

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**REALIZACE MONTÁŽNÍ LINKY VENTILU ADBLUE**  
REALIZATION OF ASSEMBLING LINE FOR ADBLUE VALVE

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. Aleš Kozelský**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. Marek Štroner, Ph.D.**

BRNO 2011



SEM VLOZIT ZADANI





**ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a realizací montážní linky 2/2 sedlového ventilu pro sektor komerčních vozidel. Návrh je proveden v Autodesk Inventoru. Práce popisuje jednotlivé fáze a cíle projektového řízení. Jedná se o projekt zavádění/transférovaní výroby.

**Klíčová slova**

AdBlue, selektivní katalytická redukce, emise, 2/2 ventil, transfer výroby, projektové řízení, volba variant, návrh, konstrukce, realizace montážní linky.

**ABSTRACT**

This diploma thesis concerns in design and realization of assembling line of a 2/2 seat valve for commercial vehicles sector. Design is using Autodesk Inventor. Thesis describes phases and goals of project management – in this case management of technological/manufacturing transfer.

**Key words**

AdBlue, selective catalytic reduction, emissions, 2/2 valve, technology transfer, project management, variant comparison, design, construction, realization of assembling line.

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KOZELSKÝ, Aleš. *Realizace montážní linky ventilů AdBlue*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 63s., příloh. Ing. Marek Štroner, Ph.D.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Realizace montážní linky ventilů AdBlue vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....  
Jméno a příjmení diplomanta

## **Poděkování**

Děkuji tímto Ing. Marku Štronerovi Ph.D. za pedagogické a metodické vedení diplomové práce, dále Ing. Tomáši Abrahámovi, Vladimíru Šedivému z firmy Norgren za cenné rady, podklady a informace, zejména pak Petru Štohlovi za odborné vedení a trpělivost při návrhu a konstruování. V neposlední řadě děkuji Veronice Weiszové za korekturu.

**OBSAH**

Abstrakt .....	3
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah .....	7
ÚVOD .....	9
1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY .....	10
2 INVESTIČNÍ ZÁMĚR .....	11
3 EMISE A JEJICH SNIŽOVÁNÍ .....	12
4 PŘEDSTAVENÍ VÝROBKU .....	16
5 ÚVOD K PROJEKTU .....	19
6 FÁZE I. – INICIAČNÍ .....	21
6.1 Specifikace cílů projektu .....	21
6.1.1 Vstupní kontrola nových dílů .....	21
6.1.2 Zajistit stoprocentní kvalitu s využitím Poka-Yoke.....	21
6.1.3 Minimalizace rizik souvisejících se spuštěním výroby .....	22
6.1.4 Zahájení výroby v lednu 2010 .....	22
6.1.5 Zajištění externí firmy pro úpravu testovacího zařízení pro všechny varianty .....	22
6.2 Sestavení projektového týmu.....	22
6.3 Analýza rizik a studie proveditelnosti.....	23
6.4 Časový plán .....	25
6.5 Interní schválení projektu.....	25
6.6 Management review .....	25
7 FÁZE II. A III. - PŘÍPRAVNÁ A PLÁNOVACÍ .....	26
8 FÁZE IV. – REALIZACE .....	27
8.1.1 Rozvržení linky .....	27
8.1.2 Procesní mapa.....	30
8.2 Montážní část č.1 - šroubování armatur.....	32
8.2.1 Porovnání variant .....	33
8.2.2 Schválení návrhu.....	37
8.2.3 Konstrukce šroubovacího přípravku.....	38
8.2.4 Konstrukce utahovacího přípravku armatur .....	41
8.2.5 Konstrukce celku montážní linky 1 .....	42
8.3 Montážní část č.2 – šroubování matky.....	43
8.3.1 Konstrukce přípravku – šroubování matky.....	44
8.3.2 Konstrukce celku montážní linky 2.....	45
8.4 Konstrukce příslušenství.....	46
8.5 Sensorika a ovládání linky.....	47
8.5.1 Inicializace řídicího systému a s tím spojená chybová hlášení .....	49
8.5.2 Uživatelské menu .....	51
8.5.3 Servisní menu .....	52
8.6 Technologie lepení, těsnění a zajišťování závitu LOCTITE 243 .....	54
9 FÁZE V. - PROVOZNÍ A HODNOTÍCÍ FÁZE.....	55
9.1 Kontrola dokončení otevřených úkolů po transferu .....	55
9.2 Návrhy na zlepšení .....	55
9.2.1 Šroubování + utahování v jednom kroku.....	55

9.2.2 Automatizované utahování kotvy.....	55
9.2.3 Test kompletnosti rozměrovou kontrolou .....	55
9.2.4 Snímání správného vyřazení vadných kusů.....	56
9.2.5 Správná orientace magnetu .....	56
10 CENOVÁ KALKULACE .....	58
ZÁVĚR .....	60

## ÚVOD

Na automobilový průmysl je vytvářen tlak, aby produkoval, co nejekologičtější automobily. Jako příklad lze uvést povinnost výrobce uvádět spotřebu a množství emisí vypouštěných do ovzduší, nebo emisní normy, které musí splňovat každý nově vyrobený automobil. Tento trend bude zřejmě nadále pokračovat. Práce má za cíl realizaci rozšíření a automatizaci výroby pro ventil, jež je součástí systému katalytické redukce výfukových plynů. V práci je popsáno řízení projektu, technologie výroby a výrobní zařízení. Hlavní částí práce je návrh a konstrukce linky. Projektovým řízením a technologiemi se zabývá jen v hlavních rysech a jsou zde zmíněny pouze některé oblasti. Po přečtení získá čtenář pohled na ukázkový příklad transferu montáže v automobilovém průmyslu ze zemí západní Evropy a USA do českého regionu.



Obr. 1: [12]

## 1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY

Norgren je dceřinou pobočkou nadnárodního koncernu IMI Plc. se sídlem v Birminghamu ve Velké Británii, který je také evidován na Londýnské burze. Hlavním výrobním programem společnosti Norgren jsou pneumatické válce a ventily, ventilové terminály, tlakové spínače, úpravny a regulátory vzduchu, šroubení a hadice.[3] Tyto a další výrobky společnost dodává na světový trh v několika sektorech:

- Komerční vozidla
- Automobily
- Železniční technika
- Balení, plnění PET lahví, tisk
- Zdravotnictví
- Polovodiče
- Chemický průmysl

Toto sektorové rozdělení se v minulosti prokázalo jako strategická výhoda oproti konkurenci, která se například angažovala pouze v automobilovém průmyslu. Pokles tržeb v jednom sektoru vyvážily tržby z jiných sektorů, a proto firma snáze odolávala úpadku v automobilovém průmyslu v minulých letech.

Výrobní závod Brno-Modřice byl zahájen dne 15. října 2002 v průmyslovém areálu CTP. Tento areál získal ocenění "Industriální zóna roku". Nachází se na předměstí Brna v těsné blízkosti dálnice spojující Brno a Vídeň, a poskytuje firmě profesionální zázemí a infrastrukturu. Firma Norgren je držitelem certifikátu Investors in People, který byl udělen v srpnu 2005, a je každoročně obhajován.

Za konkurenci firmy lze považovat firmy : SMC, Festo, Parker, Bosch, Rexroth, Camozzi, Metalwork, Numatics, Asco-Joucomatic, ČKD a Burkert.



## 2 INVESTIČNÍ ZÁMĚR

Tato investice je realizována z důvodu implementace nového řešení pro klíčové odběratele v automobilovém průmyslu. Zavedená výroba v jedné variantě pro zákazníka Scania má být rozšířena o některé nové zákazníky a stávající výroba v jiných výrobních závodech má být převedena pod Modřice. Jedná se o variantní řešení pro Pacccar, Agco, Denso-Cooper, Ford & Daimler Chrysler Bus – postupem času řešení i pro Navistar, Daimler a další variantu pro Scanii. Řešení pro nové zákazníky, jež existují s drobnými úpravami i v jiných korporátních závodech, se liší armaturami (varianty s metrickými a palcovými závity) a napětím cívky.

Začátek sériové výroby se plánuje na leden roku 2010. Celý transfer výroby by neměl trvat déle než půl roku. V první cenové kalkulaci v době před transferem byly náklady na zavedení nové výroby stanoveny na 23 800€. Ve firemní dokumentaci byla návratnost stanovena na 0,84 roku. Výrobek je používán k ovládní toku chladící kapaliny k zásobníku katalytického aditiva.[1]

### 3 EMISE A JEJICH SNIŽOVÁNÍ

Výfukové plyny jsou komplexní směsí chemických látek, které unikají ze spalovacích zařízení, jako jsou např. spalovací motory automobilů, lodí či letadel, turbín, vozidel nebo elektráren. Jejich složení závisí na typu paliva, typu a stavu spalovacího zařízení, a na užití zařízení ke snížení emisí (filtry, katalyzátory, pračky plynů aj.)[6].

*„Selektivní katalytická redukce (SCR) je jedna ze dvou technologií, které dokážou snížit emise výfukových plynů vznětových motorů na úroveň norem Euro 4 a vyšších. Technologie SCR využívá neupraveného motoru, který splňuje normu Euro 3 a snížení škodlivých látek (převážně NOX) dosahuje vstříkáním kapaliny AdBlue do výfuku, čímž se NOX redukuje na vodu ( $H_2O$ ) a dusík ( $N_2$ ). Spotřeba AdBlue činí průměrně jednotky procent spotřebovaného paliva. Při poruše systému (nebo při dojití AdBlue) motor funguje dál (na rozdíl od technologie EGR), pouze stoupnou emise na úroveň normy Euro 3 (u některých vozidel zasáhne v tomto okamžiku řídicí jednotka a omezí výkon či rychlost na polovinu, aby donutila řidiče natankovat AdBlue, popřípadě nechat systém opravit). Nevýhodou je prostor, který tato technologie potřebuje na nádrž AdBlue. Proto se téměř nepoužívá u osobních vozidel ani u většiny dodávkových vozidel.“[7]*

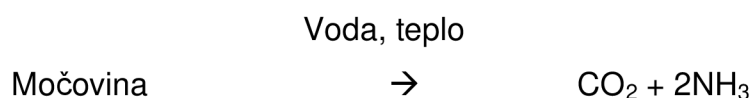
#### **Katalyzátory výfukových plynů**

Katalyzátory byly dříve instalovány výhradně do zážehových motorů, později tlakem způsobeným zavedením emisních norem byly postupně zaváděny i do vznětových, s použitím systému SCR, nebo EGR (Exhaust gas recirculation), a to většinou u komerčních vozidel.

**SCR vs. EGR**

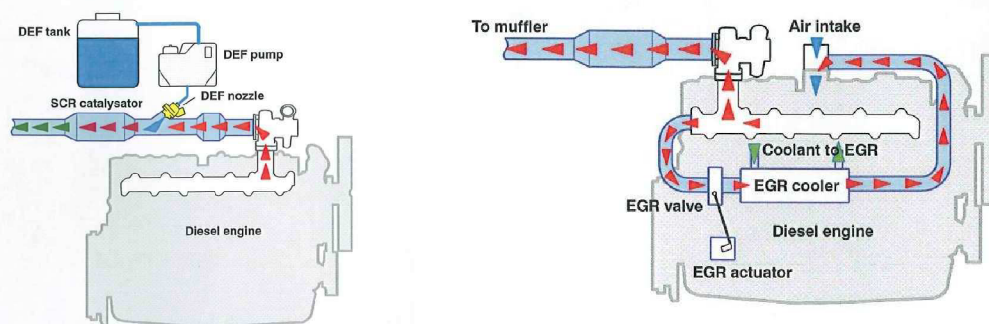
Technologie Selektivní katalytické redukce a recirkulace výfukových plynů mají stejný cíl, redukovat množství nevyhořelých oxidů. Každá ze zmíněných technologií se tedy snaží o to samé, jen jiným způsobem.

U selektivní katalytické redukce je do horkých výfukových plynů vstříkována vodní směs močoviny, která usnadňuje chemickou reakci a přeměnu na  $N_2$ , a  $H_2O$ .

**Přeměna močoviny (AdBlue):****Přeměna škodlivých výfukových plynů NO a NO<sub>2</sub>:**

EGR - Recirkulace výfukových plynů spočívá v opakovaném průchodu plynů motorem, který je mezi jednotlivými průchody spalovacím motorem ochlazován, a mísen s vzduchem z atmosféry. Opětovný průchod spalin je možný pouze za použití chlazení. Nadměrné generování a odvádění tepla je jednou z hlavních nevýhod této metody, často vede ke zvětšení výkonu chladiče a celkové složitosti.

I přesto, že se selektivní katalytická redukce jeví jako výhodnější, než technologie recirkulace výfukových plynů, v praxi se setkáváme například u automobilky Volvo [8] s kombinací obou technologií, za účelem omezit emise na minimální možnou hranici.



Obr. 2: Porovnání SCR(vlevo) a EGR(vpravo) technologií [10]

Tab.1: Porovnání technologií [10]

SCR	EGR
Vyšší výkon díky optimalizaci spalování	Nižší výkon kvůli menší efektivnosti spalování
Jednoduchost	Složitější systém
Probíhá za nižší teploty	Probíhá za vyšší teploty
Snižuje hlučnost	Zvyšuje hlučnost a spotřebu
	Zvyšuje množství nečistot v oleji

### **Emisní normy Euro3/Euro4/Euro5**

Od října 2006 vstoupil v platnost v České republice standard Euro4, který upravuje množství emise plynů NOx u nově registrovaných komerčních vozidel. Standard Euro5 následoval v roce 2009, který dále snížil maximální povolené emise. V následující tabulce jsou hodnoty emisí a emisní normy, které byly postupně přijímány v členských zemích. Pro různé druhy dopravních prostředků jsou stanoveny různé hodnoty emisních limitů, pro potřebu diplomové práce uvádím tabulku hodnot pro autobusy a komerční vozidla.

Tab.2: Tabulka emisních norem pro autobusy [9]

Norma	Datum zavedení	CO	HC	Nox	Pevné částice
Euro I	1992	4,5	1,1	8	0,612
Euro II	1996	4	1,1	7	0,25
Euro III	2000	2,1	0,66	5	0,1
Euro IV	2005	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro V	2008	1,5	0,46	2	0,02
Euro VI	2013	1,5	0,13	0,4	0,01

Z výše uvedené tabulky lze vysledovat stále se zpřísňující požadavky na složení výfukových plynů. Dá se očekávat, že tato opatření se budou nadále zpřísňovat. Z pohledu výrobce dílů pro SCR technologii je toto velmi příznivá situace. Neexistují žádné substituční technologie na snižování emisí, a dá se očekávat pouze jejich další snižování. Proto se vyplatí do této technologie investovat, jelikož má business v této oblasti jasné místo na trhu.

## 4 PŘEDSTAVENÍ VÝROBKU

Ventil s pracovním označením „AdBlue“ je elektricky ovládaný sedlový 2/2 ventil. Poloha pístku vzhledem k sedlu je ovládaná z jedné strany cívkou, do základní polohy se ventil vrací působením síly pružiny.

### Historie / O aplikaci ventilu

Design AdBlue ventilu pochází z firmy Norgren Buschjost a byl vyvinut pro sektor komerčních vozidel. Ventil slouží k ohřevu zásobníku s aditivem AdBlue. Použitím této technologie jsou komerční vozidla schopna splnit normy TIER-4, US10 a EURO6. Tyto normy se postupně stávají povinné pro všechny výrobce nových komerčních vozidel.

Výroba prvního typu ventilu začala v Modřicích v roce 2007, ventil používá automobilovou cívkou s označením 3746, která je taktéž vyráběna v Modřicích. V roce 2009 je již tento ventil dodáván pěti novým zákazníkům, v roce 2010 odhadované predikce prodeje počítají s více než 50 000 kusy.

