,44 \quad (35)$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = 1,39 \quad (36)$$

$$C_{pK} = \min(C_{pL}, C_{pU}) = 1,39 \quad (37)$$

Pravá strana schodnice

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = 1,43 \quad (38)$$

$$C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = 1,52 \quad (39)$$

$$C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = 1,34 \quad (40)$$

$$C_{pK} = \min(C_{pL}, C_{pU}) = 1,34 \quad (41)$$

Výsledné hodnoty  $C_{pK}$ , které jsou počítané zvlášť pro každou stranu schodnice dosahují stanovené hodnoty a říkají nám, že je proces statisticky stabilní.

#### 4.6.2 Regulační diagramy

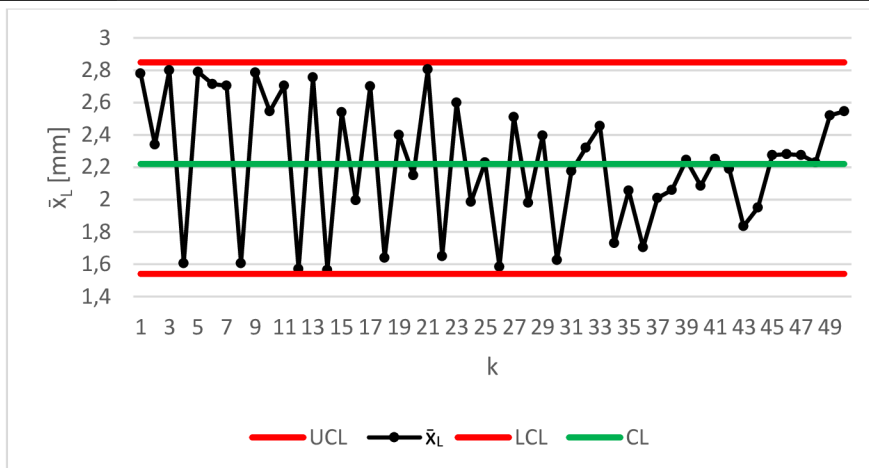
Postup sestavení následujících dvou diagramů je stejný jako v předešlém příkladu. Vypočtou se regulační meze a střední přímka.

Regulační diagram pro levou stranu schodnice

$$C_{LL} = \bar{\bar{x}} = 2,22 \text{ mm} \quad (42)$$

$$UCL_L = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R} = 2,85 \text{ mm} \quad (43)$$

$$LCL_L = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R} = 1,54 \text{ mm} \quad (44)$$



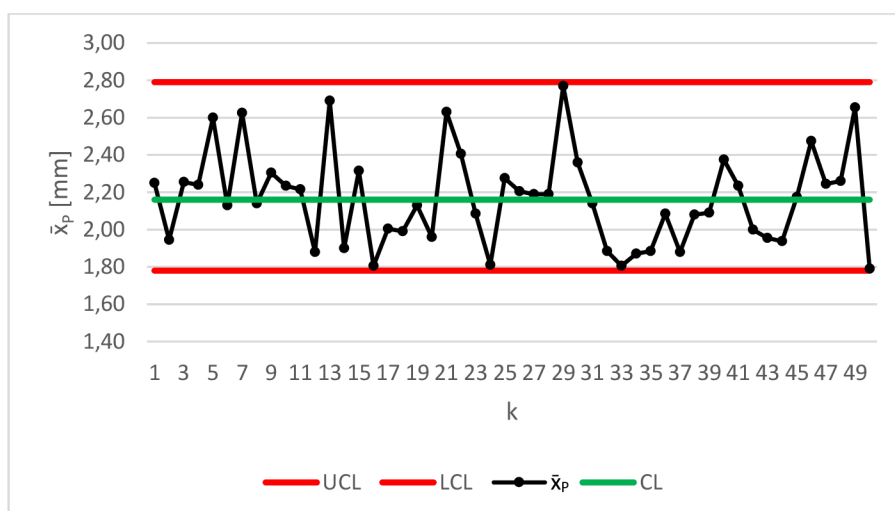
Obrázek 25 Regulační diagram pro levou stranu schodnice

