

Analyza systému měření (MSA)

Popis:

MSA (Measurement system analysis) neboli analýza systému měření se provádí z důvodu hodnocení přijatelnosti měřicího systému. Tento komplexní postup je určen k porozumění a vhodnému aplikování metodiky. Pro konkrétní případy lze postup modifikovat a vytvořit tak metodiku pro stanovený účel.

Kvantitativní data

Kvantitativní data jsou číselné charakteristiky, které jsou měřitelné (také nazývány spojitá data).

Výběr parametrů pro analýzu kvantitativních dat:

Z důvodu velkého počtu kontrolních parametrů v kontrolním plánu se upřednostňuje zaměření na charakteristiky, které by mohly ovlivňovat celkovou délku nebo objem tlakové nádoby a tím i její funkci. Těmito parametry jsou především délka a šířka pláště (popřípadě tloušťka pláště), průměr a výška dna.

Ještě předtím, než se začne provádět měření a analýza je důležité zkontrolovat, zda podobný díl a charakteristiky nebyly již dříve analyzovány. Například v případě nového projektu, zavádění nového dílu do výroby nebo přidání kritického parametru do kontrolního plánu, je vhodné se zamyslet, zda tento díl či charakteristika nejsou totožné s již dříve provedenými analýzami. Proto byl vytvořen vývojový diagram (viz příloha 1), kde lze vidět vhodný postup při volbě kontrolních parametrů pro novou analýzu. Vždy by tedy mělo být provedeno srovnání a v případě opětovné výroby dříve analyzovaných dílů, je důležité sledovat změny. Toto opatření se zavádí pro zabránění opakujícím se MSA analýzám a zefektivnění provádění studií.

Kategorizace měřidel:

Je nezbytné definovat kategorie měřidel, kterých se bude analýza týkat. Tyto kategorie jsou definovány na základě kontrolního plánu a seznamu měřidel, kterými se nejčastěji kontrolují parametry komponent a výrobků. Analýza se provede na každém zástupci z následujícího seznamu měřidel.

Měřidlo	Rozsah	Typ
Posuvné měřidlo	0-300 mm	digitální
Posuvné měřidlo	0-600 mm	digitální
Posuvné měřidlo	0-1000 mm	mechanické
Posuvné měřidlo	0-2000 mm	mechanické
Výškoměr	0-1000 mm	digitální
Mikrometr	0-50 mm	digitální
Hloubkoměr	0-300 mm	digitální
Tloušťkoměr	0-25 mm	digitální

Analýza systému měření (MSA)

Měření a zápis dat do formuláře:

Tým dopředu stanoví termíny, kdy se budou měření provádět. Následně se ve stanovených termínech bude provádět měření vybraných dílů definovanými měřidly (viz výše). Měření se vždy bude provádět za stejných podmínek, ve stejné místnosti, a to vybranými členy. Pro zajištění falsifikování hodnot měření bude naměřené hodnoty zapisovat vedoucí studie a označení dílů nebudou vidět. Čísla měřených dílů bude znát pouze odpovědný pracovník (vedoucí studie) provádějící následnou analýzu získaných dat z měření.

Data budou operátoři zapisovat do předem vytvořené tabulky určené přímo pro zápis naměřených hodnot. Operátor bude měřit danou charakteristiku dílu a vedoucí studie bude zapisovat hodnoty do tabulky. Tento postup se opakuje pro daný počet dílů a měření. Pro tisk formuláře lze použít excelovský soubor s názvem Formulář pro sběr kvantitativních dat.

Postup analýzy pro kvantitativní data:

1. Zajištění náhodných 10 vhodných vzorků – bez otřepů a jiných nedokonalostí, které by mohly negativně ovlivnit měření.
2. Očíslování vzorků a jejich vhodné nachystání na měřicí stůl (povrch stolu musí být čistý a rovný). Čísla vzorků nesmí být vidět.
3. Na každém vzorku musí být přesně označeny místa měření, které se upřesní pro každý díl dle specifikací na výkresu.
4. Kontrola měřidla – měřidlo musí být zkalibrováno a musí být zkontrolován jeho stav (čistota, plynulost chodu apod.). Jakkoliv poškozené měřidlo není vhodné k analýze, i přes to, že může mít platnou kalibraci. V případě pochybností lze provést kontrola měřidla pomocí koncových měrek (interní kalibrace).
5. Výběr operátorů A, B, C. Pro pokrytí případu příchodu nového operátora vybíráme následovně:
 - jeden se zkušenostmi s měřením,
 - druhý bez zkušeností,
 - poslední je ten, který dané měření provádí pravidelně při rozměrové kontrole.
6. Operátor A měří každý díl a postupně se zapisují výsledky do formuláře. Měření opakuje třikrát. To samé platí pro operátory B a C.
7. Pracovník provádějící analýzu vyhodnotí výsledky měření v programu Palstat (postup v následující kapitole vyhodnocení dat).

