

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Aplikace statistické přejímky v podniku

Application of statistical inspection in a company

AUTOR: Petr Dvořák

STUDIJNÍ PROGRAM: Výroba a ekonomika ve strojírenství

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.

PRAHA 2020



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Dvořák** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **475445**  
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**  
 Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**  
 Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Aplikace statistické přejímky v podniku**

Název bakalářské práce anglicky:

**Application of statistical inspection in a company**

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod: Zdůvodnění zadání a cíle práce
2. Teoretická část: Teorie statistické přejímky
3. Analytická část: Analýza a popis kontrolního procesu vybraného dílu
4. Praktická část: Posouzení vhodnosti aplikace statistické přejímky na vybraný díl
5. Závěr: Celkové zhodnocení práce

Seznam doporučené literatury:

- 1) KOŽÍŠEK, Jan a STIEBEROVÁ, Barbora. Management kvality I. 4. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 788001056738.
- 2) KLÚFA, Jindřich. Statistická přejímací kontrola jakosti. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1993. ISBN 80-7079-435-6.
- 3) NOSKIEVIČOVÁ, Darja. Statistické metody v řízení jakosti. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-318-4.
- 4) MONTGOMERY, D. C.: Introduction to Statistical Quality Control. 6. vyd. New York, J. Wiley & Sons 2008. ISBN 978-0-470-16992-6.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Barbora Stieberová, Ph.D., ústav řízení a ekonomiky podniku FS**

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

Datum zadání bakalářské práce: **12.04.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **01.03.2021**

  
 Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.  
 podpis vedoucí(ho) práce

  
 prof. Ing. František Freiberg, CSc.  
 podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

25.6.2020

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Aplikace statistické přejímky v podniku* vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne: .....

Podpis: .....

## Poděkování

Rád bych poděkoval své vedoucí bakalářské práce, paní Ing. Barboře Stieberové, Ph.D., za poskytnutí doporučené literatury, za její cenné rady, čas, ochotu a trpělivost při psaní bakalářské práce. Zároveň bych rád poděkoval celému oddělení kvality společnosti Prusa Research a.s. za poskytnuté informace a rady, zejména Bc. Martinu Boguschovi. Nakonec děkuji své rodině za jejich podporu během celého studia.

## Anotace

Předmětem této bakalářské práce je analýza současného stavu kontrolního procesu kvality napájecího zdroje pro 3D tiskárny od společnosti Prusa Research a.s. zabývající se jejich vývojem, výrobou a prodejem, a následně návrh na jeho zlepšení. Teoretická část je zaměřena na vysvětlení základních pojmů týkajících se statistické přejímky včetně platných norem, popis pravděpodobnostních modelů a objasnění nákladů spojených s managementem kvality. V praktické části je charakterizována společnost a analyzován kontrolní proces vybraného dílu. V této části jsou také aplikovány poznatky z teoretické části pro vytvoření návrhu řešení pomocí statistické přejímky. V závěrečné části jsou vyhodnoceny výsledky a posouzeno splnění cílů práce.

## Klíčová slova

Statistická přejímka, kontrola jakosti, analýza kontrolního procesu, 3D tisk, přejímací plán, přejímací číslo

## Annotation

The subject of this bachelor thesis is the analysis of the current state of quality control process of the power supply unit for 3D printers made by Prusa Research a.s., which deals with their development, production and sale, and the subsequent proposal for its improvement. The theoretical part is focused on explaining the basic concepts related to statistical inspection including applicable standards, describing probabilistic models and clarifying costs associated with quality management. In the practical part there is the description of the company, analysis of the quality control process of the selected part and the theoretical knowledge from the first part is applied to introduce a possible solution using statistical inspection. In the final part, the results are evaluated and fulfilment of the work is assessed.

## Keywords

Statistical inspection, quality control, analysis of quality control process, 3D printing, sampling plan, acceptance number

## Obsah

1. Úvod .....	9
2. Teoretická část .....	10
2.1. Vlastnosti a využití statistické přejímky.....	10
2.2. Historie .....	10
2.3. Základní pojmy .....	11
2.4. Pravděpodobnostní modely .....	16
2.4.1. Hypergeometrické rozdělení.....	16
2.4.2. Binomické rozdělení .....	17
2.4.3. Poissonovo rozdělení.....	17
2.5. Typy statistických přejímek.....	18
2.5.1. Rozdělení dle způsobu prováděné kontroly.....	18
2.5.2. Rozdělení dle postupu při hodnocení dávek.....	19
2.5.3. Rozdělení dle postupu při zamítnutí dávky.....	20
2.5.4. Rozdělení dle četnosti dávek .....	21
2.6. Porovnání jednotlivých metod statistické přejímky .....	21
2.6.1. Porovnání statistické přejímky srovnáním a měřením .....	21
2.6.2. Porovnání statistických přejímek z hlediska počtu výběrů .....	22
2.7. Normy statistických přejímek.....	22
2.7.1. Normy pro statistickou přejímku srovnáním .....	22
2.7.2. Normy pro statistickou přejímku měřením.....	23
2.8. Náklady spojené s kvalitou.....	24
2.8.1. Model PAF.....	24
2.8.2. Konvenční a progresivní pohled na náklady na kvalitu .....	26
3. Praktická část .....	27
3.1. O společnosti Prusa Research s.r.o.....	27

3.1.1. Portfolio produktů.....	27
3.1.2. Procesy kontroly kvality .....	30
3.2. Popis vybraného dílu .....	31
3.3. Popis neshodností a jejich značení .....	31
3.3.1. Mechanické poškození dílu.....	31
3.3.2. Power panic failure .....	33
3.3.3. Fail test.....	33
3.3.4. Ostatní vady.....	34
3.3.5. Značení neshodností .....	34
3.4. Popis procesu kontroly dílu.....	35
3.5. Analýza neshodností za uplynulá období .....	36
3.6. Analýza zákaznických reklamací .....	39
3.7. Shrnutí analýzy neshodností a zákaznických reklamací .....	42
3.8. Návrh řešení pomocí statistické přejímky.....	44
4. Závěr.....	51
Seznam použité literatury.....	53
Seznam obrázků .....	55
Seznam tabulek.....	55
Seznam grafů .....	56



# 1. Úvod

V době otevřeného trhu a velké konkurence je kladen stále větší důraz na kvalitu a péči o zákazníka. Zároveň je zde snaha poskytnout co nejatraktivnější produkt při zachování co nejnižších nákladů. Nemalá část nákladů v průmyslových podnicích je tvořena náklady na ověřování shody. Tradiční pojetí vychází z toho, že odběratel po dodání zboží podrobí tuto dávku vstupní kontrole, případně provádí kontroly během výrobního procesu. Jedná se však o postup značně náročný a nákladný, a to jak na lidské zdroje, tak na ztráty způsobené neshodnými jednotkami odhalenými během procesu zpracování. Efektivní řízení kvality je založeno především na zlepšování těchto procesů tak, aby bylo dosaženo co nejvyšší jakosti při minimálních nákladech a vychází z jednotlivých norem a standardů. Zároveň bylo vyvinuto mnoho nástrojů řízení kvality, analytických a statistických technik, které lze při tomto procesu využít. Jedním z nich je také nástroj zvaný statistická přejímka, kterou se budu ve své práci zabývat. Hlavním cílem této práce je na základě vypracované analýzy kontrolního procesu a neshodností vybraného dílu posoudit vhodnost aplikace statistické přejímky a navrhnout možnost řešení.

První část je zaměřena na teorii statistické přejímky, na možnosti jejího použití, historii, základní pojmy potřebné pro pochopení této metody a jejích různých typech. Zároveň pojednává o normách využívaných pro její aplikaci, o nákladech spojených s kvalitou a o pravděpodobnostních modelech.

Ve druhé části se zabývám kontrolním procesem vybraného dílu, jeho popisem a analýzou neshodností za minulá období včetně zákaznických reklamací. Na konci této části jsem za pomoci norem navrhl možné řešení pomocí statistické přejímky.

Závěrem této práce docházím k celkovému zhodnocení a komentuji splnění zadaných cílů.

## 2. Teoretická část

### 2.1. Vlastnosti a využití statistické přejímky

Statistická přejímka se řadí ke klasickým příkladům statistických metod technické kontroly jakosti a v současné době se jedná o široce používaný nástroj ve výrobních a zpracovatelských podnicích. Jejím hlavním cílem je zjistit, zda výrobce (dodavatel) předkládá zákazníkovi dávky dohodnuté kvality a na základě toho rozhodnout o přijetí či zamítnutí dávky. Z tohoto vychází jedna z jejích nejdůležitějších vlastností – umísťuje odpovědnost tam, kam patří, což je to znamená výrobcí. Zároveň se však tohoto cíle snaží dosáhnout co nejehospodárnějším způsobem. Své využití nalézá v případech, ve kterých je velice složité nebo finančně nákladné testovat celý přejímaný soubor, tudíž se velice obtížně ověřuje splnění kvalitativních požadavků zákazníka. Stoprocentní kontrola nebývá vždy účinná, hraje zde totiž roli lidský faktor. V případě velmi obtížné nebo jednotvárné kontroly je její účinnost 70-80 %. Objevuje se zde riziko nesprávného rozhodnutí týkajícího se přijetí či zamítnutí, které může být větší než u přejímky s pečlivou kontrolou vybraných výrobků u dobře zvoleného přejímacího plánu. [1,2,4,9]

### 2.2. Historie

Historie statistické přejímky sahá do první poloviny 20. století, konkrétně do dvacátých let. V této době byly v laboratořích společnosti Bell Telephone vyvinuty základní postupy a principy, včetně základní terminologie (OC křivka, riziko odběratele, riziko dodavatele, atd.). Jednalo se o pány Harolda Dodge a Harryho Romiga, kteří učinili první základní kroky v oblasti statistické přejímky. Jejich práce a myšlenky však zprvu našly širší uplatnění pouze v závodech Western Electric. I přesto však na své myšlenky dále pracovali a vydali řadu publikací zabývajících se tímto tématem. [6,7]

Velký rozvoj nastal po druhé světové válce v Japonsku, kde byly statistické přejímky hromadně využívány. Ve Spojených státech amerických si podniky užívaly zvýšeného zájmu, zároveň prakticky neexistovala konkurence. Z tohoto důvodu se

americké firmy zaměřovaly na co nejvyšší výrobu na úkor kvality. Naopak v Japonsku, pod vedením konzultantů W.E. Deminga, J.M. Murana, se ve velké míře začaly aplikovat metody statistické přejímky, což vedlo ke zlepšení kvality jejich výrobků. Teprve tento úspěch dokázal v 80. letech navrátit pozornost směrem ke zlepšování kvality a používané principy našly uplatnění i v USA. Po pozitivních zkušenostech se postupně šířily do zbytku světa a postupně si našly své místo v mnoha národních i mezinárodních standardech. V průběhu 20. století dochází k vydání řady dalších norem a její využití se postupně rozšiřuje. [3,6,7]

## 2.3. Základní pojmy

V této kapitole se zabývám několika důležitými pojmy, které je nutné znát při aplikaci a posuzování statistických přejímek.

### Výběr

Představuje soubor, tvořený jednou či více jednotkami, který je odebrán z dávky za účelem poskytnutí informace o dávce. [5]

### Rozsah výběru

Označuje se  $n$ . Jedná se o počet jednotek kontrolovaného produktu, který je náhodně vybraný z přejímané dávky. Náhodný výběr nám zajišťuje stejnou pravděpodobnost toho, že všechny jednotky v přejímané dávce budou zahrnuty do výběru. [5]

### Přejímací kritérium

- a) Přejímací číslo  $Ac$  (acceptance number, ve starších ČSN značeno  $c$ ) – jedná se o maximální přípustný počet neshodných jednotek v dávce
- b) Zamítací číslo  $Re$  (rejectance number, ve starších ČSN značeno  $Z$ ) – jedná se o nepřípustný počet neshodných jednotek v dávce

Tato čísla jsou zásadní pro statistickou přejímku, neboť rozhodují o přijetí či zamítnutí dávky. [5,6]

## Přejímací plán

Přejímací plán je představitelem základních pravidel pro provedení statistické přejímky a následného rozhodnutí o přijetí či zamítnutí dávky. Jeho obsahem je pevně stanoven rozsah výběru a přesně definované přejímací kritérium. [5,6]

Pro každý přejímací plán je možné sestavit 3 křivky. Každá z nich má svou vypovídající schopnost. Konkrétně jde o tyto křivky:

- a) Operativní charakteristika
- b) Křivka průměrné výstupní jakosti AOQ
- c) Arbitrážní křivka

## Procento neshodných jednotek

$$\text{procento neshodných jednotek} = \frac{\text{počet neshodných jednotek}}{\text{celkový počet neshodných jednotek}} \cdot 100 [\%] \quad [4]$$

## Počet neshod na 100 jednotek

$$\text{počet neshod na 100 jednotek} = \frac{\text{celkový počet neshod}}{\text{celkový počet jednotek}} \cdot 100 \quad [4]$$

