

# ŠTÍHLÁ VÝROBA V PROSTŘEDÍ DODAVATELŮ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU

**Ing. Lukáš Mildorf**

*TRW Carr s.r.o., Stará Boleslav*

## **Anotace:**

Článek pojednává o praktickém využití prostředků štíhlé výroby ve výrobním závodě. Teoretická část je věnována druhům plýtvání a využití prvků štíhlé výroby k jejich eliminaci. V praktické části je na příkladu prezentován a porovnáván odlišný způsob výroby navijáků v závodech TRW Carr Česká Republika a TRW Reynosa Mexiko.

## **Abstract:**

The paper is focused on the practical use of the lean manufacturing techniques in a production plant. The theoretical part provides an overview of sorts of wasting and lean production tools utilization. The practical part presents a comparison of the 3PGA retractor assembly process between automotive production plants TRW Carr Czech Republic and TRW Reynosa Mexico.

**Klíčová slova:** Štíhlá výroba, druhy plýtvání.  
**Key words:** Lean manufacturing, sorts of wasting.

## **1. Úvod**

Štíhlá výroba (Lean Manufacturing) je systematický přístup k identifikaci a zamezení plýtvání (omezení činností bez přidané hodnoty) formou neustálého zlepšování výrobních procesů. Systematické eliminování zdrojů plýtvání přináší snížení výrobních nákladů. Při tom je nutné pamatovat na zákaznické požadavky a také se snažit o zvyšování přidané hodnoty výrobního procesu.

V některých případech si však požadavky zákazníka vynutí jisté plýtvání, na které je vhodné upozornit a vícenáklady s tímto plýtváním spojené zohlednit v koncové ceně výrobku.

## **2. Zdroje plýtvání**

Plýtvání (muda) znamená opak přidané hodnoty. V tomto pojmu jsou zahrnuty veškeré činnosti, které zákazník nechce a nebude je platit. Například - zákazník je ochoten zaplatit za tabuli plechu, za stříhání a ohýbání plechu, svařování, natření apod. Není však ochoten platit za čas čekání, opravy, nadměrné zásoby apod.

## 2.1 Typologie hlavních zdrojů plýtvání

Hlavními zdroji plýtvání jsou:

1. Nadprodukce – tzn. výroba většího počtu výrobků, než jaké požaduje zákazník. Nadprodukce proto nelze prodat ihned, ale musíme ji skladovat. Nadprodukce je zapříčiněna výrobou ve velkých dávkách např. z technických důvodů. Přenastavení výrobních zařízení trvá řádově hodiny, popř. dny. Proto je nutné zařízení konstrukčně řešit se snadno vyměnitelnými přípravky, tzv. SMED. Při použití SMED prvků dosáhneme při přenastavení výrobní linky na jiný typ výrobku času v řádu minut.
2. Čekání – ve výrobě je takto označen případ, kdy operátor musí čekat na dodání materiálu, který má zpracovat, popř. musí čekat na strojní zpracování dílu. Je nutno zajistit vhodné vybalancování jednotlivých pracovišť linky. V případě delších strojních výrobních časů je vhodné montážní zařízení řešit jako vícepozicové.
3. Velká mezioperační zásoba – při hromadění rozpracovaných výrobků na výstupu z výrobní stanice hrozí nebezpečí výroby mnoha neshodných výrobků, které však budou testovány na kontrolním pracovišti umístěném až za tímto výrobním pracovištěm. Optimální je tok jednoho kusu (one piece flow), při kterém je minimalizována výroba neshodných dílů.
4. Procesní plýtvání – vhodně zvoleným technologickým postupem je nutné eliminovat veškeré nadbytečné procesní kroky,
5. Doprava (mezioperační) - tento zdroj plýtvání je zapříčiněn nevhodným uspořádáním montážní linky, kdy dopravu materiálu nebo rozpracovaných výrobků mezi jednotlivými pracovišti musí zajišťovat manipulát, popř. je mezioperační doprava zajišťována dávkově. Přisun materiálu v dodavatelském balení k pracovišti je vhodné řešit skluzy s vratnou větví pro prázdné obaly. Je třeba se snažit o umístění jednotlivých zařízení linky co možná nejbližší k sobě a dopravu rozpracovaných výrobků mezi stanicemi řešit pomocí skluzů, válečkových - gravitačních, nebo pásových dopravníků tak, aby mezioperační zásoba byla co nejmenší.
6. Zbytečný pohyb – jedná se o pohyb pracovníků, popř. zařízení během výroby. Zbytečné pohyby (chůze, otáčení aj.) jsou zapříčiněny nevhodným uspořádáním pracoviště, tzn. pracoviště je nutno ergonomicky optimalizovat. Ergonomicky nevhodně uspořádané pracoviště má negativní dopad na produktivitu a také na zdraví a bezpečnost operátora.
7. Opravy, přepracování zmetků – tato činnost je závislá na výrobě zmetků. Jedná se o velmi časově, energeticky i materiálově nákladnou činnost. V ideálním případě se za žádných okolností zmetky neopravují. V případě, kdy je nutno neshodné výrobky opravovat, musí být tato činnost prováděna mimo výrobní linku na tzv. opravárenském pracovišti pod dohledem odpovědného pracovníka oddělení kvality a opravené výrobky musí být před uvolněním zpět do výroby podrobeny znovu veškerým kontrolám a testům.
8. Nedostatečná komunikace, plýtvání znalostmi – tato forma plýtvání existuje buď uvnitř výrobního závodu nebo mezi závodem a zákazníkem, popř. závodem a dodavatelem. V případě nepředávání informací, znalostí, myšlenek a nápadů uvnitř závodu hrozí frustrace a demotivace pracovníků. V případě, že není vyslyšen hlas zákazníka z důvodu špatně navržené komunikační linie, hrozí podniku ztráta tohoto zákazníka.

