



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# **NÁVRH A NASTAVENÍ STANDARDŮ MATERIÁLOVÉHO TOKU PRO VYBRANÉ KOMPONENTY Z 3 PRODUKTOVÝCH SKUPIN VE FIRMĚ EDWARDS A NÁSLEDNÉ VYHODNOCENÍ**

PROPOSAL AND SET UP OF MATERIAL FLOW STANDARDS FOR SELECTED COMPONENTS  
FROM 3 PRODUCT GROUPS IN THE EDWARDS COMPANY AND THEIR SUBSEQUENT  
ANALYSIS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. PETR ZAPLETAL**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. ROMAN KUBÍK, Ph.D.**

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Petr Zapletal

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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

### **Návrh a nastavení standardů materiálového toku pro vybrané komponenty z 3 produktových skupin ve firmě Edwards a následné vyhodnocení**

v anglickém jazyce:

### **Proposal and set up of material flow standards for selected components from 3 product groups in the Edwards company and their subsequent analysis**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je optimalizovat a realizovat materiálový tok podle principů lean.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza současného stavu materiálového toku
2. Návrh možných variant řešení
3. Optimalizace variant řešení podle zvolených kritérií
4. Detailní grafický návrh dispozice výsledné varianty
5. Ekonomické zhodnocení vybrané varianty

Seznam odborné literatury:

1. HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
3. SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
4. SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
5. ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Kubík, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 29.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá nastavením standardů materiálového toku a jeho optimalizací podle principů štlé výroby ve společnosti Edwards s.r.o. První část práce se věnuje teoretickému úvodu do problematiky logistiky a štlé výroby se stručným popisem jejich nástrojů. Následně je představena firma Edwards a provedena analýza současného stavu materiálového toku. V poslední části jsou navržena opatření, která mají vést k zefektivnění a standardizaci materiálového toku.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Materiálový tok, štlá výroba, logistika, kanban, analýza

## **ABSTRACT**

This thesis deals with setting standards of material flow and its optimization according to the principles of lean production at Edwards Ltd. The first part is devoted to theoretical introduction to the problems of logistics and lean manufacturing with a brief description of their tools. Then, it is made introduction of company Edwards and analyse of current state of the material flow. In the last part of the thesis it is proposed steps, which should lead to efficiency and standardization of material flow.

## **KEYWORDS**

Material flow, lean production, logistic, kanban, analyse

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZAPLETAL, P. *Návrh a stanovení standardů materiálového toku pro vybrané komponenty z 3 produktových skupin ve firmě Edwards a následné vyhodnocení*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 64 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Roman Kubík Ph.D.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Romana Kubíka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 7. října 2014

.....

Jméno a přímení

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Romanu Kubíkovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky v průběhu práce.

Dále bych rád poděkoval firmě Edwards s.r.o. a jejím zaměstnancům za umožnění zpracování diplomové práce a poskytování cenných informací, které vedly k dokončení.

**OBSAH**

Úvod .....	10
1 Logistika a materiálový tok .....	11
1.1 Definice logistiky .....	11
1.2 Rozdělení logistiky .....	12
1.2.1 Podniková logistika .....	12
1.3 Cíle logistiky .....	13
1.4 Materiálový tok .....	14
2 Štíhlá výroba .....	15
2.1 Historie .....	15
2.2 Principy a nástroje štíhlé výroby .....	16
2.2.1 JIT (just-in-time) .....	16
2.2.2 Jidoka .....	17
2.2.3 Eliminace plýtvání .....	17
2.2.4 5S .....	18
2.2.5 Vizualní management – vizualní pracoviště .....	21
2.2.6 Kaizen .....	21
2.2.7 Value Stream Mapping (VSM) .....	22
2.2.8 Kanban .....	24
3 Představení společnosti edwards .....	26
3.1 Historie a současnost společnosti Edwards .....	26
3.2 Edwards v Lutíně .....	27
3.2.1 Základní údaje .....	27
3.2.2 Profil společnosti .....	27
3.2.3 Cíle a strategie společnosti .....	28
3.2.4 Výrobní portfolio .....	29
4 Analýza současného stavu .....	32
4.1 Představení řešeného pracoviště .....	32
4.1.1 Strojní vybavení machiningu .....	32
4.1.2 Používané metody průmyslového inženýrství .....	34
4.1.3 Používané informační technologie .....	37
4.2 Vyráběné díly .....	38
4.3 Analýza materiálového a informačního toku - vsm .....	39
4.3.1 VSM – mapování hodnotového toku .....	39
4.4 Shrnutí a zhodnocení analýzy současného stavu .....	45
5 Návrh variant (opatření) na zlepšení .....	46



---

5.1	Přesun eloxování dílů EPX .....	46
5.1.1	Přesun do bližší lokality .....	46
5.1.2	Přesun do Edwards .....	46
5.2	Zkrácení operace eloxování .....	47
6	Optimalizace materiálového toku .....	48
6.1	Návrh zavedení systému kanban .....	48
6.1.1	Analýza poptávky .....	48
6.1.2	Volba velikosti kanbanové dávky .....	51
6.1.3	Lead time .....	51
6.1.4	Safety stock .....	52
6.1.5	Výpočet množství kanban karet v okruhu .....	52
6.1.6	Stanovení hladiny k příkazu k výrobě .....	54
6.1.7	Pomůcky pro systém kanban .....	54
6.1.8	Popis okruhu .....	55
6.2	Zavádění systému .....	55
7	Grafický návrh dispozice .....	55
8	Ekonomické zhodnocení .....	56
8.1	Přesun eloxování .....	56
8.2	Zkrácení frekvence milk-runu .....	56
8.3	Zavedení systému kanban .....	56
	Závěr .....	57
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	60
	Seznam obrázků .....	61
	Seznam tabulek .....	62
	Seznam příloh .....	63

# ÚVOD

Podniky jsou v současné době vystaveny tvrdému konkurenčnímu prostředí více než jindy dříve. Jsou proto nuceny hledat metody, které jim poskytnou oproti konkurenci výhody. Jednou z cest, jak toho docílit, je zavádění metod štíhlé výroby optimálně do všech sfér podniku. Základní myšlenkou štíhlé výroby je efektivní využívání zdrojů a kapacit, které má firma k dispozici, postupná eliminace plýtvání ve všech procesech a zvyšování produktivity. Zavádění této koncepce je však „během na dlouhou trať“, která s sebou mnohdy nese velké změny ve zvyklostech i filozofii firmy a sestává z množství postupných kroků.

Právě zavedení jednoho z těchto kroků vedlo ke zpracování této diplomové práce, která má za cíl navrhnout a optimalizovat materiálový tok na jedné z výrobních hal firmy Edwards s.r.o. Tato firma je v rámci své mateřské společnosti světovým leaderem ve výrobě a vývoji vakuové techniky. I přes toto dobré postavení na trhu v rámci konkurenčního srovnání se cílevědomě a dlouhodobě zabývá zaváděním principů štíhlé výroby s cílem neustále zlepšovat své procesy a zvyšovat produktivitu.

Ke splnění stanoveného cíle je nutné nejdříve důkladně zanalyzovat současný stav materiálového toku a na základě výsledků této analýzy navrhnout opatření, která povedou k nastavení standardů materiálového toku a jeho optimalizaci podle principů štíhlé výroby.

# 1 LOGISTIKA A MATERIÁLOVÝ TOK

## 1.1 DEFINICE LOGISTIKY

Slovo logistika pochází z řeckého slova „logos“ nebo „logisticos“, což lze volně přeložit jako počítání, posouzení, ale také rozum. Pojem logistika byl původně používán ve vojenství a byl obecně chápán jako proces zásobování a pohybu vojenských jednotek, rychle se však rozšířil do civilních sfér, jako jsou oblasti bankovníctví, obchodu, zdravotnictví, dopravních sítí, letectví i do průmyslu. Ekonomický rozvoj zejména v průběhu 20. století, který se vyznačuje prudkým růstem podniků a jejich expanzí na různé trhy, vyvolal silný tlak na koordinovaný a sledovaný pohyb všech hmotných a hodnotových toků. Tím se otevřel vstup pro logistické úvahy do podniků, které rozšířily své činnosti v komplexní řetězec základních funkcí od nákupu přes výrobu až po odbyt. [1][2][3]

Logistika využívá systémového myšlení při řešení všech procesů v podniku. Systémové myšlení je myšlení ve vzájemných souvislostech, tedy odklon od myšlení v jednotlivých aktivitách nebo v dílčích oblastech. V čem spočívá výhoda logistického přístupu lze ukázat na příkladu. Pro toho, kdo není logistik, existují v podniku 4 oblasti - doprava, manipulace s materiálem, skladování, expedice jako samostatné oblasti a u každé se pokouší naleznout taková řešení, u kterých by dosáhl minimální náklady. Tento postup určí 4 návrhy, z nichž každý představuje z hlediska každé oblasti optimální řešení. Pro logistika tvoří 4 oblasti myšlenkovou jednotu a jsou integrovány v jedinou konstrukci s označením "logistika". Tím se přemění tyto oblasti v jedno nákladové pole a jeho cílem je naleznout takové řešení, aby dosáhl minimální náklady tohoto pole. To znamená, že nové řešení dopravy může způsobit vícenáklady, když tyto vícenáklady budou kompenzovány např. odpadnutím skladovacích nákladů a nákladů na balení. Hospodárné myšlení nahrazuje výlučně nákladové myšlení, to znamená, že logistik smí navrhnout varianty řešení problémů s vyššími logistickými náklady, může-li prokázat, že takto vzniklé vícenáklady jsou nahrazeny vyššími výnosy. [3]

Je přirozené, že definice pojmu logistiky se mění v závislosti na tom, jak se mění podmínky a pohled na tuto problematiku v jednotlivých oblastech jejího uplatnění. Proto existuje velké množství definic. Pro ukázkou budou některé uvedeny:

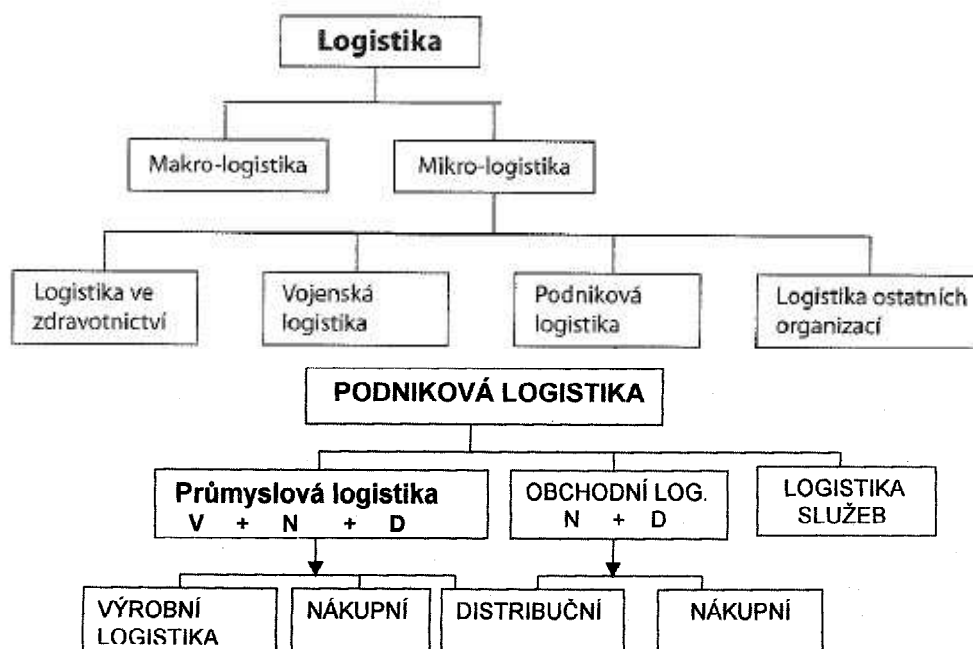
*„Logistika představuje organizaci, plánování, řízení a realizaci toků zboží vývojem a nákupem počínaje, výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka konče tak, aby byly splněny všechny požadavky trhu při minimálních nákladech a minimálních kapitálových investicích.“* (Definice podle Evropské logistické asociace)

*„Logistika je integrované plánování, formování, provádění a kontrolování hmotných a s nimi spojených informačních toků od dodavatele do podniku, uvnitř podniku a z podniku k odběrateli (zákazníkovi). Cílem logistiky je dosažení hospodárnosti, to znamená, že minimalizujeme náklady a maximalizujeme výnosy (efekty)“* [3]

*„Logistika je souhrn všech technických a organizačních činností, pomocí nichž se plánují operace související s materiálovým tokem. Zahrnuje nejen tok materiálu, ale i tok informací mezi všemi objekty a časově překlenuje nejrůznější procesy v průmyslu i v obchodě.“* (Kirsh, 1971)

## 1.2 ROZDĚLENÍ LOGISTIKY

Podle jednotlivých oblastí a úrovní můžeme rozdělit logistiku na makro a mikrologistiku a dále na dílčí složky, jak ukazuje obrázek Obr. 1-1. V některých členěních se uvádí i pojem mezologistika, která zahrnuje systémy pro aplikaci logistiky v odvětvové sféře. Pojem makrologistika představuje zejména aplikované využití logistiky a vypracovaných logistických systémů v národohospodářské sféře. [1]



Obr. 1-1 Členění logistiky[2]

### 1.2.1 PODNIKOVÁ LOGISTIKA

Podnikovou logistiku můžeme rozdělit na tři důležité a neoddělitelné složky - průmyslovou logistiku, logistiku obchodu a logistiku služeb.

Jak ukazuje Obr. 1-1, tyto složky můžeme dále rozdělit na:

- Nákupní logistika – zásobování výroby vstupním materiálem, surovinami a nakupovanými díly
- Výrobní (vnitropodniková) logistika – doprava v průběhu výrobního procesu (mezi jednotlivými operacemi a sektory výroby)
- Distribuční logistika – distribuce zboží, dodání zboží konečnému zákazníkovi

Úkolem podnikové logistiky není vytvářet žádné nové produkty, ale koordinovaným a systémovým přístupem k zásobování, výrobě a distribuci umožňovat používání nových metod a optimalizovat tyto procesy. Logistický přístup proto sleduje celkové řešení a ne řešení dílčích problémů. Neanalyzuje hospodárnost jednotlivých funkcí, ale sleduje hospodárnost celkového průběhu materiálového toku.

Tab. 1-1 Schéma základních logistických činností [1]

<b>Schéma základních logistických činností</b>		
<b>distribuce výrobků</b>	<b>podpora výroby</b>	<b>zásobování (nákup)</b>
příjem objednávek	plán výrobního programu	sestavení plánu zásobování
termíny a plnění objednávek	stanovení výrobní potřeby (návazně plán zásobování)	vyhledávání zdrojů dodávek
řízení a rozmístování zásob	zajištění plynulého zásobování výroby (materiály, energie, atd.)	nabídkové řízení
balení, skladování, kompletace a expedice	operativní řízení, podpora výrobních operací	výběr dodavatelů, optimální rozhodování
zajištění dopravy zboží (distribuční cesty)	lhůtové plánování výrobních operací	projednávání dodávek, umístování objednávek
optimalizace distribučních cest	optimalizace zásob polotovarů a skladování zásob nedokončené (rozpracované) výroby	potvrzování dodávek, sledování dodavatelů, doprava a skladování surovin
obchodní operace	mezioperační doprava aj.	kontrola kvality

### 1.3 CÍLE LOGISTIKY

Cílem každé logistické činnosti je optimalizace logistických výkonů (viz. Tab. 1-1). Zákazník vnímá logistické výkony ve formě logistických služeb. Na realizaci těchto aktivit je potřeba vynakládat určité prostředky, které představují logistické náklady.

#### Logistické služby:

- Dodací čas (lhůty, termíny)
- Dodací spolehlivost ve srovnání s konkurencí
- Dodací pružnost – flexibilita
- Dodací kvalita (dodací přesnost podle způsobu, množství a stavu dodávky)

**Logistické náklady:**

- Náklady na řízení a systém
  - plánování, kontrola hmotných toků, řízení výroby
- Náklady na zásoby
  - udržování zásob, vázání kapitálových prostředků v zásobách, pojištění
- Náklady na skladování
  - udržování skladových zásob v pohotovosti, prováděné skladovací a vyskladňovací procesy, skladovací ztráty
- Náklady na dopravu
  - provozní náklady na vlastní dopravu, poplatky externí přepravy, náklady na vnitropodnikovou přepravu
- Náklady na manipulaci
  - balení, konzervace, manipulační operace, kompletační činnost [1] [3]

## **1.4 MATERIÁLOVÝ TOK**

Materiálový tok je část logistického řetězce. Jedná se o řízený pohyb materiálu prováděný zpravidla pomocí manipulačních, dopravních, přepravních a pomocných prostředků a zařízení cílevědomě tak, aby materiál byl k dispozici:

- v požadovanou dobu
- v potřebném množství
- na daném místě
- v očekávané kvalitě
- s předem určenou spolehlivostí

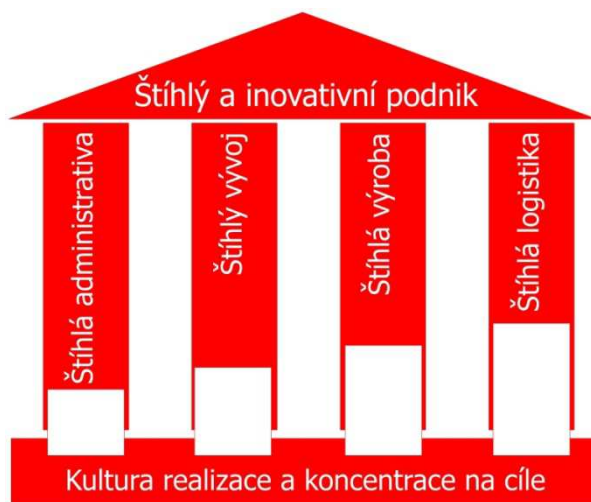
Pro materiálový tok (stejně jako pro celý logistický řetězec) platí celá řada ekonomických závislostí. Například jednicové náklady na materiálový tok jsou ovlivněny:

- povahou materiálu
  - stejnorodost, neobvyklé rozměry. Je-li materiál stejnorodý a dobře uskladnitelný, náklady klesají
- množstvím materiálu
  - mezi množstvím přepravovaného materiálu a náklady platí přímá úměra
- trasou
  - náklady rostou s prodlužující se vzdáleností, větší členitostí trasy, výškovými rozdíly, a nevyhovujícím fyzickému stavu cest
- úrovní řízení toku
  - s kvalitou řízení klesají náklady. Chaotické řízení, kdy každý pracovník může do průběhu toku zasahovat, zapříčiňují růst nákladů.
- časem
  - pravidelnost bez výkyvů náklady snižuje.[4]

## 2 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Štíhlá výroba neboli Lean Production je souborem nástrojů a metod, jejichž cílem je dlouhodobě stabilizovat a zvyšovat produktivitu práce a efektivitu výroby. Filosofii nástrojů štíhlé výroby je dlouhodobé a neustálé využívání drobných zlepšení, jejichž kumulovaný efekt v konečném důsledku zajišťuje stabilní rozvoj efektivitu výroby a celé firmy. Koncept štíhlé výroby je založen na myšlence zkrácení času mezi zákazníkem a dodavatelem eliminací plýtvání v řetězci mezi nimi. Myšlenka štíhlé výroby se zaměřuje především na zvyšování přidané hodnoty, která je definována požadavky zákazníka.[5][6]

Metodika štíhlé výroby se však nezaměřuje pouze na výrobu samotnou. Pro úspěšné fungování podniku, který využívá metody Lean je nutné, aby se myšlenky a nástroje štíhlé výroby implementovaly i do ostatních oblastí podniku, jako je administrativa, vývoj a logistika (viz.Obr. 2-1).