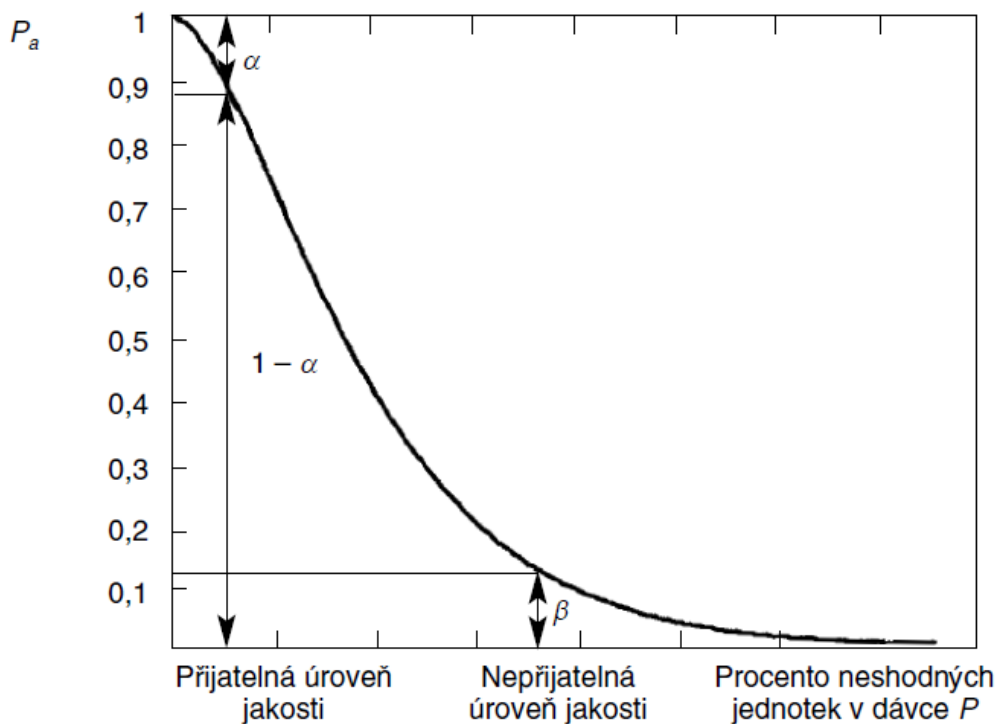
## Operativní charakteristika

Operativní charakteristika představuje grafickou závislost pravděpodobnosti přijetí dávky, která odpovídá aplikovanému přejímacímu plánu, tzn. se stanoveným podílem neshodných jednotek. Udává nám účinnost a hospodárnost, zároveň je unikátní každému přejímacímu plánu. Grafickou závislost můžeme vyjádřit následujícím vztahem:  $L(p, n, c) = L(p)$  [3,8,9]

Typický průběh operativní charakteristiky je znázorněn na Obrázku 1. Vodorovná osa představuje hodnoty úrovně kvality. Tato hodnota bývá vyjádřena buď v procentech, nebo v počtu neshod na 100 jednotek. Svislá osa představuje pravděpodobnost přijetí dávky, kdy měřítko je od 0 do 1, nebo očekávané procento přijatých dávek, kdy je měřítko od 0 do 100. Z grafu je patrné, že se jedná o klesající funkci. Z tohoto faktu je zřejmé, že s rostoucím počtem neshodných jednotek klesá

pravděpodobnost přijetí dávky. Zároveň můžeme konstatovat, že čím je přejímací plán přísnější, tím bude mít operativní charakteristika strmější průběh. [3,8,9]

Jelikož se statistická přejímka provádí na základě výběru, je nutné počítat při rozhodování o přijetí s dvěma druhy chyb. První chyba je způsobena tím, že na základě výběru určíme dávku jako nevyhovující, přestože ve skutečnosti odpovídá deklarované kvalitě. Dojde tedy k zamítnutí dobré dávky. Tato chyba se označuje jako chyba 1. druhu a nazýváme ji riziko výrobce a značíme ji  $\beta$ . Naopak může nastat situace, kdy je kvalita dávky nevyhovující, ale na základě výběru byla přijata. Jedná se o chybu 2. druhu a nazýváme ji riziko odběratele, značíme ji  $\alpha$ . [8]



Obrázek 1 - Typický průběh operativní charakteristiky [6]

### Riziko dodavatele a riziko odběratele

Riziko dodavatele, stejně jako riziko odběratele, vzniká na základě výběru, který je představitelem pouze malé části celé dávky. Z tohoto důvodu může vlivem náhody nastat chybné rozhodnutí o přijetí či nepřijetí dodávky. [3]

Riziko dodavatele představuje pravděpodobnost, že na základě kontroly bude zamítnuta dávka, která ale odpovídá patřičné kvalitě. Toto riziko se obvykle volí 5 %, výjimečně 1 %. Tuto skutečnost lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$\alpha = 1 - L(p_1)$$

v tomto případě  $\alpha$  představuje maximální pravděpodobnost zamítnutí nevyhovující dávky. [1,5,6]

Riziko odběratele představuje pravděpodobnost, že na základě výsledku kontroly bude přijata dávka s vyšším procentem neshodných jednotek, než je dovoleno přejímacím plánem. Toto riziko se obvykle volí 10 %, nebo výjimečně 5 %. Tímto způsobem je zajištěno, že odběratel s vysokou pravděpodobností převezme dávky, které odpovídají požadované kvalitě stanovené v přejímacím plánu. Tuto skutečnost lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$\beta = L(p_2)$$

kde  $\beta$  vyjadřuje maximální pravděpodobnost přijetí nevyhovující dávky. [1,5,6]

Při tvorbě přejímacího plánu se snažíme obě tato rizika zachovat minimální. Pokud by bylo zvýšeno jedno z výše zmíněných rizik, tak následkem je vznik škody a navýšení nákladů. [1]

### **Arbitrážní křivka**

Jedná se o křivku znázorňující průběh pravděpodobností, že dodavatel ve výstupní kontrole označí dávku za přijatelnou, ale odběratel dávku na základě daného přejímacího plánu zamítne. [11]

### **Přípustná úroveň jakosti AQL (Acceptance Quality Level)**

Přípustná úroveň jakosti se využívá v případě spojitě série dávek. Určuje nejhorší průměrné procento neshodných dávek v procesu, které je odběratel schopen akceptovat. [5]

## Mezní jakost LQ (Limited Quality)

Mezní jakost se využívá v případě izolovaných dávek. Udává přípustné procento neshodných jednotek v dané dávce, tzn. odpovídá riziku odběratele. [5, 6]

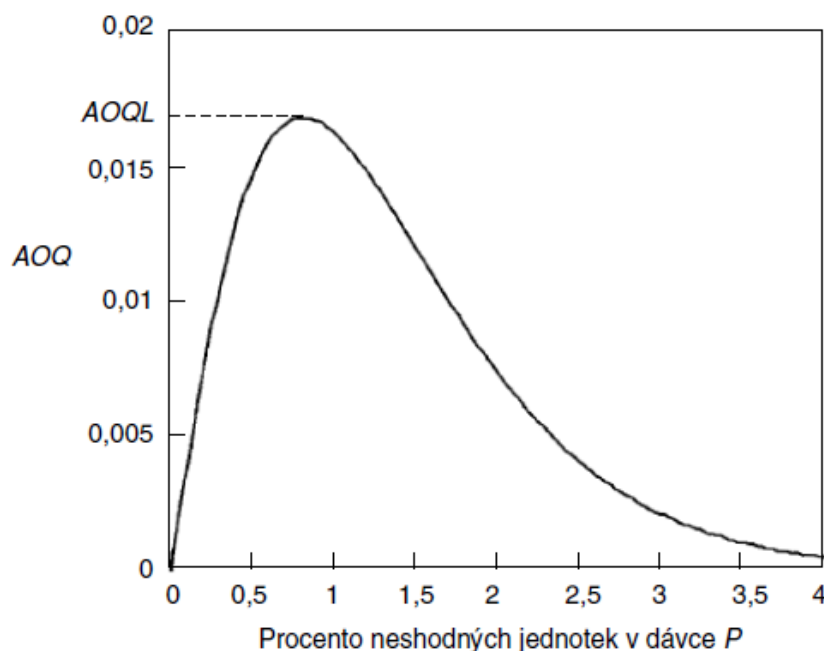
## Průměrná výstupní jakost AOQ (Average Outing Quality)

Jedná se o velice důležitý znak pro statistické přejímky. Znázorňuje průběh průměrného výstupního podílu neshodných jednotek po kontrole. Zamítnuté dávky se obvykle podrobí stoprocentní přejímce a neshodné jednotky jsou nahrazeny shodnými. Tato operace má za následek zlepšení průměrné výstupní jakosti a zároveň je určena nejhorší průměrná výstupní jakost. Závislost lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$AOQ = p \cdot L(p)$$

kde  $p$  je podíl neshodných jednotek a  $L(p)$  je pravděpodobnost převzetí. [1,3,6]

Průběh křivky je znázorněn na Obrázku 2.



Obrázek 2- Průběh křivky AOQL [6]

### Maximální hodnota AOQL

Jedná se o nejhorší průměrné výstupní procento vadných výrobků. [6]

### Kontrolní úrovně

Rozlišujeme celkem sedm kontrolních úrovní – tři obecné a čtyři speciální. Obecné kontrolní úrovně jsou označeny řeckými čísly I, II a III (I – zmírněná kontrola; II – normální kontrola; III – zpřísněná kontrola) Pokud není stanoveno jinak, musí se použít normální kontrola, tedy úroveň II. Speciální úrovně kontroly jsou označeny S1, S2, S3 a S4. Při použití těchto úrovní je zapotřebí dbát na to, aby nebyly použity hodnoty AQL, které s nimi nejsou slučitelné. Po určitých zkušenostech s kvalitou dávek lze přejít z normální kontroly na zmírněnou či zpřísněnou kontrolu. [14]

## 2.4. Pravděpodobnostní modely

Při použití statistické přejímky se lze setkat s několika modely rozdělení pravděpodobnosti. Tyto modely se využívají k určení pravděpodobnosti přijetí dávky a k vytvoření operativní charakteristiky. Základní dělení rozděluje modely na spojité a diskrétní. Pro statistickou přejímku se využívá především rozdělení diskrétních, která stručně uvedu. [3,5]

### 2.4.1. Hypergeometrické rozdělení

Hypergeometrické rozdělení se využívá v případech, kdy vybrané jednotky ze souboru nevracíme zpět. Pomocí tohoto rozdělení jsme schopni určit pravděpodobnost, že z dávky o celkovém počtu jednotek  $N$ , která obsahuje  $M$  zmetků, při rozsahu výběru  $n$ , vybereme  $x$  neshodných jednotek. Toto tvrzení je vyjádřeno následujícím vztahem:

$$P(X = x) = \frac{\binom{Np}{x} \binom{N - Np}{n - x}}{\binom{N}{n}} = \frac{\binom{M}{x} \binom{N - M}{n - x}}{\binom{N}{n}} = \frac{\binom{Np}{i} \binom{N - Np}{n - i}}{\binom{N}{n}} = P(p, n, i)$$

V tomto vztahu  $p = \frac{M}{N} = \frac{Np}{N}$  představují celkový počet neshodných jednotek, zároveň  $N - Np$  je vyjádřením dobrých jednotek v dávce. [2]



### 2.4.2. Binomické rozdělení

Binomické rozdělení se využívá v případě statistických přejímek velkých dávek, kdy zároveň jsou vybrané vzorky vráceny do souboru. Pravděpodobnost výběru vadného výrobku z dávky tak nezávisí na výsledcích kontroly předchozích prvků (je stále rovna podílu vadných  $p$ ), výběry jsou na sobě nezávislé, protože počet vadných kusů je konstantní. [2]

Přestože je ve statistické přejímce nepraktické vracet kontrolované výrobky zpět do dávky, má své využití například jako teoretický model pro přejímku velkých dávek. Rozsah dávky  $N$  bývá často velký v porovnání s rozsahem výběru, následkem toho je rozdíl mezi výběrem s vrácením a bez vrácení zanedbatelný. [2]

$$P(X = i) = \binom{n}{i} p^i (1 - p)^{n-i}, \quad i = 0, \dots, n$$

### 2.4.3. Poissonovo rozdělení

Tento typ rozdělení nachází uplatnění u tzv. řídkých jevů (např. počet telefonních spojení za minutu) jak v oblasti technologie, tak i konstrukce nebo ekonomice. Jedná se o rozdělení levostranně nesymetrické a má pouze jeden parametr.