Poznat a minimalizovat zdroje plýtvání je velmi důležité. Pro správný přístup ke štíhlé výrobě je také nutné se z nedostatků poučit. K tomu slouží např. databáze - lesson learned, která je pravidelně doplňována příspěvky o závadách, reklamacích apod. včetně postupu odstranění a návrhu opatření proti jejich opakování. Úkolem techniků je poté konstrukci nových výrobních linek optimalizovat podle získaných znalostí.

### 3. Prvky štíhlé výroby

Pod pojmem štíhlá výroba si lze představit širokou škálu prostředků a postupů, které mají jediný společný cíl. Tímto cílem optimálně vybalancovaný, stabilní a způsobilý výrobní proces při co možná nejnižších investičních (pořizovacích) nákladech, nákladech na údržbu a seřizování zařízení, energie a samozřejmě co nejnižších nákladech na obsluhující pracovníky.

Nalézt kompromisní řešení mezi těmito mnohdy protichůdnými požadavky je vždy problematické a v některých případech dokonce nerealizovatelné. V prostředí automobilového průmyslu, zejména u dodavatelů bezpečnostních prvků je nutno udržet velmi vysoký standard prediktivních i detekčních opatření, která vyloučí z výrobního procesu každý neshodný díl. Na vizuální kontrolu výrobků jednotlivými operátory nelze v žádném případě spoléhat, i když je vícenásobná. Pouze mechanické prostředky Poka-Yoke, senzory a kamerové systémy dokáží neshodný díl odhalit a po vyhodnocení řídicím systémem zařízení operátora donutit tento díl vložit do zmetkovníku a tím jej definitivně vyřadit z výrobního procesu. Až poté je řídicím systémem umožněno opětovné spuštění pracovního cyklu.