Obr. 2-1 Znárodnění struktury štíhlého podniku[6]

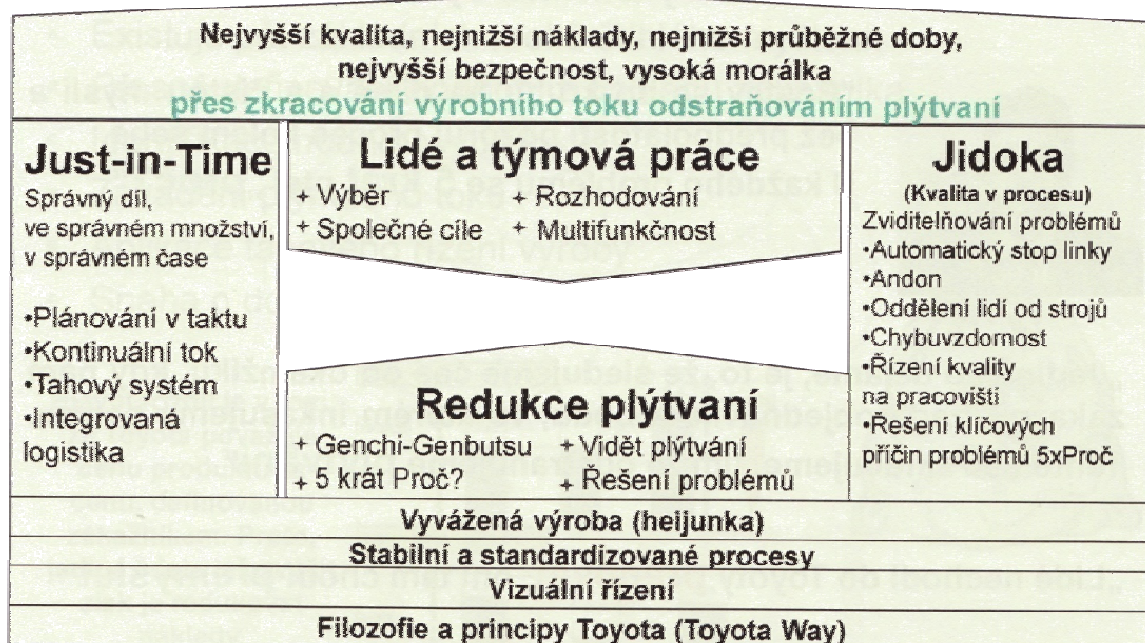
### 2.1 HISTORIE

Koncepce štíhlé výroby pochází z japonské firmy Toyota, kde vznikla v 50-60 letech 20. století jako Toyota Production System (TPS). Tato koncepce vznikla jako alternativa k americké metodě hromadné výroby. Za zakladatele je považován tehdejší manažer Toyoty jménem Taichi Ohno (1912 – 1990), jenž byl vedoucím jedné výrobní jednotky v době, kdy dostal úkol implementovat změny vedoucí k odstranění plýtvání a zvýšení produktivity podle nového hesla tehdejšího prezidenta firmy Kiichira Toyody, které znělo: „Dohoňme Ameriku během tří let!“ [9]

Základem výrobního systému TPS se staly dva pilíře:

- **JIT (just-in-time)** neboli výroba/dodávky právě včas
- **JIDOKA (autonomation)** neboli automatizace s lidskou inteligencí.[9]

## Toyota Production System



*Obr. 2-2 Schéma TPS[8]*

## 2.2 PRINCIPY A NÁSTROJE ŠTÍHLÉ VÝROBY

### 2.2.1 JIT (JUST-IN-TIME)

Just-in-time (v překladu do češtiny: právě včas) je filozofie, jejímž hlavním principem je eliminace všech druhů ztrát v průběhu celého výrobního procesu od nákupu materiálu a surovin až po distribuci hotových výrobků. Tento princip při správné implementaci přesahuje hranice podniku a zahrnuje i jeho okolí (zejména dodavatele). Just-in-time znamená vyrábět správný výrobek ve správném množství v požadované kvalitě a čase.[10]

JIT je založen na těchto principech:

- Plánování a výroba na objednávku
- Výroba v malých dávkách
- Eliminace ztrát
- Plynulé materiálové toky
- Zabezpečení kvality výroby
- Respektování pracovníků
- Eliminace vysokých zásob a nadbytečných pracovníků
- Udržování jasné a dlouhodobé strategie [10]

Uplatnění systému Just-in-Time je hlavně v diskrétní výrobě (např. automobilový průmysl). Jedním ze základních principů této koncepce je princip tahu, reprezentovaný metodou Kanban. Znamená to, že všechny základní činnosti jsou vykonávány přesně tehdy, kdy to odpovídá požadavkům odvozeným od parametrů objednávek. Když se tento princip uplatní na všech operacích výrobního procesu, vzniká nová logika organizace materiálového toku. [11]



### 2.2.2 JIDOKA

Jidoka označuje koncept, který je postaven na autonomnosti pracoviště. Vychází z faktu, že sledování chodu obsluhou stroje nezvyšuje hodnotu výrobku, ale zvyšuje náklady a snižuje produktivitu. Jidoka je založena na tom, že stroje jsou vybaveny takovými funkcemi, které umožní, že obsluha nemusí kontrolovat pasivně chod stroje. Těmito funkcemi se rozumí to, že je stroj schopen sám zastavit svůj chod při výskytu problému a dát signál obsluze. Označení Jidoka tedy zahrnuje opatření, kterým je stroj schopný rozhodovat o průběhu operace. Mezi technická řešení, která se velmi často využívají, patří např. instalace dotykových spínačů pro rozpoznání chybějícího materiálu, počítačů pro odpočítávání dávek apod.[12]

Principy konceptu Jidoka:

- Zviditelňování problémů
- Automatický stop linky
- Andon – signalizační zařízení
- Oddělení lidí od strojů
- Chybuvzdornost
- Řízení kvality na pracovišti
- Řešení klíčových příčin problémů [8]

### 2.2.3 ELIMINACE PLÝTVÁNÍ

Za plýtvání můžeme označit všechny činnosti, které jsou prováděny při výrobním procesu produktu a nepřidávají k němu hodnotu. Při odhalování plýtvání je potřeba si uvědomit, že jsou hledány problémy a jejich příčiny, nikoli viníci, které bychom měli trestat. Eliminace plýtvání vede k růstu produktivity podniku a ke snížení nákladů. [13]

Při identifikaci plýtvání rozlišujeme osm základních druhů:

- **Nadprodukce**  
Nadprodukce je považována za nejhorší ze všech druhů plýtvání. Nadvýroba je někdy vnímána jako bezpečnostní polštář, ale nejde o nic jiného než o tlačení zásob hotových produktů před sebou. Je nutné si uvědomit, že nadprodukce v jakékoliv formě pohlcuje další zdroje jako lidi, materiál, sklad a činnosti. Typickou příčinou nadprodukce je špatné plánování a nepřehlednost výrobního procesu. Tento problém značí, že podnik vyrábí příliš mnoho nebo příliš brzy.
- **Čekání**  
Čekání na pracovníky, materiál, součástky, dokončení cyklu stroje či informace je plýtvání. Čekání lze eliminovat například zavedením toku jednoho kusu.
- **Zásoba**  
Vysoké zásoby materiálu, součástek a polotovarů, které přesahují minimální úroveň potřebnou k bezproblémovému chodu výrobního procesu lze označit za plýtvání. Zásoby v sobě vážou kapitál a vyžadují prostor, který se může využít efektivněji. K eliminaci toho problému vede zavedení systému tahu.

- **Zmetky**  
Chyby ve výrobě, které vedou k nutnosti oprav nebo úplnému vyřazení dílů představují pro firmu vysoké náklady v podobě dodatečných mzdových nákladů, nákladů za energie, opotřebení strojů a nástrojů, dodatečné kontroly, atd. Nulové zmetkovitosti nelze dosáhnout, ale je třeba zmetky odhalit co možná nejdříve a chybám předcházet. Nejhorším případem je, když je vada odhalena až u koncového zákazníka.
- **Zbytečné pohyby**  
Zbytečné pohyby (úkony, které nejsou nutné k přidání hodnoty k produktu) jsou další formou plýtvání. Příkladem těchto pohybů, je například hledání pracovních pomůcek nebo dokumentace, zbytečné a několikanásobné přemísťování materiálu, nutnost chodit pro součástky do vzdálených skladů, atd. Příčinou mohou být nevhodně navržené layouty pracovišť, nevyřešená ergonomie pracovišť, špatný způsob zásobování montáže součástkami, atd.
- **Přeprava**  
Tímto typem plýtvání je myšlen jakýkoli transport (hmotných věcí či informací), vzdálenější a komplikovanější než je nezbytně nutné. Jedná se o opakované přemísťování materiálu, zbytečně dlouhé trasy transportu, atd. Tyto problémy lze redukovat správně navrženým layoutem, rozmístěním skladů a zavedením tahového systému výroby.
- **Nadpráce**  
Zpracování věcí, které si zákazník nepřeje a není ochoten za ně zaplatit (např. na výrobku je vykonávána operace, o kterou zákazník nemá zájem; je požadována zbytečně vysoká jakost výrobků; zákazníkovi jsou podávány informace, o které nestojí nebo je nepotřebuje; zbytečné zprávy, reporty, statistiky, které nejsou využity; jinak vykonávaný pracovní postup než stanovuje standard; duplicitní operace, atd.). Řešení je možné analýzou standardizací procesů.
- **Nevyužitý potenciál pracovníků**  
Lidské zdroje a jejich potenciál nejsou firmou řádně využity s ohledem na nabízené schopnosti, dovednosti a zručnosti. Přidaná hodnota by mohla být realizována za kratší čas. Tento druh plýtvání mohou ovlivnit především vedoucí pracovníci pomocí motivace, týmové práce a vzdělávání. [13]

### 2.2.4 5S

Metoda 5S je souhrn pěti základních kroků, které vedou k odstranění plýtvání na pracovišti a je základním elementem každého štíhlého systému. Metoda byla vyvinuta v Japonsku a její název je odvozen od počátečních písmen názvů jejích kroků: Seiri (Separovat), Seiton (Systematizovat), Seiso (Stále čistit), Seiketsu (Standardizovat) a Shitsukue (Sebedisciplína). [14]

Štíhlé pracoviště je takové pracoviště, na kterém se nachází pouze to, co je potřebné, a na místech, která jsou k tomu určena. Nebo-li pracovišti se nacházejí pouze ty předměty, které přidávají hodnotu výslednému produktu. Jde tedy hlavně o odstranění nepotřebných předmětů z pracoviště, udržování pořádku na pracovišti a standardizaci uspořádání a organizace pracoviště. Důležité je, aby pracoviště bylo rovněž uspořádáno podle požadavků pracovníků.[14]

### Základní charakteristiky štíhlého pracoviště:

Na pracovišti jsou jasně vyznačeny přístupové cesty, pracovní oblast a prostor pro materiál. Pracoviště by mělo být čisté a mít definovány své vlastní ukazatele, které jsou vizualizovány na tabuli pracoviště.[14]



Obr. 2-3 Kroky 5S[14]

## REALIZACE METODY 5S

### 1. Krok – Vytřídit, separovat - seiri

Cílem tohoto kroku je oddělit položky, které:

- musí být na pracovišti,
- mohou být odstraněny (hledáme alternativní skladovací místo),
- musí být odstraněny.

Při třídění a umístění položek využíváme klasifikaci dle Pareta:

- A – denně používané,
- B – týdně anebo měsíčně,
- C – výjimečné použití.[14]

### 2. Krok – Vizualizovat, systematizovat - seiton

Účelem druhého kroku je najít místo pro uložení položek, které jsme vytřídili v prvním kroku. Každá položka musí být uspořádána tak, že každý ji může snadno vzít, použít a vrátit na své místo.

Místo pro položky určujeme z hlediska ergonomie pohybů a frekvence používání (často a občas používané). Danému místu stanovíme kapacitu a vizuálně jej označíme tak, aby bylo ihned zřejmé, zda je daný předmět na správném místě a ve správném množství.[14]

### 3. Krok – Čistit, stále čistit, seiso

V tomto kroku definujeme oblasti, které je potřebné v rámci teritoria pracoviště čistit.

Rozdělíme teritorium týmu na jednotlivé oblasti, kterým definujeme:

- Co je třeba čistit?
- Kdo bude tuto činnost vykonávat?
- Kdy a jak často?
- Jaké prostředky k tomu budeme potřebovat?

Při čištění bychom měli vyhledávat také zdroj znečištění a pracovat na jeho odstranění. V rámci čištění probíhá i kontrola poškozených nebo nefunkčních součástí.[14]

### 4. Krok – Standardizovat - seiketsu

Účelem tohoto kroku je vytvoření a dodržování standardu pracoviště tak, aby se zabránilo nedbalostem. Každý by měl rychle stanovit operační podmínky a určit odchylky (zda je pracoviště v souladu se standardem).[14]

### 5. Krok – Zlepšovat, sebedisciplinovanost - shitsuke

Účelem pátého kroku je zlepšovat současný stav. Uskutečňují se pravidelné audity a realizují se doplňující školení. U pracovníků pěstujeme smysl pro pořádek, přesnost a preciznost. [14]



Obr. 2-4 Ukázka pracoviště, na kterém je prováděna metoda 5S[15]

### 2.2.5 VIZUÁLNÍ MANAGEMENT – VIZUÁLNÍ PRACOVÍŠTĚ

Vizuální management je nástroj, který zabezpečuje efektivní výměnu a sdílení důležitých informací. Má za úkol zviditelnění všech metod, součástí, výrobních činností a měřených parametrů (výsledků) výrobního systému takovým způsobem, aby se stav věcí dal kýmkoliv okamžitě pochopit. [16][17]

**Vizuální pracoviště** je takové, které je jasně uspořádané, řízené, organizované a všechny procesy jsou popsány a definovány. Vizuální pracoviště dosahuje své autonomie díky standardům, ukazatelům a vizuálnímu řízení. To vše napomáhá odhalovat nestandardní odchylky a abnormality každému pracovníkovi.[18]

Vizualizací lze:

- Řídit a plánovat zakázky
- Informovat o dosahovaných výsledcích
- Standardizovat postupy a zjednodušit zaškolení
- Zlepšit organizaci práce
- Definovat potřebnou výrobní plochu
- Snížit chybovost v procesu[18]

Prvky vizuálního managementu:

- Standardy vykonávané činnosti
- Technologické postupy
- Standardy úklidu a čištění
- Kontrolní karty
- Podlahové značení, layouty
- Označení nekvality, vstupu a výstupu materiálu
- Nástěnky, tabule, monitory

### 2.2.6 KAIZEN

Metoda Kaizen je systém pro soustavné zlepšování. Stejně jako mnoho dalších nástrojů štíhlé výroby i tento pochází z Japonska. Název je složeninou dvou slov KAI – změna a ZEN – dobrý, což v souhrnu znamená změna k lepšímu. Kaizen je jednou z cest vedoucí ke změně myšlení lidí a tím i ke změně firemní kultury. Pracovníci všech úrovní v podniku jsou pobízeni k aktivnímu zapojení do objevování problémů a jejich řešení. To vede ke zvýšení kvality a eliminaci plýtvání a tím ke zvyšování produktivity. Velmi důležitým aspektem pro úspěšnost tohoto nástroje spočívá ve vedení firmy. Vedení musí vytvořit pravidla pro sběr podnětů, jejich posouzení a vyhodnocení a především pro motivaci pracovníků, která je klíčem pro úspěch metody Kaizen.[19]

*„Kaizen je poselství na zlepšení. Kaizen vychází z poznatku, že neexistuje závod bez problémů. Kaizen řeší problémy zavedení podnikové kultury, ve které každý může beztrestně přiznat přítomnost problémů.“*

Masaaki Imai, tvůrce průkopník Kaizenu

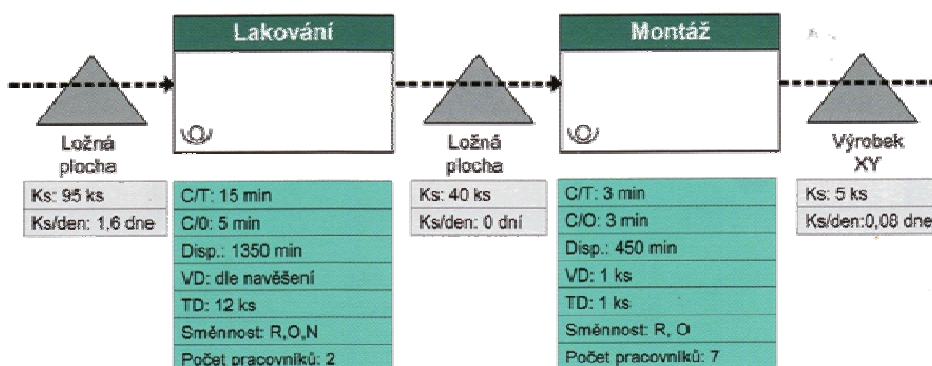
## 2.2.7 VALUE STREAM MAPPING (VSM)

Value stream mapping, v překladu mapování hodnotového toku je analytický nástroj pro mapování hodnotového toku ve výrobních i administrativních procesech. Tento grafický nástroj vycházející z konceptu štíhlé výroby nám znázorňuje obraz současného stavu procesů, díky kterému jsme schopni odkrýt veškeré abnormality vznikající při realizaci produktu. Hodnotový tok představuje zaměření se nejen na materiálové toky, ale také na toky informační. Výstupem tohoto nástroje je ucelený pohled na hodnotový tok vytipovaného výrobku. Při mapování daného výrobku v gembě (přímo ve výrobě, na pracovišti) odhalíme možné ztráty, úzké místo a důvody neefektivního toku v procesech, na pracovišti, v systému či skladech. Mapa toku hodnot je nástrojem vizuálním, mnohdy slouží k hlubšímu pochopení celého toku produktu skrz výrobou s návazností na systém řízení a plánování výroby, kapacitu průtoku procesy a výši zásob s ohledem na požadavek zákazníka. Cílem mapování toku hodnot je navrhnout budoucí "ideální" stav tvorby produktu bez plýtvání.[27]

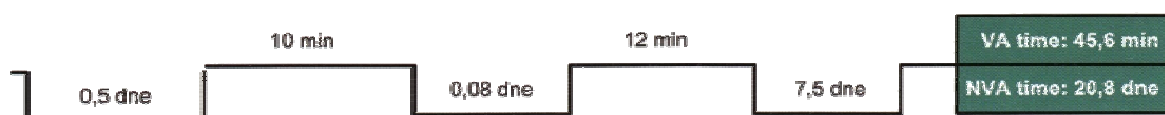
Pojem „hodnota“ je definován jako to, za co je zákazník ochoten zaplatit. Hodnotový management hodnotu definuje jako poměr mezi užitnými vlastnostmi produktu (užitkem pro zákazníka) a náklady. Z toho vyplývá, že pokud zároveň se zvyšováním nákladů neroste užitek pro zákazníka, hodnota se zmenšuje.[20]

Hodnotovým tokem rozumíme souhrn všech aktivit v procesech, které umožňují vlastní transformaci materiálu na konkrétní zboží, jež má hodnotu pro zákazníka. Do hodnotového toku ve výrobním podniku jsou tedy zahrnuty jak aktivity, které výrobku přidávají hodnotu, tak i ty, které hodnotu nepřidávají. Patří sem např.:

- Zpracování nabídek a návrhu
- Zpracování konstrukční a technologické dokumentace
- Komunikace v dodavatelském řetězci
- Transport materiálu
- Výrobní plánování
- Činnosti, ve kterých se transformují informace
- Výrobní operace, ve kterých se transformuje materiál
- Fakturace a provedení finančních operací, apod.[20]



Obr. 2-5Znázornění materiálové toku ve VSM[28]



Obr. 2-6 VA-linka[28]

**Hlavní výstupy mapování:**

**VA index (value-added index)**

Index přidané hodnoty udává poměr celkové doby výroby, za kterou je produktu přidávána hodnota k celkové době, po kterou produkt vzniká.[27]

$$VA\ index = \frac{doba, kdy\ je\ produktu\ přidávána\ hodnota}{celková\ průběžná\ doba\ výroby\ produktu} \quad (1)$$

**PDV – průběžná doba výroby, lead time**

Čas, kdy jsou na produktu realizovány takové aktivity, které zapříčiní přeměnu produktu do stavu vycházejícího z požadavku zákazníka a ten je za ně ochoten zaplatit. Jedná se především o změnu fyzických, chemických či jiných vlastností výrobku

**Nepřidaná hodnota – NVA tiem, non value added**

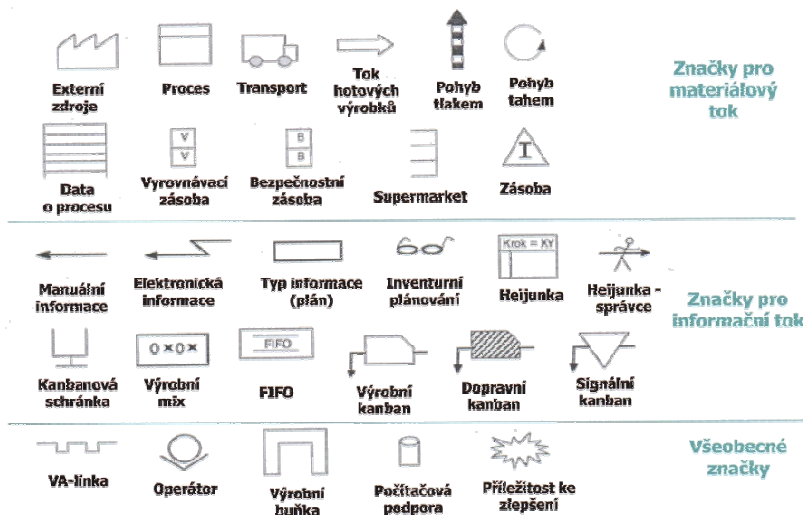
Čas, který je potřebný při tvorbě daného produktu, ale náklady na jeho realizaci zákazník neplatí. Např. manipulace, technologické přestávky, kontrola, měření, apod.

**Výše zásob**

Zásob surovin, rozpracované výroby a hotových výrobků přepočítaných na požadavek zákazníka.