### Popis funkce ventilu

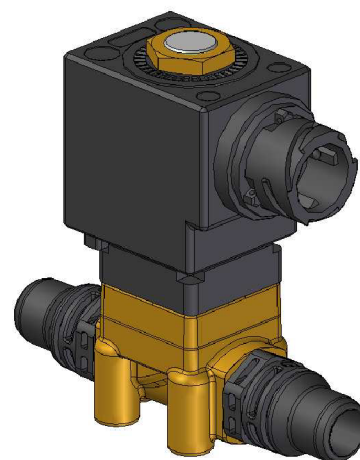
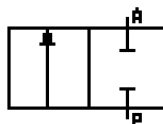
2/2 sedlový ventil

### Popis konstrukce ventilu

Elektricky ovládaný ventil NO (normally open) je v základní poloze otevřen.

### Technické specifikace

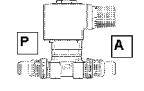
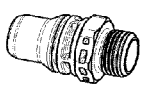

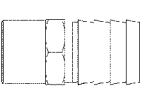
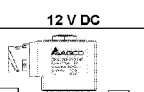
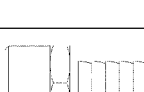

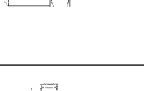



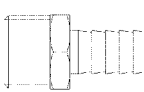
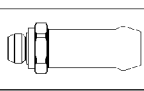
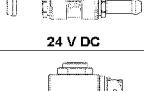
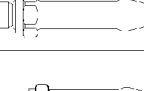

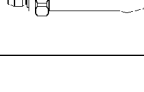
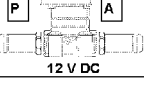

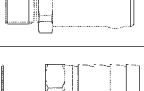



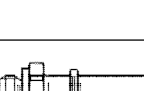


Pracovní napětí:	24V
Pracovní tlak:	0,3-1,75 bar
Pracovní médium:	Kapalina
Schéma ventilu[14]:	



Obr. 3: Náhled ventilu

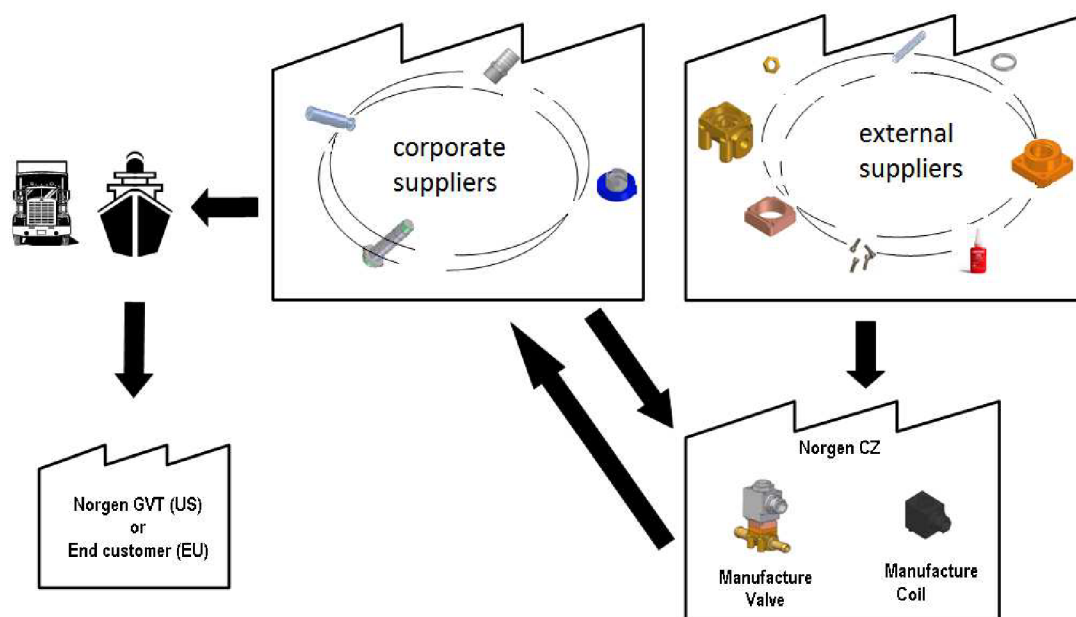
## Přehled variant ventilu

Tab.3: Přehled variant ventilu. [13]

Zákazník	Obrázek	Armatura	Utahovací moment Armatury	Utahovací moment Kotvy	Utahovací moment matky
Zákazník A	 12 V DC		1,5 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )
Zákazník B	 12 V DC		20 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )
Zákazník C	 12 V DC		20 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )
Zákazník D	 12 V DC		20 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )
Zákazník E	 12 V DC		20 Nm	20Nm	4,5 Nm (+/- 5%)
Zákazník F	 24 V DC		20 Nm	20Nm	4,5 Nm (+/- 5%)
			20 Nm	20Nm	
Zákazník G	 12 V DC		20 Nm	20Nm	4,5 Nm (+/- 5%)
Zákazník H	 12 V DC		20 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )
Zákazník J	 12 V DC		20 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )
			20 Nm	20Nm	
Zákazník K	 12 V DC		20 Nm	20Nm	4,5 Nm (+/- 5%)
Zákazník L	 12 V DC		20 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )
Zákazník M	 12 V DC		20 Nm	20Nm	5 Nm (+10% )

## Supply Chain

Supply chain, neboli dodavatelský řetězec, ukazuje strukturu a původ komponentů. Některé jsou vyráběny v rámci korporace, jiné jsou nakupovány od externích dodavatelů. V rámci projektu transferu výroby v této oblasti nenastaly žádné zásadní změny, pouze se přeměrovala logistika do výroby v Modřicích. Z pohledu lokálního oddělení logistiky je třeba zadat tyto případy do ERP systému JDE.



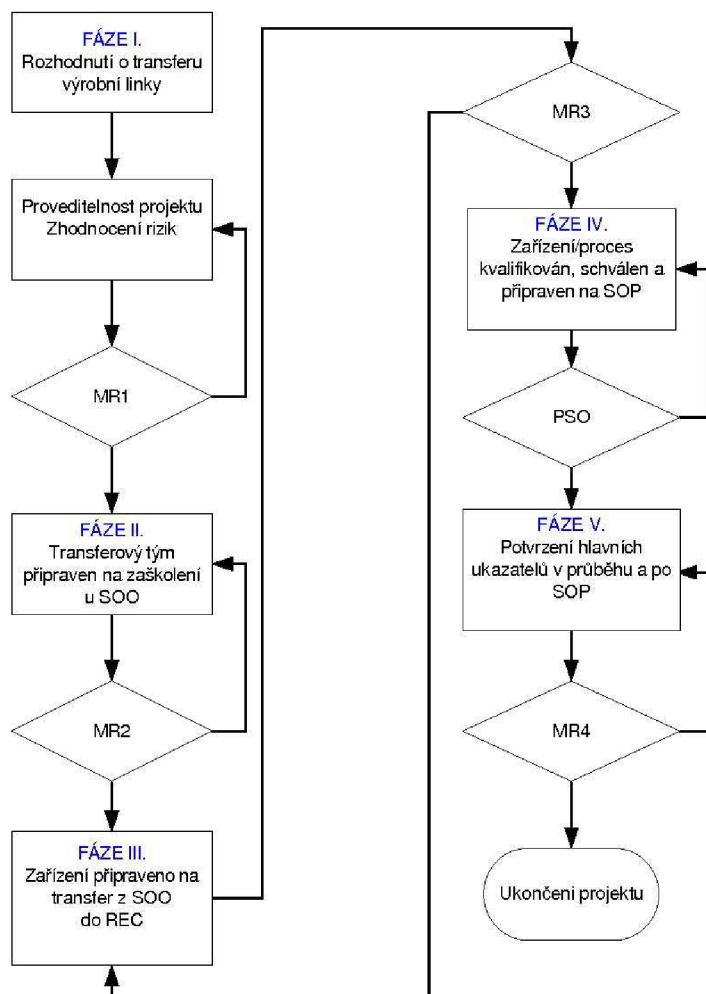
Obr. 4: Přehled dodavatelského řetězce [13]



## 5 ÚVOD K PROJEKTU

Před transferem výroby se na lince vyráběla jedna varianta výrobku pro jednoho zákazníka. Na lince se montáž prováděla ručně pomocí jednoduchých přípravků, elektrických momentových utahováků a testeru. Montáž se prováděla bez lepení závitů na armaturách a utahovacího šroubu cívky. Požadavek lepení závitů, sjednocení výroby a zvětšení objemu výroby nově zaváděné výroby, znamenal potřebu investice a inovace výrobní linky, a zdokonalení systému Poka-Yoke pro zamezení lidských chyb. Toto nemá trvat déle než 6 měsíců.

Pro projekty srovnatelného rozsahu bývá využíváno tzv. klasické projektové řízení, které bývá rozděleno na čtyři až pět tzv. „fází“. Každá z nich má určité cíle, jejich hodnocení a popis, které se schvalují v tzv. „Management review“ (dále jen MR). V těch jsou schvalovány a určovány základní cíle, a možná kritická místa. Tyto management review jsou většinou formou brainstormingu. Někdy bývají MR spojovány se zákaznickými audity.



Obr. 5: Schéma fází projektu [13]

Na výše uvedeném obrázku je znázorněno schéma projektu, jeho fáze a schvalování v management review. Touto strukturou se řídí i jednotlivé kapitoly diplomové práce. V nadcházejících kapitolách se budeme detailně zabývat fázemi a jejich vlastnostmi. Bude v nich uvedeno, které konkrétní činnosti byly provedeny v rámci fáze a mechanismus rozhodování vedoucí k ideálnímu řešení. Fáze I, II, a III stručně shrnují mechanismy iniciační, přípravné a plánovací. Cílem této práce není fáze důkladně analyzovat, ale pouze uvést do kontextu realizace projektu, a nastínit princip řízení tohoto projektu. Poslední částí je ukončení projektu, které uzavírá a hodnotí plnění cílů daných na začátku a v průběhu projektu.

## **6 FÁZE I. – INICIAČNÍ**

V první fázi se definují cíle projektu, vyjádří se její nutnost a časový rámec, určí se základní charakteristiky a předpoklady daného projektu, určí se projektový manažer, popřípadě team lidí, který za něj zodpovídá. Doporučuje se projekt představit před oponentní komisi, nebo před teamem odborníků, a pokud je to nutné, seznámit s jeho dopady zákazníka.

V našem případě projekt zřejmě inicializovalo rozhodnutí korporace popř. TOP managementu o sjednocení výroby všech variant jednoho výrobku na jedno místo. Tento požadavek byl dále prodiskutován a inicializoval projekt, kterým se tato práce zabývá.

### ***6.1 Specifikace cílů projektu***

#### **6.1.1 Vstupní kontrola nových dílů**

Vlivem přesunu výroby a rozšíření dodavatelské struktury bylo nutno zaručit, že všechny nově zaváděné díly budou odpovídat výkresové dokumentaci, a budou splňovat všechny požadavky kvality. K tomuto je ve firmě využívána procedura "Production Part Approval" tzv. "PPAP". Tato procedura má za úkol zaručit shodu výrobní dokumentace a fyzických dílů. Procedura zjišťuje rozměrové, toleranční, materiálové a jiné odchylky od výkresové dokumentace. Často bývá prováděna v souvislosti se změnou dodavatele, nebo zavedením nových dílů do výroby. V rámci tohoto projektu je po skončení vstupní kontroly dílů požadován audit. Je stanoveno datum, a to na měsíc před zahájením výroby, do jehož musí všechny díly projít řízením, a být schváleny auditorem.

#### **6.1.2 Zajistit stoprocentní kvalitu s využitím Poka-Yoke**

Eliminace chyb a špatných kusů s použitím principu poka-yoke v oblastech, které jsou známe jako oblasti kritické. Počítá se s využitím informací o předchozí výrobě a informací od zákazníků k určení kritických oblastí a eliminaci možných rizik.

### **6.1.3 Minimalizace rizik souvisejících se spuštěním výroby**

V rámci této snahy se klade důraz na jednoduchost výrobní linky, je stanovena určitá maximální mez automatizace.

### **6.1.4 Zahájení výroby v lednu 2010**

Tento termín je vyžadován od vedení IMI. Prakticky je třeba zahájit výrobu do 6 měsíců od spuštění projektu. Tento časový plán značně omezuje plánovací a přípravnou fázi. Dochází k situaci, že například při samotné konstrukci nezbývá čas na porovnávání alternativ. Je zvolen jeden způsob konstrukce linky, na kterém se dále pracuje, aniž by se hlouběji zkoumaly alternativní konstrukce a jejich výhody a nevýhody

### **6.1.5 Zajištění externí firmy pro úpravu testovacího zařízení pro všechny varianty**

Testovací zařízení přejeté z původní výroby softwarově "umí" testovat pouze jeden typ ventilu, je třeba naprogramovat volbu mezi jednotlivými variantami, servisní menu a celkovou komunikaci testeru v rámci celé linky. Dále je nutno zařízení rozšířit o mechanické díly tzv. "adaptery", které se připojují k armaturám. Pro tyto účely byl najat pracovník firmy, která tento tester na zakázku vyráběla.

## ***6.2 Sestavení projektového týmu***

Projektový team se v tomto projektu skládal z pracovníků české společnosti a pracovníků z německé strany, ze které se část zařízení transferovalo. Každá strana měla po jednom pracovníkovi z následujících profesí zapojených do transferu.

Projekt manažer, technolog, designer, nákupčí, kvalitář, logistik, plánovač, údržbář/test inženýr, účetní, HR.

O konkrétní osobě rozhodovala vazba na výrobek (například technolog pro transfer byl shodný s technologem pro předchozí výrobu původního typu výrobku atd.)

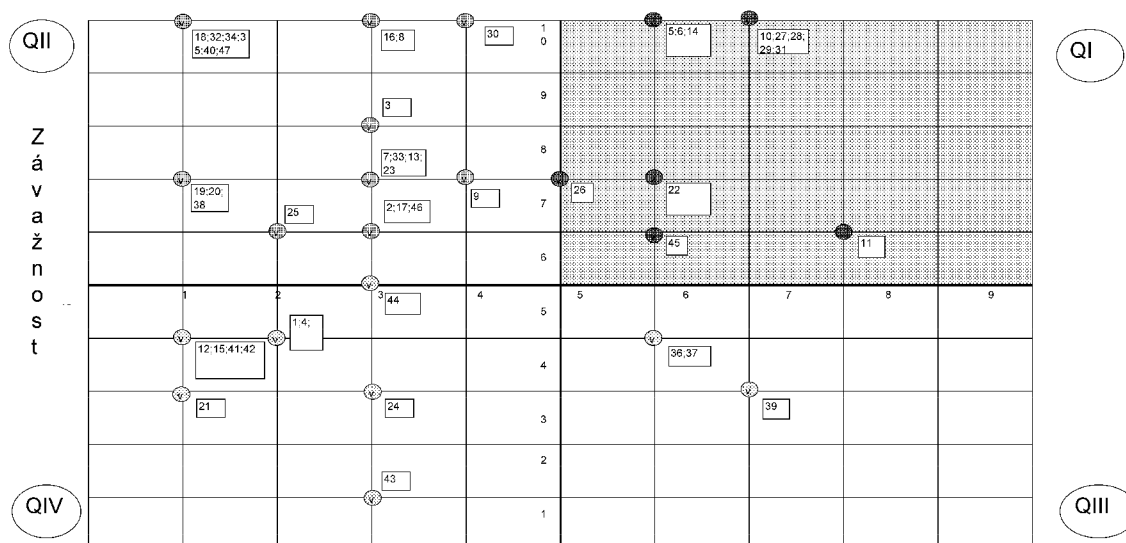
### 6.3 Analýza rizik a studie proveditelnosti

K této analýze byl použit systém FMEA (Failure Mode and Effects Analysis - analýza možného výskytu a vlivu vad). V tomto projektu byla následující analýza provedena už v iniciační fázi. Tato metoda má několik variant a způsobů provedení. V iniciační fázi byla zjednodušená analýza a analýza designu výrobní linky provedena s využitím brainstormingu, následného zpracování a určení směru dalších akcí s ohledem na rizika.