#### 3.1 Rozdělení jednotlivých prvků a postupů tvořících štíhlou výrobu

1. Odstranění plýtvání  
Usilujeme o eliminování neefektivních činností.
2. Spolehlivé výrobní zařízení  
Volíme robustní konstrukci zařízení, která vychází ze získaných zkušeností a vědecko – technického pokroku.
3. Způsobilý výrobní proces  
Způsobilost procesu je pravidelně hodnocena. Trendy a nahodilé příčiny jsou analyzovány a odstraněny po dohodě týmu, který tvoří inženýr kvality, technolog a technik údržby.
4. Plynulý tok (continues flow)  
Jedná se o zajištění plynulého přísunu vstupního materiálu, odběr rozpracovaných výrobků mezi jednotlivými pracovišti a odběr kompletních výrobků určených k expedici, tzn. zajištění fungující vnitropodnikové logistiky.
5. Tok jednoho kusu (one piece flow)  
Konstrukce jednotlivých výrobních nebo kontrolních zařízení musí vycházet ze snahy o optimální vybalancování linky. Pro balancování linky je vhodné využít výpočtových programů, např. analýzu MTM nebo MOST. Výsledkem této snahy je výrobní linka bez úzkých míst.
6. Minimalizace zásob  
Pro minimalizaci zásob je vhodné využít vhodnou kombinaci systémů Just-in-Time, FiFo, apod.
7. Snižování počtu neshod  
Tato neustálá snaha vede k eliminování a předcházení neshodám při vhodné aplikaci prostředků Poka-Yoke apod.
8. Snižování výrobního času  
Již při konstrukčním návrhu nového výrobního zařízení je úkolem technika zvážit implementaci prvků automatizace. Technické prostředky automatizace jsou při vhodném použití významně schopny snížit výrobní takt a odstranit potenciální úzká místa zařízení, resp. montážní linky.
9. Minimalizace kontrolních pracovišť  
Kontrolní pracoviště nepřidávají výrobku hodnotu. Východiskem může být řešení výrobního zařízení společně s kontrolním.

#### 10. Kanban

Zavedením a využitím řízeného pravidelného zásobování montážních linek pomocí kanbanových karet vede k zefektivnění výroby a vyšší produktivitě.

#### 11. Standardizace výroby

Standardizací výroby rozumíme sjednocení pracovních postupů shodných výrobních linek, pravidelné školení apod.

#### 12. Vizualizace pracovišť

Využitím fotografií k jednoznačnému vysvětlení jednotlivých kroků pracovního postupu, popř. fotografií typů neshod potenciálně se vyskytujících na daném pracovišti operátorovi dopomůže k lepšímu pochopení výrobní operace. Jsou zde zahrnuty také přesně definované pozice ručních nástrojů, náradí a výměnných přípravků.

#### 13. Rychle výměnné přípravky (SMED – Single Minute Exchange of Die)

Očekává se, že výměna přípravku při změně výrobku nebo na počátku montáže bude provedena v minimálním čase (nejlépe do jedné minuty). Po řádném ustavení přípravku v pracovní pozici nejsou přípustné jakékoli vůle v jeho uložení. Přípravek musí být konstruován tak, že jde založit do stroje pouze jedním způsobem. Pro složitější aplikace (více SMED přípravků na jednom stroji) je nutné použít kódování, senzorickou detekci pro jejich správnou identifikaci.

#### 14. Týmová práce

Jedná se o stálý tým výrobních pracovníků, techniků a pracovníků oddělení kvality, kteří přispívají neustálým zlepšováním procesu k vyšší efektivitě výroby.

Klíčem k úspěšnému implementování prvků štíhlé výroby jsou motivovaní a zainteresovaní pracovníci, tzn. vhodně vybraní lidé (s potřebným vzděláním), proškolení, s obecným povědomím o štíhlé výrobě. Vývoj a optimalizování výrobních prostředků je vhodné provádět ve spolupráci s obsluhou výrobních zařízení a pracovníky údržby.

Důležité je určení a zplnomocnění vedoucích projektů, vytvoření vhodného „ovzduší“ pro zkoušení nových výrobních postupů a potřeba předvedení a obhájení pilotního projektu.

### **4. Příklad: Porovnání způsobu výroby v závodech TRW Carr Česká republika a TRW Reynosa Mexiko**

Závody TRW divize Seat belts produkují tříbodové bezpečnostní pásy, zámky bezpečnostních pásů a horní nastavení, airbagy a brzdové systémy. Pro vzájemné porovnání výrobních procesů a implementovaných prostředků štíhlé výroby byl vybrán závod TRW Carr Stará Boleslav a závod TRW Reynosa Mexiko.

Sortiment vyráběných produktů obou závodů je velmi podobný, drobné odlišnosti designu vyplývají pouze z rozdílné konstrukce amerických vozidel oproti evropským.