Regulační diagram pro pravou stranu schodnice

$$CLP = \bar{\bar{x}} = 2,16 \text{ mm} \quad (45)$$

$$UCL_p = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R} = 2,79 \text{ mm} \quad (46)$$

$$LCL_p = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R} = 1,78 \text{ mm} \quad (47)$$

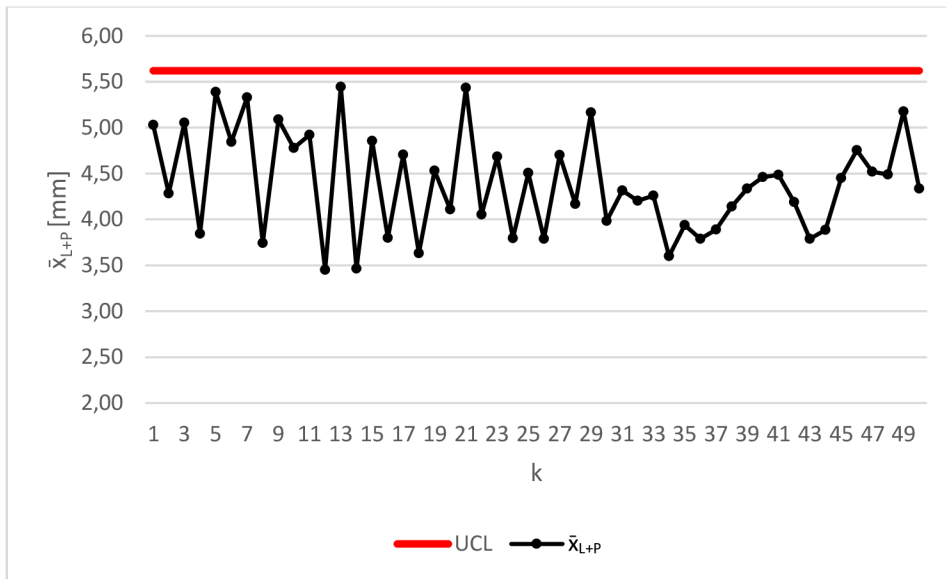


Obrázek 26 Regulační diagram pro pravou stranu schodnice

Regulační diagram pro součet mezer na obou stranách schodnice

Pro tento regulační diagram vypočteme pouze horní regulační mez, protože spodní mez pro nás není důležitá.

$$UCL_{L+P} = UCL_p + UCL_L = 5,62 \text{ mm} \quad (48)$$



Obrázek 27 Regulační diagram pro součet mezer na obou stranách

V žádném ze sestavených regulačních diagramů se nenachází ani jeden bod mimo regulační meze. Proto můžeme říct, že proces je statisticky stabilní.

## 5 ZÁVĚR

Cílem této práce je zhodnocení metodiky použití statistického řízení kvality při výrobě eskalátorů a výtahů. Záměrem je, aby tato práce analyzovala aktuálně používanou metodiku a na základě toho provedla doporučení na zlepšení, případně navrhla jiné řešení.

První část popisuje výrobní proces výtahů a eskalátorů od počáteční objednávky zákazníkem až po finální montáž. Dále se detailně zabývá montáží schodnic. Poslední podkapitola se věnuje systému řízení kvality.