Tab.4: Výpis nejzávažnějších vad dle FMEA analýzy [13]

Popis	Závažnost	Četnost výskytu	Kvadrant
Neznalost historických problémů dodavatelů	6	6	I
Nejsou transferovány specifikace pro jednotlivé komponenty	10	6	I
Nejsou transferovány specifikace pro povrchovou úpravu	10	6	I
Chybějící schválení transferu zákazníkem	10	7	I
Chybí všeobecný přehled komponentů v transferu	6	8	I
Chybí záložní plán	10	6	I
Chybí pojistná zásoba materiálu, od původních dodavatelů	7	6	I
Chybí certifikace dodavatelů k nově dodávaným komponentům	7	5	I
Chybí plán na implementaci zlepšovacích procesů	10	7	I
Chybí PFMEA pro výrobu v Brně	10	7	I

Tabulka 4 obsahuje nejrizikovější vady podle FMEA analýzy. Tuto tabulku sestavíme následujícím způsobem. Sepíšeme seznam možných rizik, každému přiřadíme míru jeho závažnosti (0 – velmi malé riziko, 10 – nebezpečné riziko, bez výstrahy) a četnost výskytu (0 – nepravděpodobné, 10 – velmi vysoká, neustálé poruchy). Míru nebezpečnosti vady určíme vynásobením závažnosti a četnosti výskytu. Každé riziko (řádek tabulky) se vynese do grafu – viz Obr.6 Teorie FMEA říká, že nejdříve je třeba odstranit problémy v prvním kvadrantu, které jsou považovány za nejkritičtější, a je třeba se na ně zaměřit jako první. Interní pravidlo zní, že před vyřešením těchto bodů nesmí být zahájen fyzický transfer zařízení. Vady z dalších kvadrantů jsou řešeny v průběhu náběhu výroby.



Četnost

Obr. 6: Graf FMEA analýzy [13]

## DFMEA

Design Failure Mode Effects Analysis (designová analýza chyb). Odnož klasického FMEA, která využívá buď narýsovaných skic, nebo CAD systému k odhalování poruch a vad ještě před samotnou konstrukcí.

*„Provádí se tzv. „pencil-and-paper analýza“ neboli analýza prováděná ještě před konstrukcí samotného produktu. Tuto analýzu provádí tým, který má zkušenosti s podobným produktem. V ideálním případě by tato metoda měla prozkoumat všechny možné způsoby vzniku poruchy a tím předcházet problémům dříve, než nastanou. Pokud se v návrhové fázi nepodaří úplně odstranit nalezenou chybu, tým dbá na to, aby alespoň co nejvíce omezil příčiny a zmírnil její následky.“[11]*

#### **6.4 Časový plán**

Zahájení projektu	1.5.2009
Schválení konceptu	3.6.2009
Genová kalkulace a schválení technického konceptu	14.7.2009
Schválení investice	31.7.2009
Úprava testeru	27.8.2009
Dokončení technické části	28.8.2009
Zaškolení zaměstnanců	11.9.2009
Vstupní kontrola AGCO	11.9.2009
Zákaznický audit (AGCO)	17.9.2009
Implementace nových dílů do MRP	20.10.2009
Dokončení zbývajících vstupních kontrol	30.12.2009
Zahájení sériové produkce	30.1.2010

Výše uvedený časový plán lze chápat jako jeden z výstupů Iniciační fáze stojící na samém začátku projektu

#### **6.5 Interní schválení projektu**

Pro oficiální schválení je třeba vyplnit a podepsat formulář umístěný na intranetu. Tento formulář obsahuje název projektu, jeho stručný popis, odhadované náklady, klíčová data a základní časovou osu.

#### **6.6 Management review**

Interní schvalovací proces s účelem schválení a potvrzení výstupů z iniciační fáze. Dává zpětnou vazbu managementu, že projektový team plní zadané cíle podle termínů.

## 7 FÁZE II. A III. - PŘÍPRAVNÁ A PLÁNOVACÍ

Teorie hovoří o nutnosti sestavit seznam činností, které je nutné provést a chronologicky seřadit s přihlédnutím k jejich důležitosti a rizikům jejich opoždění. Je nutné také přidělit konkrétní činnosti jednotlivým oddělením. Pro zjednodušení pouze uvádím některé plánovací a přípravné procesy, které byly přiděleny konkrétním osobám/oddělením z projektového týmu.

Procesy přípravných a plánovacích fází:

- Sběr příprava a zpracování dat
- Kontrola dat po migraci
- Volba a validace dodavatelů
- Kalkulace předpovědi prodeje
- Logistické zajištění výroby
- Balící předpisy a standardy
- Příprava zařízení na odpojení a přesun
- Zpracování pracovních instrukcí
- Nábor pracovníků
- Školení (Výroba, Kvalita..)
- Preventivní plán údržby
- Revize nápravných opatření
- ....
- Management review



## 8 FÁZE IV. – REALIZACE

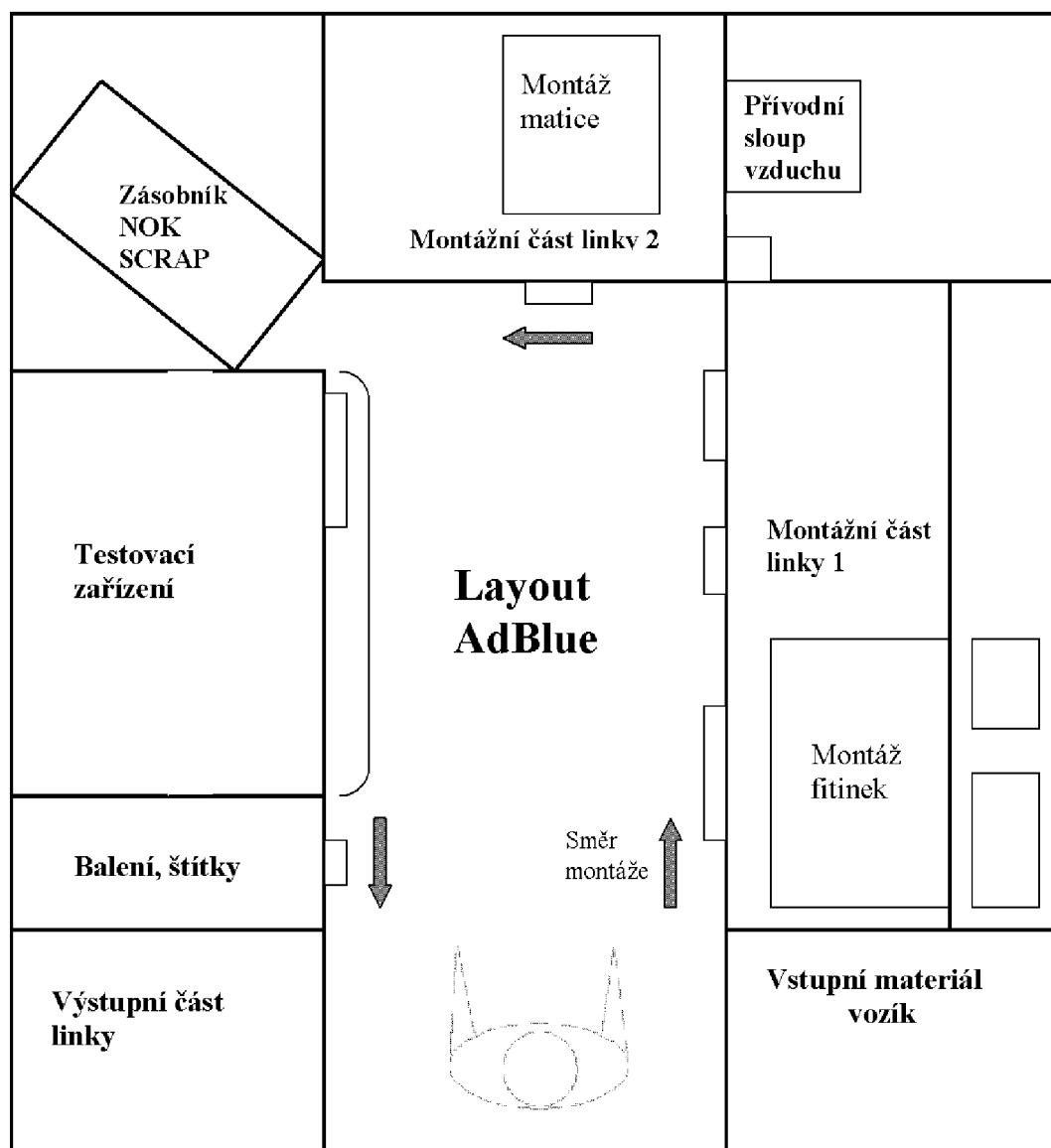
Jak název napovídá, v této fázi dochází k praktickému naplnění cílů projektu. Je třeba provést schválení výchozích parametrů, samotný transfer strojů, zařízení, linek apod., zapojení a náběh výroby (interní uvolnění výroby). Fáze se bude zabývat konstrukcí linky a jejích komponentů.

### 8.1.1 Rozvržení linky

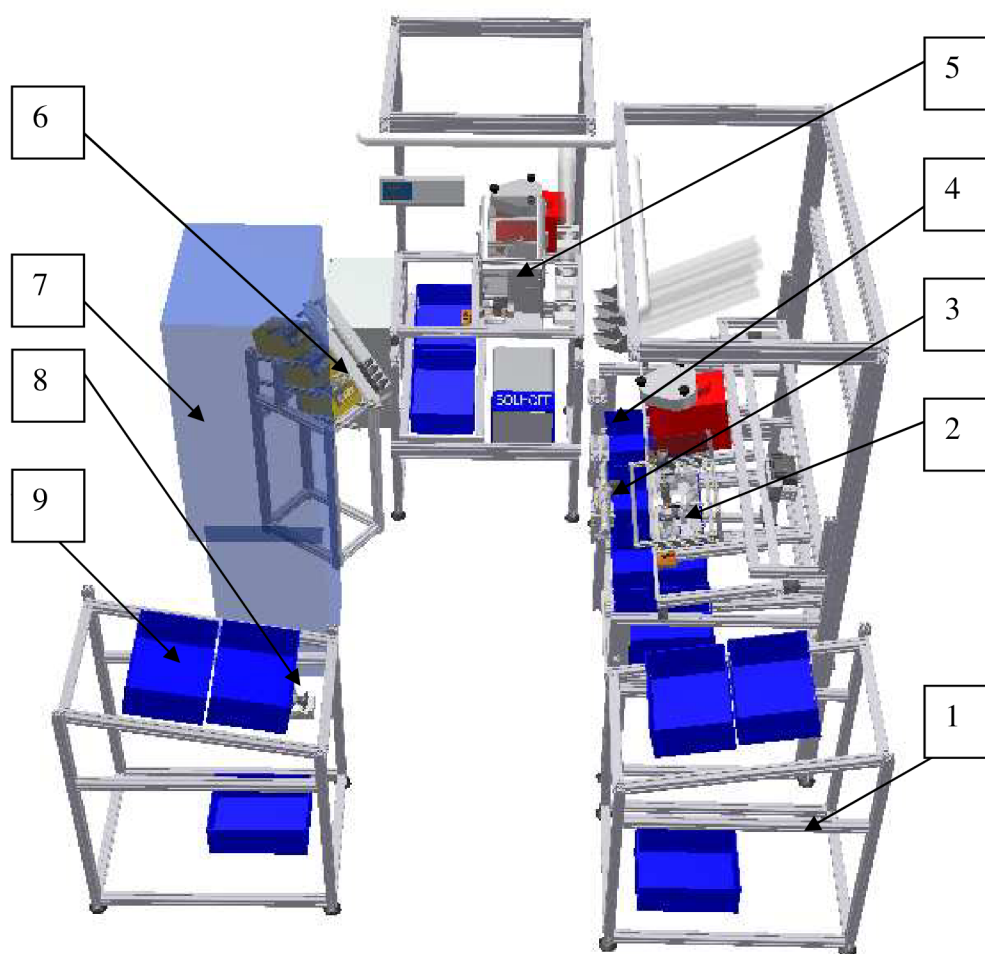
Montážní linka se skládá z několika částí. Hlavní náplň mé práce byl návrh kritických částí tj.: montážní linky č.1 (lepení a šroubování armatur) a montážní linky č.2 (lepení a utahování matky magnetu). Testovací zařízení bylo přejato a upraveno z původní varianty. Další komponenty linky jako zásobník na NOK kusy, vstupní a výstupní logistické vozíky, byly navrhnuty až před spuštěním výroby.

Montážní části jsou uspořádány tak, aby byla linka maximálně přehledná, a aby byl při výrobě one-piece flow zachován jeden směr pohybu výrobku mezi operacemi (proti směru hodinových ručiček).

Při návrhu je důležitá ergonomie – snadnost a přehlednost linky, kdy je kladen důraz na logiku uspořádání a rovněž musí být splněna norma pracovního prostoru pro dělníky. Práce na lince musí být snadná a pohodlná.



Obr. 7: Rozvržení (layout) montážní linky [13]