**Vizuální nástroj**

Výsledná mapa slouží jako komplexní pohled na výrobní procesy i s jejich parametry (cyklové časy, časy na přetypování, směnnost, počty pracovníků v procesu, vzdálenost, apod.), informační toky zaměřené na zmapování způsobu zjišťování a zadávání požadavku zákazníka do systému, systém plánování a řízení výroby a způsob objednávání vstupních surovin.[27]



Obr. 2-7Základní značky pro mapování hodnot[28]

### 2.2.8 KANBAN

Jedná se o tahový systém řízení výroby. Slovo kanban v přímém překladu z japonštiny znamená oznamovací kartu, štítek, či v širším významu přímo informaci. Základní myšlenka systému Kanban je založena na aplikaci zásad organizace činností amerických supermarketů ve výrobě:

- zákazník si z regálu vezme požadované zboží
- u pokladny jsou ze zboží sejmuty dopravní karty a položeny do skříňky
- dopravní karty jsou poslány do skladu
- poté, co je ze skladu odebráno zboží potřebné pro naplnění regálů, jsou dopravní karty vyměněny za karty výrobní, které se nacházely na zboží
- výrobní karty jsou shromažďovány ve schránce
- zboží je nyní dovezeno do supermarketu a s dopravními kartami postaveno do regálů
- výrobní karty jsou dodány zpět do továrny, kde se nyní vyrobí přesně množství stanovené pomocí výrobních karet
- když je výroba ukončena, jsou na nově vyrobeném zboží umístěny výrobní karty
- zboží je dáno do skladu, cyklus se uzavře[21]

Nejpodstatnější prvky systému Kanban jsou:

- samořídící regulační okruh mezi místem vyrábějícím a místem spotřeby,
- princip "vzít si" pro následující spotřebitelský stupeň na místo všeobecného principu "přines",
- flexibilní nasazení lidí a výrobních prostředků,
- přenesení krátkodobých řídicích funkcí na provádějící pracovníky,
- použití karty KANBAN jako nosiče informací.[3]

Ve srovnání s tradičním dílenským řízením, kdy zakázky mají předem daný termín a množství, probíhá rozdělení dílenských zakázek na aktuální potřebu a aktuální zásobu. KANBAN karty jsou použity specificky mezi zdrojem a spotřebičem, to znamená mezi dvěma stupni výroby, např. výrobou a montáží apod. Při uplatnění řízení výroby podle systému KANBAN se nemusí nutně používat doklady, ale můžeme používat i jiné signály (optické, zvukové), případně počítačovou podporu. Pro zavedení tohoto systému je nutné splnit následující předpoklady:

- harmonizace výrobního programu,
- dílenská organizace orientovaná na materiálový tok,
- vysoká pohotovost a malé prostroje výrobních zařízení,
- nízké procento zmetků,
- vysoká motivace a kvalifikace pracovníků[3]

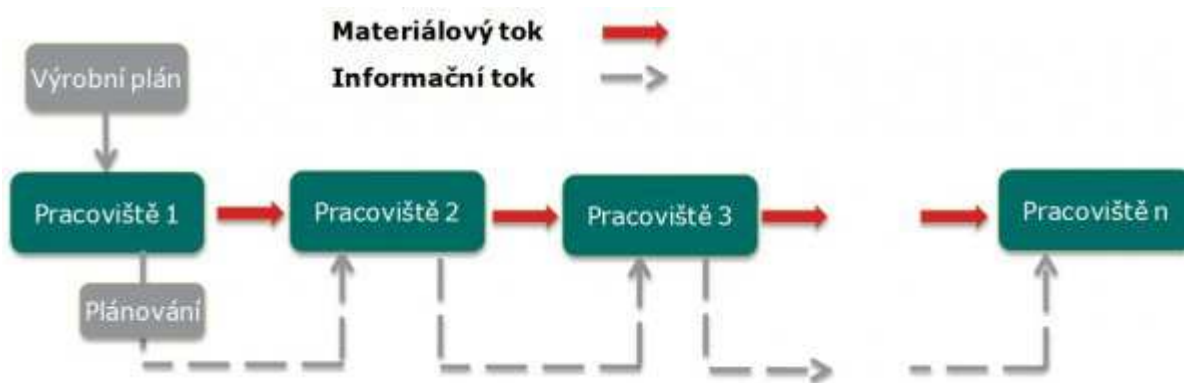
Prostředky využívané v kanbanu:

- Kanban karta – reprezentuje objednávku pro interního nebo externího odběratele. Využívá se na přenos informací.
- Kanban tabule – místo, kde interní dodavatel přebírá informaci o požadavcích interního odběratele. Je základním vizuálním prvkem.
- Kanban schránka – slouží na odkládání kanban karet, kde odběratel vloží své požadavky.[22]

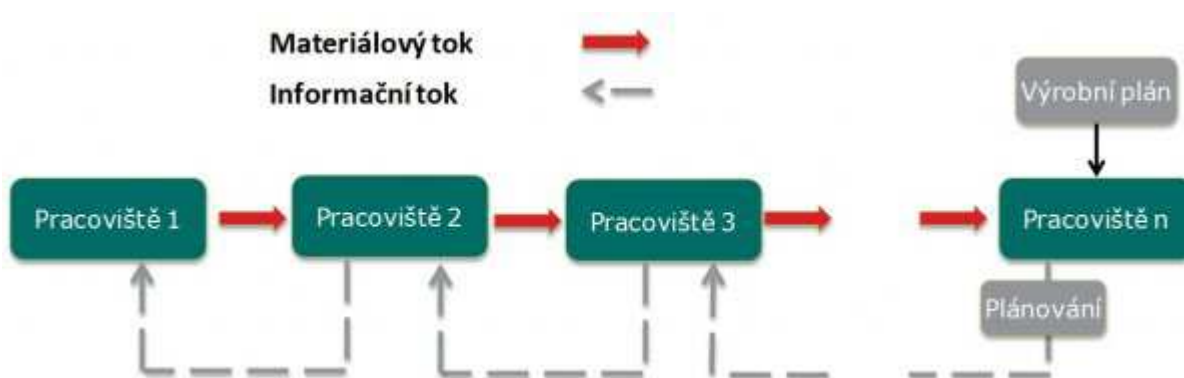


Základní pravidla systému řízení kanban

1. Následující proces musí odebírat dílce z předcházejícího procesu podle dispozic a údajů příslušné kanban karty (typ, množství...). Přidělování výroby dílců bez Kanban karty je nepřípustné – vyrábět se může jen to, co povoluje kanban karta.
2. Výroba jiného množství součástek, než je uvedeno na kanban kartě, je nepřípustná.
3. Převzetí nekvalitní práce z předcházející operace na operaci následující je nepřípustné.
4. Palety s dílci mohou být skladovány a přepravovány pouze společně s kanban kartami.
5. Množství kanban karet v oběhu musí být v souladu s potřebami finální montáže a musí být minimální (tendence postupného snižování počtu karet spolu s realizací trvalého zlepšování procesů a odstranění plýtvání).[23]



Obr. 2-8 Tlakový systém řízení výroby[24]



Obr. 2-9 Tahový systém řízení výroby (Kanban)[24]

### 3 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI EDWARDS

Společnost Edwards je světový leader ve výrobě a vývoji vakuové techniky s velmi širokou škálou uplatnění. Její produkty jsou nezbytné pro výrobu polovodičů, plochých displejů, LED technologie, solárních panelů, atd. Využití nachází ve velmi rozličných odvětvích, jako je energetický, sklářský, chemický a farmaceutický průmysl, povlakování a lakování, hutnictví, ale jsou také nepostradatelné v oblasti vědy a výzkumu.



Obr. 3-1 Logo společnosti Edwards [25]

#### 3.1 HISTORIE A SOUČASNOST SPOLEČNOSTI EDWARDS

Společnost Edwards založil v roce 1919 Frank D. Edwards v Londýně jako obchodní firmu, která se zabývala dovozem vakuové techniky do Anglie. Vlastní výrobu vakuového zařízení firma zahájila v roce 1939. V roce 1953 Edwards přesouvá svou výrobu i vedení do Crowley v Sussexu, kde sídlí dodnes. V roce 1968 byla společnost Edwards koupena britským plynovým gigantom BOC. Tento krok byl předzvěstí pro mezinárodní expanzi společnosti.

V současnosti (od 9. ledna 2014) je jediným vlastníkem firmy Edwards Limited a tedy i konečnou mateřskou společností Atlas Copco AB se sídlem ve Švédském království.

Společnost Edwards Limited zaměstnává asi 3300 lidí ve více než třiceti zemích světa. Svě hlavní výrobní závody má situovány ve Velké Británii, České Republice, Jižní Koreji a Japonsku, tak aby efektivně pokryly místní poptávku. Mezi více než 20 000 zákazníky figurují nejvýznamnější a nejuspěšnější značky, které jsou jedničkami ve svém oboru (např.: ABB, Samsung, LG, IBM, atd.).



Obr. 3-2 Zákazníci společnosti Edwards[8]

## 3.2 EDWARDS V LUTÍNĚ

### 3.2.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Obchodní jméno:	Edwards, s.r.o
Sídlo společnosti:	Jana Sigmunda 300, 783 49 Lutín, okres Olomouc
IČO:	264 614 98
Jediný společník:	Edwards Limited, Manor Royal, Crawley, West Sussex RH10 9 LW, Spojené království Velké Británie a Severního Irska
Mateřská společnost:	Atlas Copco AB, Švédské království
Základní kapitál:	300 200 000 Kč
Datum vzniku:	25. června 2001
Předmět podnikání:	Výroba tlakových a vakuových zařízení, včetně příslušných součástí
Počet zaměstnanců:	465
Rozloha:	12 813 m <sup>2</sup>
Tržby za rok 2013:	4 238 mil. Kč
Zisk za rok 2013:	274 mil. Kč
Počet vyrobených vývěv za rok 2013:	50746 ks

### 3.2.2 PROFIL SPOLEČNOSTI

Edwards, s.r.o je jedním ze čtyř hlavních výrobních závodů společnosti Edwards Limited. Od svého vzniku v roce 2001, kdy měla asi 80 zaměstnanců a jednalo se o montážní podnik, prošla výrazným vývojem. Postupně byla do Lutína přesunuta velká část výroby z Francie, Velké Británie a USA. V roce 2011 pak došlo k výraznému rozšíření závodu, kdy byla postavena nová výrobní hala, sklady a administrativní budova. Toto rozšíření bylo následkem dalšího přesunutí výroby některých produktů z Anglie do Lutína. Vzniklo zde také výzkumné a vývojové centrum, ve kterém se inovují starší typy vakuových pump a vyvíjí nové.

Továrna v Lutíně je vybavena nejmodernějším zařízením, včetně více než 70-ti vysoce přesných obráběcích center s přesností 10 µm. Je hlavním výrobním závodem zejména pro vysokorychlostní rotační turbo pumpy, suché spirálové vývěvy, průmyslové a vědecké vývěvy (viz. výrobní portfolio níže).



*Obr. 3-3 Vizualizace závodu[8]*

### 3.2.3 CÍLE A STRATEGIE SPOLEČNOSTI

Hlavním cílem společnosti Edwards s.r.o je výroba vakuové technologie pro mateřskou společnost.

#### Strategické cíle společnosti

- Štíhlá výroba
- Vysoká kvalita
- Trvalé zlepšování procesů
- Dobré dodavatelské vztahy
- Tvorba přidané hodnoty pro zákazníky
- Vyhledávaný zaměstnavatel se špičkovými zaměstnanci

#### Hlavní priority společnosti

1. Bezpečnost a ochrana životního prostředí
2. Kvalita
3. Dodávka
4. Náklady

Velký důraz firma klade na podnikovou kulturu a otevřenost v komunikaci se zaměstnanci. Firma má vlastní etický kodex a komunikace napříč podnikem probíhá tykací formou. V rámci péče o své zaměstnance považuje firma za svou hlavní prioritu bezpečnost práce, která je zde na prvním místě. Tato koncepce nese výsledky v podobě více jak jedenácti let bez pracovního úrazu, který by způsobil pracovní neschopnost, což není v České republice úplně obvyklé.

Společnost Edwards Limited a tedy i její dceřiná společnost v ČR Edwards s.r.o se snaží také myslet na ochranu životního prostředí. V souladu s touto politikou si stanovila tzv. Zelené cíle: snižování uhlíkové stopy zákazníků Edwards prostřednictvím používání jejich výrobků, minimalizace skleníkových plynů a spotřeby vody při výrobě a provozu výrobků Edwards, redukce výrobního odpadu a jeho efektivní recyklace.

### 3.2.4 VÝROBNÍ PORTFOLIO

Společnost Edwards s.r.o vyrábí a prodává vakuové vývěvy a tlaková čerpadla s širokým záběrem aplikací, např. v oblasti elektroprůmyslu, strojírenství, chemického a farmaceutického průmyslu, ale taky v oblasti vědy a výzkumu.

#### Výrobky pro průmyslové aplikace

#### **Velké olejové rotační lamelové a pístové vývěvy – řada E2M, Microvac Stokes**

Příklad použití: výroba biopaliv, Li-Ion baterií



*Obr. 3-4 Olejové rotační lamelové vývěvy řady E2M [8]*

#### **Suché šroubové vývěvy – řady IDX, GXS, CXS, CDX, EDP, GV, CPH**

Příklad použití: výroba Li-Ion baterií, široké využití v chemickém a petrochemickém průmyslu, výroba polovodičových součástek



*Obr. 3-5 Suché šroubové vývěvy GXS a GV 260 [8]*

### Mechanické boostery – řady EH a HV



*Obr. 3-6 Mechanický booster EH [8]*

### Rekupační – EPX

Příklad použití: výroba mikroelektronických zařízení, polovodičů, LCD displejů, povlakování



*Obr. 3-7 Vývěva EPX[8]*

**Výrobky pro vědecké aplikace**

**Malé olejové rotační lamelové vývěvy – řady EV a EM**



*Obr. 3-8 Olejové rotační vývěvy EM[8]*

**Suché spirálové vývěvy – řady XDS a nXDS**



*Obr. 3-9 Suchá vývěva nXDS20i[8]*

**Turbomolekulární vývěvy – řady EXT a nEXT**



*Obr. 3-10 Turbomolekulární vývěvy nEXT[8]*

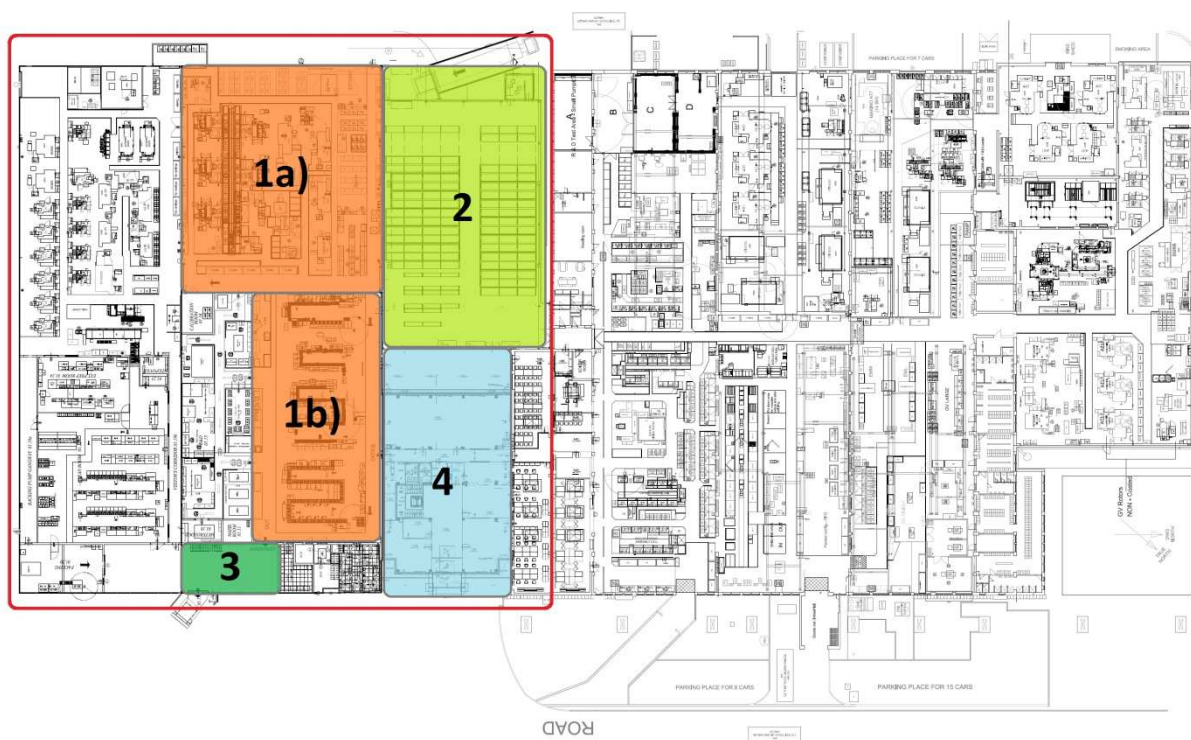
## 4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

### 4.1 PŘEDSTAVENÍ ŘEŠENÉHO PRACOVISTĚ

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout standardy materiálového toku pro obráběné díly ve výrobní hale 2A společnosti Edwards s.r.o v Lutíně. Jedná se o jednu z celkem pěti výrobních částí závodu, která se nachází v „nových“ prostorech firmy, otevřených v roce 2011. V této hale se nachází výroba a zejména montáž tří produktových skupin, konkrétně EPX, XDS a nXDS (viz. výše).

Halu můžeme rozdělit do dvou hlavních částí:

1. Machining – část strojního obrábění
2. Assembly area – montážní linky



Obr. 4-1 Layout závodu Edwards

Červeně vyznačeno - nová část otevřená v roce 2011; 1 – řešené pracoviště a) machining, b) assembly area; 2 – přijímací sklad; 3 – výstupní sklad (expedice); 4 – administrativní budova [8]

#### 4.1.1 STROJNÍ VYBAVENÍ MACHININGU

Oblast machiningu je vybavena moderní obráběcí, čistící a měřicí technikou. Dominantou je automatizované obráběcí centrum Fastems, které je osazeno pěti horizontálními obráběcími centry Makino A71. Jedná se o vysokorychlostní obráběcí centrum určené pro velkoobjemové obrábění litin a lehkých slitin. Dalšími obráběcími stroji v této oblasti jsou tři CNC soustruhy



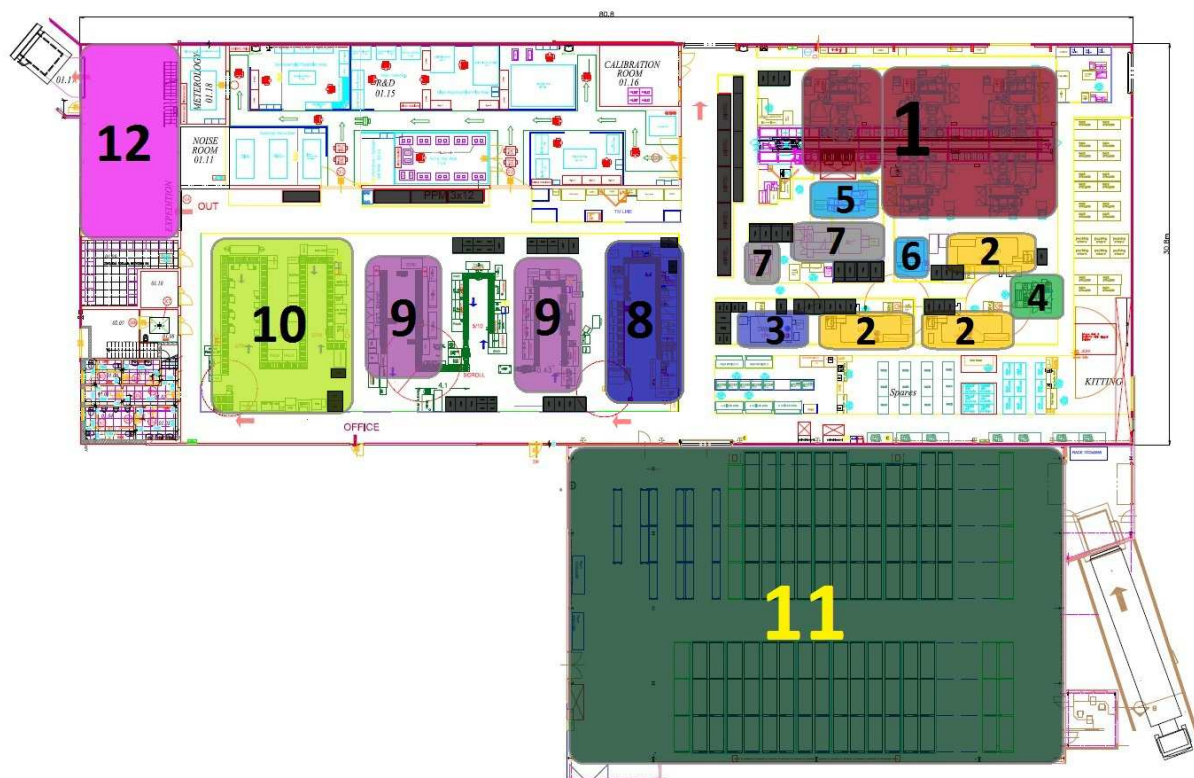
OKUMA LU 25 M a jeden CNC soustruh Mori Seiki NL 300. Pro broušení se používá CNC bruska Matsuura.

Nezbytnou součástí výrobního procesu je důkladné očištění obráběných dílů, k tomu slouží ultrazvuková pračka FINNSONIC a čistící stroj MecWash Solo. V průběhu obrábění a na jeho konci musí všechny díly projít důkladnou kontrolou rozměrů, k tomu jsou určeny souřadnicové měřicí stroje Zeiss.



Obr. 4-2 Makino a71 a Mori Seiki NL 300[8]

### Layout haly 2A a rozmístění pracovišť



Obr. 4-3 Layout haly[8]

1 – Fastems; 2 – Okuma; 3 – Mori Seiki; 4 – Matsuura, 5 – Finnsonic; 6 – MecWash; 7 – CMM Zeiss; 8 – Linka nXDS; 9 – Linka XDS; 10 – Linka EPX ; 11 – Vstupní sklad materiálu; 12 – Výstupní sklad materiálu (Expedice); Tmavě zvýrazněné plochy – příruční sklady a plochy určené ke skladu materiálu v průběhu výroby

#### 4.1.2 POUŽÍVANÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

Firma Edwards s.r.o využívá celou řadu metod průmyslového inženýrství, ne všechny jsou ale používány správně. Některé jsou využívány jen z části, nedůsledně nebo nedokonale.

##### Metoda 5S (6S)

Tato metoda je jednou ze základních metod průmyslového inženýrství, pro svou nenáročnost a jednoduchost je velmi populární. V Edwards je vyžadována a aplikována ve všech jejích procesech. K běžným pěti krokům metody 5S je přidán další krok, kterým je pro firmu velice důležitá bezpečnost (Safety). Tímto se dá hovořit o metodě 6S. Ve firmě Edwards slouží tato metoda také jako hodnotící a motivující faktor pro zaměstnance, kteří jsou za svá pracoviště odpovědní. Jednou za měsíc probíhá audit standardů, kde se hodnotí aktuální úroveň metody. Výsledky tohoto hodnocení mají vliv na odměny zaměstnanců.