Oba závody byly nuceny zvolit odlišný způsob optimalizace výrobního procesu zejména z důvodu výše nákladů na pracovníka. V Mexiku jsou náklady na výrobního pracovníka zhruba o polovinu nižší než v České republice.

#### **4.1 Výroba v závodě TRW Carr Stará Boleslav**

Výrobní a kontrolní procesy při výrobě tříbodových pásů jsou ovlivněny vysokými požadavky na systém kvality výroby, který je každoročně obhajován při nezávislém auditu dle normy ISO TS 16 949. Je vyžadována vysoká výkonnost výrobních linek při co nejnižších nárocích na obsluhu a údržbu. Při objednávání nových výrobních zařízení je vyvíjen tlak na robustní, snadno seřiditelné a udržovatelné výrobní zařízení s uplatněním co nejvyššího stupně automatizace a kontroly procesu. Výhodou tohoto přístupu je menší zastavěná plocha, nižší náklady na pracovní sílu a vysoká produktivita.

Mezi nevýhody patří zejména vysoké investiční náklady (delší návratnost vložených investic), prostoje zařízení při poruše, vysoké nároky na vzdělání a praxi pracovníků údržby.

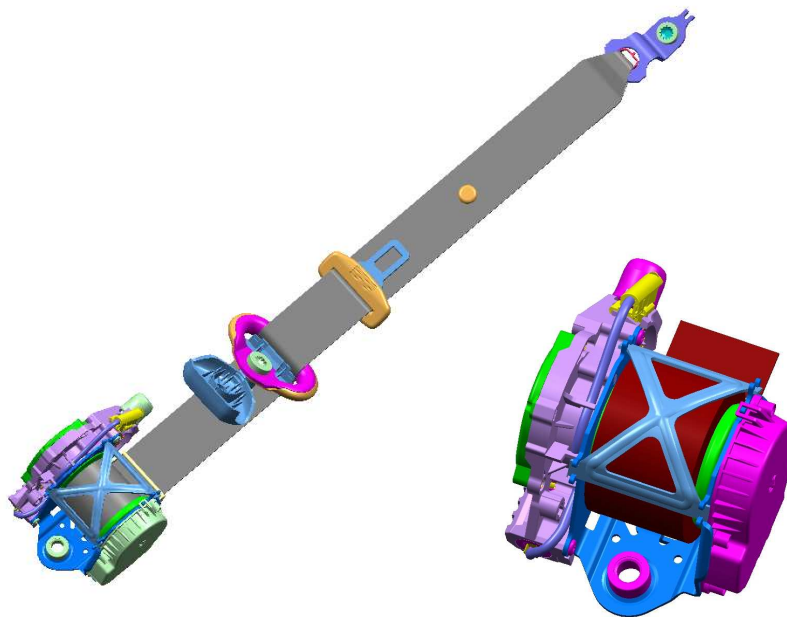
#### **4.2 Výroba v závodě TRW Reynosa**

Požadavky na kvalitu jsou zde srovnatelné s evropskou úrovní. Rozdíl ve výrobě spočívá v možnosti zaměstnání většího počtu pracovníků. Důraz je zde kladen zejména na jednoduchá zařízení, v některých případech pouze mechanicky ovládané stroje. Výhodou této strategie je bezporuchový provoz, vysoká produktivita, variabilita zařízení a nízké investiční nároky.