Druhá část se týká certifikace výrobních procesů, která zavádí pojem kritická charakteristika. Společnost mi poskytla seznam kritických charakteristik, které by mohly ovlivnit funkčnost a bezpečnost produktu. Jakožto příklad kritické charakteristiky jsem si vybrala mezeru mezi schodnicí a okopovým plechem. Tato mezera se řídí normou ČSN EN 115-1:2019, která říká, že vodorovná mezera nesmí přesáhnout hodnotu 4 mm na jedné straně a součet mezer měřených na protilehlých stranách nesmí být větší než 7 mm. Na každé vyráběné jednotce eskalátoru se provádí na vytipovaných schodnicích měření a naměřené hodnoty se dále zpracovávají pomocí statistických metod. Společnost Otis mi poskytla naměřené hodnoty a pro ty jsem provedla výpočty indexu  $C_{PK}$ , PPM a sestrojila regulační diagramy.

Požadovaná hodnota indexu způsobilosti je stanovena na 1,33, což odpovídá hodnotě PPM=63. V praxi jsou pro každý typ eskalátoru prováděny výpočty a velice často se stává, že výsledné hodnoty nedosahují stanovených hodnot. Já jsem provedla výpočet pro 100 měření a ani můj výsledek požadované hodnoty nedosáhl.

Tyto výsledky jsou ovlivněny především nesprávnou metodikou měření. Nelze měřit mezeru na levé straně schodnice, mezeru na pravé schodnice a tyto hodnoty průměrovat a počítat s nimi  $C_{PK}$  a vyhodnocovat regulační diagramy. Pro každou mezeru je nutno provádět měření a vyhodnocování zvlášť.

Můj návrh tedy je měřit alespoň dvě hodnoty na levé straně, dvě hodnoty na pravé straně a následně provést výpočet  $C_{PK}$  a sestrojit regulační diagram pro průměr pro každou stranu zvlášť. Tak by bylo zajištěno, aby ani jedna strana nepřekročila stanovené hodnoty.

Za velmi důležitou hodnotu považuji i součet obou mezer, který by dle normy neměl přesáhnout 7 mm. Navrhuji tedy využití regulačního diagramu pro součet mezer, který by měl stanovenou pouze horní mez. Horní mez by se rovnala součtu horních regulačních mezí levé a pravé schodnice.

Mnou navržená metodika by měla zajistit, aby společnost při výpočtech byla schopná dosáhnout požadovaných hodnot, a aby byla schopna proces udržet statisticky stabilní.



## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Otis Elevator Company – nově vynalézáme způsob, jakým se přemísťujete.* Object moved [online]. Copyright © 1998 [cit. 28.02.2020]. Dostupné z: <https://www.otis.com/cs/cz/>
- [2] *Profil společnosti* [prezentace]. Otis a.s. Břeclav, 2018. Dostupné z firemní sítě Otis a.s.
- [3] JANIŠOVÁ, Dana a Mirko KŘIVÁNEK. *Velká kniha o řízení firmy*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4337-0.
- [4] *Produkční proces.* Management mania [online]. 2015 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/produkni-proces>
- [5] Škola a systém managementu kvality škol SČMSD. *Cesta ke kvalitě* [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/ae/2-skola-a-system-managementu-kvality-skol-scmsd>
- [6] *Příručka integrovaného řízení systému kvality.* Otis a.s. Břeclav, 2019. Dostupné z firemní sítě Otis a.s.
- [7] *Our Operating System* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.utc.com/en/Our-Company/our-operating-system>
- [8] TOŠENOVSKÝ, Josef a Darja NOSKIEVIČOVÁ. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-040-X.
- [9] *Lean Six Sigma: Způsobilst procesu* [online]. [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/zpusobilost-procesu/>
- [10] *Výpočet PPM a způsobilst procesu* [online]. 2018 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://bazant.wordpress.com/2018/12/02/vypocet-ppm-a-zpusobilost-procesu/>
- [11] *Montáž schodnic.* Otis a.s. Břeclav, 2019. Dostupné z firemní sítě Otis a.s.
- [12] *ProCert – training.* Otis a.s. Břeclav 2015. Dostupné z firemní sítě Otis a.s.
- [13] *ProCert – Měření mezery mezi schodnicí a okopovým plechem.* Otis a.s. Břeclav 2016. Dostupné z firemní sítě Otis a.s.
- [14] ČSN EN 115-1 *Bezpečnost pohyblivých schodů a pohyblivých chodníků – Část 1: Konstrukce a montáž.* Česká agentura pro standardizaci, 2019, 98 s. Třídící znak 274802
- [15] *Wiki Skripta: Normální rozdělení* [online]. 2016 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Norm%C3%A1ln%C3%AD\\_rozd%C4%9Blen%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Norm%C3%A1ln%C3%AD_rozd%C4%9Blen%C3%AD)
- [16] *SPC. Školení kvalita* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [http://www.skolenikvalita.cz/spc/spc\\_indetail?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1](http://www.skolenikvalita.cz/spc/spc_indetail?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1)
- [17] *Six sigma study guide: X Bar S Control Chart* [online]. 2019 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://sixsigmastudyguide.com/x-bar-s-chart/>
- [18] *PROCESNÍ MAPA – OBECNÝ procesní model.* Otis a.s. Břeclav 2014. Dostupné z firemní sítě Otis a.s.