Tab. 4-1 Metodika 5S v Edwards[8]

S1	S2	S3	S4	S5	S6
<b>Odstranění nepotřebného Sort</b>	<b>Organizace Set in order</b>	<b>Úklid a čištění Shine</b>	<b>Standardizace Standardize</b>	<b>Sebedisciplína Sustain</b>	<b>Bezpečnost Safety</b>
Odstranění všech nepotřebných předmětů z pracovního místa	Uspořádání potřebných věcí tak, aby byla snadno použitelná a jejich označení tak, aby byla snadno k nalezení	Ujištění, že vše v závodě zůstává čisté	Metodologie pro udržování S1, S2 a S3 a jejich zavedení do denní praxe	Vytvoření disciplíny a podmínek pro udržování S4	Předcházení nebezpečí při práci, eliminace úrazů

##### Vizuální management – vizuální pracoviště

Vizuální management je hojně využíván v celé firmě a jeho použití lze hodnotit jako velmi dobře aplikované a zvládnuté.

Ve výrobě je používán následujícím způsobem. Jednotlivá pracoviště, skladové prostory, umístění pro materiál a komponenty ve výrobní lince a další zóny jsou viditelně označeny příslušným názvem nebo značkou a jednoznačně odděleny barevným značením na podlaze. U jednotlivých sektorů jsou využívány informační tabule a nástěnky, na kterých se zveřejňují organizační informace, statistiky o kvalitě a efektivitě a vyhodnocení ostatních metod průmyslového inženýrství. Na montážních linkách a u kontrolních pracovišť jsou umístěny obrázkové pracovní postupy s komentářem. Každá montážní linka má také svůj vlastní LCD monitor, na kterém se zobrazuje aktuální stav hotových výrobků vzhledem k dennímu plánu a efektivita konkrétní montážní linky.



Obr. 4-4 Ukázka vizuálního managementu v Edwards[8]

### SOP – standardní pracovní postupy

Pro každý výrobek je vytvořen standardizovaný postup – SOP. Jedná se o dokument, ve kterém je popsán a graficky znázorněn správný postup výroby po jednotlivých krocích. Součástí SOP jsou i řešení problémů, které mohou nastat a také pokyny k bezpečnosti práce pro jednotlivé operace. Tyto dokumenty jsou vytvořeny jak pro výrobu jednotlivých komponentů, tak i pro montáž kompletního výrobku na montážní lince. Tam jsou také nejdůležitější části SOP vystaveny, jak již bylo zmíněno v odstavci o vizuálním managementu. SOP je přínosné zejména při zaškolování nových operátorů. Slouží především k eliminaci chyb sjednocení postupů a výkonu produkce. Bohužel se aplikaci této metody v Edwards dají vytknout některé nedostatky, zejména to, že část těchto dokumentů je pouze v anglickém jazyce, což pro některé operátory znamená problém. Na jejich odstranění se ale ve firmě neustále pracuje.

### Lean layout

Lean layout neboli štíhlé uspořádání pracoviště, je definován jako prostorově úsporné pracoviště s plynulými hodnotovými toky a omezením prvků plýtvání. Ve firmě Edwards je velká snaha o uspořádání pracovišť v tomto duchu. Zejména montážní linky jsou zařízeny způsobem splňujícím principy Štíhlého layoutu, kterými jsou např.: vizualizace pracoviště, 5S, uspořádání linky do tvaru U, zásobování linky ze zadu pomocí skluzových regálů, one piece flow (tok jednoho kusu), ergonomie pracoviště, umístění nástrojů a pomůcek na přesném místě a v dosahu operátora atd.

Ve výrobní části haly (machining) je také snaha o co nejlepší a úsporné uspořádání, ale vzhledem k tomu, že se zde obrábí díly s rozdílnými technologickými postupy, jsou tyto možnosti omezené. I přesto se neustále pracuje na optimalizaci tohoto uspořádání.

## Kanban

Kanban je ve firmě zaveden pouze částečně. Formou elektronického kanbanu jsou řešeny dodávky materiálu od dodavatelů do hlavního skladu a zásobování montážních linek nakupovanými díly. Na komponenty vyráběné přímo v závodě není kanban dosud úspěšně aplikován. Tyto díly se vyrábí na základě týdenních plánů, které jsou vytvořeny ze čtyřměsíčních forecastů. Vznikají proto zbytečné zásoby ve výrobě, které způsobují plýtvání.

## Kaizen

Kaizen, neboli neustálý proces zlepšování je ve firmě zaveden a podporován. Zaměstnanci jsou motivováni k návrhům na zlepšování procesů ve výrobě, zvyšování efektivity práce a bezpečnosti. Každý zaměstnanec může navrhnout zlepšení, které je následně vyhodnoceno z hlediska použitelnosti, přínosu a úspor. Dle tohoto je zaměstnanec finančně odměněn částkou v rozsahu 200 až 500 Kč za jeden Kaizen (zlepšení). Každý realizovaný Kaizen je pro další motivaci zobrazen na nástěnkách (viz. Kromě zlepšování procesů „ze spodu“ od operátorů se firma samozřejmě neustále snaží o cílené vylepšování procesů z řad manažerských pracovníků.



Obr. 4-5 Ukázka vizualizace kaizenu [8]

## Six Sigma

Six Sigma je komplexní metoda řízení a podobně jako Lean je označována spíše jako filosofie, kterou musí podnik přijmout. Je zaměřená na neustálé průběžné zlepšování (inovace) organizace pomocí porozumění potřeb zákazníků, pomocí analýzy procesů a standardizace metod měření. [26]

Ve firmě Edwards je metoda Six sigma zaměřena především na řízení jakosti produktů. Je využívána systematická práce s daty, jejich statistická analýza a vyhodnocování. Měřením aktuálního výkonu kvality a jeho zlepšováním je cílem dosáhnout minimálních vad.

### 4.1.3 POUŽÍVANÉ INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE

K řízení procesů ve firmě Edwards jsou používány následující informační systémy:

#### **SAP**

Jedná se o komplexní systémový produkt, který slouží k řízení podnikových procesů. SAP se skládá z mnoha modulů, které umožňují spravovat a řídit prakticky všechny procesy v podniku (např.: finance, účetnictví, kontroling, plánování projektů, údržba, plánování výroby a prodeje, skladové hospodářství, atd.)

Ve firmě Edwards zatím není systém SAP plně zaveden, firma používá jen moduly pro prodej, finance, evidence majetku a kontroling. Firma plánovala kompletní zavedení systému v roce 2013, ale od tohoto projektu bylo zatím upuštěno.

#### **SCP**

SCP (Supply Chain Planning) je nástroj pro řízení zásob, předpovídání budoucí poptávky a plánování výroby. V Edwards slouží kromě zmíněných funkcí jako prostředník v komunikaci mezi SAP a MAPICS.

#### **MAPICS**

MAPICS je další ERP systém k řízení výrobních procesů v podniku. Jeho název je zkratkou pro **M**anufacturing, **A**ccounting and **P**roduction **I**nformation **C**ontrol **S**ystem. Ve firmě Edwards je používán pro řízení výroby.

#### **Qi**

Qi je také jeden z komplexních podnikových informačních systémů, který je vybaven mnoha moduly podobně jako SAP. Ve firmě je však využíván zejména pro řízení skladu.

Z přehledu informačních systémů je patrné že, firma používá čtyři různé informační systémy. Tyto systémy spolu bohužel nejsou plně kompatibilní, což vede k problémům a nepřesnostem v plánování a řízení výroby, skladu a logistiky. Zavedení jednotného systému by byl jednoznačně správný krok k odstranění těchto problémů a celkově k lepší organizaci společnosti.

## 4.2 VYRÁBĚNÉ DÍLY

Jak již bylo zmíněno výše, tak v řešené výrobní hale se vyrábí průmyslové pumpy EPX a vědecké suché spirálové vývěvy XDS a nXDS. Kromě tohoto rozdělení dle produktové řady lze každou skupinu dělit dále na několik typů a velikostí, které mají vliv na konkrétní použité komponenty. Každá komponenta má přiděleno svoje vlastní číslo dílu – Part number. Toto číslo se v průběhu výrobního procesu mění. Vlastní číslo dílu mají surové polotovary, které mohou být pro konečné odlišné komponenty totožné. V průběhu obrábění se číslo dílu mění již podle konkrétního typu (velikosti) součástky. V případě, že se jedná o díl, který nepokračuje na kooperaci, ale je dokončen přímo v sekci machiningu Edwards, je toto číslo položky konečné. U kooperovaných komponentů se číslo dílu ještě jednou může měnit. Soupis jednotlivých použitých komponentů pro konkrétní výrobky, včetně vývoje jejich part numberů je uveden v tabulce Tab. 4-2

Tab. 4-2 Seznam vyráběných dílů a vývoj part numberu v průběhu výrobního procesu  
U žlutě zvýrazněných dílů se výrobní proces odehrává pouze v Edwards – nejsou kooperovány

Řada	Typ	Díl	PN surový	PN obrobený	PN konečný	
XDS	35i	ORBIT SCROLL 35i XDS	A73001018	A73001018	A73001017	
		FIXED SCROLL 35i XDS	A73001021	A73001021	A73001020	
		FIXED SCROLL 35i XDS NGB	A73001021	A73001021	A73005020	
		MOTOR HOUSING FINISH MC TWIN	A21035180	A73001099	A73001099	
	46i	ORBIT SCROLL 46i XDS	A73001018	A73101017	A73101017	
		FIXED SCROLL 46i XDS	A73001021	A73101021	A73101020	
		MOTOR HOUSING FINISH MC TWIN	A21035180	A73001035	A73001035	
	100B	ORBIT SCROLL 100B XDS	A73001018	A73201017	A73201017	
		FIXED SCROLL 100B XDS	A73001021	A73201021	A73201020	
		MOTOR HOUSING FINISH MC TWIN	A21035180	A73001035	A73001035	
	Nxds	6i	ORBIT SCROLL NXDS 6i,M-C	A73501021	A73501026	A73501027
			FIXED SCROLL NXDS 6i,M/C	A73501022	A73501028	A73501029
MOTOR HOUSING MACHINED NXDS			A21035186	A73501061	A73501061	
10i		ORBIT SCROLL NXDS 10i,M-C	A73601021	A73601026	A73601027	
		FIXED SCROLL NXDS 10i,M/C	A73501022	A73601028	A73601029	
		MOTOR HOUSING MACHINED NXDS	A21035186	A73501061	A73501061	
15i		ORBIT SCROLL NXDS 15i,M-C	A73701021	A73701026	A73701027	
		FIXED SCROLL NXDS 15i,M/C	A73501022	A73701028	A73701029	
		MOTOR HOUSING MACHINED NXDS	A21035186	A73501061	A73501061	
20i		ORBIT SCROLL NXDS 20i,M-C	A73701021	A73801026	A73801027	
		FIXED SCROLL NXDS 20i,M/C	A73501022	A73801028	A73801029	
		MOTOR HOUSING MACHINED NXDS	A21035186	A73501061	A73501061	
EPX	Single 180/500	EPX STATOR	A41900061	A41900021	A41900010	
		EPX ROTOR	B26301031	A41900013	A41900012	
		TOP CAP	B26301030	A40912013	A40912013	
		LOWER BEARING FLANGE	A41900029	A41900129	A41900129	
		HOLWECK RING	B26301099	A40912014	A40912014	
	Twin 180/500	EPX TWIN STATOR	A41900061	A41925021	A41925010	
		EPX ROTOR	B26301031	A41900013	A41900012	
		EPX TWIN TOP CAP	B26301030	A41925013	A41925013	
		HOLWECK RING	B26301099	A40912014	A40912014	
		LOWER BEARING FLANGE	A41900029	A41900129	A41900129	

Soupis v tabulce výše představuje základní rozdělení vyráběných typů. Můžeme tedy říci, že se vyrábí celkem 9 různých typů vývěv (3 XDS, 4 nXDS a 2 EPX). Ve skutečnosti tomu, ale tak není. Celkový počet typů je asi 65, zejména vývěvy EPX mají mnoho variací, konkrétně 47. Tyto variace se však liší např. v použití rozdílných elektronických součástek, ale ne obráběných dílů, kterými se zabývá tato práce.

Při důkladnějším průzkumu soupisu je vidět, že některé komponenty jsou použity ve více typech vývěv. Jedná se o tyto díly: Motor Housing Finish MC Twin – pro všechny typy XDS; Motor Housing Machined nXDS – pro všechny typy nXDS; a z pumpy EXP se jedná o komponenty EPX Stator, Lower bearing flange a Holweck ring.

Jelikož se, ale Motor Housing vyrábí na jiné hale, nebude s ním nadále v této práci počítáno. Z toho vyplývá, že se v oblasti machiningu pro montážní linky XDS, nXDS a EPX se vyrábí celkem 23 různých komponentů.



Obr. 4-6 Ukázka některých vyráběných dílů [8]  
Zleva: Holweck ring (EPX); Motor Housing nXDS, Orbit Scroll XDS, EPX Stator

### 4.3 ANALÝZA MATERIÁLOVÉHO A INFORMAČNÍHO TOKU - VSM

Pro analýzu materiálového a informačního toku byla využita metoda Value Stream Mapping (VSM) – mapování toku hodnot. Samotnému mapování předcházelo důkladné seznámení s layoutem haly a také výrobním procesem (technologické postupy) jednotlivých dílů. V průběhu mapování byly také podrobně zaznamenávány konkrétní trasy materiálu a počty rozpracovaných nebo hotových dílů ve skladových prostorách.

#### 4.3.1 VSM – MAPOVÁNÍ HODNOTOVÉHO TOKU

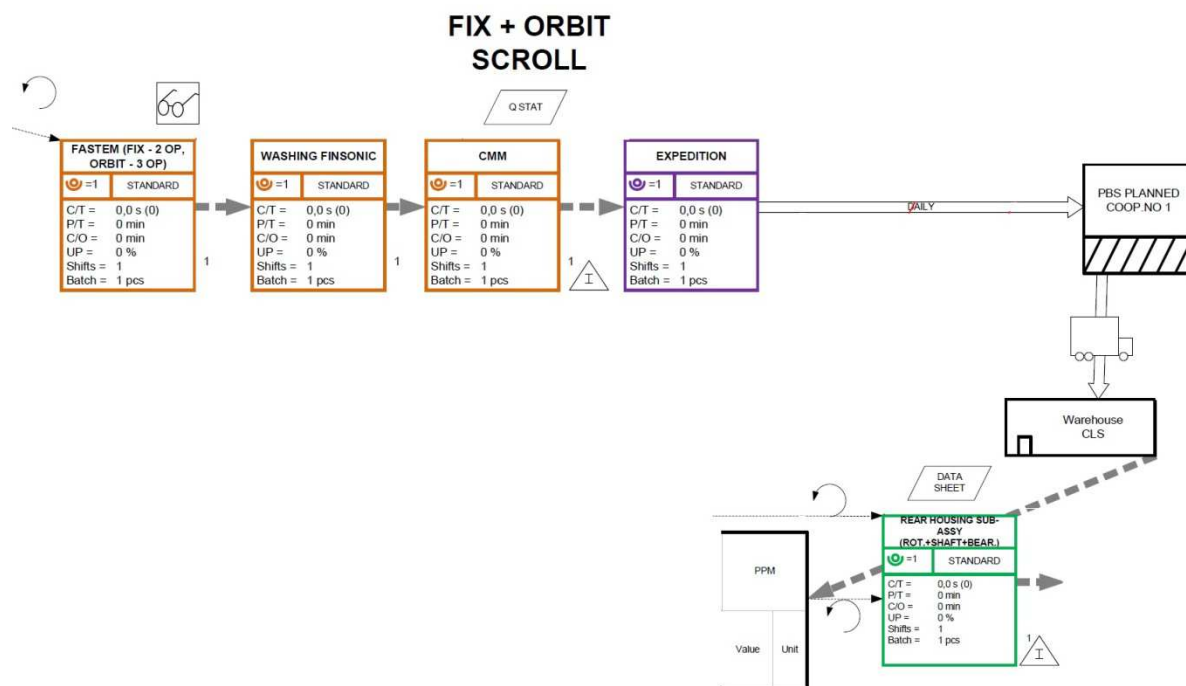
Pro každou produktovou řadu byla vytvořena samostatná mapa toku hodnot. Jako výchozí materiál byly použity již existující mapy hodnotového toku a procesní mapy, které byly doplněny a aktualizovány na současný stav pomocí vlastního pozorování ve výrobě, studií technologických postupů, rozhovorů s operátory a material handlers (pracovníci, kteří se starají o manipulaci s materiálem na výrobní hale a o zásobování montážních linek) a workshopy s pracovníky plánování výroby, logistiky a nákupu.

Mapy byly vytvořeny pro celý výrobní proces od dodávky materiálu po expedici hotových výrobků. Podrobná data však byla analyzována zejména pro oblast výroby, která je podstatou této práce, tedy materiálový a informační tok mezi sektorem machiningu a montážních linek.

Hlavní výstupy:

- Vizualizace celého výrobního procesu
- VA index (Value – added index)
- Lead Time (PDV – průběžná doba výroby)
- Materiálový tok
- Informační tok
- Velikosti výrobních dávek

Pro větší přehlednost a zjednodušení byly položky se stejnými nebo podobnými procesy sloučeny do jedné. Mapy nebyly tvořeny pro jednotlivé typy výrobků, ale vždy pro konkrétní řadu. To má za následek to, že přímo v mapě nejsou zapsána konkrétní data procesů (cyklový čas, procesní čas, velikost dávky, atd.). Na obrázku Obr. 4-2 můžeme vidět ukázkou části VSM, konkrétně výrobní proces Orbit a Fixed Scrollů vývěvy nXDS. Celé VSM jednotlivých produktových řad jsou umístěny v příloze. Pro podrobnější pochopení a vizualizaci výrobního procesu byly také použity procesní mapy (viz. Obr. 4-9 a přílohy).



Obr. 4-7 Ukázkou části VSM produktové řady nXDS [8]

## VA INDEX

Value-added index neboli index přidané hodnoty udává poměr celkové doby, za kterou je produktu přidávána hodnota (VA time) k celkové průběžné době výroby produktu (PDV). V rámci této práce byly VA indexy pro jednotlivé díly počítány pouze pro řešenou část výroby, tzn. od vstupu surového materiálu do výroby po zaskladnění dílů k montážní lince nebo do PPM (Product Place Market). Proto jsou hodnoty VA indexu nezvykle vysoké, zejména u dílů, které nejsou kooperovány. Kromě již zmíněných dat se sleduje i doba, za kterou součásti nebyla přidávána hodnota (NVA – non value-added). Ukázkou toho, co je považováno za VA a NVA je vidět v procesních mapách - na obrázku Obr. 4-9. Výsledná data můžeme vidět v tabulce Tab. 4-3. [26]