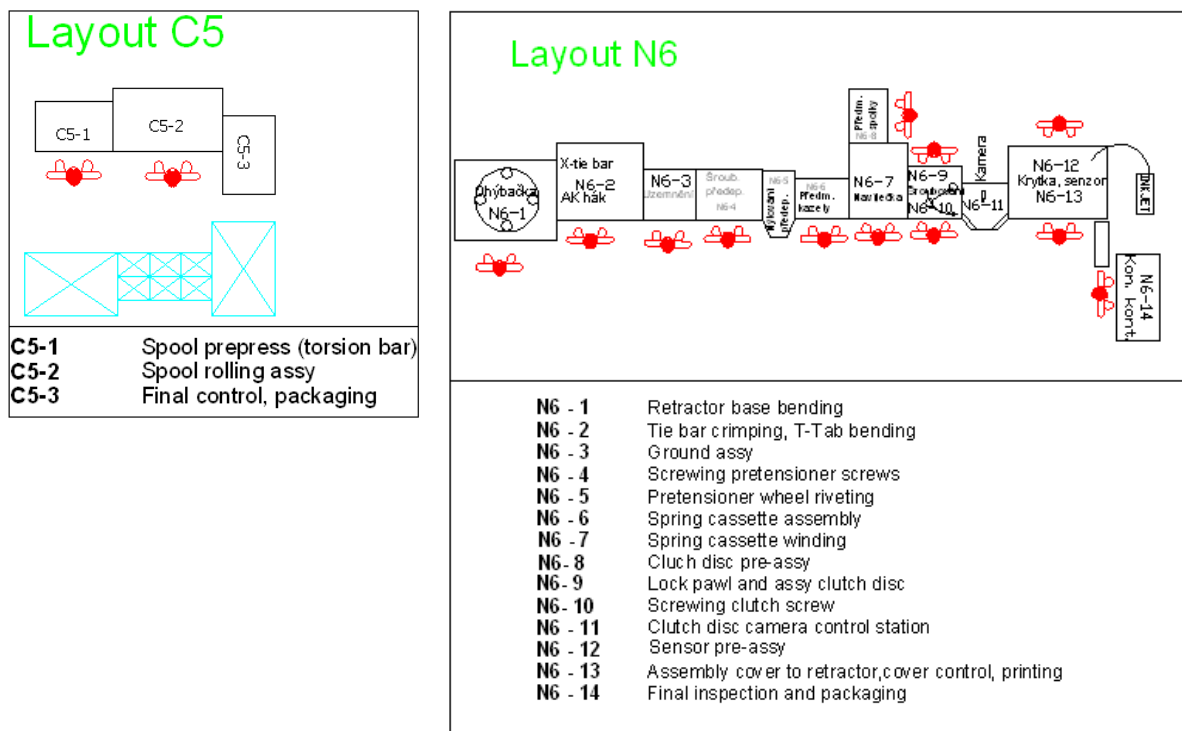
Nevýhodou je nutnost zaměstnání vyššího počtu výrobních pracovníků a pracovníků oddělení kvality, větší zastavěná plocha a nižší možnosti kontroly procesu.

#### **4.3 Porovnání výroby navijáků ESA 4.0**

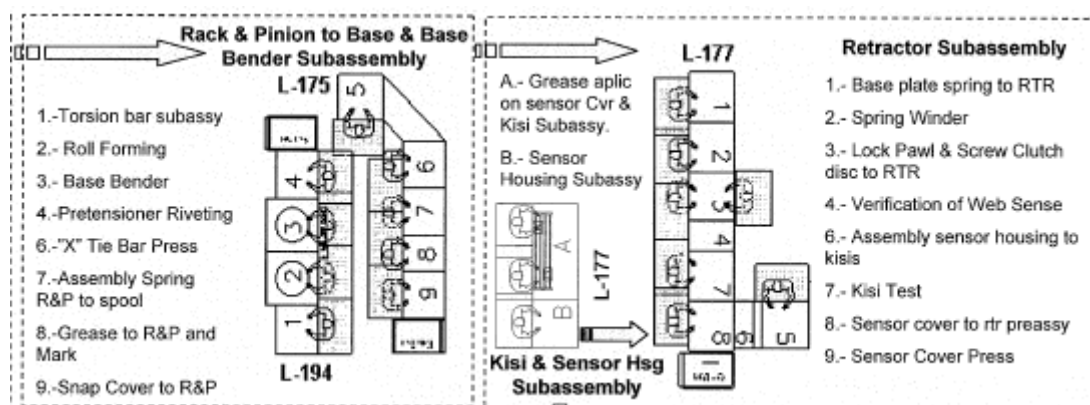
Navijáky typu ESA 4.0 jsou v současné době nosným produktem společnosti TRW divize Seat belts. Na obr.1 je znázorněn kompletní třibodový pás typu ESA 4.0 s předepínačem navijáku. Na obr.2 a 3 jsou schematicky znázorněny layouty, tzn. uspořádání montážních navijákových linek produkující navijáky typu ESA 4.0 v obou porovnávaných závodech.