Analýza systému měření (MSA)**Kvalitativní data**

Kvalitativní data jsou ta, která nelze měřit a jsou nečíselná (avšak lze jim přiřadit číselnou hodnotu, v našem případě 1 - OK a 0 - NOK). Pomocí těchto charakteristik vyjadřujeme kvalitu výrobku.

Výběr kontrolních parametrů:

Zde je potřeba se zaměřit na vizuální kontroly, které mohou mít největší vliv na rozhodování o finální kvalitě výrobků. Vychází se z kritických parametrů z kontrolního plánu.

Formulář pro sběr dat:

Data se zapisují stejně jako v případě kvantitativních dat do formuláře. Ten lze vytisknout z excelovského souboru Formulář pro sběr kvalitativních dat.

Postup pro kvalitativní data:

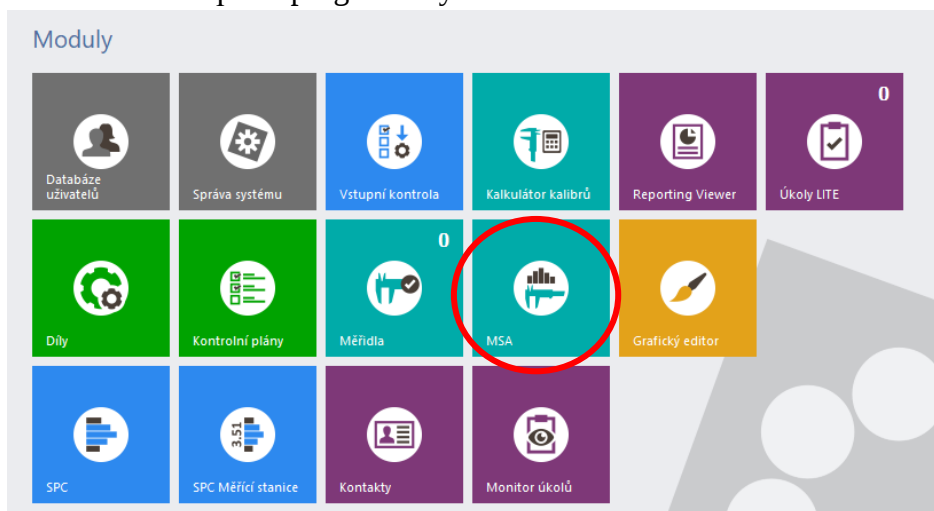
1. Metrolog společně s inženýrem kvality vybere 25-50 nejvhodnějších vzorků. Musí být vybrány nejen OK a NOK vzorky, ale i takové, které působí nejasně a není lehké je ihned vyhodnotit (operátoři se na nich nemusí stoprocentně shodnout). Takto volíme z důvodu sledování hodnocení jednotlivých operátorů. Vzduchojemy jsou objemné nádoby, proto se pro analýzu využívají reprezentativní výřezy částí vzduchojemů.
2. Vzorky se označí čísla tak, aby nebyly pro operátory viditelné.
3. Stanoví se osoby A, B, C, které provedou kontrolní hodnocení.
4. Operátory bude vyplněna hlavička formuláře.
5. Každý operátor bude provádět vyhodnocení 3x a výsledky bude zaznamenávat do formuláře opět vedoucí studie nebo odpovědná osoba (1 - OK, 0 - NOK).
6. Naměřené hodnoty se zapíší odpovědnou osobou do systému Palstat a bude provedeno vyhodnocení výsledků analýzy (viz následující vyhodnocení výsledků).

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Použitý program: Palstat CAQ

Podklady: Vyplněný formulář pro sběr dat MSA

1. Pověřený pracovník vybraný k vyhodnocování a analýze výsledků získaná data vyhodnotí v softwaru Palstat. Po zapnutí programu vybereme modul MSA.