Poissonovo rozdělení lze také využít k aproximaci vyrovnání jiných levostranně nesymetrických rozdělení. Za určitých podmínek lze při velkých výběrech pro výpočty pravděpodobností hypergeometrického nebo binomického rozdělení využít právě tento model.

$$P(X = x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!} \quad \text{pro } x = 0, 1, 2, \dots$$

$$P(x) = 0 \quad \text{pro ostatní hodnoty}$$

Střední hodnota by neměla být ani velká, ani malá. Je tomu tak z toho důvodu, že Poissonovo rozdělení aproximuje binomické rozdělení pro  $\lim_{n \rightarrow \infty} n \pi = \lambda$  pro  $\pi \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$ . [10]

## 2.5. Typy statistických přejímek

Statistické přejímky lze rozdělit na několik druhů podle způsobu prováděné kontroly, postupu při hodnocení dávek, postupu při zamítnutí dávky a dle četnosti ověřování dávek [1,4]

### 2.5.1. Rozdělení dle způsobu prováděné kontroly

#### a) Přejímka srovnáním

Jedná se v praxi o velice používanou metodu, a to především z důvodu její jednoduchosti. Zároveň je zde možnost sledování několika znaků současně. Hlavním kritériem je přijímací číslo. Z dávky je dle přijímacího plánu odebrán patřičný počet vzorků  $n$ . Při kontrole se využívá kalibrů a měrek, pomocí kterých se výrobky třídí na shodné a neshodné. Na základě počtu shodných/neshodných jednotek se dávka přijme či zamítne. [1,3,5]

#### b) Přejímka měřením

Při přejímce měřením pracujeme se znakem, který má charakter spojité náhodné veličiny. Pracuje se zde s toleranční mezí a výrobky, které tuto mez překročí jsou označeny za vadné. Zároveň předpokládáme, že sledovaný znak kvality má normální rozdělení se střední hodnotou  $\mu$  a rozptylem  $\sigma^2$ . Výhodou této metody je práce s menším rozsahem výběru, díky níž je ekonomičtější. Nevýhodou jsou ale zvýšené náklady na provedení kontroly, která je náročnější než při přejímce srovnáním. [5,6]

Statistickou přejímku měřením lze rozdělit podle dvou základních hledisek následovně:

1. Podle předpisu mezní hodnoty
  - a) Předpis jedné mezní hodnoty (horní  $U$ , dolní  $L$ )
  - b) Předpis obou mezních hodnot
2. Podle známosti směrodatné odchylky výrobního procesu
  - a) Hodnota směrodatné odchylky znaku  $X$  je známá

- b) Hodnota směrodatné je odhadnuta pomocí výběrové směrodatné odchyly
- c) Hodnota směrodatné odchyly je odhadnuta pomocí průměrného variačního rozpětí [5,6]

## 2.5.2. *Rozdělení dle postupu při hodnocení dávek*

### a) Přejímka jedním výběrem

Přejímka jedním výběrem se provádí vybráním určitého počtu jednotek z kontrolované dávky. Následně podle způsobu prováděné kontroly a jejích výsledků rozhodneme o přijetí či nepřijetí dávky. [1]

### b) Přejímka dvojím výběrem

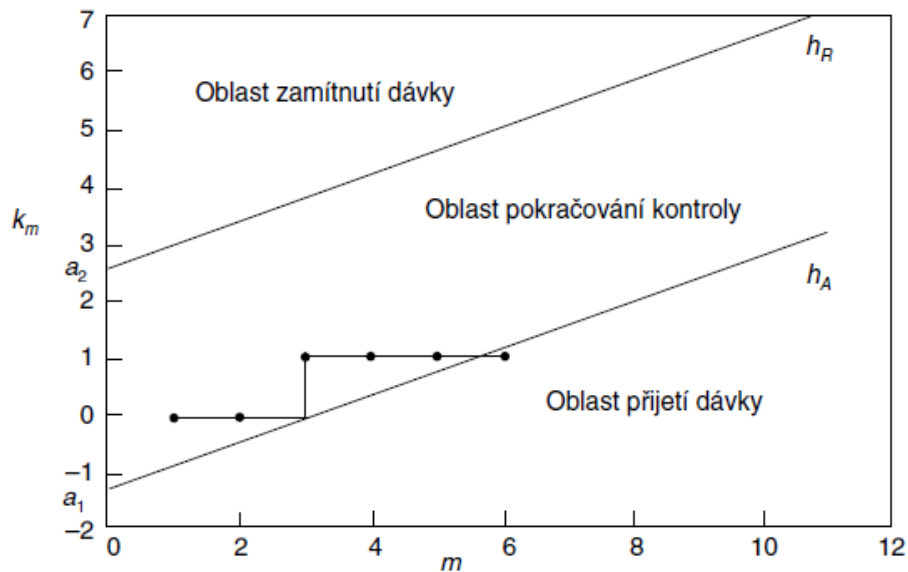
Při přejímce dvojím výběrem máme širší možnosti rozhodování. Na základě prvního výběru (první přejímky) máme tři možnosti: dávku přijmout, zamítnout, nebo provést ještě jeden výběr. Pokud se rozhodneme pro provedení dalšího výběru, rozhodujeme se základě obou výběrů sloučených dohromady. [3]

### c) Přejímka několikerým výběrem

V případě přejímky několikerým výběrem je postup stejný jako při přejímce dvojím výběrem, s tím rozdílem že se výběr provádí vícekrát. Počet výběrů bývá různý, zpravidla však končí po 7. či 8. výběru. [1,3]

### d) Přejímka sekvenční

Jedná se o metodu postupným výběrem. Při této přejímce není předem určen rozsah výběru, kontrolované jednotky jsou náhodně odebírány po jedné, na základě kontroly je rozhodnuto o zamítnutí, přijetí či pokračování v kontrole. Při rozhodování o přijetí či zamítnutí dávky můžeme využít grafickou metodu. [3,6,9]



Obrázek 3 - Postup pro sekvenční přejímku [6]

Na ose x je znázorněno pořadí kontrolovaného výrobku  $m$ , na ose y je vyneseno počet neshodných jednotek  $k_m$ . Po kontrole každého kusu se rozhoduje o přijetí, zamítnutí či pokračování v kontrole na základě polohy vůči mezím  $h_A$ ,  $h_R$ . Kontrola, která je znázorněna na Obrázku 3, byla ukončena po kontrole šesti kusů, kdy z nich byl pouze jeden neshodný a dávka byla přijata. [6]

Tento způsob přejímky je velice efektivní a hospodárný u dávek velmi dobré nebo velmi špatné kvality. Na základě kontroly malého výběru lze velice rychle rozhodnout o přijetí či zamítnutí dávky. [5]

### 2.5.3. Rozdělení dle postupu při zamítnutí dávky

#### a) Opravná přejímka

Podle normy ČSN ISO 2859 nazývaná také jako rektifikační přejímka. Tento typ přejímky je charakterizován tím, že při zamítnutí dávky následuje 100% kontrola dávky. Neshodné jednotky jsou ze souboru odebrány a nahrazeny novými. [1,6]

#### b) Bezopravná přejímka

Dávka, která byla na základě přejímacího plánu zamítnuta, se vrací zpět k dodavateli a je vyměněna za novou. [1]

### 2.5.4. Rozdělení dle četnosti dávek

- a) Přejímky ověřující všechny dodané dávky
- b) Občasná přejímka

Jedná se o velice hospodárnou formu přejímky, kdy se kontroluje pouze každá k-tá dávka. Lze jí použít v případech, kdy určitý počet předcházejících dodávek vyhovoval dohodnutým kritériím. [5]

## 2.6. Porovnání jednotlivých metod statistické přejímky

### 2.6.1. Porovnání statistické přejímky srovnáním a měřením

Hlavní předností metody statistické přejímky měřením je menší rozsah výběru, než je tomu v případě přejímky srovnáním. Hlavní využití má v případě, kdy kontrola dílů je velice drahá, např. v případě destruktivních zkoušek. Naopak výhodou přejímky srovnáním je její jednoduchost aplikace. Pro pracovníky kontroly je tato metoda snadněji pochopitelná a aplikovatelná. Zároveň umožňuje rychlou kontrolu více znaků najednou. V tabulce 1 lze vidět porovnání rozsahu výběru při kontrole srovnáním a kontrole měřením pro několik kódových písmen v případě normální kontroly jedním výběrem. [12]

Kódové písmeno rozsahu výběru	Rozsahy výběrů	
	Kontrola srovnáním	Kontrola měřením
C	5	4
F	20	10
H	50	20
K	125	50
N	500	150

Tabulka 1 - Porovnání rozsahů výběru při kontrole srovnáním a kontrole měřením [12]

## 2.6.2. *Porovnání statistických přejímek z hlediska počtu výběrů*

Pokud bychom na přejímky nahlíželi z pohledu přípravy a vlastní realizace, tak nejjednodušší metodou je přejímka jedním výběrem, poté přejímka dvojím výběrem, přejímka několikerým výběrem a nejnáročnější je přejímka postupným výběrem. Je však nutné vzít v potaz také jejich hospodárnost, kde je pořadí opačné. Nejchopitelnější je přejímka postupným výběrem, kde se průměrně kontroluje nižší počet dílů, než je tomu v případě ostatních přejímek. Tento typ přejímky se vyplatí především v případě dodávek velmi dobré či velmi špatné kvality, kdy jsou dodávky přijímány nebo zamítány po krátkém výběru. [5]

## 2.7. Normy statistických přejímek

V této kapitole uvádím přehled norem dle ČSN a ČSN ISO pro oblasti statistické přejímky a statistické kontroly.

### 2.7.1. *Normy pro statistickou přejímku srovnáním*

**ČSN 01 0254:1976** – Statistická přejímka srovnáním.

**ČSN 01 0257** – Statistická přejímka srovnáním pro plynulou výrobu.

**ČSN 01 0260** – Statistická přejímka srovnáním. Přejímací plány jedním výběrem s přípustným počtem vadných ve výběru rovným nule.

**ČSN ISO 2859-1:2000** – Část 1: Přejímací plány AQL pro kontrolu každé dávky v sérii.

**ČSN ISO 2859-10:2007** – Část 10: Úvod do norem ISO řady 2859 statistických přejímek pro kontrolu srovnáním.

**ČSN ISO 2859-2:1992** – Část 2: Úvod do norem ISO řady 2859 statistických přejímek pro kontrolu srovnáním.

**ČSN ISO 2859-3:2006** – Část 3: Občasná přejímka.

**ČSN ISO 2859-4:2003** – Část 4: Postupy pro posouzení deklarovaných úrovní jakostí.

**ČSN ISO 2859-5:2006** – Část 5: Systém přejímacích plánů AQL postupným výběrem pro kontrolu každé dávky v sérii.

**ČSN ISO 8422:2010** – Přejímací plány postupným výběrem při kontrole srovnáním.

### *2.7.2. Normy pro statistickou přejímku měřením*

**ČSN ISO 3951-1:2017** – Část 1: Stanovení přejímacích plánů AQL jedním výběrem pro kontrolu každé dávky v sérii pro jediný znak kvality a jediné AQL.

**ČSN ISO 3951-2:2010** – Část 2: Obecná stanovení přejímacích plánů AQL jedním výběrem pro kontrolu každé dávky v sérii při nezávislých znacích kvality.

**ČSN ISO 3951-3:2010** – Část 3: Výběrová schémata AQL dvojím výběrem pro kontrolu každé dávky v sérii.

**ČSN ISO 3951-4:2013** – Část 4: Postupy pro posouzení deklarovaných úrovní kvality.

**ČSN ISO 3951-5:2010** – Část 5: Přejímací plány AQL postupným výběrem při kontrole měřením (známa směrodatná odchylka).

**ČSN ISO 8423:2010** – Přejímací plány postupným výběrem při kontrole měřením pro procento neshodných jednotek.

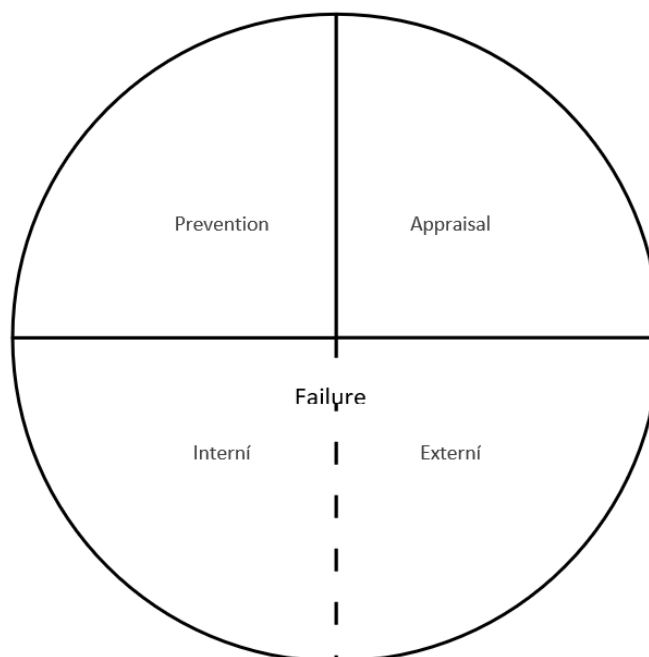
V práci budu využívat především normu ČSN ISO 2859-1:2000.

## 2.8. Náklady spojené s kvalitou

V této kapitole se budu zabývat náklady spojenými s kvalitou produktů. Při řízení kvality nejde za každou cenu vždy o minimalizaci nákladů, ale o jejich optimalizaci vzhledem k požadované kvalitě. Existuje mnoho přístupů k ekonomice kvality, například model PAF, přístup ABC, který přiřazuje náklady procesům, model COFQ a v širším pohledu i náklady na celý životní cyklus produktů. Podrobně uvádím základní model PAF. [4,6,13]

### 2.8.1. Model PAF

Dle tohoto modelu můžeme v ustálené struktuře nákladů na kvalitu rozlišit tři kategorie – náklady na prevenci (prevention), náklady na vyhodnocení (appraisal) a náklady spjaté se vznikajícími neshodami (failure). Tento model je zobrazen na Obrázku 4. [6,13]



Obrázek 4 - Model PAF [13]

Jako náklady na prevenci můžeme označit náklady na management jakosti ve smyslu předcházení vzniku nedostatků spolu s podporou činností, které jsou prováděny za účelem předcházení vzniku neshod. Konkrétně se jedná například o výcvik pracovníků, hodnocení dodavatelů, interní audity, a tak podobně. [13]



Mezi náklady na vyhodnocení patří především náklady spojené se samotnou kontrolou kvality – například náklady na vstupní kontrolu, náklady na provoz zkušebních zařízení, a tak dále. [13]