*Obr.1 Příklad kompletního třibodového pásu typu ESA 4.0 s předepínačem navijáku a detail navijáku (vpravo), produkovaného na linkách C6, N6 v TRW Stará Boleslav.*



Obr.2 Layouty montážních linek pro výrobu 4.0 navijáku C5, N6 – TRW Stará Boleslav



Obr.3 Layouty linek pro výrobu 4.0 navijáku L-175, L-194, L-177 – TRW Reynosa

Pro vzájemné porovnání výrobních linek byly vybrány následující parametry:

1. Počet pracovišť - tzn. maximální celkový počet pracovišť, které se podílejí na výrobě navijáku.
2. Počet operátorů – tzn. celkový počet operátorů při plném obsazení linek na směnu.
3. Požadavky na MP (mistake proofing) zařízení – tzn. počet 100% automatických kontrol pro měření sestavy po provedené montážní operaci, popř. služících k vyhodnocení polohy, přítomnosti a správnosti vložených komponent.
4. Takt linky – optimální reálný čas potřebný k výrobě jednoho kusu navijáku.
5. Průměrná kapacita - tzn. optimální reálné množství vyrobených kusů za směnu.
6. Počet seřizovačů – tzn. optimální počet pracovníků údržby přidělených k údržbě daných výrobních linek.
7. Počet pracovníků výrobní kvality – tzn. optimální počet pracovníků oddělení kvality přidělených ke sledování výrobního procesu daných linek
8. Pořizovací cena – tzn. investiční náklady spojené s nákupem nového výrobního zařízení.

9. Potřebný čas k přenastavení zařízení/ linky na jiný produkt – jedná se o celkový čas, potřebný k přenastavení všech výrobních zařízení pro výrobu odlišného produktu. Např. změna výroby z levého typu navijáku na pravý.  
Sesbíraná data a vyhodnocené parametry viz. tab.1 a 2.

Tab. 1 Vzájemné porovnání parametrů navijákových montážních linek

Po- řadí	Název pracovní operace	TRW Carr Stará Boleslav: označení pracoviště	Počet opera- torů / směna	Počet Mistake proofing zařízení	TRW Reynosa: označení pracoviště	Počet opera- torů / směna	Počet Mistake proofing zařízení
1	Předlisování cívky	C5-1	1	0	L194-1	1	0
2	Lemování disku cívky	C5-2	1	5	L194-2	1	3
3	Ohyb tělesa navijáku	N6-1	1	3	L194-3	1	2
4	Lisování X fixačního plechu, ohyb T-Tab	N6-2	1	1	L175-6	1	1
5	Montáž uzemnění	N6-3	1	0	NA	0	0
6	Šroubování tělesa předepínače	N6-4	1	3	L175-5	1	1
7	Lisování čepu předepínače	N6-5	0	3	L194-4	1	1
8	Montáž pružinové kazety	N6-6	1	1	L175-7	1	1
9	Mazání pružinové kazety	N6-6	0	0	L175-8	0	0
10	Nasazení a lisování krytky kazety	N6-6	0	0	L175-9	1	0
11	Navíjení pružinové kazety	N6-7	1	1	L177-2	1	1
12	Před-montáž KISI	Před- montáž mimo N6	1	0	L177-A	1	0
13	Před-montáž spojky	N6-8	1	0	Před- montáž mimo L177	1	0
14	Montáž spojky a západky	N6-9	1	0	L177-3	1	0
15	Šroubování spojky	N6-10	0	2	L177-3	0	1
16	Kamerová zkouška spojky	N6-11	0	9	L177-4	1	9
17	Před-montáž senzoru	N6-12	1	2	L177-B	1	1
18	Kontrola soukolí KISI v sensorové krytce	N6-13	0	1	L177-7	1	1
19	Před-montáž sensorové krytky	N6-13	1	0	L177-8	1	0
20	Potisk sensorové krytky	N6-13	0	1	L177-9	0	0
21	Lisování sensorové krytky	N6-13	0	0	L177-9	0	0
22	Výstupní kontrola a balení	N6-14	1	0	L177-10	1	0