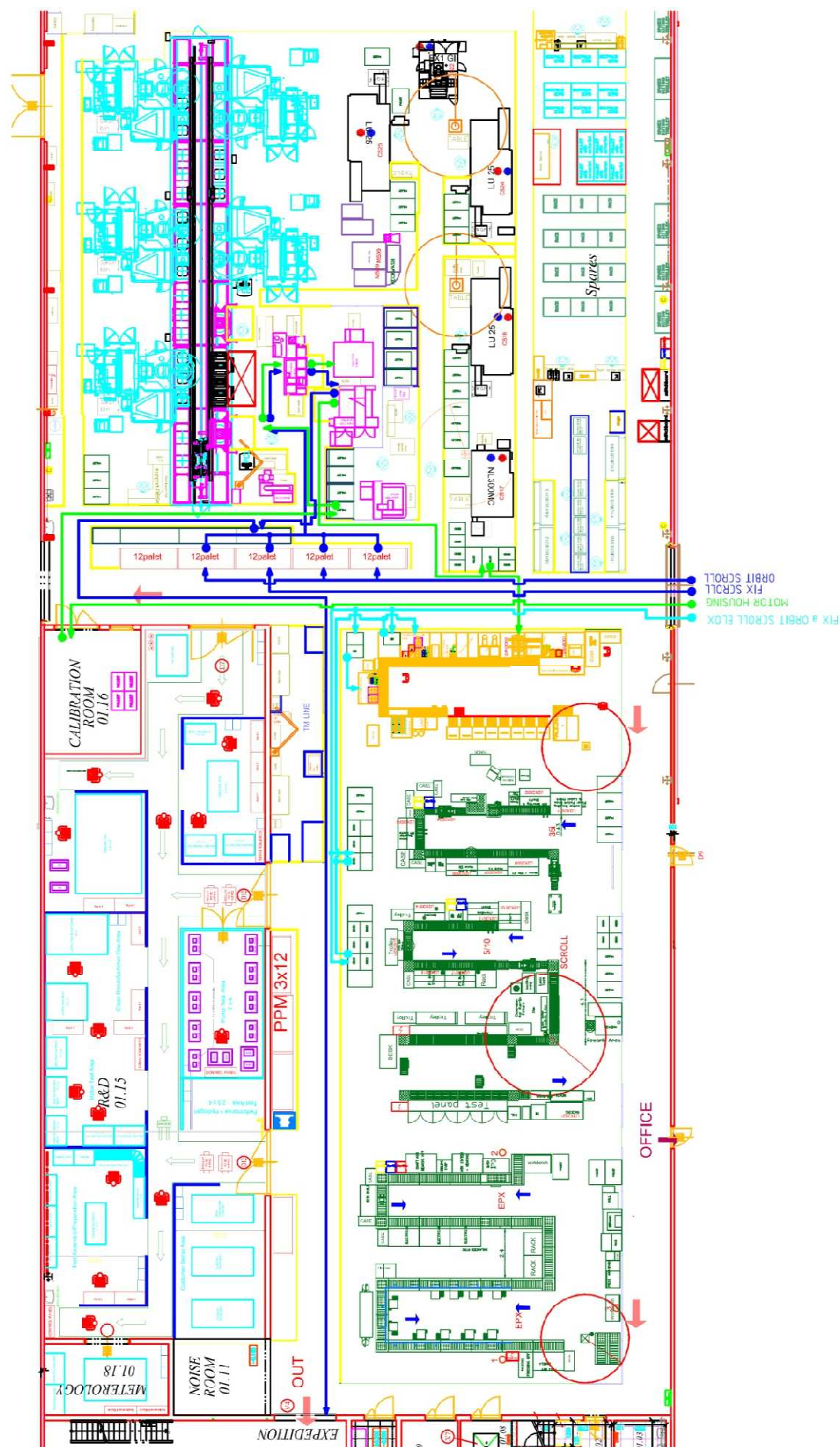


Tab. 4-3 Výstupní hodnoty z VSM

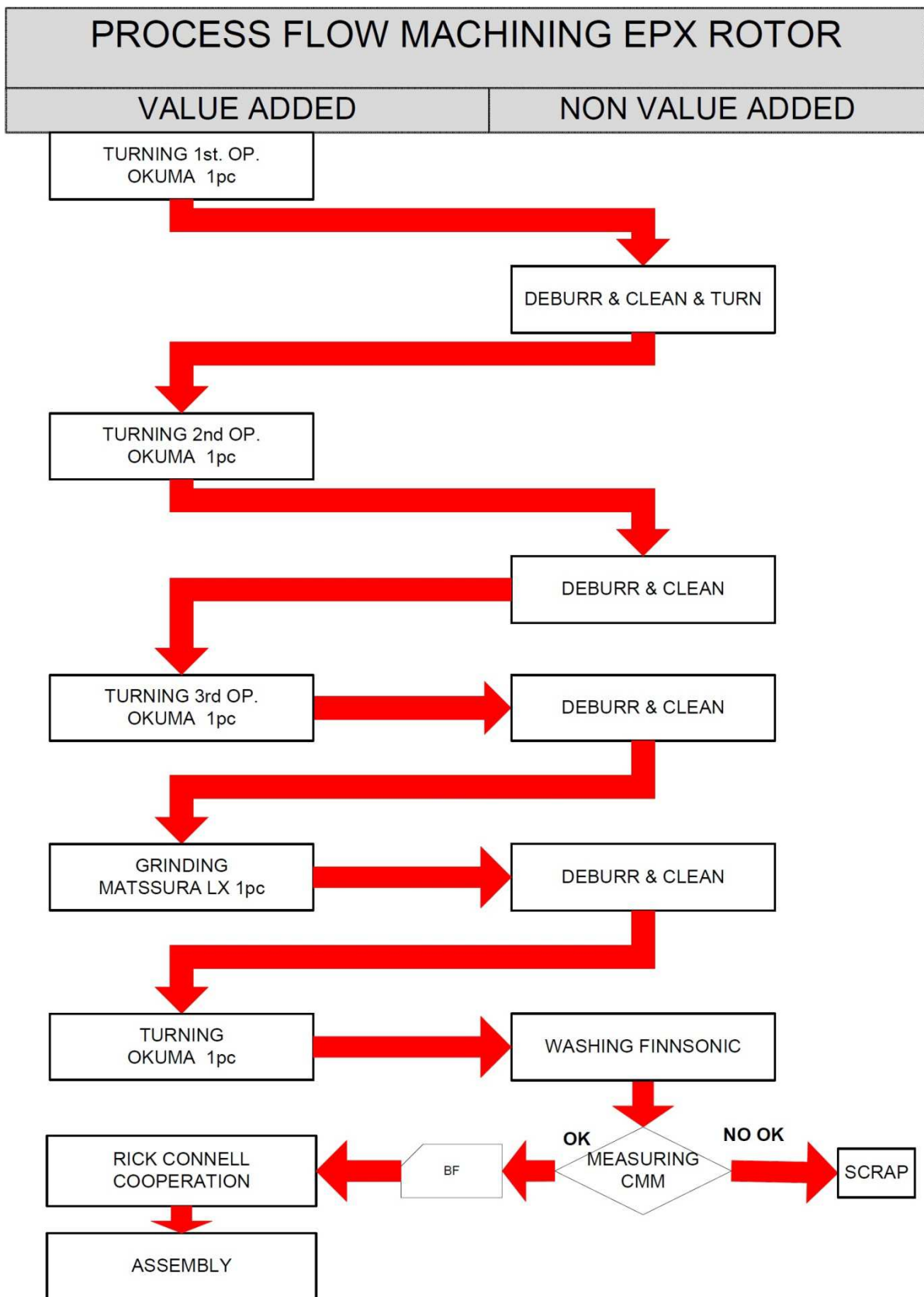
Řada	Typ	Díl	VA	NVA	PDV	VA index
			(hod)	(dny)	(dny)	(%)
XDS	35i	O/S 35i XDS	5,68	2,76	3	7,89
		F/S 35i XDS	5,84	2,76	3	8,11
		F/S 35i XDS NGB	4,84	2,80	3	6,72
	46i	O/S 46i XDS	5,60	2,77	3	7,78
		F/S 46i XDS	5,80	2,76	3	8,06
	100B	O/S 100B XDS	5,60	2,77	3	7,78
		F/S 100B XDS	5,80	2,76	3	8,06
	nXDS	6i	O/S NXDS 6i,M-C	5,27	2,78	3
F/S NXDS 6i,M/C			5,40	2,78	3	7,50
10i		O/S NXDS 10i,M-C	5,43	2,77	3	7,54
		F/S NXDS 10i,M/C	5,48	2,77	3	7,61
15i		O/S NXDS 15i,M-C	5,63	2,77	3	7,82
		F/S NXDS 15i,M/C	5,50	2,77	3	7,64
20i		O/S NXDS 20i,M-C	5,70	2,76	3	7,92
		F/S NXDS 20i,M/C	5,75	2,76	3	7,99
		MOTOR HOUSING NXDS	1,00	0,06	0,10	42,92
EPX	Single + Twin	EPX STATOR	11,62	25,52	26	1,86
		EPX TWIN STATOR	12,14	25,49	26	1,95
		TOP CAP	1,25	0,07	0,12	42,09
		EPX TWIN TOP CAP	1,46	0,08	0,14	43,45
		EPX ROTOR	8,67	18,64	19	1,90
		LOWER BEARING FLANGE	0,28	0,03	0,04	28,87
		HOLWECK RING	0,61	0,03	0,06	46,21

### MATERIÁLOVÝ TOK

Materiálový tok začíná navezením surového materiálu (přířezy z hliníkové slitiny, které jsou dodávány již v požadovaných rozměrech od dodavatele) nebo předlitků ze vstupního skladu do oblasti machiningu, buď do PPM u linky Fastems nebo na skladové plochy při obráběcích strojích. Frekvence návozu není pevně určena. Návoz je realizován leadrem (vedoucím) oblasti machiningu nebo material handlery, nejčastěji v takových dávkách, aby byl pokryt výrobní plán na 2 – 3 dny. Z těchto míst je materiál odebírán operátory po kusech do výroby. Mezi jednotlivými operacemi je uskladněn přímo u strojů, odkud je odebírán k dalším operacím. Po dokončení výrobního procesu (obrábění, čištění a mytí, měření) je materiál uskladněn na odvozových místech, odkud je po dávkách odvážen buď do PPM u montážních linek (nekooperované díly) nebo do výstupního skladu a dále na kooperaci. Tento odvoz probíhá většinou na konci denní směny. Po návratu z kooperace je materiál dodáván opět ze vstupního skladu k montážním linkám nebo na skladová místa poblíž každé linky. Odtud jsou díly doplňovány do montážní linky material handlerem.



Obr. 4-8 Tok materiálu nXDS [8]



Obr. 4-9 Procesní mapa machiningu ROTOR EPX[8]

### KOOPERACE - ELOXOVÁNÍ

Většina vyráběných dílů (celkem 18 z 23) prochází v průběhu svého výrobního procesu eloxováním. Eloxování neboli anodizace je druh povrchové úpravy hliníku. Jedná se o elektrochemický proces, kdy na povrchu součásti, která je v elektrolytické lázni zapojena jako anoda, dochází ke tvorbě rovnoměrné kompaktní vrstvy oxidu hliníku, který je výrazně tvrdší a chemicky odolnější než kov sám a zlepšuje tak mechanické a chemické vlastnosti eloxovaných výrobků. Nespornou výhodou je také možnost vybarvování této vrstvy průmyslovými barvivy do prakticky libovolného odstínu, což má důvod jak estetický, tak i praktický (např. černění hliníkových součástí optických přístrojů, nebo ploch chladičů). Navíc na rozdíl od organických barviv nanášených pouze na povrch kovu, nemá eloxovaná vrstva při správném provedení tendenci k odlupování a barvivo je v této vrstvě uzavřeno. [29][30]

Vlastnosti eloxované vrstvy:

- Výborná odolnost proti korozi a chemická stálost
- Tvrdost a otěruvzdornost
- Výrazně snížená tepelná a elektrická vodivost
- Eliminace mikrotrhlin po obrábění
- Tloušťka vrstvy: 5 – 100  $\mu\text{m}$

K procesu eloxování firma Edwards využívá externí kooperaci. Jsou při tom využíváni dva různí partneři.

U většiny dílů (v našem případě pro komponenty z řady XDS a nXDS) probíhá eloxování ve firmě PBS Velká Bíteš. Doprava dílů do PBS je praktikována formou pravidelného externího milk-runu. Pro realizaci dopravy a samotného milk-runu je využívána externí firma, která obsluhuje více společností po celé Moravě. Frekvence milk-runu je v současnosti nastavena tak, že nakládka dílů v Edwards probíhá každý den v 6,00 h. Eloxované díly se vrací zpět do Edwards druhý den v 15,00 h.

K eloxování a další povrchové úpravě dílů pro pumpy EPX (statory a rotory) jsou využívány dvě společnosti v Anglii. V tomto případě je plánování dopravy mnohem složitější. Díly jsou v současnosti odesílány většinou 1x týdně. Při realizaci dopravy je snaha o využití pravidelné dopravy hotových výrobků, které se expedují do Anglie. Díly směřující na kooperaci jsou k těmto zásilkám přidávány. Ne vždy je to však možné a stává se, že při zvýšené potřebě se musí využít speciální doprava. Do Anglie se odesílají statory i rotory společně do jedné firmy, kde je provedena první operace povrchové úpravy. Tato operace je pro rotory konečná a ty se tak vrací zpět do Edwards v Lutíně. Statory však po této operaci ještě putují do druhé společnosti, kde je provedena konečná úprava. Doba návratu dílů z kooperace je v případě rotorů 14 dnů, v případě statorů 21 dnů. Tato kooperace velmi výrazně prodlužuje průběžnou dobu výroby a je evidentně nevýhodná. Nutnost využití této formy kooperace je však dána velmi vysokými požadavky na kvalitu a provedení povrchové úpravy, která je vyžadována koncovými zákazníky. V České Republice v současnosti není žádná společnost, která by tyto požadavky dokázala splnit.

### INFORMAČNÍ TOK – ŘÍZENÍ VÝROBNÍHO PROCESU

Výrobní proces vychází z plánu výroby, který je generován v systému SCP. Tento plán je generován vždy s výhledem na 16 týdnů dopředu a průběžně aktualizován. Proces předpovědi (forecastu) je velmi složitý. Podkladem pro tvorbu plánu jsou objednávky zákazníků, které jsou do systému SCP předávány ze systému SAP a částečně i historická poptávka. Z toho výrobního plánu jsou tvořeny týdenní plány zvlášť pro oblasti machiningu, montážní linky a expedice. Následně jsou těmto oblastem systémem SCP předávány. Mezi jednotlivými oblastmi komunikace neprobíhá. Denní plány výroby už jsou plně v kompetenci leaderů jednotlivých oblastí, kteří vychází právě z týdenních plánů.

Výrobní plán je také podkladem pro objednávky materiálu, které jsou ale řízeny v systému MAPICS. Do systému MAPICS vstupují data z výroby (výsledky z měření, počty vyrobených dílů a výrobků, expedované výrobky, atd.).

Dle výše popsaného je zřejmé, že informační tok v rámci výrobního procesu je velmi složitý. Je to zejména z důvodu použití velkého množství různých informačních systémů, které si však vzájemně nejsou schopny spolehlivě předat veškeré informace. Pro jednodušší a ucelenou představu informačních toků slouží právě VSM, která konkrétní toky přehledně zobrazuje.

### 4.4 SHRUTÍ A ZHODNOCENÍ ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU

Společnost Edwards ve svém výrobním procesu hojně využívá metod průmyslového inženýrství. Bohužel ne všechny jsou používány zcela správně nebo důsledně. Jako úspěšně zavedené a prospěšné metody se dají hodnotit metoda 5S (6S) s velkým důrazem na bezpečnost celého provozu, metoda Kaizen, která je nastavena i jako motivační nástroj, v rámci kvality výroby je to metoda Six Sigma a samozřejmě také vizuální pracoviště a lean layout, ten je velice dobře použit zejména u montážních linek. Naopak jako ne zcela funkční lze hodnotit aplikaci metody Kanban, která je zavedena pouze na některé díly.

Samotné řízení a plánování výroby a logistiky poměrně komplikuje použití celkem čtyř informačních systémů, které spolu nejsou plně kompatibilní, což může způsobovat problémy a chyby v plánování a řízení výroby, skladu a logistiky.

I když se ve firmě mluví o tom, že je nastaven tahový systém výroby, není tomu úplně tak. Nejde ale mluvit ani o tlakovém systému, pro který je charakteristické, že plán a příkaz k výrobě dostává první výrobní stupeň, který pak výrobu „tlačí před sebou“. V tomto případě dostávají jednotlivé oblasti svůj vlastní plán výroby, ale vzájemně mezi sebou nekomunikují. Tento nepřesný způsob plánování a řízení výroby má za následek to, že aby bylo zamezeno ohrožení montáže nedostatkem hotových komponent často vzniká situace, že se vyrábí tzv. na sklad.

Nejvýraznějším faktorem, který ovlivňuje hladkost materiálového toku a zejména výrazně prodlužuje průběžnou dobu výroby je eloxování dílů pomocí kooperace. Tento „problém“ je zřejmý hlavně u eloxovaných dílů pro pumpy EPX, kdy lead time kooperace trvá až 21 dnů a v porovnání s celkovým lead time výroby těchto dílů je kooperace neúměrně časově náročná (viz. vyhodnocení VA indexu v kapitole 4.3.1. To má za následek celkové obtíže v plánování a také zvyšující se náklady na výrobu.

## 5 NÁVRH VARIANT (OPATŘENÍ) NA ZLEPŠENÍ

Z provedené analýzy vyplynuly dva zásadní problémy, které významně ovlivňují efektivitu a hladkost materiálového toku. Těmito problémy jsou velká průběžná doba výroby eloxovaných dílů, zapříčiněná dlouhou dobou kooperace (zejména u komponent EPX) a chybějící standardizace materiálového toku, která vede k nutnosti výroby na sklad a tím pádem k velkému množství zásob ve výrobě. Z těchto problémů byla stanovena hlavní kritéria pro návrhy zlepšení:

- zkrácení PDV
- snížení zásob ve výrobě

### 5.1 PŘESUN ELOXOVÁNÍ DÍLŮ EPX

#### 5.1.1 PŘESUN DO BLIŽŠÍ LOKALITY

Již v průběhu zpracování této práce se firma začala zabývat možným přesunem eloxování komponentů pro pumpy EPX do bližší lokality, než je Velká Británie. Tato změna ve výrobním procesu však není nijak jednoduchá a obnáší celou řadu nezbytných kroků, které mohou trvat dlouhou dobu v řádu měsíců až let. Nejdříve musely být nalezeni potenciální partneři, kteří by byli schopni splňovat vysoké nároky zejména na kvalitu a provedení požadované povrchové úpravy a potažmo i schopni pružně reagovat na změny ve výrobním procesu. Tento krok nebyl vzhledem k velké specifičnosti požadavků jednoduchý. Bohužel firma došla ke zjištění, že v České Republice se v současnosti nenachází žádná firma schopná tyto požadavky splnit. Proto z řešení odpadla jednoznačně ideální varianta přesunu eloxování do ČR, která by nejspíše vedla k tomu, že by eloxování všech dílů probíhalo u jednoho partnera.

Nakonec byli nalezeni dva potenciální partneři sídlící na Slovensku a v Polsku. S těmito společnostmi byla navázána spolupráce a probíhá testování, zda jsou schopni vysoké nároky splnit. Tento krok je časově a organizačně náročný, protože schvalování nových dodavatelů nepodléhá pouze rozhodnutí firmy Edwards s.r.o, ale musí být schválen i mateřskou společností a zejména koncovými zákazníky.

V současnosti jsou již určité konkrétní výsledky tohoto testování, ale vzhledem k tomu, že proces výběru a schvalování nebyl doposud dokončen, tyto výsledky nemohou být v této práci zveřejněny. Jako parametr pro srovnání a vyhodnocení bude počítáno s tím, že se lead time procesu zkrátí na maximálně 5 dní, což povede k výraznému zkrácení celkové průběžné doby výroby.

#### 5.1.2 PŘESUN DO EDWARDS

Další variantou, která se nabízí, je vybudování vlastního pracoviště pro povrchové úpravy hliníku přímo ve firmě Edwards v Lutíně. Tímto řešením by odpadla kooperace a došlo by k velké úspoře nákladů na dopravu a také k podstatnému zkrácení průběžné doby výroby dílů, které prochází procesem povrchových úprav. Jedná se ale o organizačně a finančně velmi náročný krok. V případě zřízení tohoto pracoviště by pro efektivní využití a rychlou návratnost investice nejspíše muselo být využíváno i pro jiné společnosti mimo Edwards. K relevantnímu posouzení této varianty by musela být provedena důkladná analýza, která by zohledňovala veškeré možné přínosy, dopady, rizika, náklady atd. pro firmu. Tato analýza by však rozsahem a složitostí překračovala samostatnou diplomovou práci.

## 5.2 ZKRÁCENÍ OPERACE ELOXOVÁNÍ

Dalším opatřením směřujícím ke zkrácení průběžné doby výroby je změna frekvence externího milk-runu, který je využíván k dopravě dílů na eloxování do PBS ve Velké Bíteši. V současnosti je frekvence milk-runu nastavena na 24 hodin (každý den v 6,00 h probíhá nakládka dílů v Edwards). Nově navrhovaná frekvence je zkrácena na 12 hodin, tzn., že nakládka v Edwards bude probíhat v 6,00 h a v 18,00 h. Tím se výrazně zkrátí doba, kdy díly po ukončení procesu obrábění čekají v oblasti machiningu nebo ve výstupním skladu na odvoz. Tímto opatřením dojde ke zkrácení celkového lead time a k větší pružnosti machiningu v reakci na poptávku dílů montážními linkami.

Tab. 5-1 Srovnání současného stavu pomocí PDV a VA indexu (index 1) vůči stavu po zavedení opatření přesunu eloxování EPX na Slovensko a zkrácení frekvence milk-runu (index 2)

Řada	Typ	Díl	PDV <sub>1</sub>	PDV <sub>2</sub>	VA index <sub>1</sub>	VA index <sub>2</sub>
			(dny)	(dny)	(%)	(%)
XDS	35i	O/S 35i XDS	3	2	7,89	11,83
		F/S 35i XDS	3	2	8,11	12,17
		F/S 35i XDS NGB	3	2	6,72	10,08
	46i	O/S 46i XDS	3	2	7,78	11,67
		F/S 46i XDS	3	2	8,06	12,08
	100B	O/S 100B XDS	3	2	7,78	11,67
		F/S 100B XDS	3	2	8,06	12,08
	nXDS	6i	O/S NXDS 6i,M-C	3	2	7,32
F/S NXDS 6i,M/C			3	2	7,50	11,25
10i		O/S NXDS 10i,M-C	3	2	7,54	11,31
		F/S NXDS 10i,M/C	3	2	7,61	11,42
15i		O/S NXDS 15i,M-C	3	2	7,82	11,73
		F/S NXDS 15i,M/C	3	2	7,64	11,46
20i		O/S NXDS 20i,M-C	3	2	7,92	11,88
		F/S NXDS 20i,M/C	3	2	7,99	11,98
		MOTOR HOUSING NXDS	0,10	0,10	42,92	42,92
EPX	Single + Twin	EPX STATOR	26	10	1,86	4,84
		EPX TWIN STATOR	26	10	1,95	5,06
		TOP CAP	0,12	0,12	42,09	42,09
		EPX TWIN TOP CAP	0,14	0,14	43,45	43,45
		EPX ROTOR	19	10	1,90	3,61
		LOWER BEARING FLANGE	0,04	0,04	28,87	28,87
		HOLWECK RING	0,06	0,06	46,21	46,21

## 6 OPTIMALIZACE MATERIÁLOVÉHO TOKU

### 6.1 NÁVRH ZAVEDENÍ SYSTÉMU KANBAN

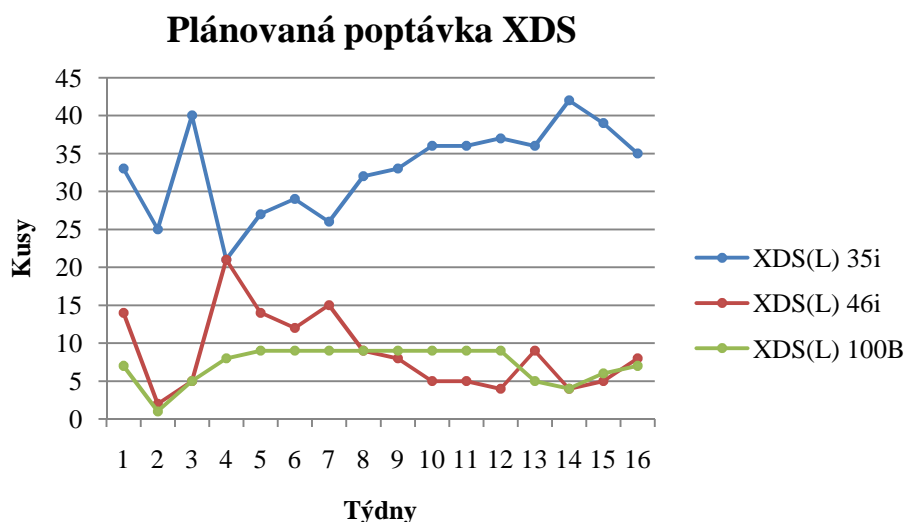
Jako další opatření, které má vést ke zkrácení průběžné doby výroby, snížení zásob ve výrobě a k celkové standardizaci materiálového toku je zavedení tahového systému Kanban. Toto opatření, na rozdíl od předchozích návrhů, může být zavedeno poměrně rychle a snadno. Poslouží jako optimalizace materiálového toku, jak ve stávajícím nastavení výrobního procesu, tak i po případném zavedení navrhovaných variant zlepšení popsanych v předchozích kapitolách. V tom případě bude nutné pouze přepočítat a upravit konkrétní parametry navrženého systému, zejména velikosti binů a počty kanbanových karet.