## 7 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### 7.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Logo společnosti Otis a.s. [1] .....	18
Obrázek 2 Schéma procesu [5] .....	19
Obrázek 3 Procesní mapa výroby [18].....	21
Obrázek 4 Procesní mapa finální montáže eskalátorů .....	23
Obrázek 5 Schodnice na vozíku [11] .....	24
Obrázek 6 Nasazený přípravek [11].....	25
Obrázek 7 Odsunutá pouzdra na hřídeli [11] .....	25
Obrázek 8 Vkládání schodnic [11].....	25
Obrázek 9 Zasunutá pouzdra a čepy [11].....	26
Obrázek 10 Řetěz v poloze pro vložení další schodnice [11] .....	26
Obrázek 11 Poloha schodnic vůči žebřím [11] .....	26
Obrázek 12 Bezpečnostní paleta v jednotce [11].....	27
Obrázek 13 Hřebenová deska a hřebeny [11] .....	27
Obrázek 14 Nastavení pozice okopového panelu [11].....	28
Obrázek 15 Stabilní proces [16].....	33
Obrázek 16 Nestabilní proces [16].....	34
Obrázek 17 Gaussova křivka [15].....	36
Obrázek 18 Měření na čele schodnice [13].....	37
Obrázek 19 Měření na nášlapné ploše schodnice [13].....	38
Obrázek 20 Měřicí klín [13].....	38
Obrázek 21 Histogram naměřených a vypočtených hodnot .....	40
Obrázek 22 Regulační diagram $\bar{x}$ .....	41
Obrázek 23 Regulační diagram R .....	41
Obrázek 24 Diagram PPM .....	42
Obrázek 25 Regulační diagram pro levou stranu schodnice.....	47
Obrázek 26 Regulační diagram pro pravou stranu schodnice.....	47
Obrázek 27 Regulační diagram pro součet mezer na obou stranách .....	48

### 7.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled procesů .....	22
Tabulka 2 Přehled procesů montáže eskalátorů .....	23
Tabulka 3 Naměřené hodnoty pomocí posuvného měřítka.....	39
Tabulka 4 Hodnoty měřené na levé s pravé straně schodnice .....	45