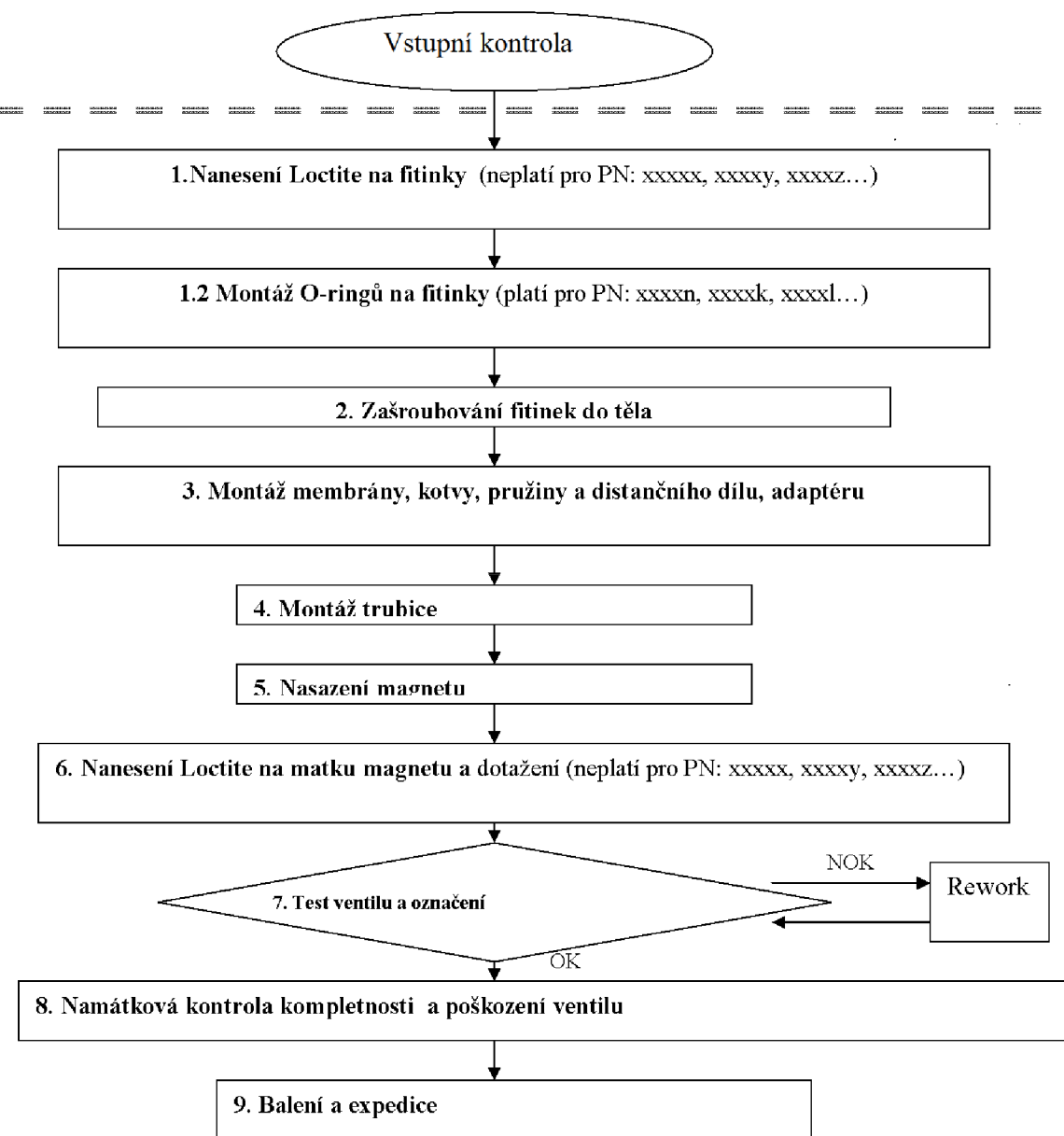


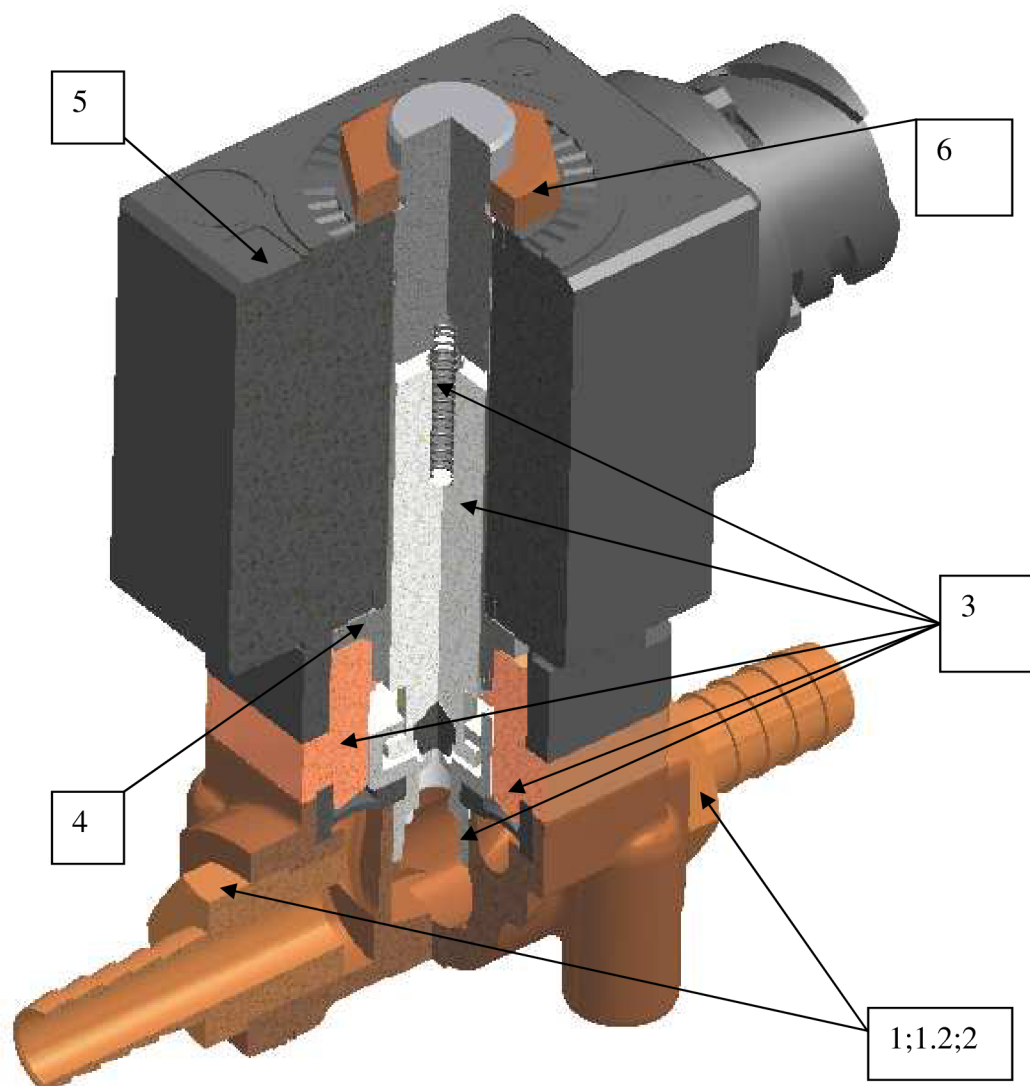
Obr. 8: Rozvržení v prostředí 3D

Celkový pohled na montážní linku v prostředí Autodesk Inventor. Dále jsou na výše uvedeném výkresu rozvržení linky (tzv: layout) zobrazeny hlavní části.

- 1 - Zásobníky na polotovary
- 2 - Montážní část linky 1 - šroubování fitinek
- 3 - Montážní část linky 1 - Utahování fitinek
- 4 - Montážní část linky 1 - Ruční montáž vnitřních dílců
- 5 - Montážní část linky 2 - Nasazování magnetu a utahování matky
- 6 - Zásobník na zasychání hotových kusů
- 7 - Tester
- 8 - Lepení štítků
- 9 - Zásobník na hotové kusy

### 8.1.2 Procesní mapa





Obr. 9: Řez ventilem

Mapa procesů ukazuje postup montáže a seznam prací a operací na lince. Operace 1-4 jsou prováděny na montážní části č.1. Operace 5-6 na montážní části č.2. Dále se součást vkládá do testeru, po úspěšném projití testem se opatří štítkem, balí a expeduje.

## ***8.2 Montážní část č.1 - šroubování armatur***

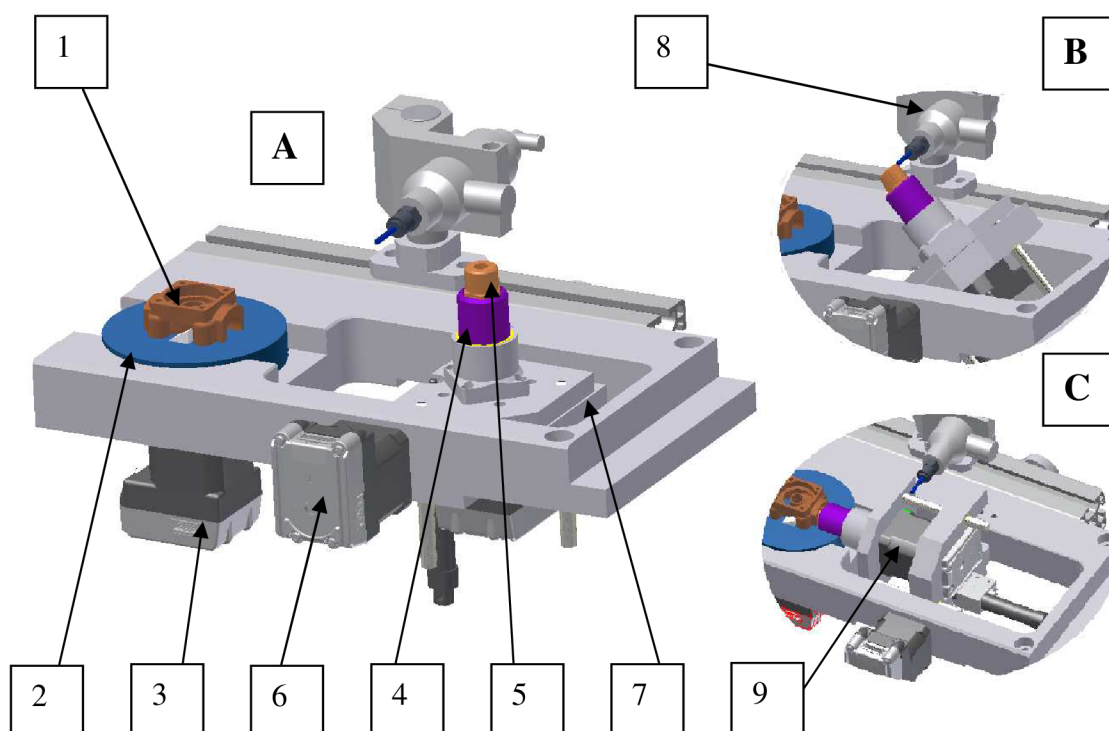
Této operaci je přikládána největší složitost, a největší nároky na funkčnost a univerzálnost z důvodu velkého množství výměnných dílů. Tuto operaci je třeba navrhnout tak, aby minimalizovala čas potřebný k nastavení přípravku na výrobu jiného typu ventilu.

Hlavní požadované parametry přípravku:

- Snadná a jednoduchá změna typu vyráběného ventilu  
(v době zadání existovalo 8 variant lišících se armaturami)
- Detekce správného nanesení lepidla
- Zajištění optimálních podmínek pro nanášení lepidla
- Bezpečnost (bezpečnostní kryt)
- Detekce utahovacího momentu
- Zabránit záměně armatur
- Co nejkratší strojní čas
- Určení nejčastěji opotřebovávaných dílů a zajištění jejich dostupnosti
- Jednoduchá rozšiřitelnost o další varianty
- Minimalizace rizik při zavádění výroby

### 8.2.1 Porovnání variant

#### A) Postupné šroubování s otáčením.



Obr. 10: Náhled na variantu s postupným šroubováním

Vlevo je zobrazena vkládací poloha (A). Tělo ventilu (1) se vloží na otočnou desku (2) poháněnou motorem (3), do výměnného adaptéru (4) se vloží první armatura (5). Po vložení a zavření krytu přesune motor (6) naklápěcí mechanismus (7) do nanášecí polohy(B). V této poloze dávkovač lepidla (8) nanese lepidlo. Po nanesení lepidla se naklápěcí mechanismus natočí do šroubovací polohy(C) a motor (9) zašroubuje první armaturu. Po úspěšném šroubování se otočí otočná deska(2) o 180° stupňů a postup se opakuje u druhé armatury, která je vložena v dalším kroku.

Tato varianta byla předložena jako první. Hlavní výhodou je úspora v podobě nutnosti pouze jednoho motoru na šroubování a jednoho nanášecího zařízení.

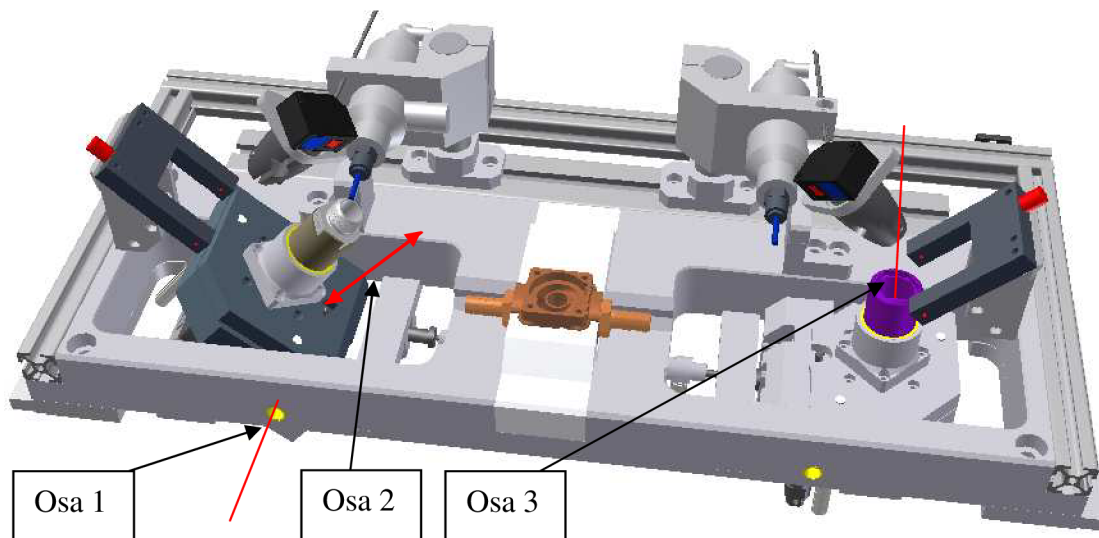
**Výhody:**

- Pouze jedno nanášecí zařízení lepidla
- Menší rozměry
- Jednoduchost

**Nevýhody:**

- Malá produktivita
- Nemožnost výroby ventilu s odlišnými armaturami na obou stranách (Nutnost po každém zašroubování měnit adaptéry)
- Složitá logika otáčení, kontroly poloh a správného zašroubování obou kusů před vyjmutím z přípravku
- Nutnost velkého množství senzorů pro snímání polohy otočení obrobku, polohy armatury a snímání celkového průběhu montáže



**B) Současné šroubování obou armatur**

Obr. 11: Náhled na variantu se současným šroubováním

Princip je stejný jako u varianty A, s tím rozdílem, že jsou obě armatury vkládány a šroubovány zároveň. Výrobek se vloží do tvarového těla a obě armatury se vloží do výměnných nástavců. Šroubování probíhá záraz z obou stran a po zašroubování se výrobek vyjme. V porovnání s předešlou metodou je dosahována dvojnásobná produktivita - pouze jedno založení armatur.

**Výhody:**

- Vysoká produktivita
- Jednoduchost obsluhy
- Snadné zakládání armatur
- Možnost vyrábět ventily s odlišnými typy armatur

**Nevýhody:**

- Složitá mechanika
- Nutnost dvou šroubovacích motorů a naklápěcí/vysouvací kinematiky
- Vyšší náklady

**C) Pohyblivá nanášecí tryska a detekování lepidla**

Tato varianta byla dlouhou dobu diskutována. Značně by zjednodušila mechaniku přípravku. Myšlenka spočívala v tom, že by se armatura vložila do výměnného pouzdra a po zavření krytu by k ní přijela nanášecí hlavice se senzorem nanášení. Odpadla by nutnost s armaturou, po jejím založení, hýbat směrem k nanášecí hlavici.

Ovšem po konzultaci se zástupci firmy Loctite nám nebylo doporučeno, aby byla dávkovací hlavice lepidla pohyblivá. Tento pohyb by mohl ovlivnit její funkci. Také pro sensoriku umístěnou nad hlavicí by tato varianta nebyla příliš vhodná. Z důvodu požadavku minimalizace rizika při náběhu výroby byla proto tato možnost zamítnuta.

**D) Pevná nanášecí tryska a detekování lepidla**

Po vyloučení předchozí varianty zůstávala ve hře pouze varianta s pevnou nanášecí hlavicí. Úkolem bylo mechaniku navrhnout tak, aby se po založení armatura přesunula do nanášecí polohy bez kolize s dávkovací hlavou. V této pozici je nutné armaturu zaaretovat tak, aby bylo umožněno s armaturou rotovat a nanést lepidlo po obvodu.

Zbývalo se rozhodnout jakým stylem tyto pozice zajistit. Vzniklo několik návrhů, které postupem času vykrystalizovaly ve finální návrh zobrazený na Obr. 11

**Volba natáčení a posuvů**

Je třeba zrealizovat několik pohybů v Osách 1, 2 a 3 viz Obr 11. Tato kapitola popisuje volbu variant možných řešení natáčení a posuvů pomocí různých mechanických komponentů, jako jsou válce, krokové motory a servomotory.

**Osa 1** – V této ose provádíme natáčení armatury mezi třemi polohami:

- 0°vkládací pozice
- 45°lepení
- 90°šro ubování

Tyto polohy jsou vidět také na Obr. 10 (vkládací pozice A, lepení B, šroubování C). Natáčení osy 1 lze celkem snadno dosáhnout jak krokovým motorem, s výhodou aretace v určených polohách, tak i dvěma válci, kdy vysunutí jednoho z nich uvede armaturu do polohy 45°. Vysunutí obou válců potom armaturu uvede do polohy 90° a opětovné zasunutí obou válců do polohy 0°. Z důvodu úspory místa, ceny, jednoduchosti a dostupnosti válců přímo z vyráběného sortimentu firmy bylo zvoleno natáčení pomocí dvou dvojic válců k uskutečnění pohybů – viz. Obr. 12.