#### 6.1.1 ANALÝZA POPTÁVKY

Prvním krokem při návrhu kanbanového systému do konkrétního výrobního procesu je analýza poptávky po vyráběných dílech. Z této analýzy jsou následně definovány průměrné měsíční, týdenní nebo denní požadavky na výrobu.

Při této analýze bylo čerpáno ze dvou zdrojů. Prvním z nich byl 16-ti týdenní výrobní plán ze systému SCP. Tento plán předpovídal poptávku od začátku května do poloviny června roku 2014. Z tohoto plánu byla vypočtena průměrná měsíční a denní poptávka po jednotlivých dílech (viz. Tab. 6-1), která byla poté ještě porovnána s druhým zdrojem, kterým byla data skutečných odběrů za rok 2013. Ve většině případů se průměrná poptávka s malými odchylkami shodovala. Pouze u výrobků Nxds6i a nXDS10i byla plánovaná poptávka téměř dvojnásobná. Z konzultace této odchylky s pracovníky plánování vzešlo, že u těchto dvou výrobků opravdu dochází k výraznému zvýšení poptávky oproti roku 2013 a nejedná se tedy pouze o sezónní výchylku v plánovaném období.

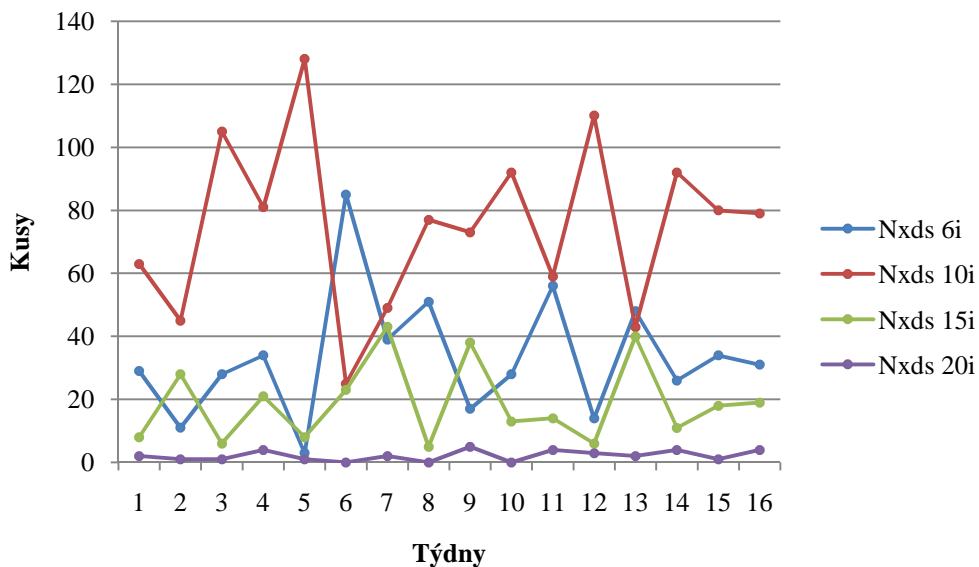
Kromě konečných čísel průměrné poptávky, která budou využita dále pro návrh kanbanového systému byla zkoumána i její stabilita, která je pro správné fungování kanbanu důležitá. Tato analýza bohužel ukázala, že u některých typů poptávka značně kolísá (viz. grafy níže). Toto zjištění musí být zohledněno při návrhu samotného kanbanového systému.



Obr. 6-1 Graf průběhu plánované poptávky produktové řady XDS

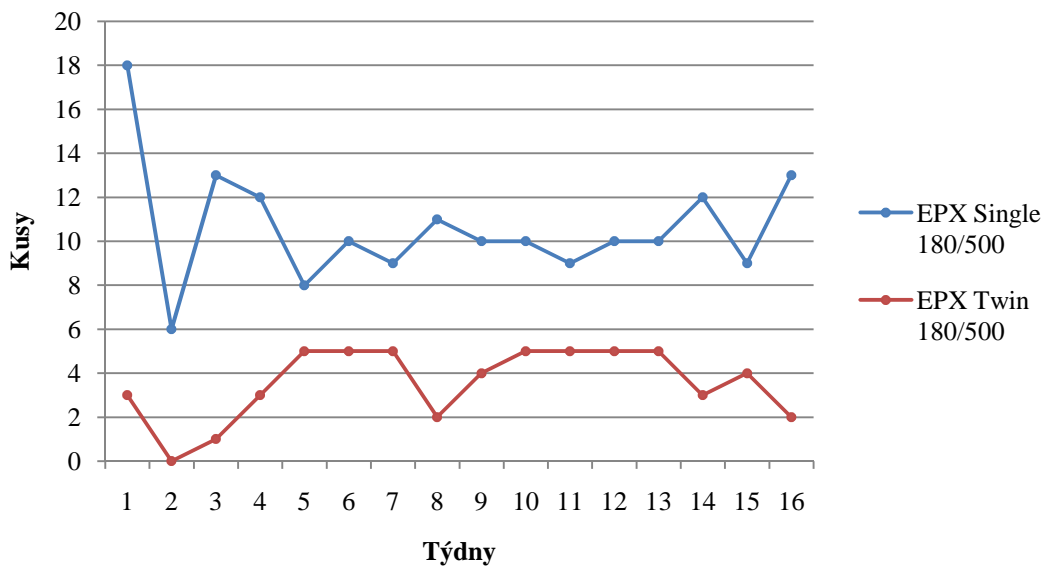


## Plánovaná poptávka nXDS



Obr. 6-2 Graf průběhu plánované poptávky produktové řady Nxds

## Plánovaná poptávka EPX



Obr. 6-3 Graf průběhu plánované poptávky produktové řady EPX

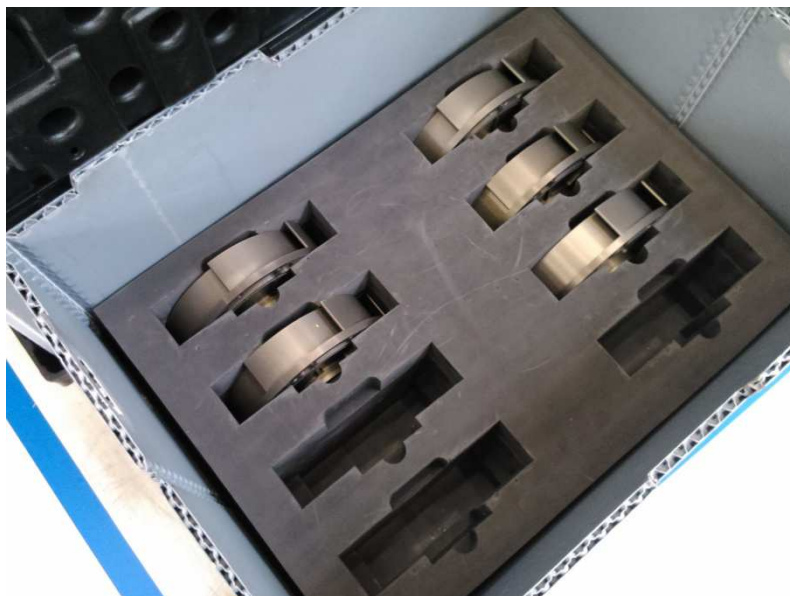
Tab. 6-1 Průměrná měsíční a denní poptávka jednotlivých dílů

Řada	Typ	Díl	Průměrná měsíční poptávka	Průměrná denní poptávka	Zaokrouhlená průměrná denní poptávka
			(ks)	(ks)	(ks)
XDS	35i	O/S 35i XDS	132	4,7	5
		F/S 35i XDS	129	4,6	5
		F/S 35i XDS NGB	3	0,1	1
	46i	O/S 46i XDS	35	1,3	2
		F/S 46i XDS	35	1,3	2
	100B	O/S 100B XDS	29	1,0	2
		F/S 100B XDS	29	1,0	2
	nXDS	6i	O/S NXDS 6i,M-C	134	4,8
F/S NXDS 6i,M/C			134	4,8	5
10i		O/S NXDS 10i,M-C	301	10,8	11
		F/S NXDS 10i,M/C	301	10,8	11
15i		O/S NXDS 15i,M-C	76	2,7	3
		F/S NXDS 15i,M/C	76	2,7	3
20i		O/S NXDS 20i,M-C	9	0,3	1
		F/S NXDS 20i,M/C	9	0,3	1
		MOTOR HOUSING NXDS	520	18,6	19
EPX	Single + Twin	EPX STATOR	43	1,5	2
		EPX TWIN STATOR	15	0,5	1
		TOP CAP	41	1,5	2
		EPX TWIN TOP CAP	15	0,5	1
		EPX ROTOR	58	2,1	3
		LOWER BEARING FLANGE	58	2,1	3
		HOLWECK RING	58	2,1	3
				Celkem	2240

Pro účely dalšího výpočtu byla denní poptávka zaokrouhlena na celé kusy nahoru.

### 6.1.2 VOLBA VELIKOSTI KANBANOVÉ DÁVKY

Velikost kanbanových dávek pro jednotlivé díly byla definována na základě velikosti v současnosti používaných přepravek a paletových boxů, které jsou vybaveny vyměnitelnými fixátory a udávají tak konkrétní kapacitu pro jednotlivé díly. Ty se využívají pro uskladnění scrollů a hlavně pro bezpečnou dopravu v rámci kooperace. U dílů, které nejsou kooperovány a nemají ani standardizované zásobníky pro uskladnění, byly velikosti voleny po vzájemné konzultaci s plánovači a leadry oblasti machiningu s ohledem na efektivitu výroby a plánovanou poptávku. Konkrétní velikosti kanbanových dávek jsou uvedeny v tabulce Tab. 6-2.



Obr. 6-4 Vyměnitelný fixátor pro Orbit Scroll v paletovém boxu[8]

### 6.1.3 LEAD TIME

Do výpočtu celkové průběžné doby výroby jednotlivých dílů byla zahrnuta přesná data z oddělení plánování machiningu, konkrétně normy, které jsou rozděleny na Machining time – strojní čas (obrábění, měření na CMM, mytí) a Labor time – čas práce za chodu stroje (manipulace, ruční čištění, odjehlování, atd.). Součet těchto časů stanovil lead time na pracovišti machiningu na jeden kus. Tento čas byl dále přepočten na lead time kanbanové dávky (KBS). Nakonec byl připočet Elox time, ve kterém je zahrnuta doba čekání na odvoz a celkový čas operace včetně dopravy. Tímto jsme získali Total lead time, tj. celková průběžná doba výroby neboli čas nutný k dodání dílů do montážních linek od pokynu k výrobě.

Jednotlivé časy jsou uvedeny v tabulce Tab. 6-2.

$$\text{Total lead time} = (\text{Machining time} + \text{Labor time}) \cdot \text{KBS} + \text{Elox time} \quad (2)$$

#### 6.1.4 SAFETY STOCK

Pojistná zásoba neboli Safety stock má za úkol předejít ohrožení montáže například kvůli výkyvům v poptávce nebo prodloužením doby výroby komponent, která může být zapříčiněna např. poruchou stroje, nedodáním materiálu, atd. S ohledem na fakt, že u některých výrobků občas dochází k velkým výkyvům v poptávce (viz. Analýza poptávky), byla po poradě se zainteresovanými pracovníky stanovena pojistná zásoba jako 5-ti denní průměrná spotřeba dílů. Pouze u eloxovaných dílů řady EPX byla tato zásoba stanovena na základě frekvence dodávek z kooperace, tedy 7 dní.

Je předpoklad, že po plném zavedení a vyladění systému se bude moci přistoupit ke snížení těchto zásob.

#### 6.1.5 VÝPOČET MNOŽSTVÍ KANBAN KARET V OKRUHU

Po zjištění všech potřebných dat (viz. výše) bylo možné přistoupit k výpočtu množství kanbanových karet v okruhu pro jednotlivé díly. Pro tento výpočet neexistuje jeden univerzální vzorec, ale je využíváno mnoho metodik a variant a každá společnost si vzorec pro výpočet upravuje podle svých specifických potřeb. Pro případ této práce byl zvolen následující způsob výpočtu:

$$\#KB = \frac{DD \cdot (LT + SS) \cdot \alpha}{KBS} \quad (3)$$

kde:

#KB [ks]	je počet kanbanových karet v okruhu
DD [ks]	je průměrná denní poptávka
LT [dny]	je Total lead time – průběžná doba výroby zaokrouhlená na celé dny
SS [dny]	je Safety Stock – pojistná zásoba
$\alpha$ [-]	je bezpečnostní koeficient
KBS [ks]	je velikost kanbanové dávky

Do vzorce výpočtu byl zahrnut tzv. bezpečnostní koeficient  $\alpha = 1,1$ , který také slouží jako ochrana proti výkyvům poptávky.

Při výpočtu musela být splněna podmínka, že každý díl musí mít nejméně 2 kanbanové karty v okruhu.

Výsledky výpočtu včetně časů a velikosti kanbanových dávek je uveden v tabulce Tab. 6-2.

Z výpočtu je patrné, že okruhu bude celkem 109 kanbanových karet.

Tab. 6-2 Výpočet kanban karet v okruhu

Řada	Typ	Díl	KBS	Mach time / 1ks (hrs)	Lab time / 1ks (hrs)	Lead time / 1ks (hrs)	Lead time / KBS (day)	Elox time (day)	Total lead time (day)	Total time round (day)	Safety Stock (day)	# KB karet (ks)	Příkaz k výrobě (ks)	
XDS	35i	O/S 35i XDS	8,00	1,57	1,02	2,59	0,863	2	2,863	3	5	6	2	
		F/S 35i XDS	8,00	1,73	0,74	2,47	0,823	2	2,823	3	5	6	2	
	46i	F/S 35i XDS NGB	8,00	1,73	0,74	2,47	0,823	2	2,823	3	5	2	1	
		O/S 46i XDS	8,00	1,49	0,58	2,07	0,690	2	2,690	3	5	3	1	
	100B	F/S 46i XDS	8,00	1,69	0,58	2,27	0,757	2	2,757	3	5	3	1	
		O/S 100B XDS	8,00	1,49	0,58	2,07	0,690	2	2,690	3	5	3	1	
	nXDS	6i	F/S 100B XDS	8,00	1,69	0,58	2,27	0,757	2	2,757	3	5	3	1
			O/S NXDS 6i,M-C	14,00	1,16	0,41	1,57	0,916	2	2,916	3	5	4	1
		10i	F/S NXDS 6i,M/C	8,00	1,29	0,41	1,70	0,567	2	2,567	3	5	6	2
			O/S NXDS 10i,M-C	14,00	1,32	0,41	1,73	1,009	2	3,009	4	5	8	3
15i		F/S NXDS 10i,M/C	8,00	1,37	0,41	1,78	0,593	2	2,593	3	5	13	5	
		O/S NXDS 15i,M-C	14,00	1,52	0,41	1,93	1,126	2	3,126	4	5	3	1	
20i		F/S NXDS 15i,M/C	8,00	1,39	0,41	1,80	0,600	2	2,600	3	5	4	1	
		O/S NXDS 20i,M-C	14,00	1,59	0,41	2,00	1,167	2	3,167	4	5	2	1	
EPX			F/S NXDS 20i,M/C	8,00	1,64	0,41	2,05	0,683	2	2,683	3	5	2	1
			MOTOR HOUSING NXDS	8,00	1,51	0,82	2,33	0,777	0	0,777	1	5	16	2
EPX		EPX STATOR	12,00	5,45	2,63	8,08	4,040	21	25,040	26	7	7	3	
		EPX TWIN STATOR	12,00	6,05	2,86	8,91	4,455	21	25,455	26	7	4	1	
	TOP CAP	12,00	1,60	1,37	2,97	1,485	0	1,485	2	5	2	1		
	EPX TWIN TOP CAP	12,00	1,81	1,55	3,36	1,680	0	1,680	2	5	2	1		
	EPX ROTOR	16,00	5,11	2,31	7,42	4,947	14	18,947	19	7	6	3		
	LOWER BEARING FLANGE	12,00	0,65	0,32	0,97	0,485	0	0,485	1	5	2	1		
	HOLWECK RING	12,00	1,00	0,32	1,32	0,660	0	0,660	1	5	2	1		
Celkem												109		

### 6.1.6 STANOVENÍ HLADINY K PŘÍKAZU K VÝROBĚ

Ve všech případech není nutné začít vyrábět okamžitě, jakmile se kanbanová karta některého dílu objeví na kanbanové tabuli. Na tabuli v oblasti machiningu bude u každého dílu vyznačena zóna, která signalizuje, že je nutno začít s výrobou onoho dílu. Určení této hladiny vychází z požadavku, aby byla neustále zachována pojistná zásoba hotových dílů.

$$\#KBT = \frac{((DD \cdot SS) + LT) \cdot \alpha}{KBS} \quad (4)$$

kde #KBT je hladina příkazu k okamžité výrobě.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce Tab. 6-2.



### 6.1.7 POMŮCKY PRO SYSTÉM KANBAN

Nejdůležitějšími pomůckami pro fungování kanbanového systému jsou Kanbanové karty a Kanbanová tabule.

#### KANBAN KARTA

Kanbanová karta je nejdůležitějším prvkem kanbanového systému. Funguje jako signál pro výrobu k zahájení výrobního procesu.

Pro řešení této práce byly zvoleny klasické karty. Zejména pro zavedení systému jsou vhodným řešením, protože se s nimi dá snadno pracovat a různě je modifikovat, jsou nenáročné na pořízení a fungují jako vizualizace, která pomůže pracovníkům k navyknutí na tento systém. Lze předpokládat, že po vyladění systému dojde k přechodu na elektronický kanban.

		<b>KANBAN CARD</b>		A73601027
Part description: <b>O/S nXDS 6i,M-C</b>		Card: <b>1 of 4</b>		
Part number: <b>A73601027</b>		Supplier: <b>MACHINING/WHS</b>		
Type of container: <b>BIG BOX</b>		Customer: <b>ASSEMBLY</b>		
Capacity of container: <b>14</b>		ORBITING SCROLL NXDS6I ANODIS 		

Obr. 6-5 Návrh kanbanové karty

#### SPECIÁLNÍ KARTA

Do systému budou zavedeny také speciální karty. Tyto karty budou baravně odlišeny od běžných karet a za normálních okolností nebudou v oběhu. Budou sloužit pouze jako „žolík“ v případě velkých výkyvů v poptávce. Jestliže se tento výkyvy objeví, tato speciální karta bude zařazena do oběhu a po srovnání poptávky zase odebrána. Pravomoc použití této karty bude mít oddělení plánování, které bude mít jasně stanovené podmínky jejího použití.

### KANBANOVÁ TABULE

Kanbanová tabule bude umístěna přímo v sektoru machiningu. Bude rozdělena na sektory dle výrobků a jednotlivých dílů. Jak již bylo napsáno výše, v každém oddílu bude vyznačena hladina, která bude označovat nutnost zahájení výroby při jejím dosažení.

Kanbanová tabule bude obsluhována pouze material handlers, kteří do ní budou doplňovat kanbanové karty odebrané z montážních linek a leader oblasti machiningu, který bude karty odebírat a na základě toho bude dávat pokyn k výrobě.

#### 6.1.8 POPIS OKRUHU

Když material handler, který doplňuje montážní linky, odebere díly z nového (plného) boxu, zároveň odebírá i kanbanovou kartu. Tu následně umístí na kanbanovou tabuli do příslušného pole. Tento krok znamená signál pro oblast machiningu, že může začít vyrábět příslušný díl v dávce uvedené na kartě. Leader tuto kartu odebere z kanbanové tabule a na základě toho dá pokyn k výrobě. Po dokončení výroby je karta umístěna do boxu společně s díly. Následně je celá dávka odesílána na kooperaci nebo dopravena na skladovací plochy u montážních linek, čímž se celý okruh uzavírá.

Ve výrobě existují případy, že jsou některé komponenty uskladněny přímo u montážní linky a odebírají si je sami operátoři na lince. Pro tento případ budou u každé linky umístěny sběrné boxy, do kterých budou operátoři odkládat odebrané karty. Tyto boxy budou material handleři pravidelně kontrolovat a karty z nich vkládat na kanbanovou tabuli.