### 7.3 Seznam zkratek a symbolů

$A_2$	[-]	součinitel pro výpočet regulačních mezí
a.s.	[-]	akciová společnost
ACE	[-]	Achieving Competitive Excellence (Dosažení konkurenceschopnosti)
CL	[mm]	Control Line
$C_p$	[-]	index způsobilosti
$C_{pk}$	[-]	index způsobilosti
$\widehat{C}_{pK}$	[-]	odhad indexu způsobilosti
$C_{pL}$	[-]	dolní index způsobilosti
$C_{pU}$	[-]	horní index způsobilosti
$d_2$	[-]	součinitel pro výpočet regulačních mezí
$D_4$	[-]	součinitel pro výpočet regulačních mezí
EH&S	[-]	životní prostředí, zdraví a bezpečnost
IMS SC	[-]	řídící výbor integrovaného systému řízení
ISO	[-]	International Organization for Standardization
ISŘ	[-]	integrovaný systém řízení
k	[ks]	počet výběrů
LCL	[mm]	Lower Control Line
LSL	[mm]	Lower Specification Limit
MSL	[mm]	střed tolerančního intervalu
N	[-]	normální rozdělení
n	[-]	počet výběrů
NCE 508	[-]	typ eskalátoru
PPM	[ks]	Parts Per Million
QMS	[-]	Quality Management System (Systém managementu kvality)
R	[mm]	rozpětí
$\bar{R}$	[mm]	průměrné rozpětí
s	[mm]	výběrová směrodatná odchylka
SIPOC	[-]	Supplier Input Process Output Customer
T	[mm]	Target Value
TPM	[-]	Total Productive Maintenance
UCL	[mm]	Upper Control Line
USL	[mm]	Upper Specification Limit
$\bar{x}$	[mm]	aritmetický průměr
$\bar{\bar{x}}$	[mm]	aritmetický průměr z aritmetických průměrů jednotlivých výběrů
$x_L$	[mm]	výsledek měření na čele schodnice

$X_P$	[mm]	výsledek měření na nášlapné ploše schodnice
$X_{ij}$	[mm]	i-tá naměřená hodnota regulované veličiny v j-tém výběru.
$X_{max}$	[mm]	největší naměřená hodnota ve výběru
$X_{min}$	[mm]	nejmenší naměřená hodnota ve výběru
$\mu$	[mm]	střední hodnota
$\sigma^2$	[mm <sup>2</sup> ]	rozptyl
$\hat{\sigma}$	[mm]	odhad směrodatné odchylky



## 8 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Tabulka koeficientů pro výpočet regulačních mezí

Příloha B – Seznam kritických charakteristik



## 9 PŘÍLOHY

### Příloha A – tabulka koeficientů pro výpočet regulačních mezí

Subgroup	X bar chart		Sigma estimate	R chart		S chart	
	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
2	1.880	2.659	1.128	-	3.267	-	3.267
3	1.023	1.954	1.693	-	2.574	-	2.568
4	0.729	1.628	2.059	-	2.282	-	2.266
5	0.577	1.427	2.326	-	2.114	-	2.089
6	0.483	1.287	2.534	-	2.004	0.030	1.970
7	0.419	1.182	2.704	0.076	1.924	0.118	1.882
8	0.373	1.099	2.847	0.136	1.864	0.185	1.815
9	0.337	1.032	2.970	0.184	1.816	0.239	1.761
10	0.308	0.975	3.078	0.223	1.777	0.284	1.716
11	0.285	0.927	3.173	0.256	1.744	0.321	1.679
12	0.266	0.886	3.258	0.283	1.717	0.354	1.646
13	0.249	0.850	3.336	0.307	1.693	0.382	1.618
14	0.235	0.817	3.407	0.328	1.672	0.406	1.594
15	0.223	0.789	3.472	0.347	1.653	0.428	1.572
16	0.212	0.763	3.532	0.363	1.637	0.448	1.552
17	0.203	0.739	3.588	0.378	1.622	0.466	1.534
18	0.194	0.718	3.640	0.391	1.608	0.482	1.518
19	0.187	0.698	3.689	0.403	1.597	0.497	1.503
20	0.180	0.680	3.735	0.415	1.585	0.510	1.490
21	0.173	0.663	3.778	0.425	1.575	0.523	1.477
22	0.167	0.647	3.819	0.434	1.566	0.534	1.466
23	0.162	0.633	3.858	0.443	1.557	0.545	1.455
24	0.157	0.619	3.895	0.451	1.548	0.555	1.445
25	0.153	0.606	3.931	0.459	1.541	0.565	1.435