**Osa 2** - Vysouvání armatury po nanesení lepidla směrem k tělu ventilu. Je třeba zrealizovat lineární pohyb s určitou přitlačnou silou směrem k závitu. Nabízí se jediné řešení, a to tento pohyb uskutečnit válcem. Aplikaci této metody najdete na Obr 10 C a Obr 11.

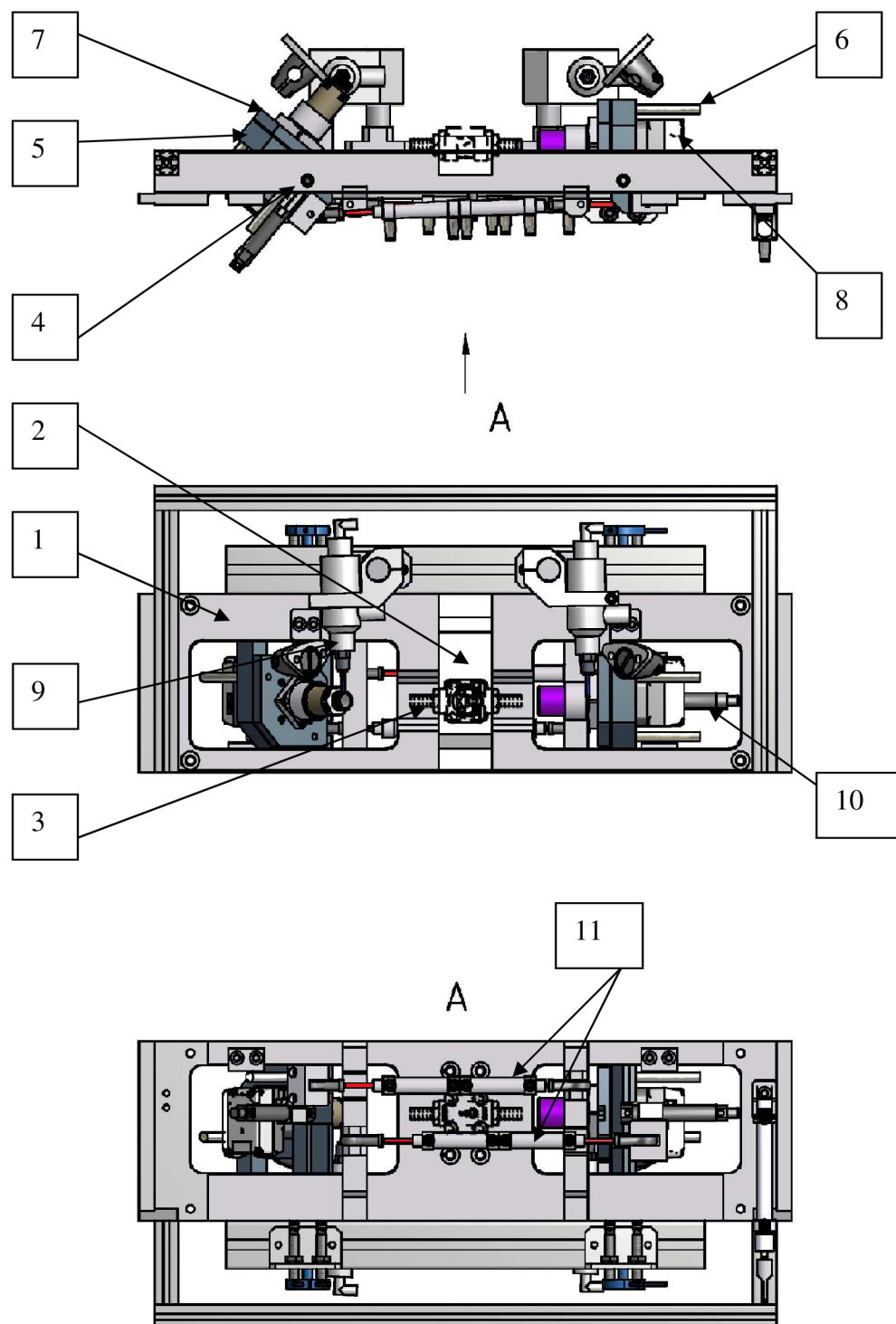
### **Osa 3** - Šroubování armatury

Tato pohybová osa vykonává hlavní radiální pohyb při šroubování armatur. Proto bylo třeba zvolit takový pohon, který dokáže vyvinout požadovaný kroutící moment, a zároveň detekovat jeho průběh, a tak odhalit zaseknutí závitů či nedokonalé zašroubování armatury do těla. Z tohoto důvodu byl zvolen motor MDrive 17 plus. Jeho vhodnost a parametry byly konzultovány s externí firmou.

## **8.2.2 Schválení návrhu**

Po analýze výše uvedených variant byla zvolena, co nejjednodušší varianta vzhledem k požadavku minimalizace rizik při zavádění výroby. Po konzultaci s technologií a technickou částí projektového teamu byla na MR **schválena metoda současného šroubování armatur**. Z důvodů rizik při pohybu s nanášecí hlavicí a senzory nanášení byla **zavržena varianta s pohyblivou hlavicí**. Vyloučením této varianty zbývalo rozhodnout, jakým způsobem bude zajištěn správný pohyb a aretace s nastavci armatur. Po dalších konzultacích **bylo rozhodnuto použít natáčení tří pozic** (1. pozice vkládací, 2 pozice nanášení lepidla 3. pozice šroubování) **pomocí dvou válců**.

### 8.2.3 Konstrukce šroubovacího přípravku



Obr. 12: Popis montážního přípravku č.1

Základnu tvoří ocelová deska (1), do níž jsou přesně vyfrézována okna s otočně-výsuvnými mechanismy (5) zajišťujícími kinematiku armatur. Uprostřed této základové desky je zakládací kostka z plastu (2), do které se vkládá a ustavuje tělo ventilu (3). Tato deska je tvarově navržena tak, aby do ní šlo tělo vložit pouze jedním způsobem, čímž je zaručena správná montáž armatur a orientace magnetu. Opačnému založení těla brání tvarové prvky, které jsou do této zakládací desky přišroubovány.

Do základové ocelové desky jsou z boku vyvrtány otvory po obou stranách. Těmito otvory prochází hřídele (4), které vedou jednak otočné desky, a také, vzhledem k natočení, spínají senzory a předávají řídicímu systému informaci o natočení otočných desek. (Také viz Obr. 13)

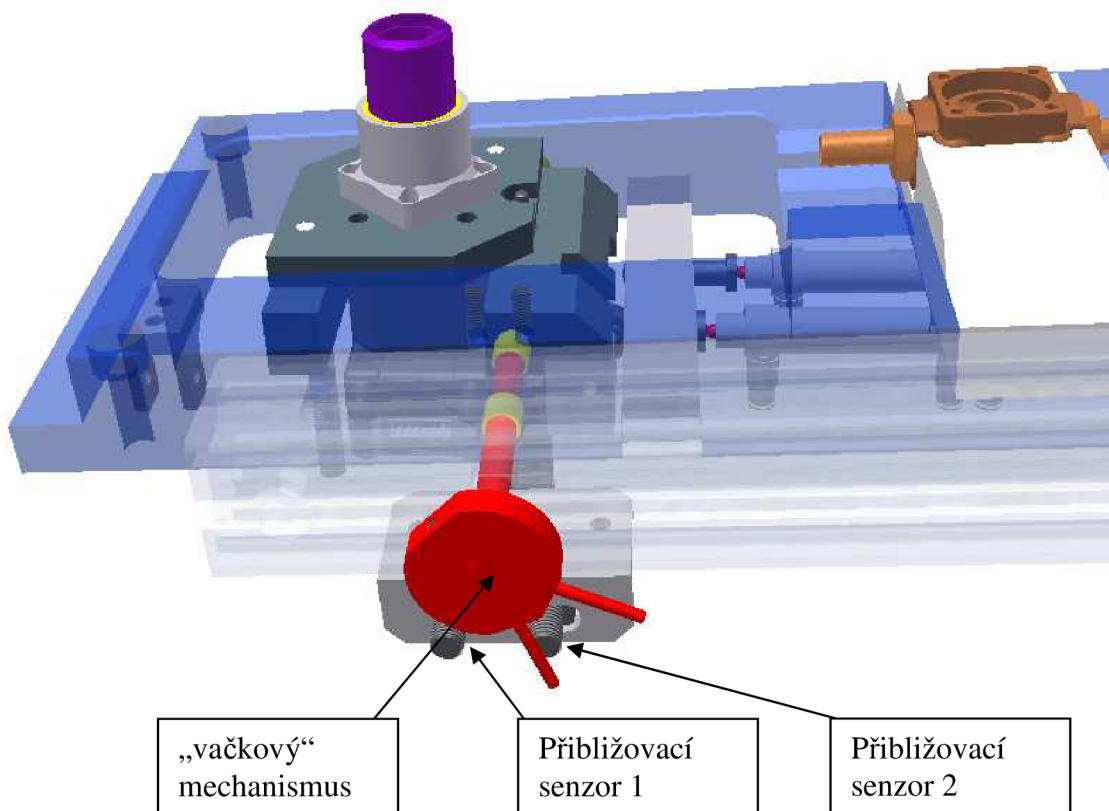
K otočným deskám (5) jsou pomocí lineárního vedení – chromových tyčí (6), připevněny otočně-výsuvné desky (7). Na nich je připevněn motor (8) zajišťující šroubování armatur do těla. Tyto armatury jsou umístěny ve výměnných adaptérech, které jsou přes spojku spojeny s hřídelí motoru.

Přípravek má tři pracovní polohy: vkládací, nanášecí a šroubovací. Vkládací poloha je patrná na Obr. 13 V této poloze se zakládají kusy do přípravku. Nanášecí poloha je patrná na Obr. 12 (nahore vlevo). V této poloze je tryska dávkovače (9) nastavena tak, že je možné z trysky dávkovat lepidlo Loctite. Nanášení lepidla je prováděno po celém obvodu závitu tak, že je armatura otáčena motorem (8) dokud není lepidlo nanášeno po celém obvodu. Množství nanášeného lepidla je po celou dobu monitorováno optickým senzorem firmy Keyence. Šroubovací poloha je patrná taktéž na Obr. 12 (nahore vpravo). V této poloze, jak název napovídá, dochází k zašroubování armatur. Přísuvný pohyb směrem do závitu je realizován válcem (10) – viz „Osa 2“.

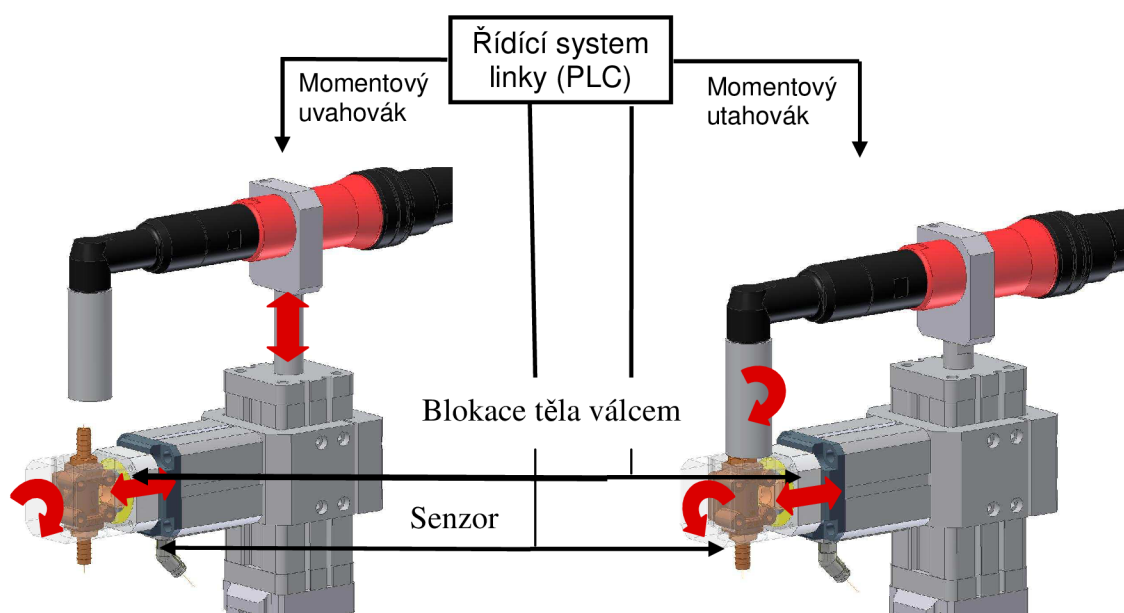
Mezi těmito třemi polohami je pohyb realizován dvěma dvojicemi válců (11), každá dvojice pro jednu stranu. Princip je patrný z Obr. 12 (dole). Vkládací poloha – oba válce zasunuty, nanášecí pozice – jeden válec vysunut, šroubovací pozice – oba válce vysunuty. Tyto stavy jsou kontrolovány tak, že natočení hřídele (4) určuje natočení „vačkového“ mechanismu, který spíná senzory za přípravkem. Tyto dva přibližovací senzory jsou schopné detekovat všechny tři stavy (vkládací, nanášecí, šroubovací).

Tab.5: Tabulka vstupů do PLC od senzorů

Poloha	Senzor 1	Senzor 2
Vkládací	0	1
Nanášecí	1	1
Šroubovací	1	0



Obr. 13: Detekce polohy natočení armatur

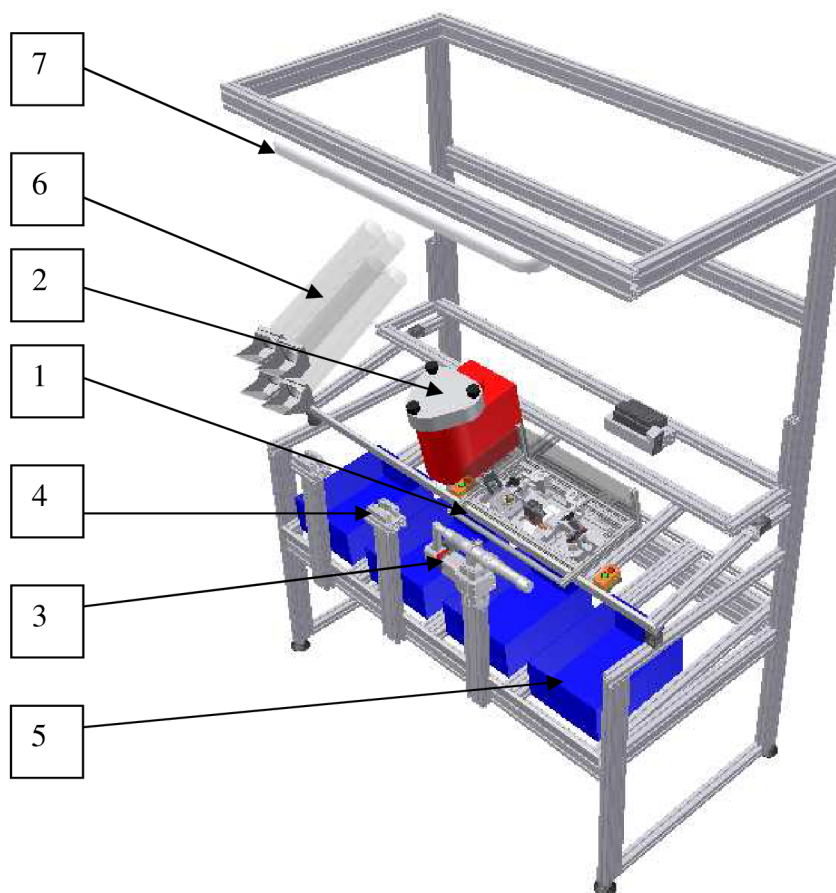
**8.2.4 Konstrukce utahovacího přípravku armatur**

Obr. 14: Náhled na utahovací přípravek na armatury

Po předchozí operaci šroubování armatur bylo třeba navrhnout montážní přípravek, který by dokázal spolehlivě a s předepsaným momentem utáhnout obě dvě armatury na tento moment. Již dopředu bylo známé riziko nedotažení armatur, popř. dotažení pouze jedné armatury (opakovaně tu samou stranu). Nově navrhovaný přípravek má zamezit těmto situacím. Proto bylo nutné navrhnout systém, který blokuje vytažení před zašroubováním obou stran a zároveň detekuje otočení o 180°. Obr. 14 ukazuje princip navrženého přípravku na utahování armatur. Blokování kusu v přípravku je zajištěno válcem, který po založení kusu upne tělo tvarovým prvkem tak, že je jej možné vytáhnout až po úspěšném zašroubování, otočení a zašroubování i druhé armatury. Otáčení je snímáno optickým senzorem.