2. V modulu MSA se zobrazí seznam měřidel a zkoušek, která jsou evidována v modulu měřidla. Nalezneme měřidlo, kterým se provádělo měření. Po nalezení zvolíme kartu spolehlivost.

Číslo měř...	Název	Datum zápisu	V provozu od	Kód	Typ	Norma	Začlenění	Třída přesn...	Stav
389		=	=						
F1389	Svinovací 2 m				0 - 2 m		OM		Uložené
F0389	Svin. 2 m						OM		Uložené
B0389	Posuvné měřítko 0 - 300		14.6.2018		digitální		PM		Aktivní

↑

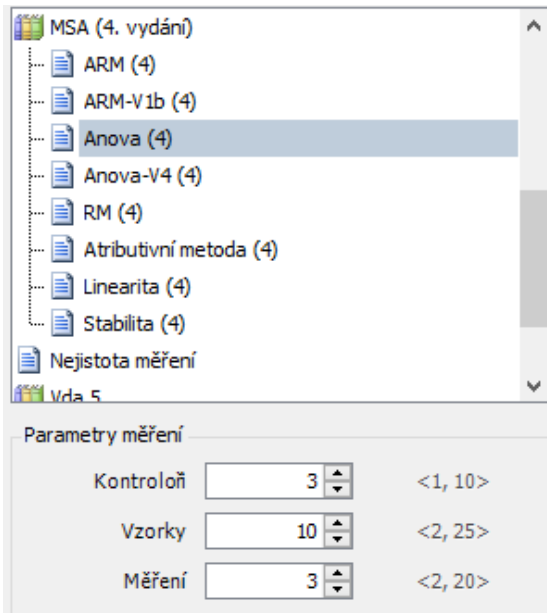
Seznam: **Spolehlivost**

Analyza systému měření (MSA)

3. Pro vytvoření nové analýzy klikneme na ikonu nového záznamu a vybereme vhodnou metodu.

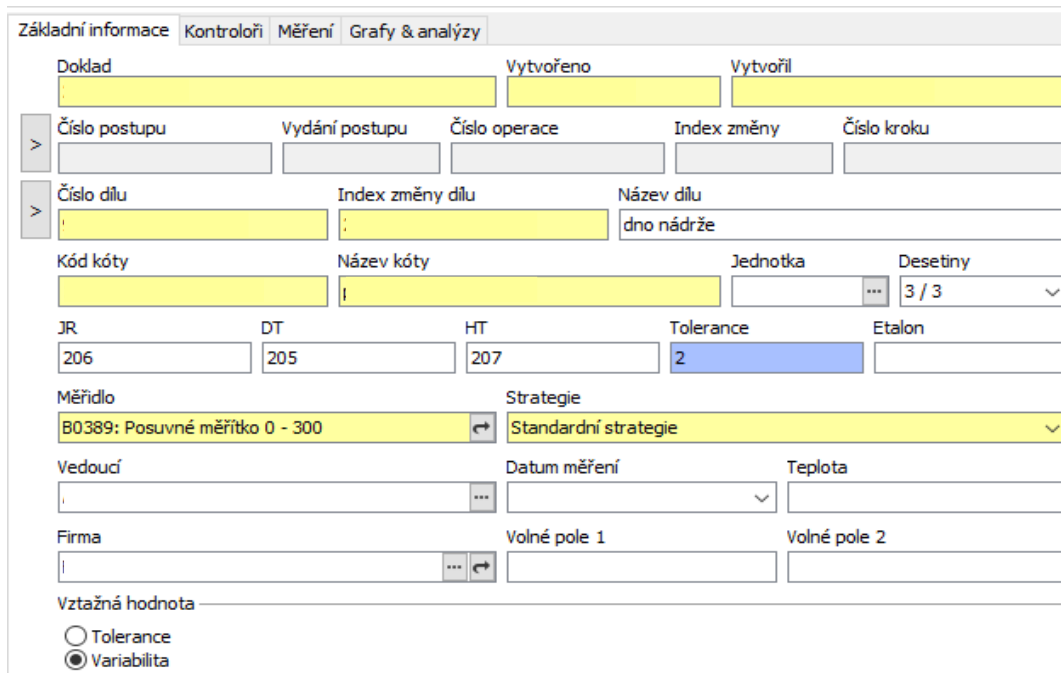
Kvantitativní data: vybíráme metodu ANOVA a nastavíme počet operátorů, dílů a měření.