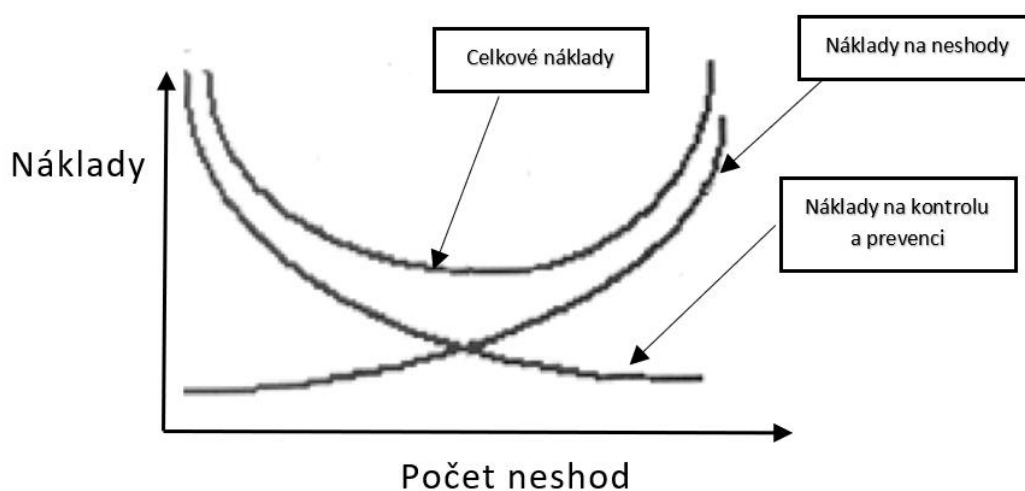
Náklady na neshody můžeme dále rozdělit na náklady interní a externí neshody. Do nákladů na interní neshody řadíme takové náklady, které jsou odhalené před expedicí produktu, tedy např. náklady na sešrotování, opravy produktu či jeho přepracování. V případě nákladů na externí neshody hovoříme o takových nákladech, které se odhalí až po dodání k zákazníkovi, případně během procesu samotného dodání. Jedná se zejména o náklady na záruční opravy a servis. Zároveň do této skupiny patří i náklady ze ztráty trhu a dobrého jména. Tyto položky jsou však velmi špatně vyčíslitelné. Na základě toho můžeme náklady rozdělit ještě na více a méně zřejmé náklady spojené s nízkou kvalitou produktu. Jejich příklady jsou uvedeny v Tabulce 2. [13]

	<b>Během vývoje a výroby produktu</b>	<b>Během nebo po dodání zákazníkovi</b>
<b>Více zřejmé</b> náklady související s nízkou jakostí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Náklady na materiál spotřebovaný pro opravy a předělávky</li> <li>• Náklady na šrotaci</li> <li>• Problémy s vytížeností</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neadekvátní spolehlivost</li> <li>• Ztráta podílu na trhu a zakázek</li> <li>• Zamítnutí výrobků</li> </ul>
<b>Méně zřejmé</b> náklady související s nízkou jakostí	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití strojového času nebo pracovní doby při opravách či likvidaci neshodných výrobků</li> <li>• Ztráta zákazníků z důvodu dlouhé průběžné výroby</li> <li>• Ztracené kapacity</li> <li>• Nízká produktivita</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Špatná pověst značky a podniku</li> <li>• Ztracené obchody a příležitosti</li> <li>• Nekonkurenceschopná cena</li> <li>• Vysoké náklady na dodatečný servis</li> </ul>

*Tabulka 2 - Náklady související s nízkou jakostí [13]*

## 2.8.2. Konvenční a progresivní pohled na náklady na kvalitu

Tradiční teorie nám říká, že nulového počtu neshod lze dosáhnout pouze velmi obtížně a za vysokých nákladů na kontrolu a prevenci. Náklady na neshody s rostoucím počtem vzniklých neshod přirozeně rostou. To stejné platí v případě, kdy snižujeme rozpočet na kontrolu a prevenci neshod. Mezi těmito funkcemi je potřeba najít bod, kdy jsou náklady optimální. [13]



Graf 1 - Konvenční pohled na náklady na kvalitu [13]

Progresivní teorie je založená na komplexním managementu kvality. Za pomocí investic do preventivních programů je možné velice výrazně snížit náklady na neshody a také náklady na kontrolu, což vede ke snížení celkových nákladů na kvalitu. Právě statistická přejímka patří mezi jeden z nástrojů kontroly kvality, kterým lze celkové náklady na kontrolu výrazně snížit. [13]

## 3. Praktická část

V této kapitole se budu zabývat popisem vybraného dílu a procesu jeho kontroly ve společnosti Prusa Research. Následně se zaměřím na analýzu neshodností za minulá období a analýzu zákaznických reklamací. Nakonec pomocí norem navrhu řešení pomocí statistické přejímky.

### 3.1. O společnosti Prusa Research s.r.o.

Prusa Research je 3D tiskařskou společností zabývající se vývojem, výrobou a prodejem 3D tiskáren. Společnost byla založena roku 2012 Josefem Průšou, jedním z hlavních vývojářů open-source projektu RepRap. Průša se o 3D tiskárny začal zajímat při nástupu na Vysokou školu ekonomickou – tedy v roce 2009. Tehdy považoval 3D tisk za pouhé hobby, přestože ho nová technologie fascinovala, a to především tím, jak lze tyto stroje dále zlepšovat.

Na základě projektu RepRap byla v roce 2015 představena tiskárna Original Prusa i3, která znamenala obrovský průlom vpřed v oblastech výkonu, spolehlivosti, funkčnosti a designu. Středobodem se stal pevný hliníkový rám a došlo k dalšímu zjednodušení stavby i používání.

V současné době firma sídlí v pražských Holešovicích, odkud měsíčně posílá do světa přes šest tisíc tiskáren do sto šedesáti zemí světa, což tvoří zhruba 10 % celosvětového trhu s 3D tiskárnami. Firma zaměstnává přes čtyři sta padesát zaměstnanců a její obrat v roce 2018 činil 1 136 miliónů Kč.

#### 3.1.1. Portfolio produktů

##### *Original Prusa MK3S*

Tato tiskárna je nástupcem modelu Original Prusa MK2. Ten v minulosti získal mnohá ocenění a pravidelně se umisťoval na vrcholu žebříčku 3D tiskáren. Nový model je na tom ještě lépe, v žebříčku Digital Fabrication Guide 2019 se umístil na prvním místě. Hlavními přednostmi tohoto modelu je velmi tuhá konstrukce, která zajišťuje konzistentní a kvalitní výtisky. Tiskárna je také vybavena mnoha senzory, například senzory filamentu, kalibračním senzorem P.I.N.D.A. a mnoho dalších.

Nabízí také vyměnitelné tiskové pláty a umožňuje tisk z celé řady dostupných materiálů (např. PLA, PET-G, ABS, ...) o maximálních rozměrech 210x210x250 mm. V současnosti se jedná o jeden z nejprodávanějších modelů v této kategorii na světě. Tiskárna je nabízena jako stavebnice za 19 990 Kč s DPH, nebo v sestavené podobě za 26 990 Kč s DPH. Pro firmu se jedná o její stěžejní model.

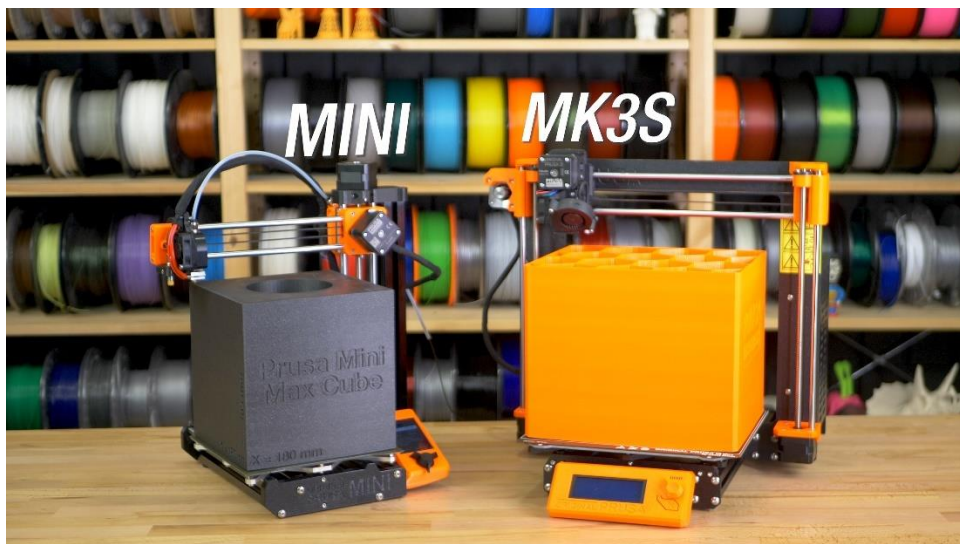


Obrázek 5 - Original Prusa MK3S

### *Original Prusa Mini*

Original Prusa Mini je poměrně nový model, který byl představen v říjnu 2019. Jedná se o tiskárnu navazující na model MK3S, avšak v menším a kompaktnějším balení. V porovnání s MK3S nabízí také několik nových zajímavých funkcí. Má novou 32-bitovou základní desku Buddy nabízející mnohem více možností pro aktualizace a budoucí rozvoj tiskárny (MK3S má pouze 8-bitovou desku – dnes již poměrně zastaralou, avšak stále velmi funkční). Dále má plně barevnou LCD obrazovku o velikosti 2,8 palce a zcela přepracovaný, odlehčený extruder. Díky tomu bylo možné odlehčit konstrukci. Osa Z je upevněna pouze na jednom

vertikálním rámu, což mimo jiné vedlo k nemalé finanční úspoře. Jedinou nevýhodou této tiskárny je tedy menší tisková plocha, konkrétně o rozměrech 180x180x180 milimetrů. Základní cena je 9 990 Kč s DPH. Možné je si dále přikoupit doplňkový senzor filamentu či další vyměnitelné tiskové pláty.



Obrázek 6 - Porovnání Original Prusa Mini a Original Prusa MK3S

### *Original Prusa SL1*

Jedná se o tiskárnu technologie SLA, jejímž principem je vytvrzování tekuté pryskyřice (často se používá přejatý název „resin“) pomocí LCD displeje a zdroje světla do tenoučkových vrstev. Tímto způsobem lze dosáhnout mnohem menší výšky vrstvy, než je tomu u tiskárny MK3S – konkrétně až 0,01 mm. Používán je 5,5 palcový displej s rozlišením 2560x1440 bodů. UV světlo pak vytvrzuje jednotlivé vrstvy. S touto konfigurací je tiskárna schopna tisknout modely o maximálních rozměrech 120x68x150 mm.

Silnou zbraní této tiskárny je masivní hliníkový rám, který dělá tiskárnu poměrně těžkou, za to však stabilní. Díky tomu se nekrotí jako levnější modely, což má pozitivní vliv na kvalitu a spolehlivost tisku. Tiskárna nabízí mnoho dalších unikátních funkcí a řešení v porovnání s konkurencí. Například dno vaničky na pryskyřici, které je vyrobené z pružné fólie a má motorizovaný náklon, a tím pádem dochází k mnohem snadnějšímu odlepování vrstvy. Cena této tiskárny je 34 990 Kč s DPH jako stavebnice, sestavená tiskárna stojí 43 990 Kč s DPH.

### *Prusament*

Kvalitní filament je pro 3D tisk naprosto zásadní. Proto si Prusa Research vyrábí svůj vlastní, zvaný Prusament. Většina výrobců má problém s dosažením konzistentního průměru a objevují se u nich hrbolky. Běžný filament o průměru 1,75 mm má výrobní přesnost  $\pm 0,050$  mm. Pro zajištění ještě lepší přesnosti je při výrobě prusamentu používán laserový dvouosý měřicí systém, který měří průměr 4700x za sekundu. Díky tomu je výrobní přesnost tohoto filamentu vysoce nadstandartních  $\pm 0,020$  mm. Dále je využíváno tzv. masterbatche (tekutá či pevná aditiva, která určují barvy nebo fyzické vlastnosti materiálů) od renomovaných evropských výrobců, přičemž dávkování probíhá plně automaticky přímo na výrobní lince, a to na základě váhového poměru. V neposlední řadě je při výrobě využíváno speciálního návínového systému, díky kterému je zaručeno že na cívce nejsou smyčky a nedochází k problémům při tisku. Všechny cívky jsou vybaveny QR kódem, z kterého se dají jednoduše zjistit všechny informace o daném filamentu – váha, délka, základní průměr a maximální odchylka, standardní odchylka, ovalita a také datum a čas výroby. V současné době má společnost k dispozici třináct linek pro výrobu filamentu.

### *3.1.2. Procesy kontroly kvality*

V této části se budu zabývat obecnými postupy kontroly kvality dílů pro tiskárnu Original Prusa MK3S, která tvoří největší část prodeje.

Proces kontroly kvality je obecně rozdělen na dvě části, a to vizuální kontrolu a kontrolu funkčnosti elektrických dílů. Funkčnost elektrických komponentů je ověřována na testovacích zařízeních vyvinutých přímo ve společnosti. Testují se převážně funkčně důležité a drahé díly. Jedná se především o základní desku, zdroj napájení, vyhřívanou podložku, kalibrační senzor a větráčky. Vizuální kontrola probíhá na pohledových a konstrukčních dílech, jako jsou základní profily, kovový rám či hlazené tyče.

Ke každému kontrolovanému dílu je oddělením kvality vytvořen katalog vad, který obsahuje nejčastěji se vyskytující neshodnosti. Zároveň jsou zavedeny pracovní postupy, podle kterých operátoři postupují. Neshodné díly jsou řádně označeny

a systémově vyřazeny. Na základě povahy vady a typu dílu jsou díly reklamovány nebo vyřazeny do šrotu.

## 3.2. Popis vybraného dílu

V této kapitole budu zabývat procesem kontroly velmi podstatného dílu celé tiskárny Original Prusa i3 MK3S – **napájecím zdrojem**. Jedná se o nakupovanou součást od společnosti Delta Electronics Inc. sídlící na Tchaj-wanu. Díl je umístěn na kovovém rámu tiskárny, odkud je spojen s vyhřívanou podložkou a základní deskou. Jeho úkolem je převést střídavý proud z elektrické sítě na stejnosměrný, který je potřebný pro chod celé tiskárny. Používaný zdroj převádí střídavý proud o napětí 100 až 240 voltů na stejnosměrný, který má napětí 24 voltů a proud 10 ampér. Tento díl patří mezi jeden z nejdražších komponentů celé tiskárny, zákaznická cena zdroje jako náhradního dílu je 2 590 Kč s DPH. Vysoká cena je jedním z důvodů stoprocentní kontroly dodávaných dílů – tento proces je však velice zdlouhavý a drahý.