### 8.2.5 Konstrukce celku montážní linky 1

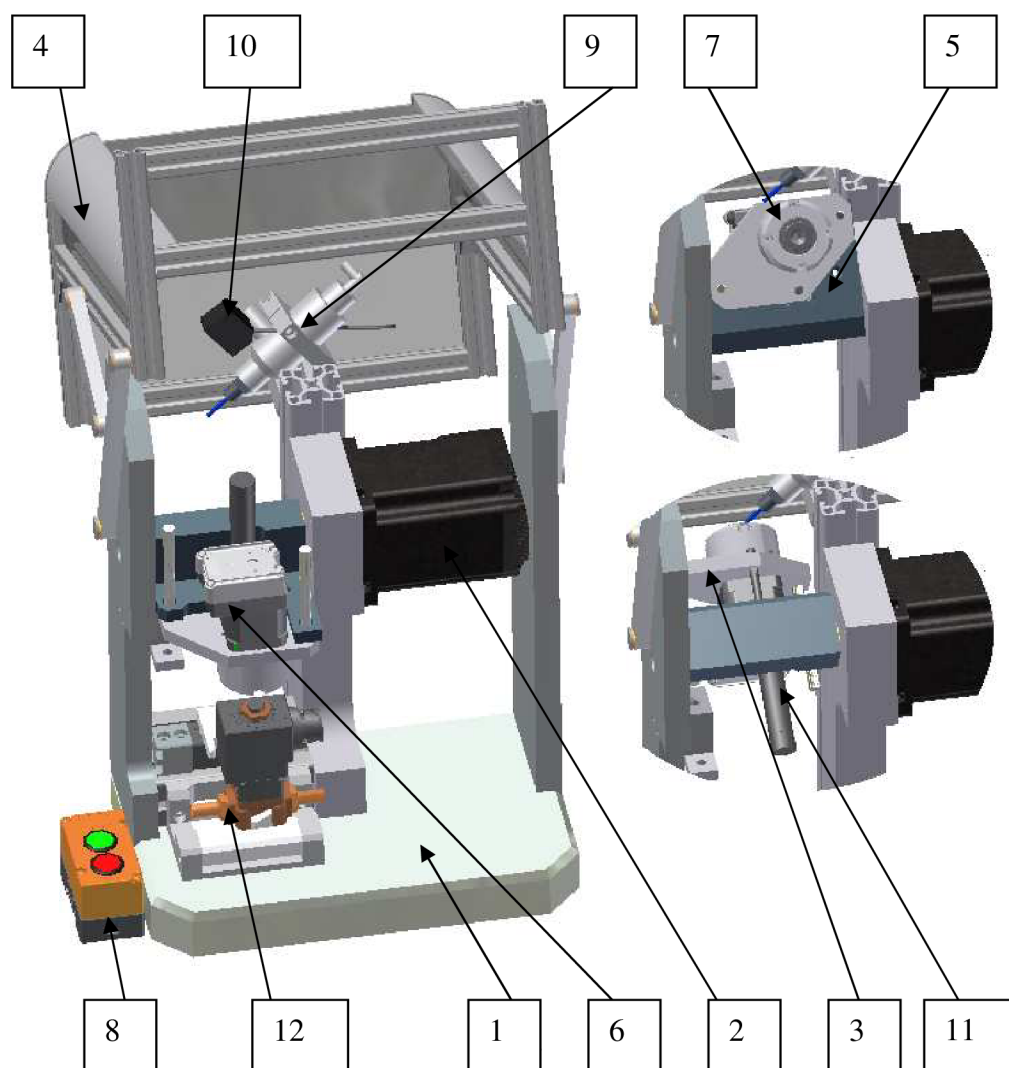


Obr. 15: Náhled na celek montážní linky č.1

Obrázek 15 zobrazuje náhled na linku v prostředí CAD modelu. Základem montážní části č.1 je přípravek na šroubování armatur (1) se zásobníkem Loctite (2). Pod tímto přípravkem je možno vidět utahovací přípravek (3), kde se dotahují předšroubované armatury. Dále vlevo je ručně sestavována vnitřní část ventilu (4). Rám linky je zhotoven z profilů ITEM, základní rozměry a typ konstrukce jsou převzaty z ostatních linek používaných ve firmě. Do linky jsou umístěny KLT zásobníky s polotovary (5), firma využívá systém zásobování Kanban, takže jsou úložné prostory na zásobníky navrženy pro doplňování z vnější strany linky bez přerušení výroby. Polotovary jsou skladovány v KLT boxech, které jsou normalizovány a hojně používány v průmyslové výrobě. Po levé straně můžeme vidět tubové zásobníky na drobné kusy (6) (šroubky, o-kroužky). Linka je dále vybavena vlastním osvětlením (7).



### 8.3 Montážní část č.2 – šroubování matky



Obr. 16: Náhled na montážní přípravek č.2

Základní parametry zadání:

- Detekce správného nanesení lepidla
- Bezpečnost (bezpečnostní kryt)
- Detekce utahovacího momentu
- Co nejkratší strojní čas
- Určit nejčastěji opotřebovávané díly a zajistit jejich dostupnost

Návrh tohoto přípravku probíhal souběžně s návrhem na šroubování armatur. Přípravek nevyžadoval tak důkladnou analýzu variant, protože už od začátku návrhu byl schválen základní a jednoduchý design. Co se týče kinematiky mechanické části, je podstatně jednodušší než u předešlého přípravku. Bylo pouze nutné zvolit vhodný způsob přesunutí matky mezi vkládací, nanášecí a šroubovací polohou. K tomuto byl s výhodou použit krokový motor + válec, který zajišťoval posuv a přítlačnou sílu při šroubování.

### 8.3.1 Konstrukce přípravku – šroubování matky

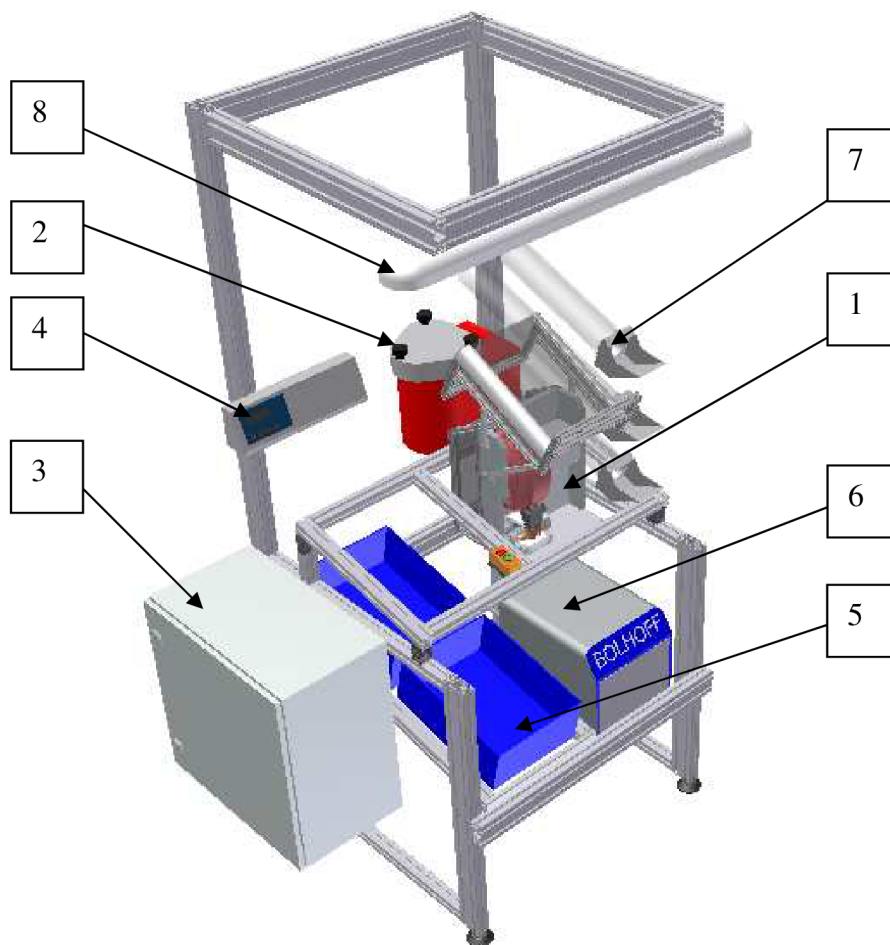
Základní rám se skládá ze základové desky (1) a tří sloupků. Na prostředním sloupku je umístěn motor A (2), který ovládá natáčení otočně-výsuvného mechanismu (3). Boční sloupky jsou využity k vedení krytu (4). Tento kryt je v obou koncových polohách snímán snímači. Informace o otevření/zavření krytu je dále posílána do řídicího systému.

S hřídelí motoru je přes spojku spojena otočná deska (5), jež je zároveň použita jako základna pro lineární vedení otočně-výsuvné desky (3), na kterých je umístěn motor B (6) a upínací pouzdro pro šroubování matky (7). Jeden z nejkritičtějších prvků tohoto přípravku bylo zajištění vhodného upínání matky v pouzdře, nejdříve bylo upínání realizováno pomocí vakua, to se však v praxi kvůli častému zanášení a hlučnosti neosvědčilo. Později bylo přistoupeno k zajišťování pomocí odpružených kuliček, které matku držely třením. Tato možnost však stále nebyla ideální z důvodu častého opotřebení kuliček, proto se v současné době pracuje na finální alternativě, kde je využito šesti odpružených ocelových plíšků držících matku v upínacím pouzdře.

Ovládání linky (8) je umístěno vedle přípravku. Jediným ovládacím prvkem, kromě volby programu, je dvojice tlačítek na levé straně stolu. Po založení kusu, matky a následného sepnutí snímačů přítomnosti, zavře operátor kryt, a stiskne tlačítko. Po stisku tlačítka najede motor A k nanášecí trysce (9) v zadní části přípravku, zde je provedeno nanášení. Opět je celý průběh nanášení snímán optickým snímačem firmy Keyence (10). Po úspěšném nanesení lepidla je osa matky přesunuta do vertikální polohy

motorem a následně je přisunuta do záběru válcem (11). Šroubování je poté realizováno pohybem motoru B. Jakmile je zašroubováno, válec se znovu zasune, a motor nastaví upínací pouzdro matky do vkládací pozice. Poté operátor otevře kryt a vyjme již hotové tělo (12).

### 8.3.2 Konstrukce celku montážní linky 2



Obr. 17: Náhled celku montážní linky č.2

Náhled zobrazuje montážní linku č.2, její hlavní částí je přípravek na šroubování matky (1) se zásobníkem Loctite (2). V této části linky je umístěna rozvodná skříň s hlavním vypínačem (3) a ovládací panel obsluhy (4). Pod stolem jsou umístěny KLT boxy (5) a automatický podavač na šroubky (6) firmy Bolhoff. Po pravé straně jsou umístěny zásobníky na drobné kusy (7). Opět je linka vybavena samostatným osvětlením (8).

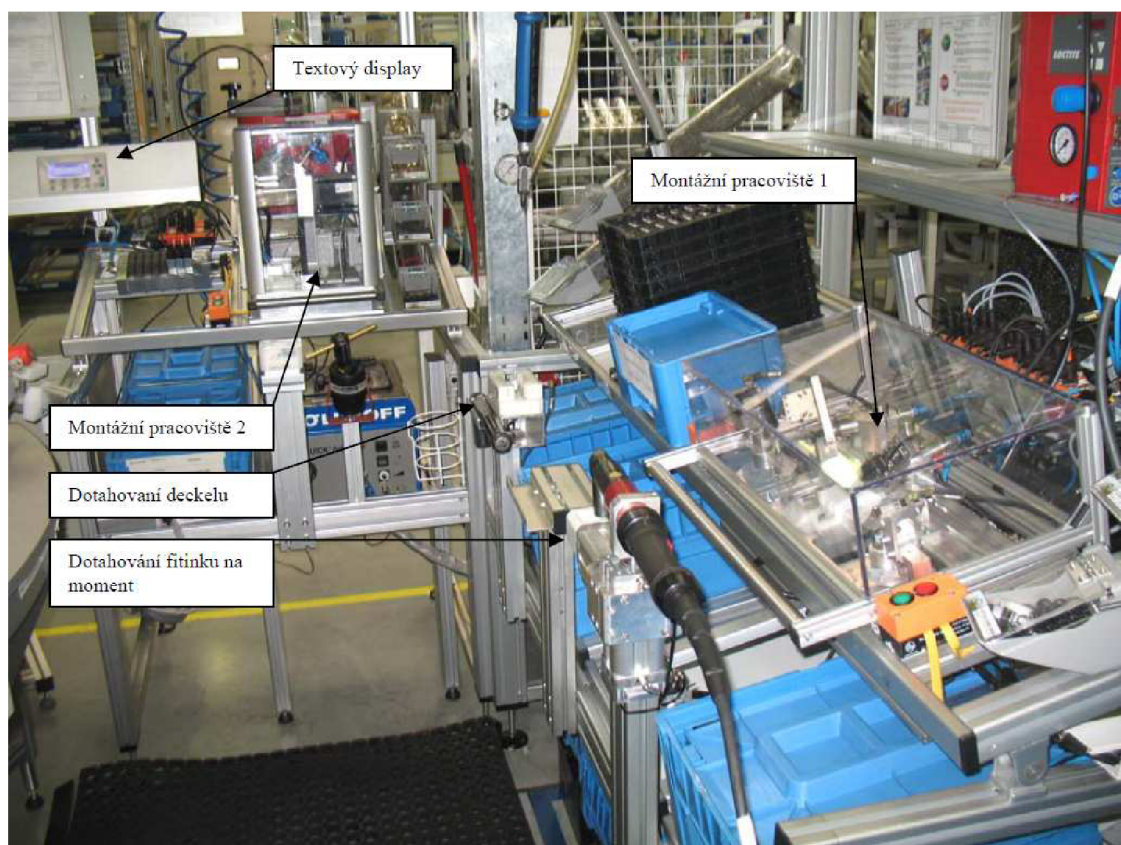
#### 8.4 Konstrukce příslušenství



Obr. 18: Zásobník na polotovary a hotové kusy (vlevo)  
Zásobník na kusy, které neprošly výstupním testováním (vpravo)