Kvalitativní data: vybereme metodu atributivní a opět nastavíme počet dílů, operátorů a měření.



The screenshot shows a file explorer window titled 'MSA (4. vydání)'. It contains a list of folders: ARM (4), ARM-V1b (4), Anova (4), Anova-V4 (4), RM (4), Atributivní metoda (4), Linearita (4), and Stabilita (4). Below the list is a section titled 'Parametry měření' with three rows of input fields: 'Kontrola' with value 3, 'Vzorky' with value 10, and 'Měření' with value 3. Each row has a range indicator to its right: '<1, 10>', '<2, 25>', and '<2, 20>' respectively.

4. Nyní zapíšeme základní informace, jejichž políčka jsou v programu žlutě označeny. K vypsání potřebných údajů lze vycházet ze specifikací uvedených na výkrese.



The screenshot shows the 'Základní informace' tab in the MSA software. It contains various input fields for recording measurement data. Fields are highlighted in yellow to indicate where data should be entered. The fields include: 'Doklad', 'Vytvořeno', 'Vytvořil', 'Číslo postupu', 'Vydání postupu', 'Číslo operace', 'Index změny', 'Číslo kroku', 'Číslo dílu', 'Index změny dílu', 'Název dílu', 'Kód kóty', 'Název kóty', 'Jednotka', 'Desetiny', 'JR', 'DT', 'HT', 'Tolerance', 'Etalon', 'Měřidlo', 'Strategie', 'Vedoucí', 'Datum měření', 'Teplota', 'Firma', 'Volné pole 1', 'Volné pole 2', and 'Vztažná hodnota'. At the bottom, there are radio buttons for 'Tolerance' and 'Variabilita'.

Pracoviště:

Metodika: MSA

Název dokumentu:

Analýza systému měření (MSA)

- Dalším krokem je pojmenování kontrolorů a zvolení barev pro grafickou analýzu, zaznamenání času a místa měření.
- Následně zapisujeme naměřené hodnoty.
Kvantitativní data: zapisujeme naměřená data s jmenovitými hodnotami.

<

Kvalitativní data: zapisujeme 1 (OK), 0 (NOK) a referenční hodnocení.

Kontrolor		Měření	Vzorek									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Referenční hodnoty												
Referenční hodnocení												
0	0	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	
		✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	
		✗	✓	✗	✓	✓						
Naměřené hodnoty												
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
		1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
		0	1	0	1	1						
	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
		1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	
		0	1	0	1	1						
	3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	
		1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
		0	1	0	1	1						

- Po uložení hodnot lze vidět výsledky analýzy. Výsledný protokol vygenerujeme pomocí tlačítka pro tisk, kde vybereme export souboru do pdf.

INTERPRETACE VÝSLEDKŮ

ANOVA

Hlavním ukazatelem pro vyhodnocení systému je GRR, pro který jsou nastavená kritéria viz tabulka 1. Opakovatelnost a reprodukovatelnost zařízení (GRR) představuje celkovou variabilitu systému měření.

Tabulka 1 Kritéria pro hodnocení systému měření

Hodnocení	Popis	Reakce
Měřicí systém vyhovuje	Hodnoty jsou menší než 10 %	Měřicí systém je akceptovatelný
Měřicí systém omezeně použitelný	Hodnoty se pohybují mezi 11–30 %	Měřicí systém lze akceptovat v závislosti na důležitosti daného systému, i když je akceptace daného měřicího systému s podmínkou
Měřicí systém nevyhovuje	Hodnoty se pohybují nad 30 %	Měřicí systém musí být zlepšen se zjištěním příčin a stanovením <u>nápravných opatření</u> .

V protokolu výsledků analýzy ANOVA nalezneme tabulku s několika sloupci:

- Odhad rozptylu;
- Sigma (směrodatná odchylka);
- 6*Sigma (z důvodu zvýšení úrovně pokrytí se při výpočtech používá násobitel 6 ($\pm 3\sigma$), který představuje úplné rozdělení hodnot Gaussovy křivky);
- % Celková variabilita (ukazatel celkového rozptylu zkoumané veličiny);
- % Podíl.