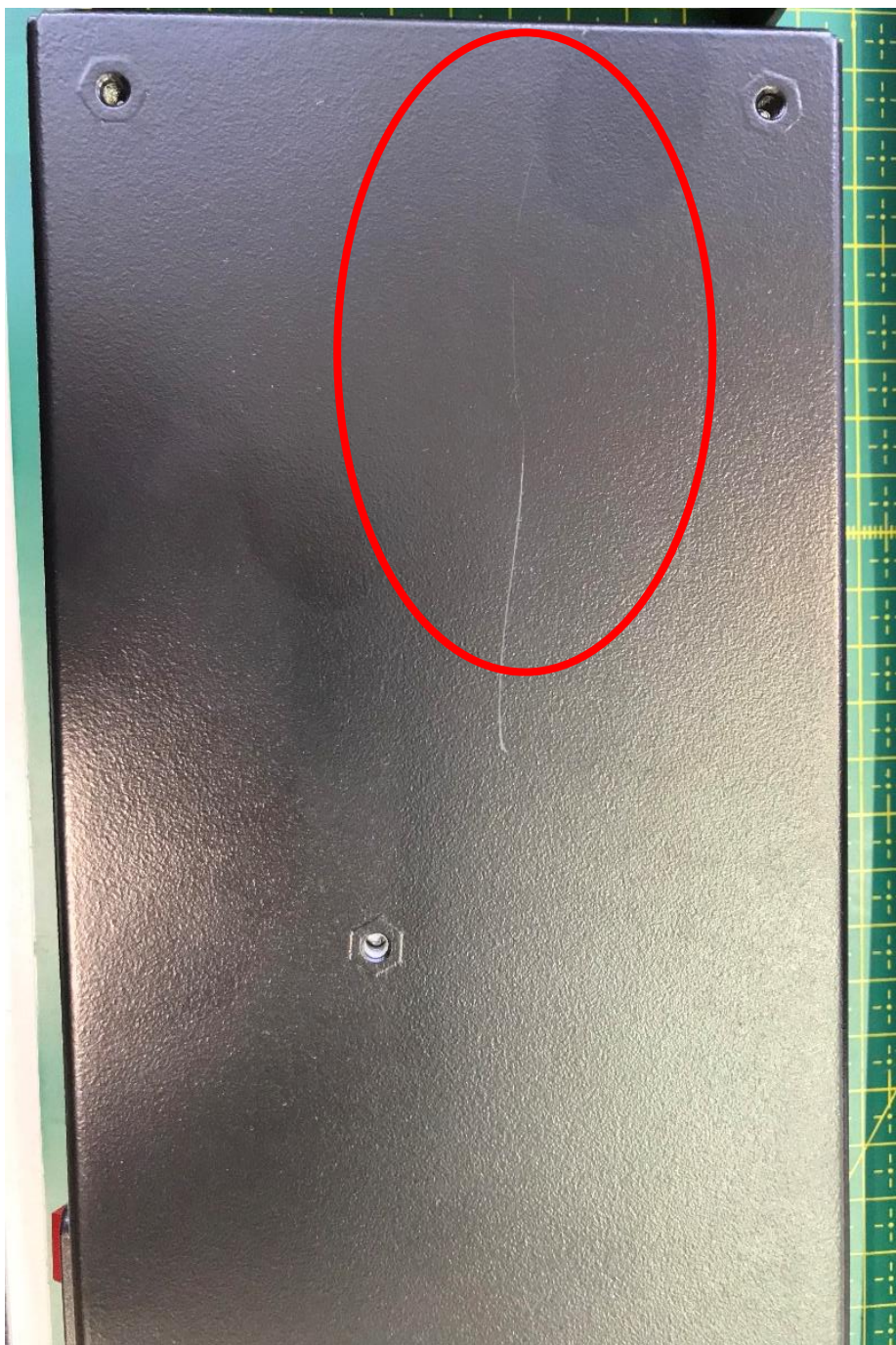
## 3.3. Popis neshodností a jejich značení

Díl prochází dvěma stádii kontroly – vizuální kontrolou a elektrickým testem. V obou těchto případech mohou vzniknout neshodnosti, které jsou popsány dále.

### 3.3.1. *Mechanické poškození dílu*

Během dopravy či manipulace ve výrobě může vzniknout mechanické poškození dílu. Příklady poškození jsou zobrazeny na Obrázku 7 a 8.





*Obrázek 7 - Mechanické poškození DELTA PSU; poškrábání [vlastní foto]*

Na obrázku 7 je patrné poškrábání černého laku dílu. Z hlediska funkčnosti může být tento díl v pořádku, avšak není možné ho odeslat zákazníkovi, poněvadž ten by téměř jistě díl reklamoval a byl by nespokojený s jeho kvalitou.





Obrázek 8 - Mechanické poškození DELTA PSU [vlastní foto]

Na obrázku 8 je poškození zřetelně viditelné – došlo zde k ohybu spodní části kovového těla, které mohlo poškodit vnitřní části zdroje.

### 3.3.2. *Power panic failure*

Model Original Prusa i3 MK3S disponuje funkcí automatické obnovy tisku při výpadku proudu. Tato funkce je zajištěna právě díky zdroji od společnosti Delta Electronics a jeho správná funkčnost je testována během procesu kontroly. V případě nesprávné funkce je neshodný díl označen a vyřazen.

### 3.3.3. *Fail test*

Do této kategorie spadají díly, které neprojdou elektrickým testem. Při tomto testu je pomocí speciálně vyvinuté testovací stanice kontrolována správná funkčnost dílu, tedy schopnost převést střídavý proud na stejnosměrný o určité hodnotě napětí a proudu. Během testu stanice změří jejich hodnotu a následně vyhodnotí správnou funkčnost zdroje. Pokud jsou výstupní hodnoty nižší, než mají dle specifikace být, zdroj je vyřazen jako neshodný.

### 3.3.4. Ostatní vady

Do této kategorie spadají ostatní vizuální vady, které se netýkají mechanického poškození. Ve většině případů se jedná o nekonzistentní barvu laku kovového těla, špatně nalepený či špatně čitelný QR kód, a další poškození. Příklad je zobrazen na Obrázku 9.



Obrázek 9 - Příklad ostatní vady, vyteklé lepidlo [vlastní foto]

### 3.3.5. Značení neshodností

Výše popsané neshodnosti jsou pro snadnou identifikaci a kategorizaci označovány čísly. Neshodnosti a jejich příslušné číselné označení je uvedeno v Tabulce 3. Způsob značení neshodných dílů můžeme vidět na Obrázku 10.

<b>Neshodnost</b>	<b>Číslo neshodnosti</b>
Mechanické poškození	1
Power panic failure	2
Fail test	3
Ostatní	4

Tabulka 3 - Číselné označení neshodností [vlastní tvorba]

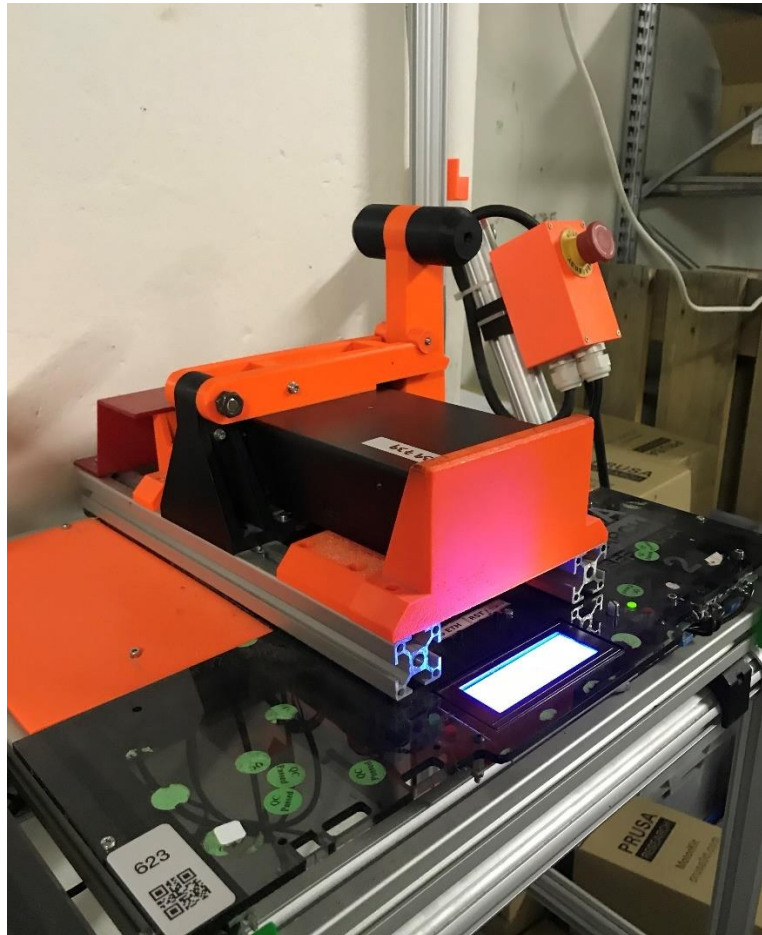


Obrázek 10 - Příklad označení neshodného dílu [vlastní foto]

### 3.4. Popis procesu kontroly dílu

Zdroje jsou dodávány v papírových krabicích, ve kterých je sedm dílů. Jednotlivé díly jsou zabaleny v bublinkové fólii a odděleny papírovými přepážkami, aby se zabránilo jejich poškození. Pracovník kontroly díl odebere z krabice, vyjme z bublinkové fólie a provede vizuální kontrolu. Kontroluje jakékoliv mechanické poškození dílu, jako například ohnutí kovových částí, poškození konektorů nebo poškrábání. Pokud na dílu najde nějaké vady, označí ho příslušným číslem a vyřadí jako neshodný. V opačném případě díl postupuje na elektrický test, jehož funkce

již byla popsána v minulé kapitole. Díl, který projde kontrolou je označen nálepkou QC (quality control) passed, znovu zabalen do bublinkové fólie a vložen zpět do krabice. Celý tento proces trvá průměrně okolo 1 minuty a 10 vteřin.



Obrázek 11 - Testovací stanice pro elektrický test [vlastní foto]

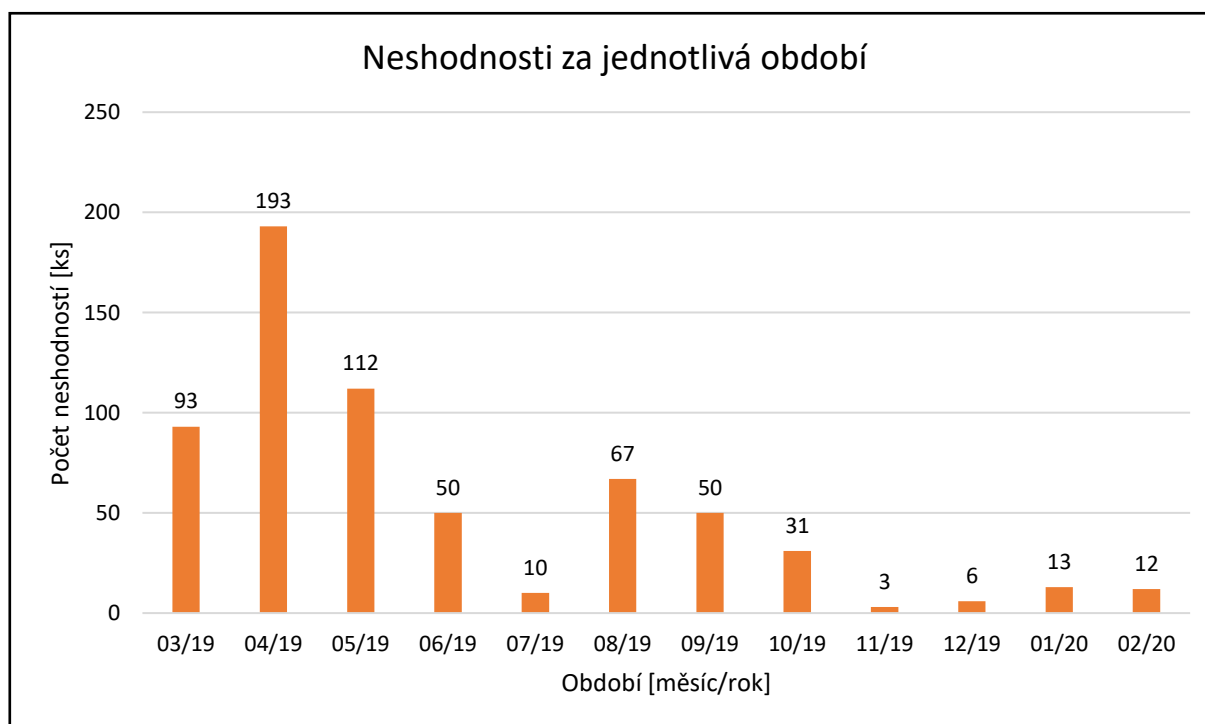
### 3.5. Analýza neshodností za uplynulá období

V následující tabulce uvádím počty neshodných dílů dle jednotlivých vad za období od března 2019, tedy od zahájení dodávek, do února 2020.