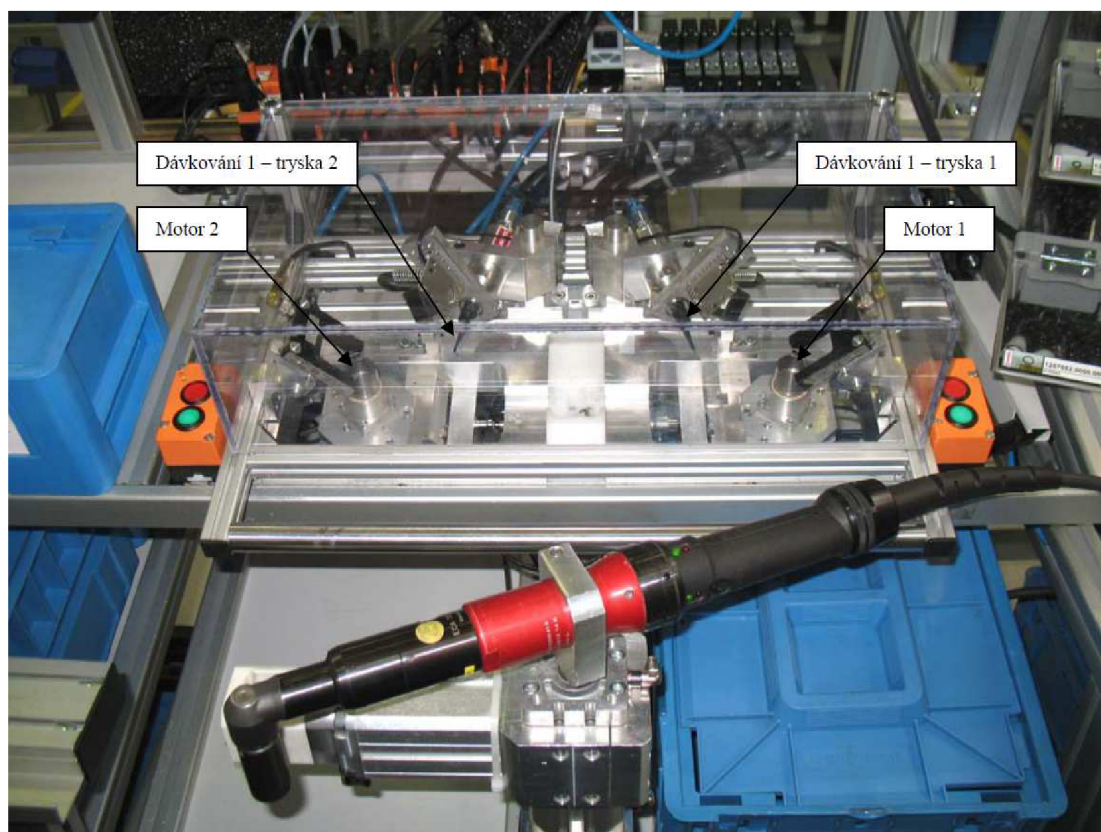
### 8.5 Senzorika a ovládání linky

Na lince je použito PLC od firmy Siemens - S7-200 typ CPU 224XP. K PLC je připojen AS-Interface modul typ CP243-2. Vstupně výstupní komunikace je realizována pomocí sběrnicového systému AS-Interface. Interakce s obsluhou je řešena pomocí textového displeje TD400C. Parametry, které je nutno uchovat po vypnutí systému, jsou uloženy na paměťové kartě MC 291.

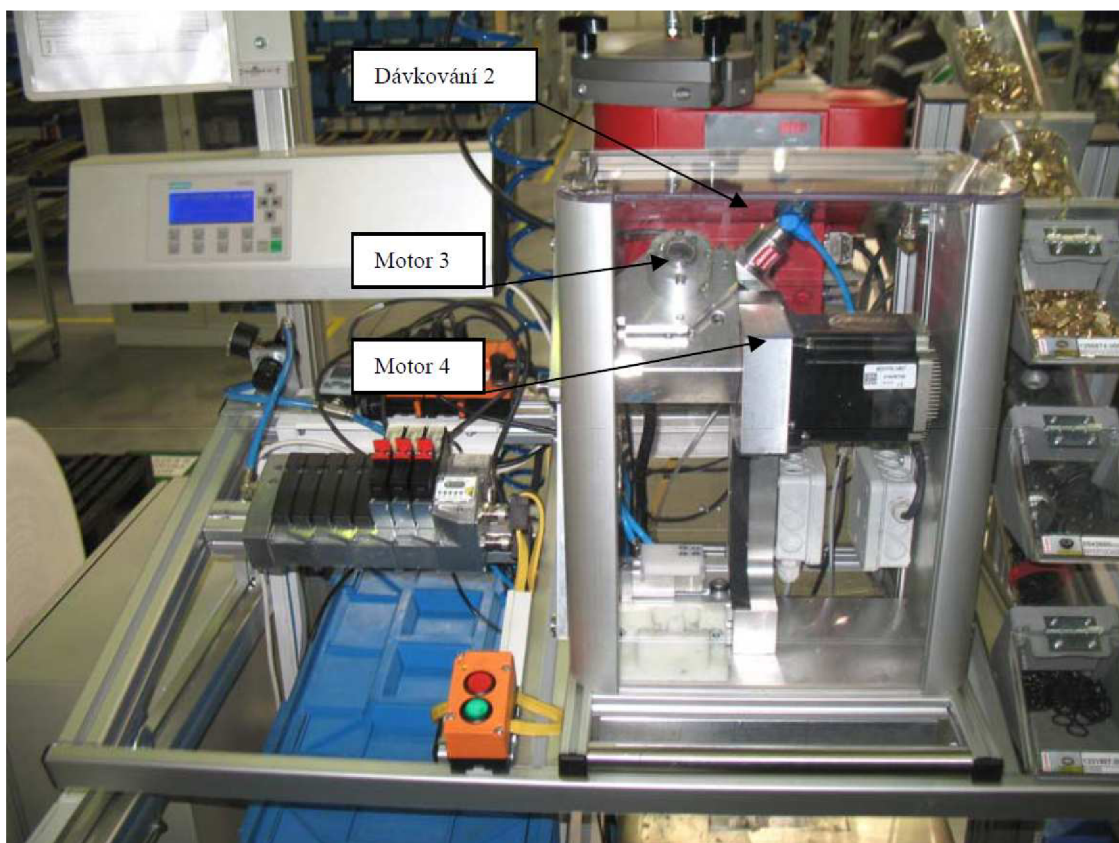


Obr. 19: Náhled na montážní pracoviště č. 1 a 2 [13]





Obr. 20: Náhled na montážní přípravek č.1 [13]



Obr. 21: Montážní pracoviště č.2 [13]

### 8.5.1 Inicializace řídicího systému a s tím spojená chybová hlášení

Inicializace řídicího systému je zahájena po stisknutí hlavního vypínače. Inicializace je dvojitá a nezávislá pro montážní pracoviště 1 a 2 (Šroubování armatur a utahování matky). Při zjištění chyby v inicializaci je tato chyba zobrazena na grafickém displeji. Po úspěšné inicializaci obou montážních pracovišť se rozsvítí zelené diody na ovládacích krabičkách obou pracovišť a na displeji naskočí automaticky volba PN. Po úspěšné volbě PN se u dílů, kde se nanáší loctite, automaticky zapne kontrola loctite a rozsvítí se červené diody na ovládacích krabičkách. Kontrolu loctite lze vypnout pomocí obrazovkového menu před zahájením kontroly nebo po úspěšné kontrole na obou montážních pracovištích. Po vypnutí kontroly loctite lze přistoupit k normální montáži daného PN.[13]

Během inicializace se kontrolují následující položky:

#### Šroubování armatur:

- **Vloženy armatury** - nesmějí být vloženy fitinky do držáků fitinek motorů
- **Motory mimo polohu** - provádí se kontrola, zda jsou motory 1 a 2 ve výchozí poloze (jsou aktivní pouze čidla výchozí polohy), a zda nejsou motory ve vysunuté poloze (nejsou aktivní čidla koncové polohy vysunutí)
- **Vložen Kus** – Nesmí být vložen kus do montážního přípravku
- **Přítomnost lepidla** v dávkovači
- **Správný tlak** ve větvi pro pracoviště
- Není překročen **maximální počet dávek pro servis** dávkovače

**Šroubování matky**

- **Vložen kus** – nesmí být vložen kus do montážního přípravku
- **Přítomnost lepidla** v dávkovači
- **Správný tlak** ve větvi pro pracoviště
- **Motor mimo polohu** – během inicializace musí být aktivní čidlo motoru v dané pozici
- **Není uzavřen kryt**
- Není překročen **maximální počet dávek pro servis** dávkovače

**Ostatní Chybová hlášení**

- **Kritické množství lepidla** v zásobníku
- **Výpadek tlaku** nebo pokles pod nastavenou mez
- **Kryty v mezipoloze** – pro spuštění přípravku je třeba zavřít kryt
- **Čtení/Uložení konfigurace** – Došlo k chybě čtení/uložení informací o konfiguraci linky na paměťovou kartu

**Informativní hlášení**

- **Kontrola loctite** – Je zapnuta kontrola loctite
- **PN: xxxxxxxx.xxxx.xxxxx** – Právě zvolený aktuální part number
- **PN:Není zvolen** – Po zapnutí řídicího systému nebyl zvolen PN
- **Zkontroluj dávkování** – Byl překročen nastavený počet dávek pro servis dávkovače. Počet dávek pro servis lze nastavit v servisním menu

*Pro účely diplomové práce uvádím pouze základní seznam stavů.*

**Hlášení typu stop**

- Není vložena armatura
- Chyba polohy motoru
- Chyba polohy válce
- Otevřen kryt
- Chyba vysunutí motoru
- Vložení/Vyjmutí kusu
- Signál „OK“

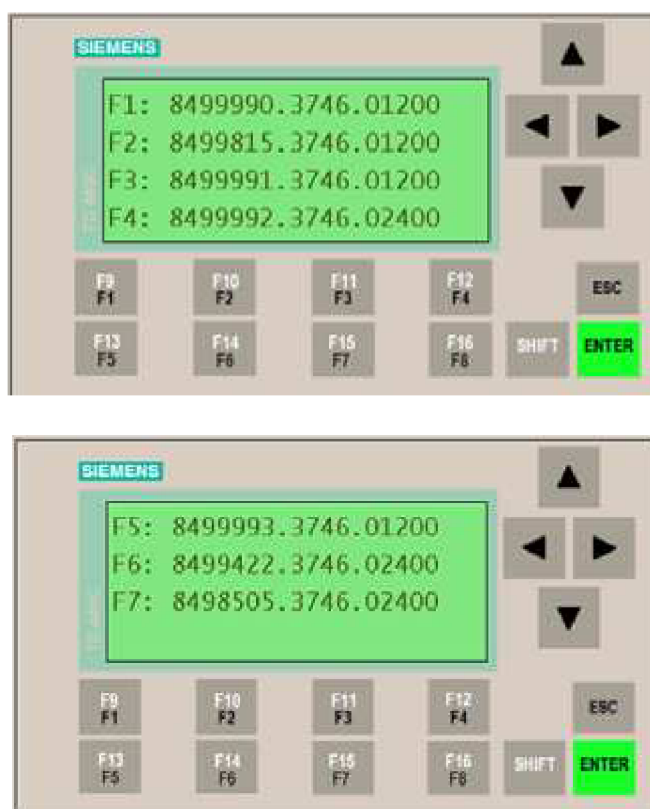


### 8.5.2 Uživatelské menu

Uživatelské menu slouží k volbě vyráběného dílu a několika dalším operacím popsaným níže. Ovládá se pomocí funkčních kláves pod displejem F1 až F7 a pomocí šipek. Dále je zde naprogramováno servisní menu, kde jsou pokročilejší volby, jako přidávání nově vyráběné varianty, správa zásobníku na loctite s detekcí množství lepidla a počtu nanesení lepidla od posledního doplnění zásobníku.

#### Volba typu výrobku

Pokud dojde k úspěšné inicializaci obou montážních pracovišť linky, jako první je třeba zvolit konkrétní PN. Tato volba se uskuteční navolením funkčními tlačítky.



Obr. 22: Volba typu vyráběného ventilu na ovládacím panelu [13]

### Kontrola Loctite

Menu slouží k zapnutí/vypnutí kontroly loctite. Kontrola provede snímání hladiny lepidla. Její vypnutí je možné po úspěšné inicializaci linky před spuštěním kontroly loctite, nebo po jejím úspěšném dokončení na obou stanovištích.



Obr. 23: Ovládání kontroly Loctite [13]

### 8.5.3 Servisní menu

Jak již bylo zmíněno, servisní menu slouží k nastavování parametrů procesu. Aktuální hodnoty pro každou vyráběnou variantu (pro každý PN) jsou zobrazeny v šedých polích. Zde je také možná jejich změna. Pro úspěšné nahrání změny parametrů do paměti je nutné provést jejich uložení.



Obr. 24: Servisní menu linky [13]

#### Nastavitelné parametry:

- Prodleva dávek – Prodleva mezi jednotlivými dávkami lepidla z dávkovače v průběhu nanášení
- Počet dávek – nanesených po obvodu armatury
- Maximální šířka pulsu
- Délka nepřerušovaného signálu od senzoru nanášení

**Nastavení parametrů šroubování fitinků**

- Motor 1 Šroubování NOK – Určuje čas, po kterém je vyhodnoceno šroubování za neúspěšné, pokud během této doby nedojde signál od koncového čidla šroubování
- Motor 2 Šroubování NOK – viz. předchozí
- .

**Nastavení parametru šroubování matky:**

Motor 3 Šroubování NOK – viz Motor 1 NOK

**Další nastavení parametrů:**

- Nastavení orientace magnetu cívký
- Najetí referenční polohy motoru
- Nastavení servisních intervalů dávkovačů
- Krokování poloh motorů
- Přidávání nových PN

### **8.6 Technologie lepení, těsnění a zajišťování závitu LOCTITE 243**

Tato technologie byla speciálně navržena pro utěsňování a zajišťování proti povolování při vibracích. Spoj ošetřen touto technologií zůstává nadále rozebíratelný běžným nářadím, ale před znovusestavením spoje je nutné opět nanést lepidlo. Loctite tuhne při kontaktu dvou kovových předmětů. Je omezeně použitelný i pro nerezovou ocel. Výrobce zaručuje funkčnost až do 82°C. Jsou nabízena i další příslušenství, která ovlivňují rychlost tuhnutí při nepříznivých podmínkách.[12]

Tab.6: Parametry technologie lepení závitů pomocí Loctite 243 [12]

Technologie	Akrylová
Chemický typ	Dimethacrylate ester
Vzhled	Modrá kapalina
Fluorescence	Pozitivní pod UV zářením
Komponenty	Jeden komponent – bez mísení
Viskozita	Střední
Zasychání	Anaerobní – bez kyslíku
Alternativní zasychání	Aktivátor
Aplikace	Zajišťování závitů
Síla	Střední

#### **Návod k montáži s použitím technologie Loctite 243**

- Očistit povrchy
- Nanést aktivátor (volitelný v případě pomalého zasychání)
- Před použitím protřepat
- Nedoporučuje se, aby se při nanášení ústí lepidla dotýkalo kovových částí
- Pokud chceme, aby spoj těsnil, doporučuje se nanést po obvodu na začátek závitu a zašroubovat

#### **Skladování**

Doporučuje se produkt skladovat v uzavřené nádobě na suchém místě. Optimální teplota je uváděna v rozmezí mezi 8 a 21°C.

Tyto požadavky byly v naší aplikaci splněny.

## **9 FÁZE V. - PROVOZNÍ A HODNOTÍCÍ FÁZE**

### ***9.1 Kontrola dokončení otevřených úkolů po transferu***

Všechny zadané úkoly byly splněny ve stanoveném časovém rámci. Spuštění výroby proběhlo v plánovaném období, linka prošla interním i zákaznickým auditem. Na projektu se však dále pracuje a probíhají drobné úpravy, také jsou realizovány návrhy na zlepšení. Sériová výroba je periodicky sledována a hodnocena. Jsou zaznamenávány její výpadky v případě poruchy, nebo opotřebení dílů. Všechny zásahy údržby jsou monitorovány a zapisovány.

### ***9.2 Návrhy na zlepšení***

#### **9.2.1 Šroubování + utahování v jednom kroku**

Návrh šroubovacího přípravku, který rovnou utáhne armatury na předepsaný moment, je otázkou budoucího vývoje. V rámci minimalizace rizik a zjednodušení linky byla tato metoda dříve zavržena, nyní, po roce od zahájení výroby, se uvažuje o zvýšení míry automatizace a utahování rovnou na předepsaný moment. Toto zkrátí dobu montáže, avšak značně stoupne složitost přípravku.