### 6.2 ZAVÁDĚNÍ SYSTÉMU

Před zavedením systému kanban do praxe je nutné důkladně proškolit a seznámit s fungováním systému všechny pracovníky, kterých se bude týkat.

Při samotném zavádění bude systém procházet zkušební fází, kdy je nutné podrobně sledovat a měřit jeho funkčnost a v případě zjištění jakýchkoli problémů vhodnými způsoby (změna velikosti dávky, přidání nebo odebrání kanbanové karty, atd.) korigovat.

Po zavedení do plného provozu, je samozřejmě nutné systém i nadále pravidelně sledovat a podrobovat analýzám a neustále pracovat na jeho optimalizaci.

## 7 GRAFICKÝ NÁVRH DISPOZICE

Pro navrhovaná opatření není nutné nijak měnit dispozici výrobní haly. Hala je logicky a účelně rozčleněna na hlavní sektory machiningu a montážních linek. V těsné blízkosti těchto sektorů jsou vhodně umístěny příruční sklady a skladovací plochy pro materiál.

Za jediný zásah nebo spíše doplnění, které plyne z řešení této práce, lze označit umístění kanbanové tabule do oblasti machiningu a přidáním sběrných boxů na kanbanové karty ke každé montážní lince.

## 8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V předchozích kapitolách bylo navrženo hned několik opatření, které povedou ke zlepšení materiálového toku v řešené výrobě. Jelikož nebyla zvolena jedna nejvhodnější varianta, ale bylo by dobré postupně zavést všechny návrhy, bude provedeno zhodnocení pro všechna navrhovaná opatření.

### 8.1 PŘESUN ELOXOVÁNÍ

Ekonomické přínosy přesunu procesu eloxování do bližší lokality budou zejména v úspoře nákladů na dopravu. Přestože ještě není rozhodnuto, do jaké lokality by se tato kooperace mohla přesunout, můžeme jednoznačně říci, že úspory na dopravu budou výrazné. Vzdálenost do uvažovaných lokalit (Slovensko a Polsko) je totiž více než o 70% kratší.

Další úspory se dají očekávat i v samotné ceně za prováděnou práci. Cena práce na Slovensku a v Polsku je totiž výrazně nižší než ve Velké Británii, kde je proces eloxování prováděn v současnosti.

Náklady na změnu lokality procesu v tuto chvíli bohužel nelze stanovit ani jako odhad.

### 8.2 ZKRÁCENÍ FREKVENCE MILK-RUNU

Tento návrh přinese úspory zejména ve zkrácení průběžné doby výroby, což má za následek snížení úrovně zásob ve fázi rozpracovanosti. Jak je obecně známo, v zásobách je vázán kapitál, a proto je snaha o jejich co nejmenší úroveň.

Toto opatření na druhou stranu přinese i zvýšení nákladů na dopravu. Jelikož je doprava řešena pomocí milk-runu a je vázána složitými smluvními podmínkami, nelze přesně stanovit cenu jedné trasy dopravy vztaženou na jeden kus nebo dávku. I kdyby byl proveden výpočet, který by stanovil alespoň přibližnou cenu, nemohl by v této práci být použit vzhledem ke zmiňovaným smluvním podmínkám.

### 8.3 ZAVEDENÍ SYSTÉMU KANBAN

Náklady na zavedení systému kanban spočívají v investici do kanbanové tabule, výroby karet a případně organizačních opatření. Tyto náklady se budou pohybovat maximálně v řádu tisíců Kč a jsou tedy zanedbatelné. Druhou složkou nákladů budou náklady na školení pracovníků. Jelikož bude školení probíhat v režii firmy, lze tyto náklady vyčíslit jako mzdové náklady za čas školení.

Stejně jako u předchozí varianty zavedení kanbanu povede zejména ke snížení zásob ve výrobě a zvýšení produktivity. Tím vzniknou úspory na skladování a úspory v podobě snížení vázaného kapitálu v zásobách.



### ZÁVĚR

Pro splnění úkolu, který vyžadoval nastavit standardy materiálového toku dle principů štíhlé výroby ve firmě Edwards s.r.o., bylo nejprve nutné provést analýzu stávajícího stavu. Ta spočívala v několika krocích.

Prvním krokem bylo seznámení se s firmou jako takovou, jejím fungováním a filozofií, řešeným pracovištěm a produkty, které se na něm vyrábějí. Dále následovala analýza samotného pracoviště, která zahrnovala zmapování materiálových toků, analýzu výrobního a plánovacího systému a výrobního procesu.

Z těchto analýz vyplynula řada pozitivních i negativních závěrů. Byly určeny dva nejpodstatnější faktory, které negativně ovlivňují materiálový tok.

Prvním z nich je proces eloxování pomocí kooperace, který znesnadňuje hladký materiálový tok a výrazně prodlužuje průběžnou dobu výroby eloxovaných dílů. Bylo navrženo několik možných opatření, která povedou ke snížení nákladů na kooperaci a zkrácení celkového lead time.

Druhým nedostatkem byla chybějící standardizace materiálového toku. Pro řešení tohoto problému bylo zvoleno zavedení kanbanové systému do výroby. Jeho zavedením bude oblast machiningu řízena pouze na základě poptávky montážních linek po jednotlivých dílech na rozdíl od stávajícího plánování na základě předpovědí poptávky. To bude mít za následek, snížení zásob ve výrobě ve fázi rozpracovanosti, zkrácení průběžné doby výroby a celkovou standardizaci materiálového toku.

V průběhu zpracování práce se ve firmě vyvíjely priority zájmu řešení různých projektů. To mělo dopad i na samotné řešení této práce. Zájem o tento projekt nejdříve ustoupil do ústraní, ale v současnosti je řešení řízení výroby a logistiky na tomto pracovišti součástí rozsáhlého a komplexního projektu. Tato práce tedy poslouží jako studie a návrh jednoho z dílčích řešení tohoto projektu.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] PRECLÍK, Vratislav. *Průmyslová logistika*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006, 359 s. ISBN 80-010-3449-6. Logistika pro manažery, kapoun
- [2] STEHLÍK, Antonín. *Logistika pro manažery*. 1. vyd. Praha: Ekopress, 2008, 266 s. ISBN 978-80-86929-37-8.
- [3] ŠPIČKA, J. *Logistika, doprava a manipulace*. skriptu VUT- FSI Brno. skriptu VUT- FSI Brno. Brno: VUT-FSI Brno, Technická 2, 2002. 57 s.
- [4] Materiálový tok. *LOGISTIKA NEJEN PRO STUDENTY* [online]. 2009 [cit. 2014-6-13]. Dostupné z: <http://logistika.studentske.cz/2009/06/materialovy-tok.html>
- [5] Štíhlá výroba - Lean Production. *SyNext* [online]. (c) 2008 [cit. 2014-6-13]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/stihla-vyroba-lean-production.html>
- [6] KYSEL, Marek. Štíhlá výroba - lean. *IPA More Than Expected* [online]. © 2012 [cit. 2014-6-13]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovník/stihla-vyroba-lean>
- [7] Štíhlý a inovativní podnik. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-5-2]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68252.stihly-a-inovativni-podnik/>
- [8] EDWARDS, Interní zdroj firmy Edwards s.r.o.
- [9] BORDÁS, Robert. Historie. *LEAN Company* [online]. © 2006 [cit. 2014-5-23]. Dostupné z: <http://www.leancompany.cz/historie.html>
- [10] Just in Time. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-6-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68347.just-in-time/>
- [11] Toyota Production System. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-6-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68250.toyota-production-system/>
- [12] Jidoka. *Svět produktivity* [online]. © 2012 [cit. 2014-6-20]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Jidoka.htm>
- [13] Plytvání. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-6-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/67789.plytvani-eliminace-lean/>
- [14] 5S. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-6-20]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68391.5s/>
- [15] Metóda 5S. *Štíhle myslenie* [online]. [cit. 2014-6-20]. Dostupné z: <http://www.stihlemyslenie.sk/sk/stihle-nastroje/1/metoda-5s.html?all=2>
- [16] Vizuální management - štíhlé pracoviště. *IPA More Than Expected* [online]. © 2012. [cit. 2014-6-20]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovník/vizualni-management-stihle-pracoviste>

- [17] LEAN slovník. *LEAN company* [online]. [cit. 2014-6-26]. Dostupné z: <http://www.leancompany.cz/leanslovník.html>
- [18] Vizuální pracoviště. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-6-26]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68421.vizualni-pracoviste/>
- [19] Nástroje Štíhlé výroby Lean Production. *SyNext* [online]. (c) 2008 [cit. 2014-6-27]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/nastroje-stihle-vyroby-lean-production.html>
- [20] MAŠÍN, Ivan. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. první. Liberec: Institut průmyslového inženýrství s.r.o., 2003. ISBN 80-902235-9-1.
- [21] Kaban. *Svět produktivity* [online]. © Copyright 2012 [cit. 2014-6-27]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>
- [22] KUČERÁK, Dušan. Kanban. *IPA More Than Expected* [online]. © 2012 [cit. 2014-7-1]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovník/kanban>
- [23] Kanban a jeho aplikace. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-7-1]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68342.kanban-a-jeho-aplikace/>
- [24] Tahové systémy řízení. *API Academy of Productivity and Innovations* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-7-1]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68341.tahove-systemy-rizeni/>
- [25] EDWARDS. [online]. © Edwards Limited 2012 [cit. 2014-5-5]. Dostupné z: <http://www.edwardsvacuum.com/>
- [26] Six Sigma. *MANAGEMENT MANIA* [online]. © 2011-2013 [cit. 2014-5-6]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/six-sigma>
- [27] GREGOROVIČOVÁ, Lucie. Nástroj pro identifikaci plýtvání:Mapování toku hodnot /Value Stream Mapping) 1.část. *Úspěch: produktivita a inovace v souvislostech*. 2009, č. 4. ISSN 1803-5183
- [28] GREGOROVIČOVÁ, Lucie. Nástroj pro identifikaci plýtvání:Mapování toku hodnot /Value Stream Mapping) 2.část. *Úspěch: produktivita a inovace v souvislostech*. 2010, č. 1.ISSN 1803-5183
- [29] Eloxování hliníku. *PBS Velká Bíteš* [online]. © 2000 - 2014 [cit. 2014-8-25]. Dostupné z: <http://www.pbsvb.cz/cz/sluzby-zakaznikum/galvanovna/eloxovani-hliniku>
- [30] Eloxování hliníku. *Astronom* [online]. [cit. 2014-8-25]. Dostupné z: <http://www.astronom.cz/procyon/chemistry/elox.html>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

JIT	[-]	Just-in-time
VSM	[-]	Value Stream Mapping – mapování hodnotového toku
TPS	[-]	Toyota Production System
VA	[hod]	Value added – přidaná hodnota
NVA	[dny]	Non value added
PDV	[dny]	Průběžná doba výroby
SOP	[-]	Standardizované pracovní postupy
SCP	[-]	Supply Chain Planning
KBS	[ks]	Velikost kanbanové dávky
CMM	[-]	coordinate measuring machine – měřicí stanice
KB	[ks]	Počet kanbanových karet
DD	[ks]	Daily demand – průměrná denní poptávka
LT	[dny]	Lead time
SS	[dny]	Safety Stock – pojistná zásoba
$\alpha$	[-]	Bezpečnostní koeficient
KBT	[ks]	Hladina příkazu k výrobě
PPM	[-]	Product Place Market – příruční sklad

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1-1 Členění logistiky[2] .....	12
Obr. 2-1 Znázornění struktury štíhlého podniku[6].....	15
Obr. 2-2Schéma TPS[8] .....	16
Obr. 2-3Kroky 5S[14] .....	19
Obr. 2-4 Ukázka pracoviště, na kterém je prováděna metoda 5S[15].....	20
Obr. 2-5Znázornění materiálové toku ve VSM[28]. .....	22
Obr. 2-6 VA-linka[28] .....	23
Obr. 2-7Základní značky pro mapování hodnot[28] .....	23
Obr. 2-8Tlakový systém řízení výroby[24] .....	25
Obr. 2-9 Tahový systém řízení výroby (Kanban)[24] .....	25
Obr. 3-1 Logo společnosti Edwards [25].....	26
Obr. 3-2 Zákazníci společnosti Edwards[8] .....	26
Obr. 3-3 Vizualizace závodu[8] .....	28
Obr. 3-4 Olejové rotační lamelové vývěvy řady E2M [8].....	29
Obr. 3-5 Suché šroubové vývěvy GXS a GV 260 [8] .....	29
Obr. 3-6 Mechanický booster EH [8] .....	30
Obr. 3-7 Vývěva EPX[8] .....	30
Obr. 3-8 Olejové rotační vývěvy EM[8] .....	31
Obr. 3-9 Suchá vývěva nXDS20i[8].....	31
Obr. 3-10 Turbomolekulární vývěvy nEXT[8] .....	31
Obr. 4-1Layout závodu Edwards.....	32
Obr. 4-2 Makino a71 a Mori Seiki NL 300[8] .....	33
Obr. 4-3Layout haly[8].....	33
Obr. 4-4Ukázka vizuálního managementu v Edwards[8] .....	35
Obr. 4-5 Ukázka vizualizace kaizenu [8] .....	36
Obr. 4-6 Ukázka některých vyráběných dílů [8] .....	39
Obr. 4-7Ukázka části VSM produktové řady nXDS [8] .....	40
Obr. 4-8 Tok materiálu nXDS [8] .....	42
Obr. 4-9Procesní mapa machiningu ROTOR EPX[8] .....	43
Obr. 6-1Graf průběhu plánované poptávky produktové řady XDS.....	48
Obr. 6-2Graf průběhu plánované poptávky produktové řady Nxds .....	49
Obr. 6-3 Graf průběhu plánované poptávky produktvé řady EPX .....	49
Obr. 6-4 Vyměnitelný fixátor pro Orbit Scroll v paletovém boxu[8] .....	51

Obr. 6-5 Návrh kanbanové karty .....54

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1 Schéma základních logistických činností [1] ..... 13

Tab. 4-1 Metodika 5S v Edwards[8] ..... 34

Tab. 4-2 Seznam vyráběných dílů a vývoj part numberu v průběhu výrobního procesu..... 38

Tab. 4-3 Výstupní hodnoty z VSM .....41

Tab. 5-1 Srovnání současného stavu pomocí PDV a VA indexu (index 1) vůči stavu po zavedení oprávnění přesunu eloxování EPX na Slovensko a zkrácení frekvence milk-runu (index 2).....47

Tab. 6-1 Průměrná měsíční a denní poptávka jednotlivých dílů .....50

Tab. 6-2 Výpočet kanban karet v okruhu ..... 53

---

## SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Procesní mapa EPX Holweck
- P2 Procesní mapa EPX Top Cap
- P3 Procesní mapa EPX Rotor
- P4 Procesní mapa EPX Stator
- P5 Procesní mapa nXDS Fixed Scroll
- P6 Procesní mapa nXDS Orbit Scroll
- P7 Procesní mapa nXDS Motor Housing
- P8 VSM EPX
- P9 VSM nXDS