Tab. 2 Souhrnná tabulka porovnávaných parametrů

Pořadové č.	Porovnávaný parametr	TRW Carr Stará Boleslav	TRW Reynosa
1.	Montážních stanic celkem:	17	19
2.	Pracovníků celkem:	14 os./ směna	17 os./ směna
3.	Mistake proofing prostředků celkem:	32	22
4.	Takt linky:	10s / kus	10s / kus
5.	Průměrná kapacita linek:	2400 ks/směna	2400 ks/směna
6.	Počet seřizovačů celkem:	1 os./ směna	2 os./ směna
7.	Počet prac. kvality na směnu:	1 os./ směna	2 os./ směna
8.	Požizovací cena:	550 000 €	450 000 €
9.	Čas potřebný k přenastavení zařízení:	20 min	15 min

Porovnání parametrů (viz. tab.1) potvrzuje tvrzení, že s vyšším stupněm automatizace se zvyšují investiční náklady zařízení, ale zároveň klesá počet operátorů.

Zvýšené investiční náklady je nutno vždy obhájit analýzou návratnosti investic, které by měly mít návratnost do jednoho roku.

Ze souhrnné tabulky (tab. 2) vyplývá, že použité automatizační prvky mají také vliv na čas potřebný k přenastavení stanic na jiný typ výrobku.

## 6. Závěr

Při hodnocení tohoto článku je důležité si položit následující otázku: Jak velký stupeň automatizace je pro firmu přínosný? V případě volby jednoduchých montážních prostředků, které obsluhuje více pracovníků bude v nejbližších letech reálně hrozit přesun výroby směrem na východ od našich hranic, v důsledku zvyšujících se mzdových nákladů. Také samotný přesun těchto jednoduchých technologií je velmi snadný.

Vliv operátora na kvalitu výrobku není také zanedbatelný. Denně je nutno řešit případy neshod způsobené operátorem, aplikovat prediktivní i detekční prvky pro zvýšení kontroly výrobního procesu. Většina operátorů přistupuje k výrobním prostředkům značně nešetrně a o samotný výsledek své práce nemívá zájem. Toto vyplývá z velmi nízké úrovně vzdělanosti těchto lidí a také z chybějícího motivačního faktoru (finanční a věcné odměny, popř. pracovní růst) při dobře odvedené práci.

Nezbytnost vyrábět několik typů výrobku na jedné lince má významný vliv na konstrukční řešení výrobních zařízení. Jednotlivé vyráběné platformy jsou si vzájemně velmi podobné a tato podobnost ještě více znesnadňuje vizuální kontrolu montáže. I při použití mechanických Poka-Yoke je možno jednotlivé komponenty, popřípadě podsestavy zaměnit. Pro detekci rozdílných typů komponentů je proto nutné použít automatizačních prostředků – senzorů, popř. kamerových systémů, které musí mít zajištěnu správnou komunikaci s řídicím systémem stanice. Při vytváření Procesní FMEA jsou výše uvedené vlivy samozřejmě zohledněny a již samotná velikost RPN je určujícím faktorem pro použití prvků automatizace. Z jednoúčelových výrobních zařízení se tak stávají víceúčelové pracovní stanice. Toto řešení však s sebou přináší větší nároky jak na investiční náklady tak i na údržbu.

Automatizace výrobních zařízení, která jsou schopna navýšit stávající objem výroby a současně prediktivními a detekčními metodami kontrolovat více parametrů jednotlivých vstupujících komponent, je nezbytná pro zachování výroby v naší republice.

## Použitá literatura

- [1] Dennis, P. *Lean production simplified*. Productivity press, New York, USA 2002, 170p.
- [2] Grout R.J., Downs T.B. *A Brief tutorial on Mistake-proofing, Poka Yoke and ZQC*, <http://www.isixsigma.com/offsite.asp?A=Fr&Url=http://www.campbell.berry.edu/faculty/jgrout/tutorial.html>

Informace o autorovi:

Ing. Lukáš Mildorf  
Projektový inženýr – nové investice  
TRW Carr s.r.o., Stará Boleslav  
[lukas.mildorf@trw.com](mailto:lukas.mildorf@trw.com)

**Lektoroval:**

Doc. Ing. Darja Noskievičová, CSc.