Údaje o neshodnostech za jednotlivá období						
Období	Počet neshodných dílů [ks]					Celkem kontrolováno [ks]
	Mechanické poškození	Power panic failure	FAIL test	Ostatní	Σ	
03/19	11	54	23	5	93	N/A
04/19	179	3	5	6	193	N/A
05/19	1	13	5	93	112	N/A
06/19	49	0	1	0	50	N/A
07/19	6	2	2	0	10	N/A
08/19	56	2	9	0	67	N/A
09/19	45	3	2	0	50	N/A
10/19	29	1	1	0	31	N/A
11/19	2	0	1	0	3	4 699
12/19	4	1	1	0	6	3 592
01/20	10	0	1	2	13	6 995
02/20	7	2	3	0	12	3 979

Tabulka 4 - Údaje o neshodnostech za minulá období [interní data společnosti; vlastní tvorba]

Pro lepší přehlednost a čitelnost údajů využívám grafického znázornění:

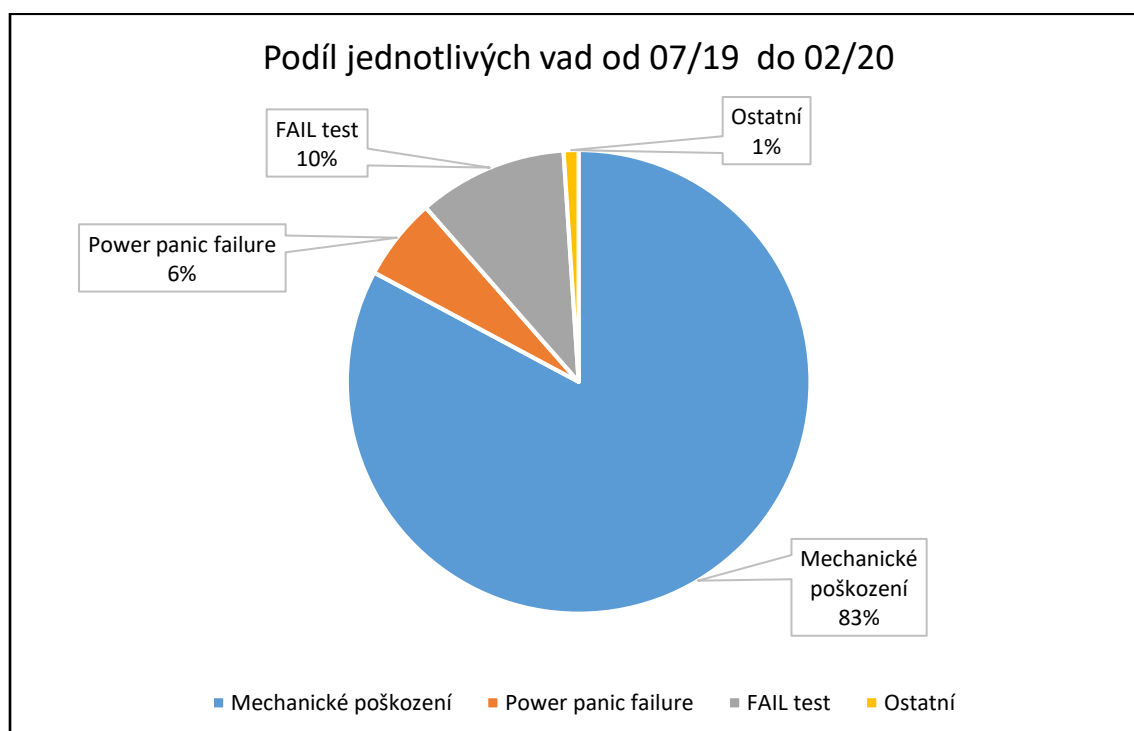


Graf 2 - Neshodnosti za jednotlivá období [interní data společnosti; vlastní tvorba]

V prvních třech měsících sledovaného období byl počet neshodných dílů v relevanci s začátkem roku 2020 velmi vysoký. Tento jev lze přisuzovat postupnému náběhu procesu, nedostatečnému proškolení kontrolních pracovníků či chybami na testovací stanici.

V dubnu roku 2019 bylo vyřazeno nebývale vysoké množství neshodných dílů na mechanické poškození, konkrétně 179 kusů. Jednalo se o kombinaci několika faktorů. Byla určena příliš přísná hranice na neshodný díl, a z tohoto důvodu byly vyřazovány i díly, které vykazovaly pouze drobná, vlasová poškození laku. Zároveň kontrolující pracovníci nebyly patřičně a řádně proškoleni, z čehož pramenilo velké množství vyřazených dílů. V květnu bylo následně vyřazeno 93 dílů na neshodnost číslo 4 – ostatní. Jednalo se opět o chybu kontrolních pracovníků způsobenou jejich nedostatečným proškolením. Po opětovné zpětné kontrole těchto dílů řádně proškolenými pracovníky bylo více jak 50 % neshodností vráceno. Přesná data bohužel nejsou známa, protože tyto díly byly následně použity interně a již neputovaly ke koncovým zákazníkům.

Ve druhé polovině roku 2019 je patrný pokles neshodností. Pracovníci kontroly byli řádně poučeni a došlo ke snížení požadavků na vizuální kvalitu. V dalším kroku je důležitým faktorem poměr jednotlivých vad na celkovém počtu neshodných dílů, který je znázorněn v následujícím grafu.



Graf 3 - Podíl jednotlivých vad v období 07/1 až 02/20 [interní data společnosti; vlastní tvorba]

Z koláčového grafu je zřejmé, že největší zastoupení má vada číslo 1 – mechanické poškození. Tento fakt je velice důležitý. Jak již bylo zmíněno výše, jedná se totiž



o vadu, která nemá přímou souvislost s funkcí zdroje a je značně spojena s posouzením operátora. I po několikanásobném proškolení kontrolních pracovníků stále docházelo k vyřazování shodných dílů, jak ukázala zpětná kontrola. Zároveň je možné ty díly, které mají známky pouze velmi drobného mechanického poškození, využít pro tiskárny, které jsou dodávány jako sestavené. Pouze v 16 % případů ze všech neshodných dílů se jednalo o vadu, která má vliv na funkčnost zdroje a tento díl nelze dále použít – tedy o vadu číslo 2 a 3.

### 3.6. Analýza zákaznických reklamací

I přes velmi důkladnou kontrolu každého dílu se může stát, že k zákazníkovi odejde neshodný díl. Zároveň může dojít k jeho poškození během dopravy. Společnost poskytuje zákaznickou podporu 24 hodin 7 dní v týdnu, přes kterou jsou primárně reklamace dílů řešeny. Těm se bohužel nevyhýbá ani napájecí zdroj, i když míra reklamací není velká.

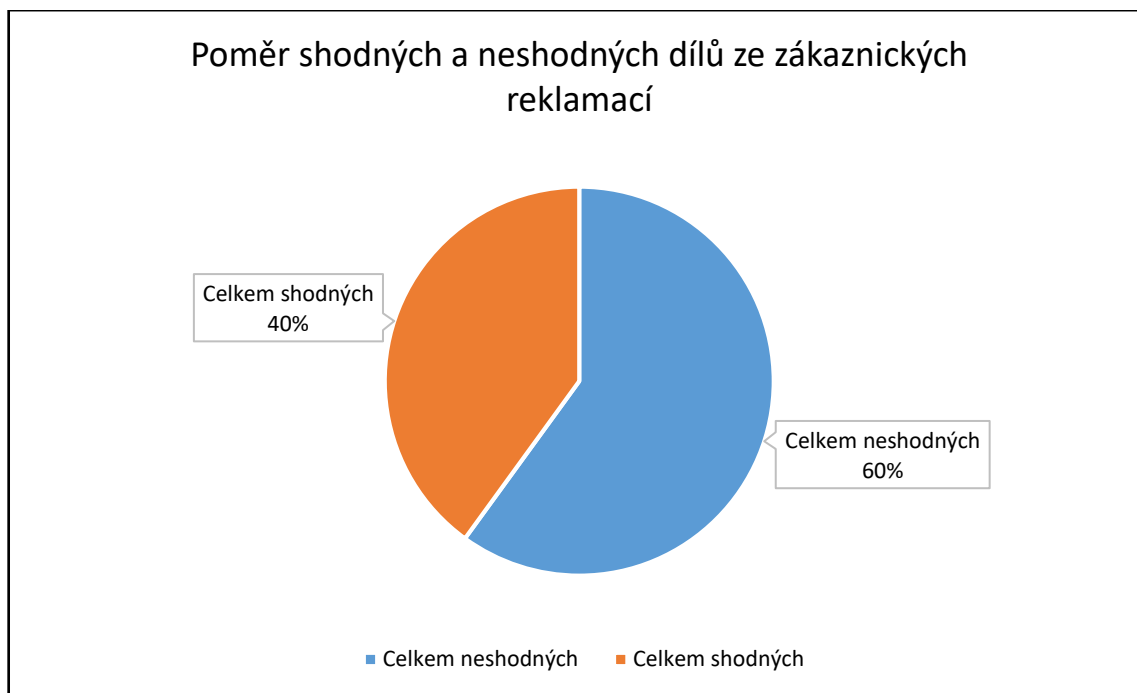
Za období od srpna 2019 do června 2020 bylo reklamováno celkem šedesát kusů zdrojů pro tiskárnu MK3S. Všechny díly jsou zákazníky zaslány zpět do firmy pro další analýzu, která se provádí na základě předchozí komunikace s podporou. Podle problému, se kterým se zákazník potýká, je daný díl testován. Většinou se jedná o problémy s napětím na zdroji, případně nefunkčnost automatické obnovy tisku.

Výsledky analýzy zákaznických reklamací jsou uvedeny v Tabulce 5.

Výsledky testování zdrojů ze zákaznických reklamací	
∑ OK	24
∑ NOK	36
FAIL test	24
Power panic	2
Mechanické poškození	7
Spálené konektory	3

Tabulka 5 - Výsledky analýzy zákaznických reklamací [interní data společnosti; vlastní tvorba]

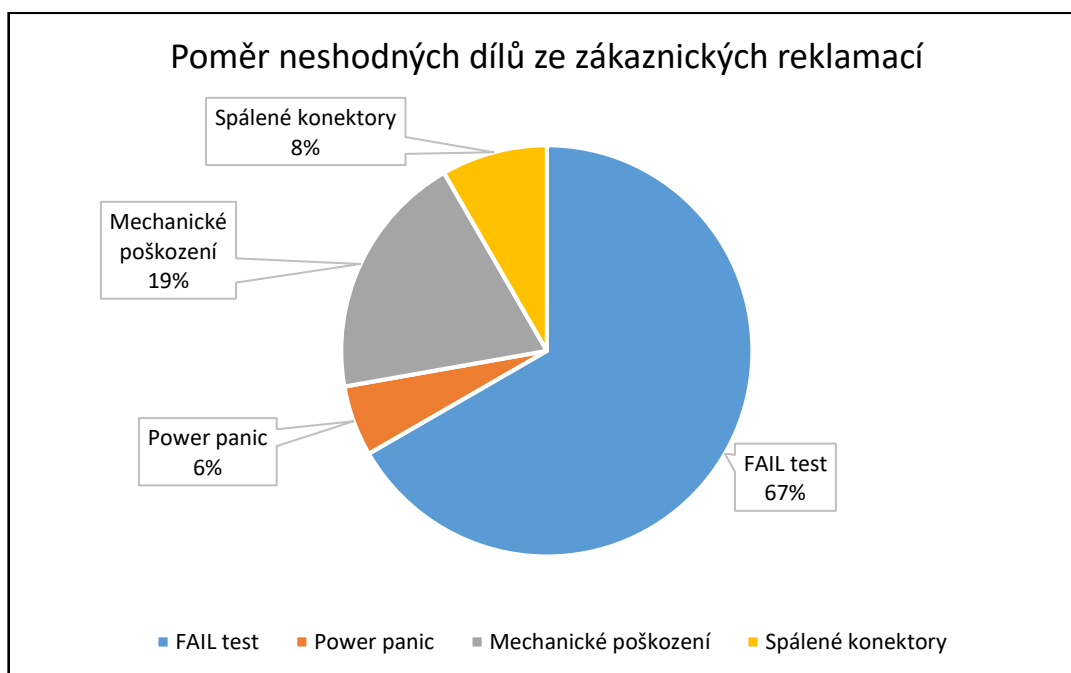
V Grafu 4 je pro lepší přehlednost znázorněn poměr dílů, které po analýze byly vyhodnoceny jako shodné, ku dílům neshodným.



Graf 4 - Poměr shodných a neshodných dílů ze zákaznických reklamací [interní data společnosti; vlastní tvorba]

Z těchto informací je patrné, že více jak polovina zákaznických reklamací byla opodstatněná. Díly byly vyhodnoceny jako neshodné. Tyto díly byly skutečně špatné a není možné je dále použít ani pro interní potřeby.

Pro lepší přehled o neshodných dílech je v Grafu 5 zobrazen podíl neshodností.



Graf 5 - Poměr neshodností ze zákaznických reklamací [interní data společnosti; vlastní tvorba]



Z tohoto grafu lze jednoznačně vyčíst, že zhruba dvě třetiny neshodných dílů tvoří zdroje, které neprošly elektrickým testem. Jedná se však o jednotky, které při kontrole kvality ve výrobě tímto testem úspěšně prošly a byly řádně označeny. Jejich nefunkčnost byla zřejmě způsobena až během používání vlivem externích okolností. Zároveň je nutné zmínit také spálené konektory u tří zákaznických reklamací. Bohužel u těchto dílů nebyla zjištěna příčina poškození. Jedná se zřejmě o ojedinělé případy, kterých si je firma vědoma.



Obrázek 12 - Zákaznická reklamáce, spálené konektory [vlastní foto]

Pouze sedm reklamací za celé období mělo jako důvod mechanické poškození, ať už se jednalo o vizuální vadu či mechanické poškození vnitřních částí dílu způsobené neopatrným zacházením. Tato poškození mohla být způsobena nevhodnou manipulací během dopravy, případně si ji mohl zákazník způsobit sám při montáži.