Pro vyhodnocení studie se můžeme zaměřit na výsledky ze sloupce 6*Sigma. Z důvodu zvýšení úrovně pokrytí se při výpočtech používá násobitel 6 ($\pm 3\sigma$), který představuje úplné rozdělení hodnot Gaussovy křivky. Hlavním ukazatelem je procentuální hodnota GRR celkové variability, kterou v případě vyhodnocování porovnáváme s tabulkou kritérií.

K hodnotícímu kritériu GRR je nutno přidat i jiné kritérium, což může být například počet rozlišitelných tříd ndc, které ve výsledném protokolu Palstat není. Ale je uvedeno s výsledkem GRR ihned po vložení hodnot do systému. Počet rozlišitelných tříd musí být větší jak pět pro výslednou přijatelnost systému měření.

Atributivní metoda

Cílem je mít 100% shodu mezi operátory a známým nebo správným atributem. Pro interpretaci výsledků se stačí zaměřit v posledním řádku křížové tabulky na hodnoty *kappy*, která vyjadřuje míru shody každého operátora vůči referenčnímu rozhodnutí a na efektivitu operátorů. Všechny hodnoty *kappy* musí být větší než 0,75 ($\kappa > 75\%$), abychom mohli systém vyhodnotit jako vyhovující.

Analýza systému měření (MSA)

Z výsledků lze i pozorovat, jak operátoři reagují a hodnotí vzorky. Příklad, kdy operátor vyhodnotí OK vzorek jako NOK (kontrolor stranil zamítnutí) je více přijatelný, než když vyhodnotí NOK kus jako OK (kontrolor stranil přijetí). Tabulka je rozdělena pro výsledky mezi kontrolory a výsledky shody kontrolora se standardem. Procentuální hodnoty UCI a LCI (v protokolu uvedeno jako UCL a LCL, což není správné označení) jsou horní a dolní meze 95% konfidenčního intervalu.

V tabulce hodnocení kontrolorů jsou počty vyhodnocených vzorků jak vyhovujících, tak nevyhovujících. Sloupec 100 % missed uvádí počet vzorků vyhodnocených v rozporu s referencí a Mixed je počet odlišných rozhodnutí v rámci opakování. V posledním sloupci jsou hodnoty správných rozhodnutí vztažených k referenci. Ve druhé tabulce je hodnocena efektivita (E) operátorů, zbytečný signál (Pfa) a chybějící signál (Pmiss). V poslední tabulce jsou uvedena kritéria pro hodnocení těchto parametrů.

POSTUP V PŘÍPADĚ NEVYHOVUJÍCÍHO VÝSLEDKU

Kvantitativní data

Z výsledků analýzy ANOVA i průměru a rozpětí lze pozorovat informace a příčiny variability systému měření nebo měřidla.

Jestliže je opakovatelnost v porovnání s reprodukovatelností značně velká ($EV > AV$) může to znamenat, že:

- přístroj potřebuje údržbu,
- umístění měřidla při měření je potřeba zlepšit,
- je příliš velká variabilita mezi díly.

Je-li opakovatelnost v porovnání s reprodukovatelností značně malá ($EV < AV$) může to zapříčinit:

- operátor, který potřebuje proškolení o používání měřidla a odečítání hodnot,
- kalibrace stupnice měřidla, která není jasná.

V případě, kdy je hodnota %GRR větší než 30 %, je potřeba vynaložit veškeré úsilí na zlepšení systému měření. Tento stav se řeší použitím vhodné strategie měření. Může se například aplikovat postup s použitím průměrného výsledku několika odečtů při měření stejného parametru dílu s cílem redukovat variabilitu měření.

Kvalitativní data

Při analyzování atributivních dat sledujeme hlavně hodnoty *kappa* a efektivnost. Pokud budou hodnoty nevyhovující, je třeba zjistit příčinu a snažit se snižovat vlivy zdrojů variability.

Příčiny variability kontrolních procesů:

- nevhodně zvolené vzorky (příliš nejasné vady, které se v realitě často nevyskytují),
- zaprášené nebo znečištěné vzorky, kde vada není jasně vidět,
- neznalost operátora postupů kontroly,
- nedostatečná znalost operátora vzhledem k typům vad.

Vhodným nápravným opatřením v těchto případech je:

- nedostatečná znalost operátora vzhledem k typům vad,
- zaškolení operátorů,
- kontrola zavedených kontrolních postupů a kontrolních návodek,
- revize katalogu vad,
- Ishikawův diagram.

Přílohy

Příloha 1 Vývojový diagram volby analyzovaných parametrů