#### **9.2.2 Automatizované utahování kotvy**

Na základě reklamace (nedotažení kotvy), která vznikla pravděpodobně chybou operátora – nedotažením kotvy ručním momentovým utahovákem, bylo nutné navrhnout účinnou metodu pro toto dotažení. Proto vznikl automatický utahovák, který eliminuje tuto lidskou chybu.

#### **9.2.3 Test kompletnosti rozměrovou kontrolou**

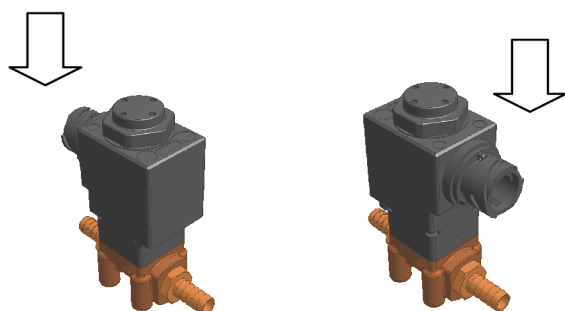
Opět na základě reklamace – chybějícího komponentu v sestavě byl navržen přípravek – kalibr, který odhalí kontrolou rozměrů kompletnost sestavy.

### 9.2.4 Snímání správného vyřazení vadných kusů

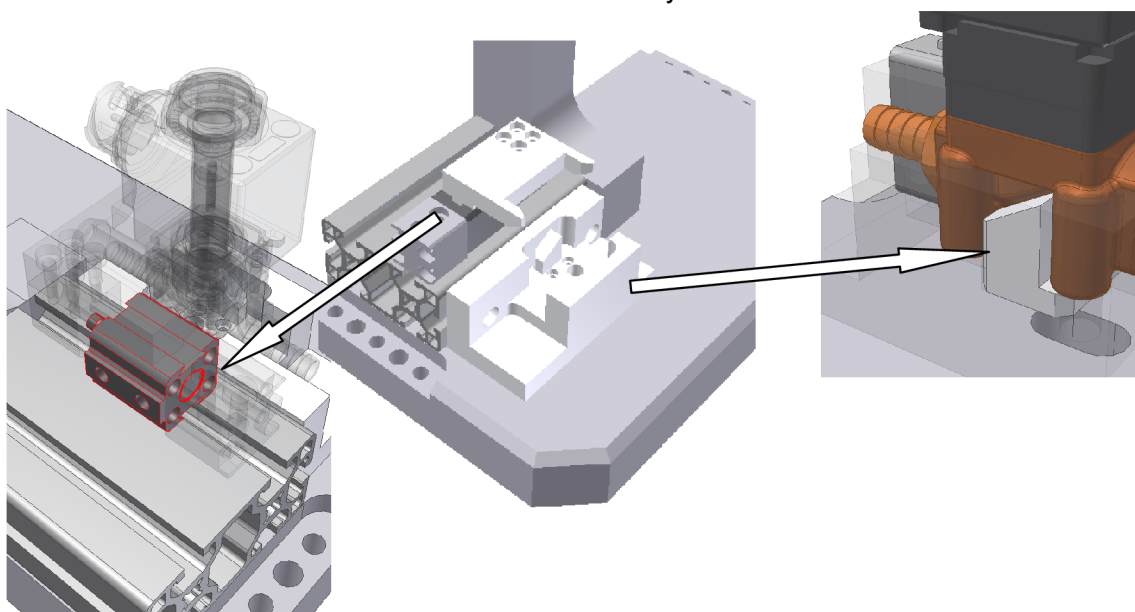
Bylo identifikováno riziko špatné manipulace s kusem, který byl v testovacím zařízení označen jako vadný. Hrozilo, že jej operátor i přes výstrahu z řídicí jednotky umístí mezi dobré kusy. Bylo proto třeba navrhnout senzorem snímáný zásobník, který zablokuje další činnosti, dokud nepřijde signál od senzoru umístěném na zásobníku, že byl správně vložen vadný kus.

### 9.2.5 Správná orientace magnetu

Jsou používány dva typy orientace konektoru cívky, podle vyráběné varianty ventilu.



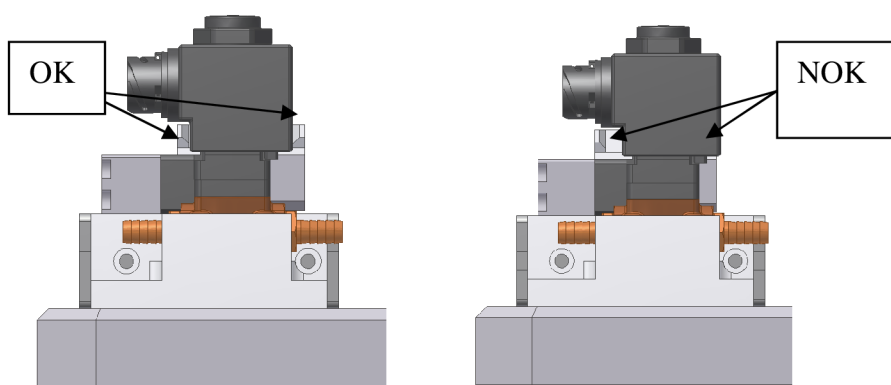
Obr. 25: Orientace konektoru cívky



Obr. 26: Ovládání kontroly Loctite [13]

Orientace těla ventilu je dána tvarem vkládací kostky viz. Obr. 26 vpravo. Orientace konektoru magnetu je dána polohou válce, tedy jeho vysunutím/zasunutím resp. přivedením tlaku na port 1, nebo 2. Pneumatický válec je řízen PLC a operátor zvolí orientaci magnetu volbou vyráběného PN.

Na obrázku 27 vidíme ventil založený do vkládací kostky. Šipky ukazují na tvarové prvky, které dovolí založení kusu pouze jedním možným způsobem.



Obr. 27 [13]

## 10 CENOVÁ KALKULACE

Tab.7: Cenová kalkulace externích nákladů [13]

Popis	Cena	Počet	Celkem
<b>PLC 2x nanášení + kontrola lepidla</b>			
S7-200 CPU 222	8 500,00 Kč	1	8 500,00 Kč
EM 231,mod.analog.vstup 4AI 12Bit	5 050,00 Kč	1	5 050,00 Kč
Zdroj 24V/2,5 A	2 000,00 Kč	1	2 000,00 Kč
Modul RTC	1 050,00 Kč	1	1 050,00 Kč
	11 000,00		
TD400C	Kč	1	11 000,00 Kč
Kabel TD400C	440,00 Kč	1	440,00 Kč
Signální sloup-LED modul červený,24VUC	1 130,00 Kč	1	1 130,00 Kč
Signální sloup-LED modul zelený,24VUC	1 130,00 Kč	1	1 130,00 Kč
Signální sloup-akust.signalizace, bzučák	1 130,00 Kč	1	1 130,00 Kč
Signální sloup-podstavec	655,00 Kč	1	655,00 Kč
CYA tm.modra 0,75 100m	250,00 Kč	1	250,00 Kč
CYA cervena 100m	250,00 Kč	1	250,00 Kč
CYA bila 100m	250,00 Kč	1	250,00 Kč
Dutinky 100ks 0,75	200,00 Kč	1	200,00 Kč
DIN lista 1m	55,00 Kč	1	55,00 Kč
Drobny material	2 500,00 Kč	1	2 500,00 Kč
Rozvodnice	4 500,00 Kč	1	4 500,00 Kč
Snimace	5 000,00 Kč	1	5 000,00 Kč
Opt. zavora	9 000,00 Kč	1	9 000,00 Kč
			<b>54 090,00 Kč</b>
<b>Automatické otáčení</b>			
MDrive 17 plus- krokový pohon	5 979,79	3	17 939,37 Kč
MD-CC402-001 - Komunikační kabel	3 211,76	3	9 635,28 Kč
			<b>27 574,65 Kč</b>
<b>Senzor přítomnosti lepidla Keyence</b>			
	11 751,25		
CZ-V21AP	Kč	3	35 253,75 Kč
	15 290,45		
CZ-H52 - Barevná hlavice UV	Kč	3	45 871,35 Kč
			<b>81 125,10 Kč</b>
<b>Dávkovače LOCTITE</b>			
	51 785,00		
97009 - Řídící jednotka se zásobníkem	Kč	2	103 570,00 Kč
	27 243,00		
980013 - Dávkovací ventil - přesný	Kč	3	81 729,00 Kč
			<b>185 299,00 Kč</b>



<b>Pneumatická zatahovačka 1,5 Nm</b>	30 000,00 Kč	1	<b>30 000,00 Kč</b>
<b>Mechanické díly</b>			
Konstrukce - interně	0,00 Kč	1	0,00 Kč
Hutní materiál	20 000,00 Kč	1	20 000,00 Kč
Polotovary	20 000,00 Kč	1	20 000,00 Kč
Výroba - interně	0,00 Kč	1	0,00 Kč
			<b>40 000,00 Kč</b>
<b>SW</b>			
Návrh algoritmu - interně	0,00 Kč	1	0,00 Kč
Programování - interně	0,00 Kč	1	0,00 Kč

**CENA****CELKEM 418 088,75 Kč**

Rezerva 15% 62 713,31 Kč

Total **480 802,06 Kč**

V počáteční fázi byly externí náklady na realizaci montážní linky odhadnuty na 23 800€ (595 000 při kurzu 25kč/€) a ze zpětné cenové kalkulace po realizaci je vidět, že tento odhad byl přibližně správný. Ovšem, je třeba si uvědomit, že tato cenová kalkulace zahrnuje pouze externí – „nakupované“ náklady, celkové náklady jsou mnohem větší. Projekt zaměstnával team lidí po dobu více jak 6 měsíců, což už samo o sobě tento odhad několikanásobně překračuje.

## ZÁVĚR

Realizace montážní linky proběhla úspěšně a byla dokončena v požadovaném termínu. Bylo dosaženo všech cílů stanovených na začátku projektu. Podařilo se identifikovat a odstranit hlavní rizika a prioritu jejich řešení. Byly zpracovány variantní návrhy a vybrána optimální varianta.

Výsledkem je poloautomatická montážní linka, která v současné době produkuje cca trojnásobné množství výrobků, na které byla navržena. Po dokončení hlavních fází projektu byla provedena řada zlepšovacích opatření a návrhů, které zvýšily efektivnost, přesnost, kvalitu a bezpečnost výroby.

### Úkoly kterých bylo dosaženo

- Návrh a prezentace 3D modelu linky
- Porovnání a volba variant návrhu ve spolupráci s technologií
- Kinematická analýza přípravků na lince
- Zhotovení kompletní výkresové dokumentace
- Úprava stávajícího testovacího zařízení pro nově vyráběné varianty
- Úspěšný náběh výroby s dodržáním termínů
- Úspěšný zákaznický audit po náběhu výroby
- Zpracování požadavků zákazníků vzniklých během auditu
- Konstrukce a realizace zlepšovacích návrhů kvality, bezpečnosti a efektivity
- Dodatečné úpravy vzniklé několika dalšími variantami výrobku (až po náběhu výroby) byly implementovány bez zásadních problémů toto je bráno jako důkaz variability řešení.

Součástí práce je kompletní model linky v prostředí Autodesk Inventor, tento model je bude využit při další práci na modernizaci a úpravách linky.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Norgren Global Vehicle Technologies. Norgren Pneumatics [online].* 2008-06-01 [cit. 2011-05-18]. Norgren GVT - Motion & Fluid Control. Dostupné z WWW: <http://www.norgren.com/n/gvt/products/ec.html>
2. *Norgren Pneumatics [online].* 2010 [cit. 2011-05-18]. ENGINEERED SOLUTIONS FOR CHASSIS / CAB AND POWERTRAIN. Dostupné z WWW: [http://www.norgren.com/document\\_resources/EN/en\\_CVcatalogue.pdf](http://www.norgren.com/document_resources/EN/en_CVcatalogue.pdf).
3. *Norgren Česká Republika - Pneumatické prvky [online].* 2008 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <http://www.norgren.cz/>.
4. *Norgren Global Vehicle Technologies. Norgren Pneumatics [online].* 2005-03-01 [cit. 2011-05-18]. Sigma Claims a Big Leap Forward in Diesel Fuel Technology. Dostupné z WWW: <http://www.norgren.com/n/gvt/about/Sigma1.html>.
5. *SCR – Technology for Euro 5 : More Power, more reliability, less fuel consumption [online].* 10156 Torino - Italia : 2008-3-1 [cit. 2011-05-18]. Iveco. Dostupné z WWW: [http://web.iveco.com/germany/Unternehmen/Documents/SCR\\_ENG.pdf](http://web.iveco.com/germany/Unternehmen/Documents/SCR_ENG.pdf)
6. *Výfukové plyny. In Wikipedia : the free encyclopedia [online].* St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2009-10-9, last modified on 2011-3-31 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Výfukové\\_plyny](http://cs.wikipedia.org/wiki/Výfukové_plyny).
7. *SCR. In Wikipedia : the free encyclopedia [online].* St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2007-4-18, last modified on 2007-4-18 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/SCR>.
8. *Making sense of it all [online].* 2010 [cit. 2011-05-18]. EGR vs SCR?. Dostupné z WWW: <http://www.mhc-trucksource.com/egr.pdf>.
9. *European emission standards. In Wikipedia : the free encyclopedia [online].* St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2005-9-27, last modified on 2007-3-19 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: [http://en.wikipedia.org/wiki/European\\_emission\\_standards](http://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards).
10. *AGCO Tractor and farms equipment [online].* 2011 [cit. 2011-05-23]. AGCO EGR vs. SCR. Dostupné z WWW: [http://www.agcocorp.com/e3/egr\\_scr.aspx](http://www.agcocorp.com/e3/egr_scr.aspx).

11. *DFMEA*. In *Wikipedia : the free encyclopedia [online]*. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2011-1-20, last modified on 2011-1-17 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/DFMEA>>.
  
12. *LOCTITE® 243™*. Technical Data Sheet : LOCTITE® 243™. [s.l.] : [s.n.], 2008. 3 s. Dostupné z WWW: <[http://www.loctite.sg/sea/content\\_data/93815\\_243EN.pdf](http://www.loctite.sg/sea/content_data/93815_243EN.pdf)>.
  
13. Interní firemní dokumentace
  
14. KOLAŘÍK, František. *Sestavení souboru multimediálních interaktivních schémat rozvaděčů*. Brno, 2007. 41 s. Vedoucí bakalářské práce Ing.Stanislav Věchet, Ph.D.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
SCR	-	Selektivní katalytická redukce
ERG	-	Recirkulace výfukových plynů
CO	-	Oxid uhelnatý
HC	-	Uhlovodík
NO <sub>x</sub>	-	Oxid dusný
MR	-	Management Review
SOO	-	Site of origin (dárce)
SOP	-	Start of production (start výroby)
REC	-	Receiving site (příjemce)
OK	-	Obecné označení pro dobrý kus
NOK	-	Obecné označení pro zmetek
PN	-	Part Number - číslo výrobku, dílu
Nm	N.m	Newton metr
bar	-	Jednotka tlaku
3D	-	Trojrozměrné
Autodesk	-	Výrobce 3D CAD
Inventor	-	Název nejprodávanější 3D CAD
Rework	-	Rozebrání a opětovná montáž
cca	-	Circa
SW	-	Software
PLC	-	Programmable logic controller – řídící jednotka
CPU	-	Central processing unit - procesor
Mod.	-	Modulární
Analog.	-	Analogový
RTC	-	Real Time Clock - Hodiny
LED	-	Light emitting diode – světelná dioda
ERP	-	Enterprise resource planning
JDE	-	Název ERP od firmy Oracle
PPAP	-	Production part approval