U dvaceti čtyř zdrojů nebyl prokázán avizovaný problém. Tyto zdroje úspěšně prošly jak vizuální kontrolou, tak elektrickým testem a jedná se o plně funkční jednotky. Zákazníci s největší pravděpodobností udělali chybu při sestavování tiskárny, která způsobila její nefunkčnost. Zároveň se mohlo jednat o chybné posouzení problému ze strany zákaznické podpory. Tedy problém, se kterým se zákazník potýkal, byl způsoben jiným dílem.

### 3.7. Shrnutí analýzy neshodností a zákaznických reklamací

Na základě předchozích dvou kapitol můžeme pozorovat několik jevů a faktorů, které se týkají kontrolního procesu vybraného dílu.

Rozsahy kontrolovaných dávek nejsou ve všech obdobích stejné, což je dáno především nestálou poptávkou po tiskárnách. Přesto však lze konstatovat, že průměrně je měsíčně kontrolováno okolo pěti tisíc zdrojů. Za období od listopadu 2019 do února 2020 bylo celkem zkontrolováno devatenáct tisíc dvě stě šedesát pět jednotek, z nichž pouze třicet čtyři kusů bylo neshodných. Z toho lze snadno tedy vyvodit, že poměr neshodných jednotek je velmi malý, za toto období konkrétně 0,18 %.

Při pohledu na data zákaznických reklamací od srpna 2019 do června 2020 můžeme vidět, že ani v tomto případě není situace nijak kritická. Celkový počet evidovaných reklamací je šedesát, z toho třicet čtyři bylo uznáno jako oprávněných. V případě zákaznických reklamací je politika firmy zaměřena na zachování dobrého jména firmy a produktu. Tedy i v případech, kdy se prokázalo že reklamovaný díl je plně funkční a zákazník nemá nárok na reklamaci, mu byl zaslán díl nový. Díky tomu nemusí čekat několik týdnů na to, než bude reklamovaný díl doručen, zanalyzován a vyhodnocen. Vznikají tím určité náklady, které jsou však vykompenzovány zachováním dobrého jména a zákaznickou spokojeností.

Za pozornost stojí také vliv lidského faktoru v celém procesu kontroly. Tento jev je viditelný především v prvních měsících, kdy se díly kontrolovaly. Bylo vyřazeno několik desítek jednotek na mechanické poškození. Tyto vady však byly posuzovány příliš přísně, pracovníci kontroly nebyli v této problematice dostatečně proškoleni a informováni o tom, které díly vyřazovat jako neshodné, a které nikoliv. Na tomto případě je tedy jasně vidět, že ani stoprocentní přejímka nemusí být účinná.

Hlavním problémem procesu je především jeho časová a finanční náročnost. Jak bylo zmíněno výše, kontrola jednoho dílu trvá zhruba 1 minutu a 10 vteřin. Pokud vezmeme v úvahu, že průměrně je měsíčně kontrolováno pět tisíc kusů, tak celkový

potřebný čas na kontrolu je 97,2 hodiny. Režijní hodina kontroly byla stanovena na 200 Kč, tedy celkové náklady na kontrolu jedné dávky činí 19 440 Kč.

Z výše uvedeného je tedy patrné, že zavedený proces kontroly není vyhovující. Proto se v následující kapitole budu zabývat možnostmi řešení za pomoci statistické přejímky.

### 3.8. Návrh řešení pomocí statistické přejímky

Na základě analýzy kontrolního procesu je jednou z možností řešení aplikace statistické přejímky srovnáním, konkrétně volím přejímku jedním výběrem. Za pomoci analýzy dat neshodností a konzultace s oddělením kvality byla zvolena přípustná úroveň jakosti AQL = 0,25. Rozsah dávky odpovídá množství kontrolovaných dílů, tedy v Tabulce 6 odpovídá rozmezí 3 201 – 10 000 kusů. Při stanovení rozsahu výběru vycházím ze sloupce II z obecné kontrolní úrovně.

Rozsah dávky	Speciální kontrolní úrovně				Obecné kontrolní úrovně		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 - 8	A	A	A	A	A	A	B
9 - 15	A	A	A	A	A	B	C
16 - 25	A	A	B	B	B	C	D
26 - 50	A	B	B	C	C	D	E
51 - 90	B	B	C	C	C	E	F
91 - 150	B	B	C	D	D	F	G
151 – 280	B	C	D	E	E	G	H
281 – 500	B	C	D	E	F	H	J
501 – 1.200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 – 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 – 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 – 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 – 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 – 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 a výše	D	E	H	K	N	Q	R

Tabulka 6 - Kódová písmena rozsahu výběru [14]

Z Tabulky 6 jsem zjistil kódové písmeno, které bude použito v následujícím kroku pro stanovení rozsahu výběru a určení přejímacího a zamítacího čísla. Danému rozsahu dávky odpovídá kódové písmeno L.

kódové písmeno	rozsah výběru	AQL – přípustné úrovně jakosti																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↑	↑	↑		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
L	200	↓	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
M	315	↓	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
N	500	↓	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
P	800	↓	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
Q	1 250	0 1	↑	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		
R	2 000	↑	↑	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		

↓ použije se první přejímací plán pod šipkou

↑ použije se první přejímací plán nad šipkou

Tabulka 7 – Tabulka hodnot určující rozsah výběru a přípustnou mez kvality [14]

Na základě Tabulky 7 a zvoleného parametru AQL jsem určil rozsah výběru, přijímací číslo a zamítací číslo. Rozsah výběru se určí dle kódového písmena, v mém případě tedy 200 ks. Pro stanovení přijímacího a zamítacího čísla jsem použil průsečík řádku L a sloupce 0,25 a našel jsem čísla 1 a 2. Přijímací číslo je tedy 1, zamítací číslo je 2.

Zvolený přijímací plán má tedy tyto parametry:

*Velikost dávky:  $N = 5\ 000$  ks*

*Přípustná úroveň jakosti:  $AQL = 0,25$*

*Rozsah výběru:  $n = 200$  ks*

*Přijímací číslo:  $Ac = 1$*

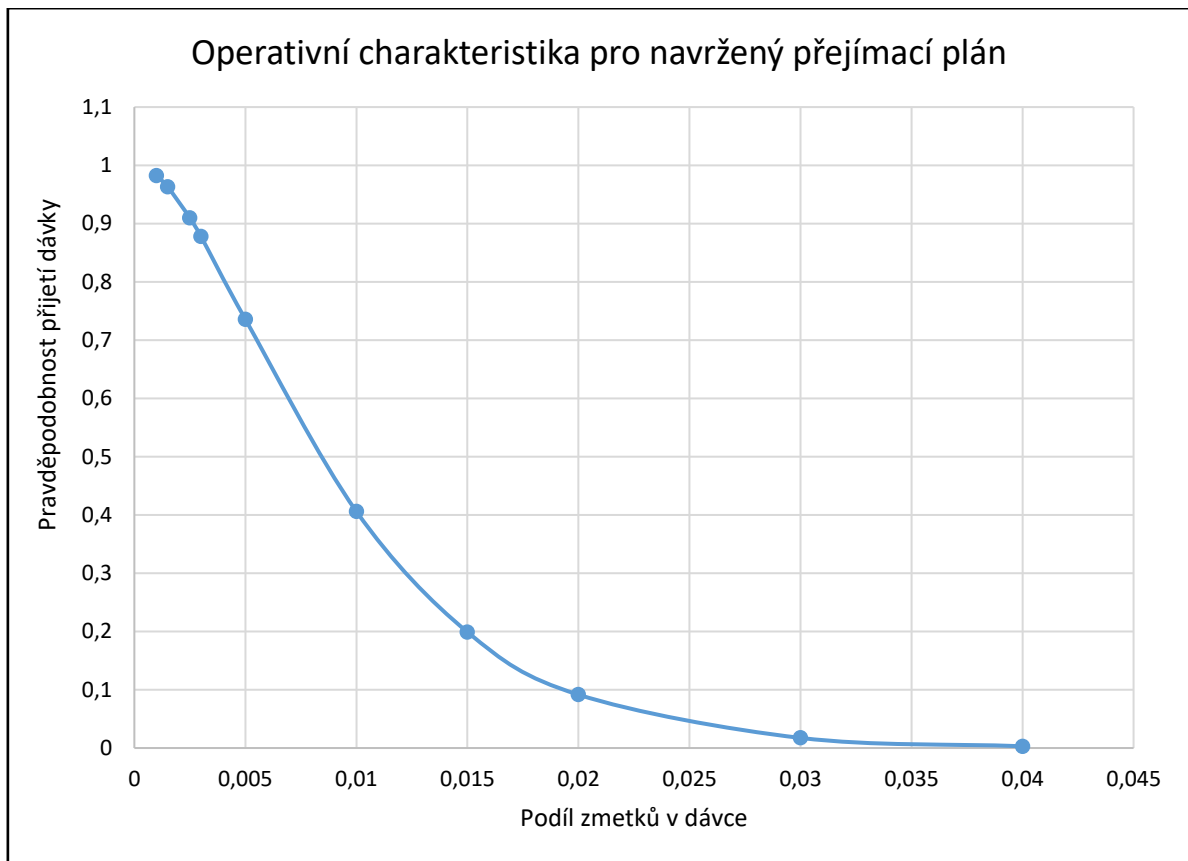
*Zamítací číslo:  $Re = 2$*

Pro vytvoření operativní charakteristiky jsem využil aproximaci Poissonovým rozdělením pomocí programu MS Excel. Vypočtené hodnoty pravděpodobnosti přijetí dávky pro zvolený přijímací plán jsou uvedeny v Tabulce 8.

Podíl zmetků v dávce [ks]	Pravděpodobnost přijetí dávky
0,001	0,982476904
0,0015	0,963063687
0,0025	0,90979599
0,003	0,878098618
0,005	0,735758882
0,01	0,40600585
0,015	0,199148273
0,02	0,091578194
0,03	0,017351265
0,04	0,003019164

*Tabulka 8 - Pravděpodobnost přijetí při daném podílu zmetků v dávce pro zvolený přijímací plán [vlastní tvorba]*

Na základě těchto hodnot lze vytvořit operativní charakteristiku navrženého přijímacího plánu, která je zobrazena v Grafu 6.



*Graf 6 - Operativní charakteristika pro navržený přejímací plán [vlastní tvorba]*

V Tabulce 9 a 10 jsou uvedeny operativní charakteristiky pro přejímací plány jedním výběrem a jejich tabelované hodnoty vyjmuté z normy ČSN ISO 2859-1.

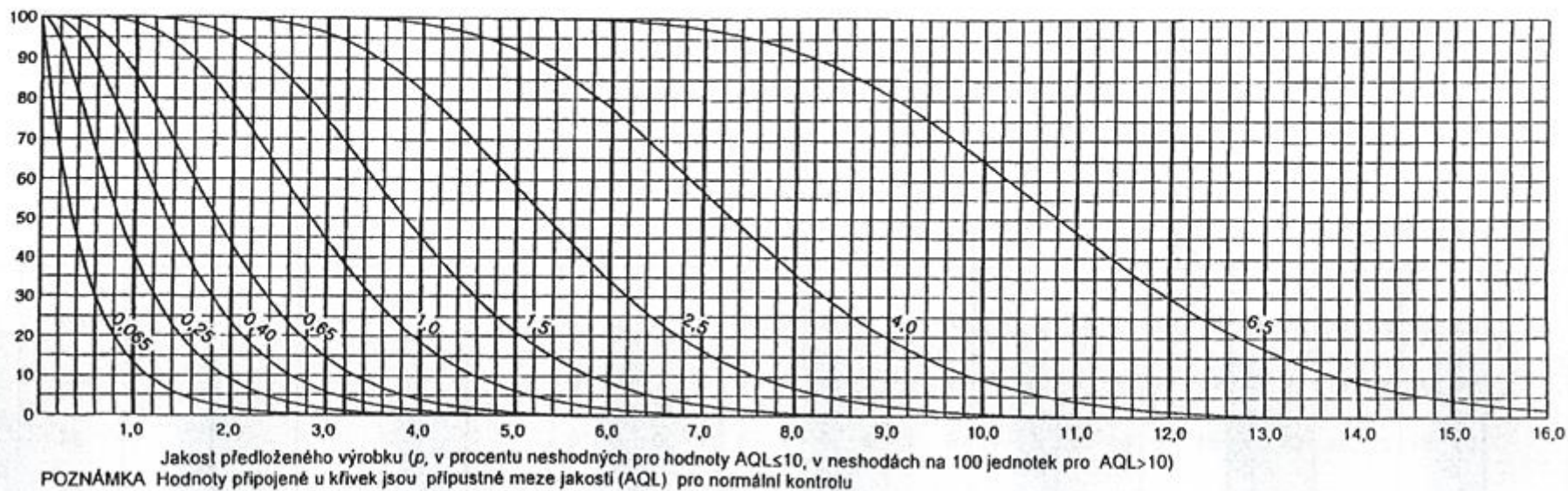




Tabulka 10-L – Tabulky pro kódové písmeno rozsahu výběru L (jednotlivé plány)

Očekávané procento přijatých dávek ( $P_2$ )

Graf L. Operativní charakteristiky pro přejímací plány jedním výběrem  
(OC křivky pro přejímací plány dvojným a několikerým výběrem jsou prakticky shodné)



Tabulka 9 - Operativní charakteristiky pro přejímací plány jedním výběrem [14]



Tabulka 10-L-1 – Tabelované hodnoty operativních charakteristik pro přejímací plány jedním výběrem