# PROCESS FLOW MACHINING EPX HOLWECK

VALUE ADDED

NON VALUE ADDED

TURNING 1st OP.  
OKUMA 1pc

DEBURR & CLEAN & TURN

TURNING 2nd OP.  
OKUMA 1pc

WASHING MACKWASH

COOLING

MEASURING  
CMM

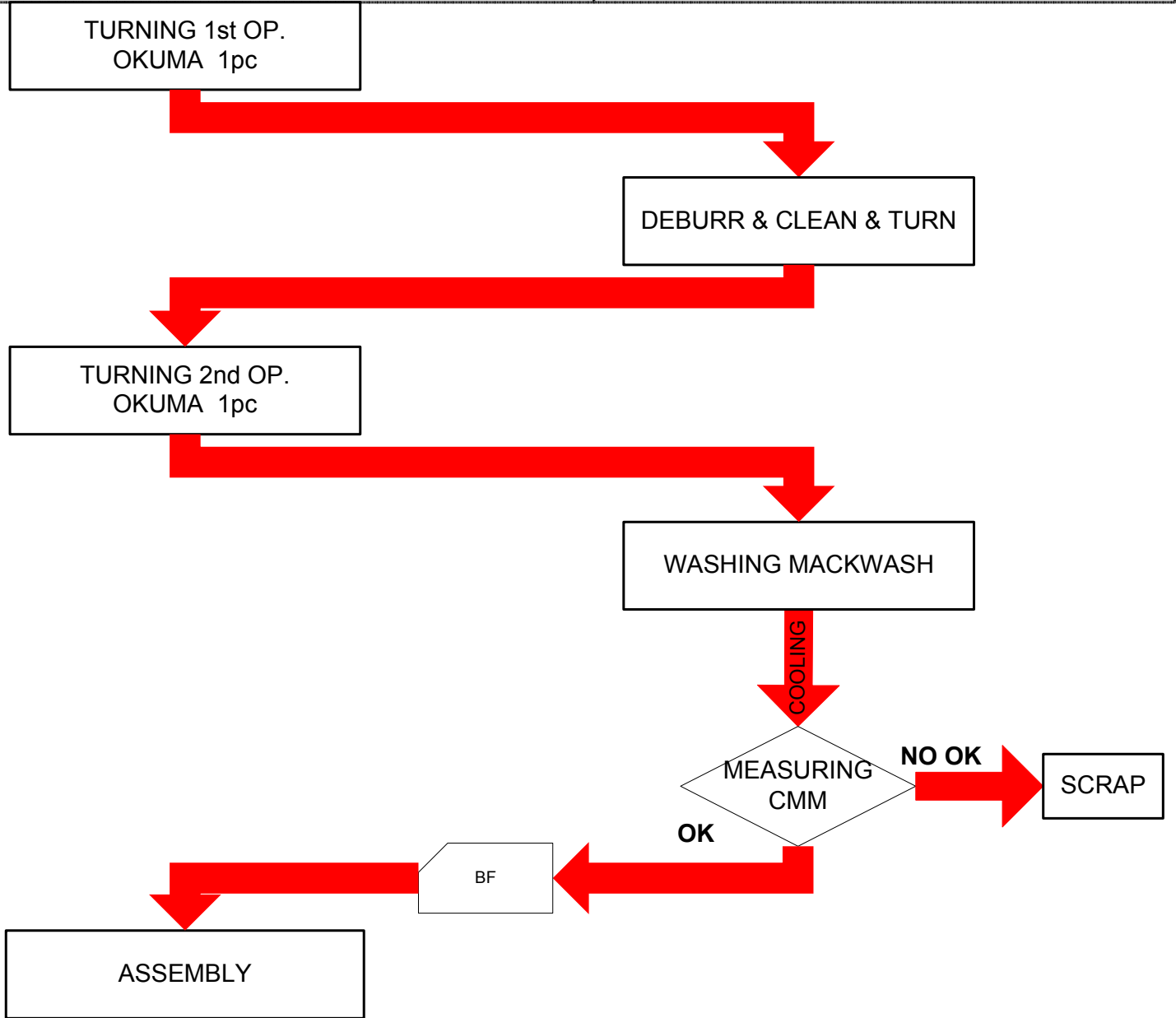
NO OK

SCRAP

OK

BF

ASSEMBLY





# PROCESS FLOW MACHINING EPX TOP CAP/TWIN

VALUE ADDED

NON VALUE ADDED

TURNING 1st OP.  
OKUMA 1pc

DEBURR & CLEAN & TURN

TURNING 2nd OP.  
OKUMA 1pc

DEBURR & CLEAN & TURN

TURNING 3rd OP.  
OKUMA 1pc

WASHING FINN SONIC

MEASURING  
CMM

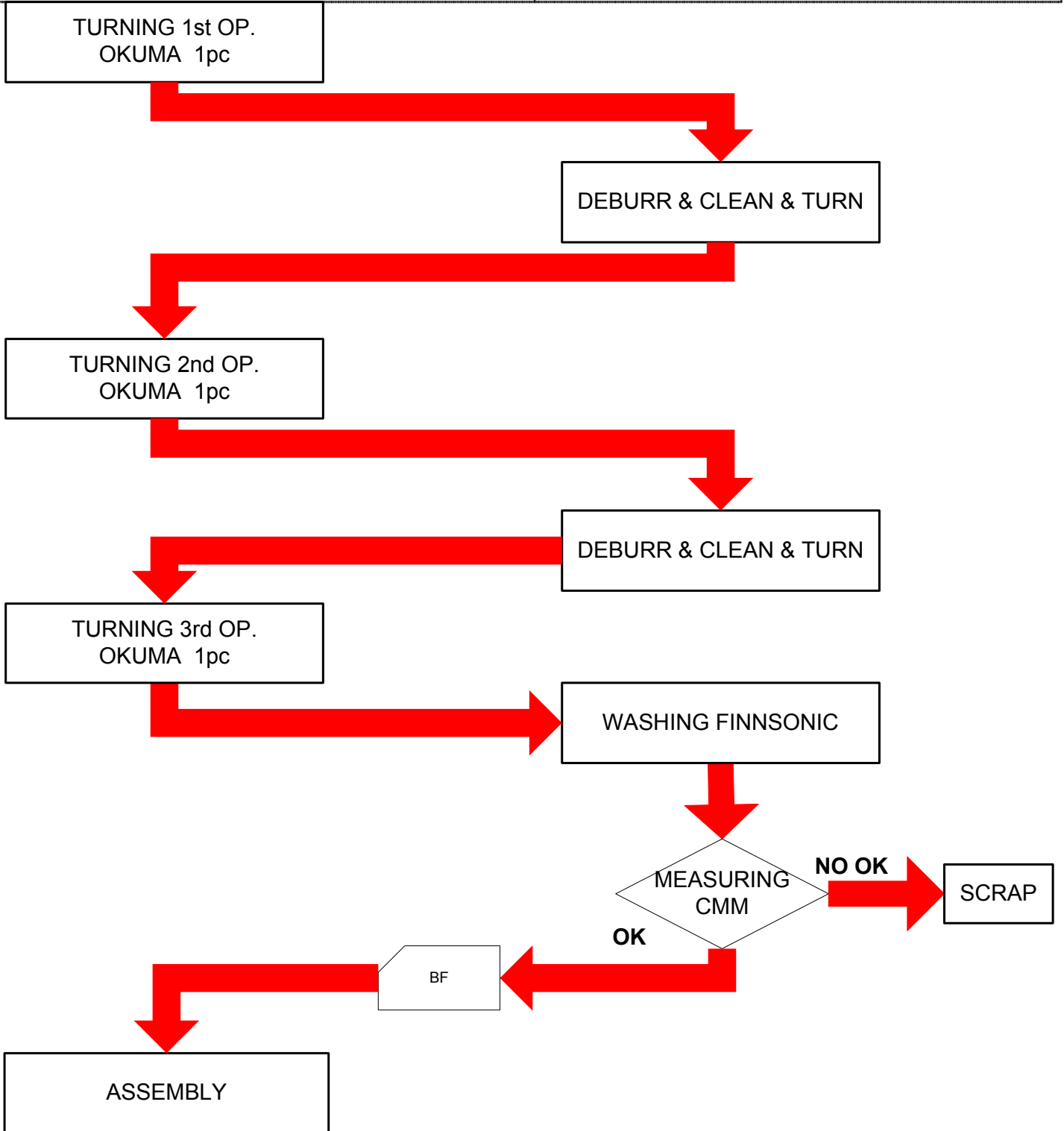
NO OK

SCRAP

OK

BF

ASSEMBLY



# PROCESS FLOW MACHINING EPX ROTOR

VALUE ADDED

NON VALUE ADDED

TURNING 1st. OP.  
OKUMA 1pc

DEBURR & CLEAN & TURN

TURNING 2nd OP.  
OKUMA 1pc

DEBURR & CLEAN

TURNING 3rd OP.  
OKUMA 1pc

DEBURR & CLEAN

GRINDING  
MATSSURA LX 1pc

DEBURR & CLEAN

TURNING  
OKUMA 1pc

WASHING FINN SONIC

RICK CONNELL  
COOPERATION

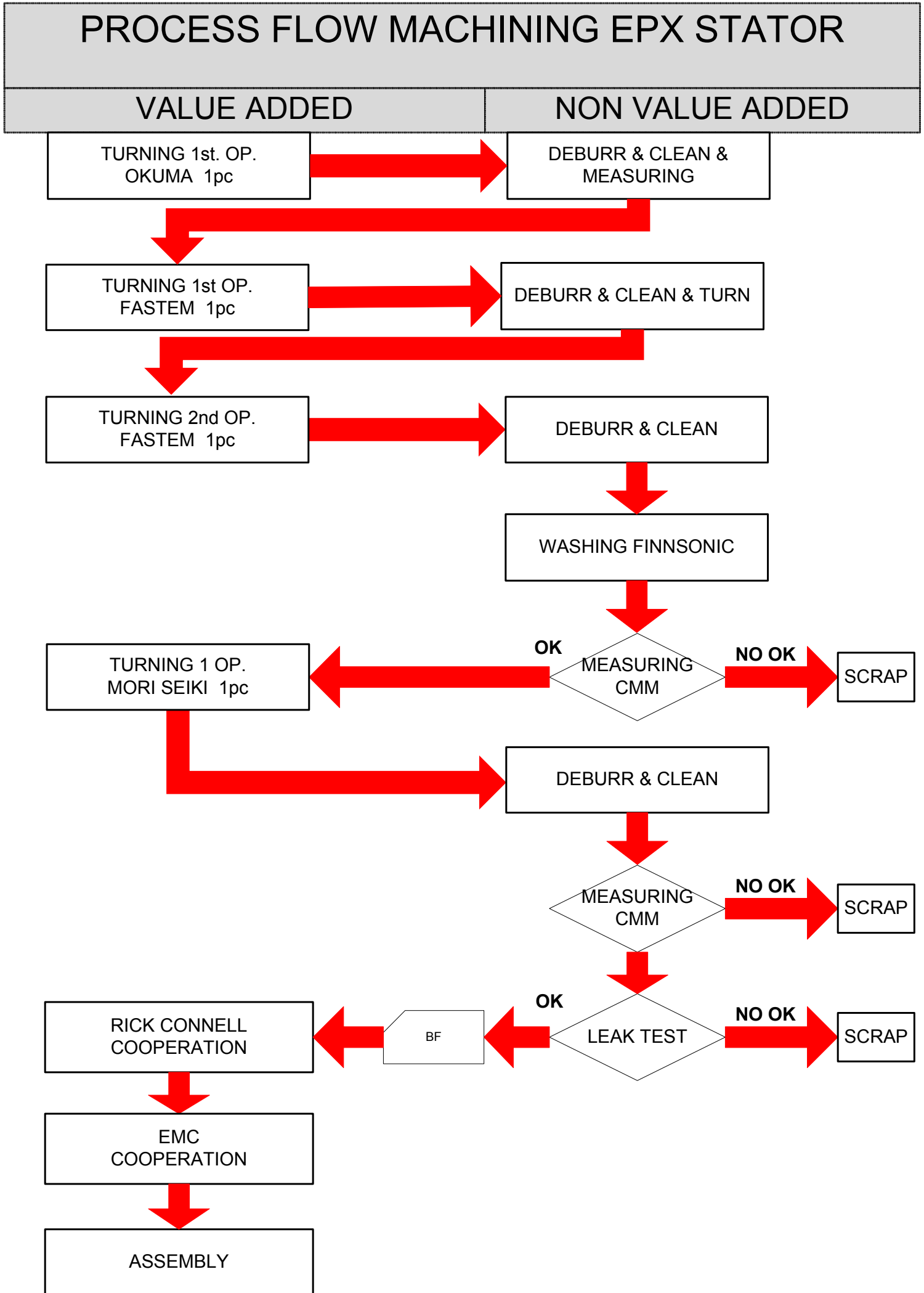
BF

OK  
MEASURING  
CMM  
NO OK

SCRAP

ASSEMBLY

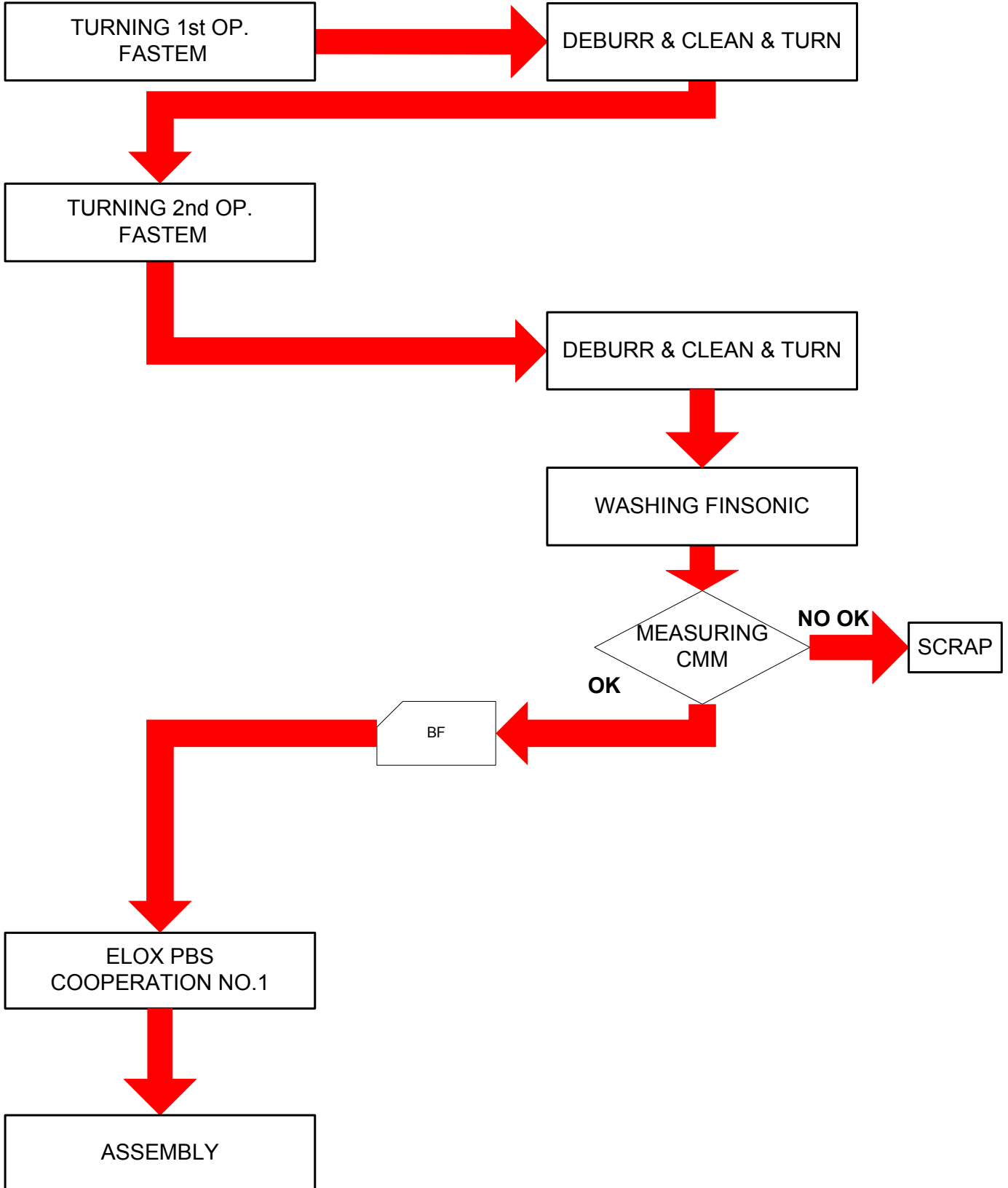
# PROCESS FLOW MACHINING EPX STATOR



# PROCESS FLOW MACHINING nXDS FIX SCROLL

VALUE ADDED

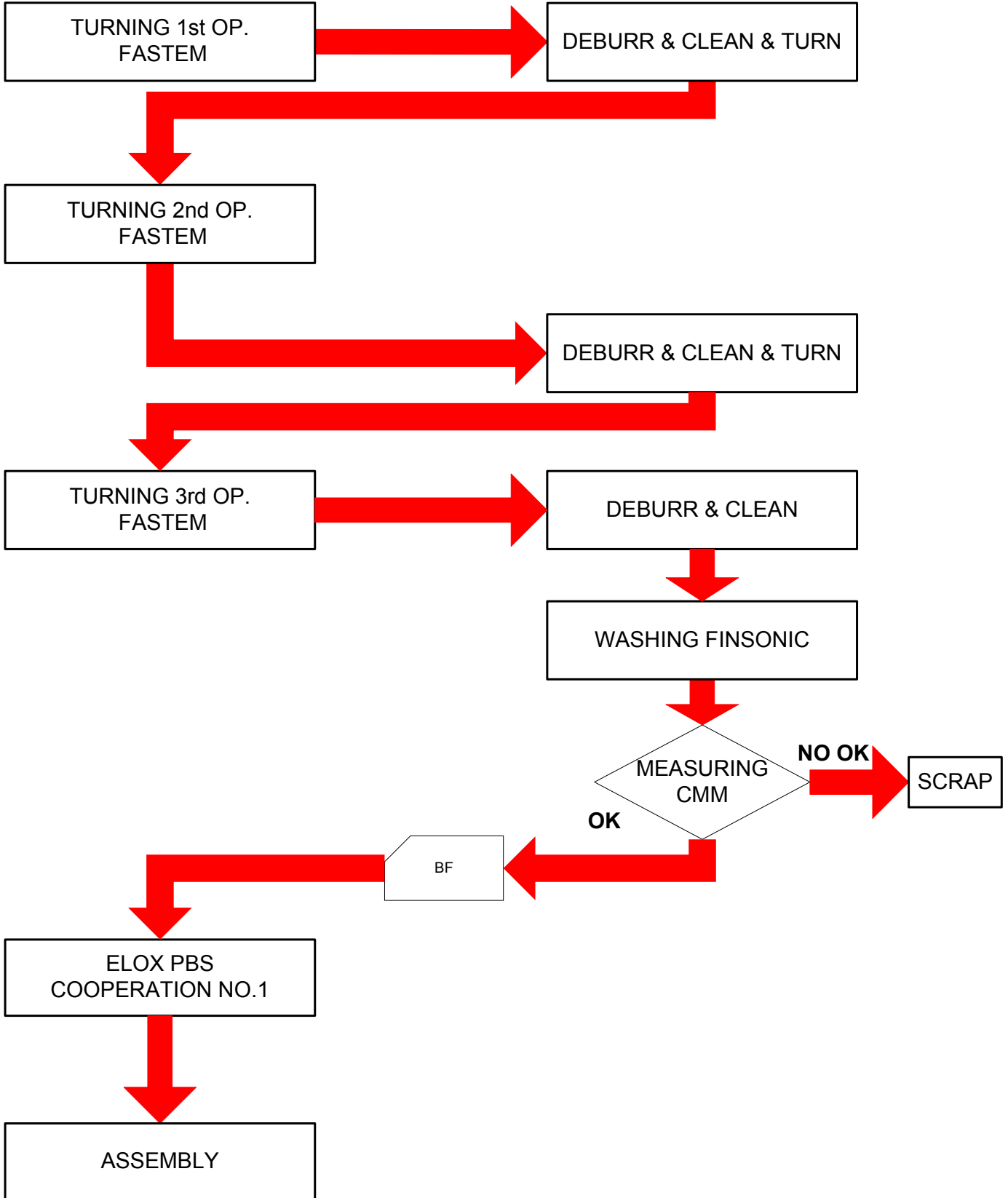
NON VALUE ADDED



# PROCESS FLOW MACHINING nXDS ORBIT SCROLL

VALUE ADDED

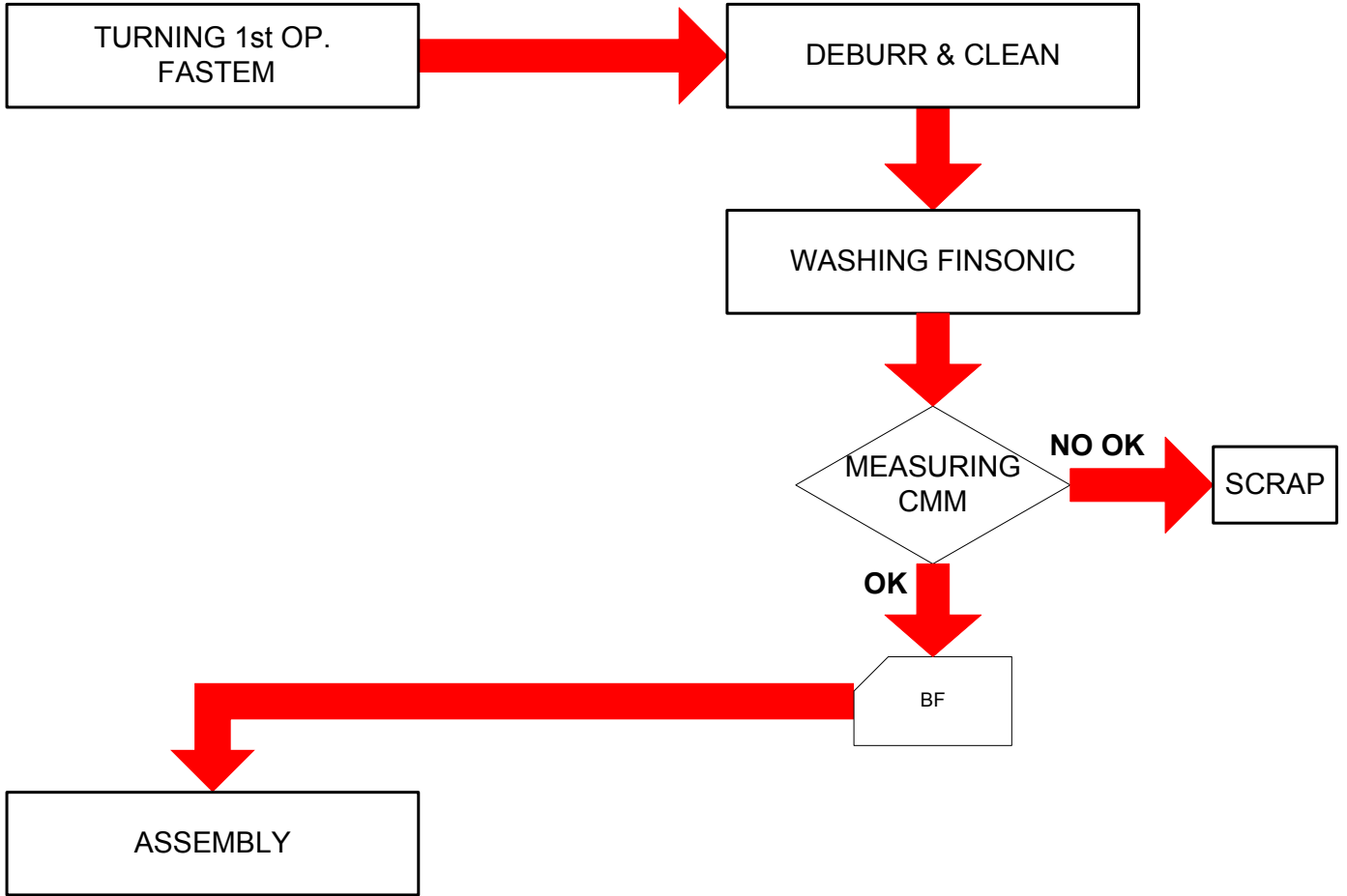
NON VALUE ADDED



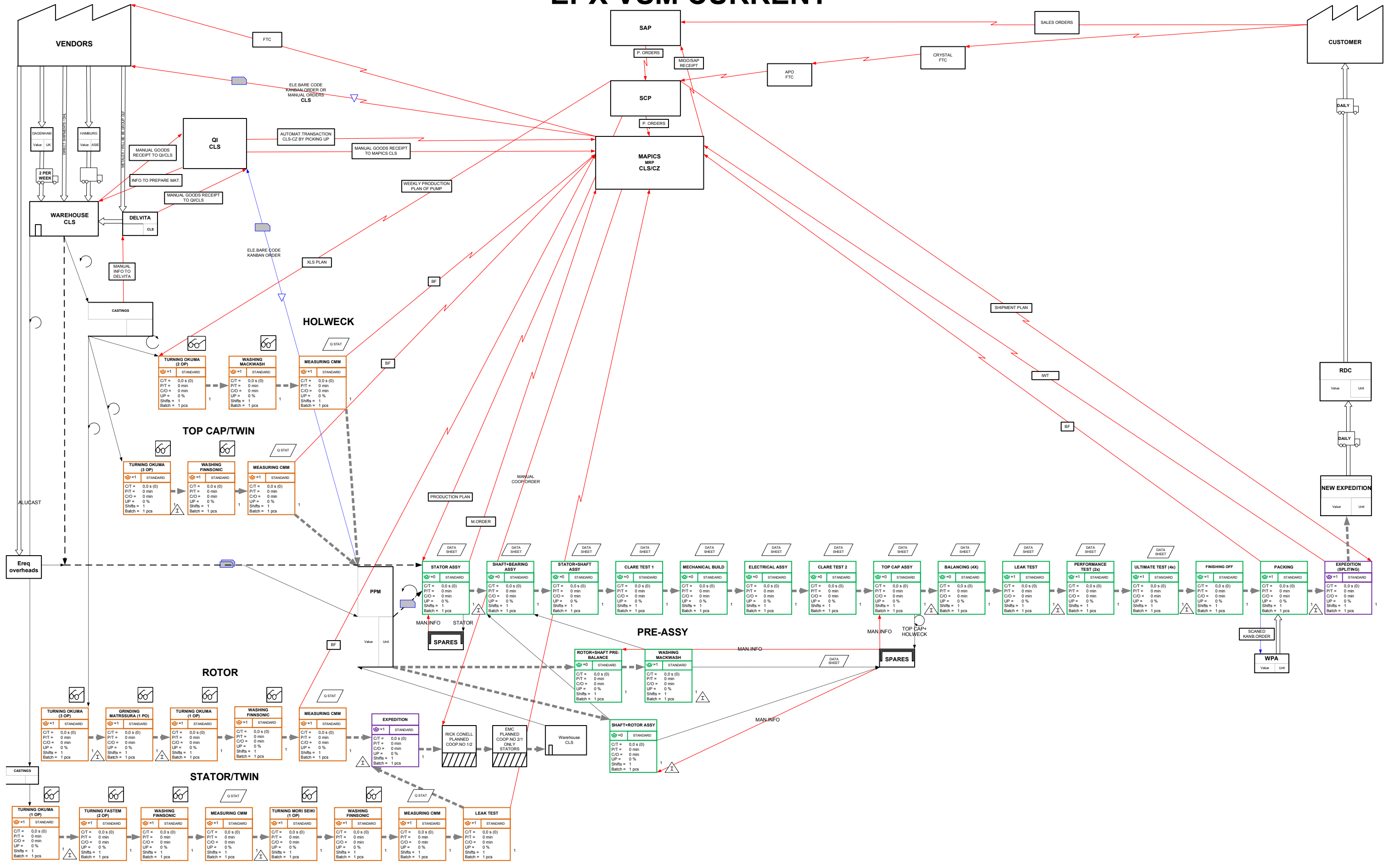
# PROCESS FLOW MACHINING nXDS MOTOR HOUSING

VALUE ADDED

NON VALUE ADDED



# EPX VSM CURRENT



# nXDS VSM CURRENT