$P_a$	Připustná mez jakosti, normální kontrola (v procentu neshodných a neshodách na 100 jednotek)																							
	0,065	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	0,065	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5						
	$p$ (v procentu neshodných)												$p$ (v neshodách na 100 jednotek)											
99,0	0,00503	0,074	0,219	0,414	0,900	1,47	1,77	2,42	3,10	3,80	5,28	6,43	0,00503	0,074	0,218	0,412	0,893	1,45	1,75	2,39	3,05	3,74	5,17	6,29
95,0	0,0256	0,178	0,410	0,686	1,31	2,01	2,37	3,11	3,89	4,68	6,31	7,57	0,0256	0,178	0,409	0,683	1,31	1,99	2,35	3,08	3,84	4,62	6,22	7,45
90,0	0,0527	0,266	0,552	0,875	1,58	2,34	2,73	3,54	4,36	5,20	6,91	8,22	0,0527	0,266	0,551	0,872	1,58	2,33	2,72	3,51	4,32	5,15	6,84	8,12
75,0	0,144	0,481	0,864	1,27	2,11	2,99	3,43	4,33	5,23	6,15	8,00	9,40	0,144	0,481	0,864	1,27	2,11	2,98	3,42	4,31	5,21	6,12	7,95	9,34
50,0	0,346	0,838	1,33	1,83	2,83	3,83	4,33	5,33	6,32	7,32	9,32	10,8	0,347	0,839	1,34	1,84	2,84	3,83	4,33	5,33	6,33	7,33	9,33	10,8
25,0	0,691	1,34	1,95	2,54	3,69	4,81	5,36	6,46	7,55	8,63	10,8	12,4	0,693	1,35	1,96	2,55	3,71	4,84	5,40	6,51	7,61	8,70	10,9	12,5
10,0	1,14	1,93	2,64	3,31	4,59	5,82	6,42	7,60	8,76	9,91	12,2	13,8	1,15	1,94	2,66	3,34	4,64	5,89	6,50	7,70	8,89	10,1	12,4	14,1
5,0	1,49	2,35	3,11	3,83	5,18	6,47	7,10	8,33	9,54	10,7	13,1	14,8	1,50	2,37	3,15	3,88	5,26	6,57	7,22	8,48	9,72	10,9	13,3	15,1
1,0	2,28	3,27	4,14	4,93	6,42	7,82	8,50	9,82	11,1	12,4	14,8	16,6	2,30	3,32	4,20	5,02	6,55	8,00	8,70	10,1	11,4	12,7	15,3	17,2
	0,10	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	0,10	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5								
	Připustná mez jakosti, zpřísněná kontrola (v procentu neshodných a neshodách na 100 jednotek)																							

POZNÁMKA Pro hodnoty vázané na kontrolu zaměřenou na neshodné jednotky se použilo binomické rozdělení  
 Pro hodnoty vázané na kontrolu zaměřenou na počet neshod se použilo Poissonovo rozdělení

Tabulka 10 - Tabelované hodnoty operativních charakteristik pro přejímací plány jedním výběrem [14]

Díky těmto dvěma tabulkám vyjmutým z normy ČSN ISO 2859-1 (rovněž také z Grafu 6) je možné určit účinnost navrženého přejímacího plánu. Z tabelovaných hodnot můžeme vyčíst, že dávky, které obsahují 0,178 % neshodných dílů budou přijaty s pravděpodobností 95 %. Naopak dávky, které obsahují 2,35 % neshodných dílů, budou přijaty s pravděpodobností 5 %.

Použitím statistické přejímky při kontrole tohoto dílu společnost dosáhne značných finančních a časových úspor. Počet kontrolovaných dílů se sníží na 200 kusů, což vede k velkému snížení nákladů. Konkrétně se náklady na kontrolu kvality při použití navrženého přejímacího plánu sníží na zhruba 780 Kč z původních 19 440 Kč v případě kontroly všech dílů. Stoprocentní kontrola je však stále nutná v případě zamítnutí dávky – v tomto případě jsou náklady na kontrolu hrazeny dodavatelem.

V následující tabulce uvádím pro porovnání další možné přejímací plány pro jiné hodnoty AQL. Alternativa 1 má nižší přípustnou úroveň jakosti a je tedy přísnější, alternativa 2 je naopak mírnější. Hodnoty rozsahu výběru, přejímacího a zamítacího čísla byly odečteny z Tabulky 7.

Alternativa 1		Alternativa 2	
Velikost dávky	N = 5000 ks	Velikost dávky	N = 5000 ks
Přípustná úroveň jakosti	<b>AQL = 0,15</b>	Přípustná úroveň jakosti	<b>AQL = 0,40</b>
Rozsah výběru	n = 315 ks	Rozsah výběru	n = 200 ks
Přejímací číslo	Ac = 1	Přejímací číslo	Ac = 2
Zamítací číslo	Re = 2	Zamítací číslo	Re = 3

*Tabulka 11 - Alternativní přejímací plány [vlastní tvorba]*

V případě alternativy 1, tedy v případě nižší přípustné úrovně jakosti, zůstalo zachováno přejímací a zamítací číslo, ale rozsah výběru je větší, tím pádem jsou také vyšší náklady na kontrolu těchto dílů. Alternativa 2 má stejný rozsah výběru jako navržený přejímací plán, ale přejímací a zamítací číslo je vyšší. Z Tabulky 10 lze vyčíst, že dávky obsahující 0,41 % neshodných dílů budou přijaty s pravděpodobností 95 %. Toto procento je více jak dvakrát větší, než jaké bylo procento neshodných dílů v dávkách za období od listopadu 2019 do února 2020, tedy konkrétně 0,18 %. Hrozí zde nebezpečí, že nebude odhalen náhlý pokles kvality dávek a tyto dávky budou přijaty.

---

## 4. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo provést analýzu a hodnocení kontrolního procesu vybraného dílu, posoudit vhodnost aplikace statistické přejímky a navrhnout možné řešení.

Z analýzy kontrolního procesu vyplývá, že současný stav vede k vysokým nákladům na kontrolu a zároveň je časově velmi náročný. Na samotnou kontrolu má velký vliv lidský faktor, především tomu tak bylo v jeho začátcích, kdy pracovník chybně posoudil a vyřadil několik desítek zdrojů z důvodu mechanického poškození. Na tomto případu je možné pozorovat také to, že stoprocentní kontrola není vždy směrodatná a účinná. Tento problém s nedostatečným proškolením zaměstnanců se v pozdější fázi podařilo eliminovat. Díky tomu se procento neshodných dílů v kontrolovaných dávkách zásadně snížilo a za období od listopadu 2019 do února 2020 bylo pouhých 0,18 %. Analýza zákaznických reklamací ukázala, že poměr reklamací ku celkovému prodeji tiskáren není velký. Za období deseti měsíců bylo reklamováno pouze šedesát jednotek, společnost za tu dobu však prodala několik desítek tisíc modelu Original Prusa i3 MK3S. Pro zrychlení celého procesu a v rámci úspory nákladů je žádoucí uvažovat o použití statistické přejímky. V poslední části práce jsem se tedy zabýval návrhem kontroly použitím statistické přejímky za pomoci příslušných norem.

Použití statistické přejímky jedním výběrem namísto stoprocentní kontroly vede k značnému snížení nákladů na kontrolu. Navržený přejímací plán počítá s kontrolou dvou set zdrojů z jedné dávky. Náklady spojené s kontrolou kvality se tímto způsobem sníží z 19 440 Kč v případě stoprocentní kontroly na zhruba 780 Kč, což v případě roční produkce představuje úsporu 223 920 Kč. Zároveň navržený přejímací plán poskytuje záruky, že dávky obsahující 0,178 % neshodných dílů budou přijaty s pravděpodobností 95 %.

Pro společnost je v současné době důležitá především časová úspora. Z důvodu zvýšeného zájmu o tiskárny v době pandemie koronaviru se jedná o zásadní faktor pro uspokojení poptávky. Z tohoto důvodu se od kontroly zdrojů na dobu neurčitou

upustilo. V případě obnovení kontrolního procesu například z důvodu zvýšeného objemu zákaznických reklamací je navržený způsob jedním z řešení, které zajistí určitou úroveň kvality za výrazných úspor jak lidských, tak finančních zdrojů.

Závěrem bych chtěl říci, že mi práce umožnila nahlédnout pod pokličku jednoho z důležitých kontrolních procesů ve společnosti a pomohla mi k rozvoji analytického myšlení. Zároveň mi poskytla detailnější pohled na fungování oddělení kvality a zjistit více o výrobním programu. Věřím, že uvedené cíle byly splněny.

---

# Seznam použité literatury

- [1] KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. *Management kvality I*. 4. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 9788001056738.
- [2] KLŮFA, Jindřich. *Statistická přejímací kontrola jakosti*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1993. ISBN 80-7079-435-6.
- [3] JAROŠOVÁ, Eva. *Statistické metody řízení jakosti pro kombinovanou formu studia*. Mladá Boleslav: Škoda Auto Vysoká škola, [2011]. ISBN 9788087042373.
- [4] NENADÁL, Jaroslav. *Management partnerství s dodavateli: nové perspektivy firemního nakupování*. Praha: Management Press, 2006. ISBN 80-7261-152-6.
- [5] NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody v řízení jakosti*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN 80-7078-318-4.
- [6] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [7] VANĚK, Pavel. SCOV. *Metody statistických přejímek srovnáváním*. 2008. Dostupné z: <http://scov.cz/statistika.pdf>.
- [8] HRUŠKA, Karel a Petr FRANK. *Zajišťování jakosti*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-7204-302-1.
- [9] MONTGOMERY, D. C.: *Introduction to Statistical Quality Control*. 6. vyd. New York, J. Wiley & Sons 2008, 734 s. (ISBN 978-0-470-16992-6)
- [10] KOŽÍŠEK, Jan, Barbora STIEBEROVÁ a České vysoké učení technické v Praze. Strojní fakulta. *Statistická a rozhodovací analýza*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 9788001055090; 8001055094.
- [11] HORÁLEK, Vratislav. *Statistické přejímky, Část 1 – kontrola srovnáním*. 2013. Dostupné z: [https://www.csq.cz/fileadmin/user\\_upload/Spolkova\\_cinnost/Odborne\\_skupiny/Statisticke\\_metody/sborniky/09-Statisticke\\_prejimky\\_2013\\_OP.pdf](https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Statisticke_metody/sborniky/09-Statisticke_prejimky_2013_OP.pdf).
- [12] *ISO TR 8550 s dodatky a příklady: aplikovaná statistika: statistické přejímky: pokyn pro volbu systému statistických přejímek, schématu přejímky nebo přejímacího plánu pro kontrolu diskrétních jednotek*

*v dávkách: komentář k normám ISO řady 285. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 1998. ISBN 8085111535; 9788085111538.*

- [13] NOVOTNÝ, Radovan. *Řízení jakosti: management jakosti produktů a procesů v organizaci*. Brno: Zdeněk Novotný, 2004. ISBN 80-214-2719-1.
- [14] ČSN ISO 2859-1. *Statistické přejímky srovnáním – Část 1: Přejímací plány AQL pro kontrolu každé dávky v sérii*. Praha: Český normalizační institut, 2000.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Typický průběh operativní charakteristiky [6] .....	13
Obrázek 2- Průběh křivky AOQL [6] .....	15
Obrázek 3 - Postup pro sekvenční přejímku [6] .....	20
Obrázek 4 - Model PAF [13] .....	24
Obrázek 5 - Original Prusa MK3S .....	28
Obrázek 6 - Porovnání Original Prusa Mini a Original Prusa MK3S .....	29
Obrázek 7 - Mechanické poškození DELTA PSU; poškrábání [vlastní foto] .....	32
Obrázek 8 - Mechanické poškození DELTA PSU [vlastní foto] .....	33
Obrázek 9 - Příklad ostatní vady, vyteklé lepidlo [vlastní foto] .....	34
Obrázek 10 - Příklad označení neshodného dílu [vlastní foto] .....	35
Obrázek 11 - Testovací stanice pro elektrický test [vlastní foto] .....	36
Obrázek 12 - Zákaznická reklamace, spálené konektory [vlastní foto] .....	41

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání rozsahů výběru při kontrole srovnáním a kontrole měřením [12] .....	21
Tabulka 2 - Náklady související s nízkou jakostí [13] .....	25
Tabulka 3 - Číselné označení neshodností [vlastní tvorba] .....	35
Tabulka 4 - Údaje o neshodnostech za minulá období [interní data společnosti; vlastní tvorba] .....	37
Tabulka 5 - Výsledky analýzy zákaznických reklamací [interní data společnosti; vlastní tvorba] .....	39
Tabulka 6 - Kódová písmena rozsahu výběru [14] .....	44
Tabulka 7 – Tabulka hodnot určující rozsah výběru a přípustnou mez kvality [14] .....	45
Tabulka 8 - Pravděpodobnost přijetí při daném podílu zmetků v dávce pro zvolený přejímací plán [vlastní tvorba] .....	46
Tabulka 9 - Operativní charakteristiky pro přejímací plány jedním výběrem [14]	48

---

Tabulka 10 - Tabelované hodnoty operativních charakteristik pro přejímací plány jedním výběrem [14] .....	49
Tabulka 11 - Alternativní přejímací plány [vlastní tvorba] .....	50

## Seznam grafů

Graf 1 - Konvenční pohled na náklady na kvalitu [13] .....	26
Graf 2 - Neshodnosti za jednotlivá období [interní data společnosti; vlastní tvorba] .....	37
Graf 3 - Podíl jednotlivých vad v období 07/1 až 02/20 [interní data společnosti; vlastní tvorba] .....	38
Graf 4 - Poměr shodných a neshodných dílů ze zákaznických reklamací [interní data společnosti; vlastní tvorba] .....	40
Graf 5 - Poměr neshodností ze zákaznických reklamací [interní data společnosti; vlastní tvorba] .....	40
Graf 6 - Operativní charakteristika pro navržený přejímací plán [vlastní tvorba] .....	47