

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra technologií a měření**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Optimalizace výrobního toku v konkrétním podniku  
s elektrotechnickou výrobou**

**vedoucí práce: Ing. Radek Soukup, Ph.D.  
autor: Bc. Václav Švec**

**2012**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav ŠVEC**  
Osobní číslo: **E10N0062P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Optimalizace výrobního toku v konkrétním podniku s elektrotechnickou výrobou**  
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište metody používané pro optimalizaci výrobního toku a toku informací v hromadné nebo sériové výrobě.
2. V konkrétním podniku s elektrotechnickou výrobou zmapujete současný stav výrobního toku a navrhněte opatření pro jeho optimalizaci.
3. Navrhněte implementaci navržených opatření do praxe v konkrétním podniku.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

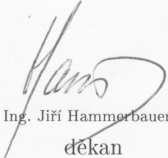
Seznam odborné literatury:

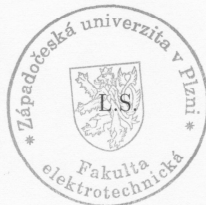
1. PERNICA, P. (2005). Logistika pro 21. století. 1.vyd. Praha: Radix, 2005. 583 str.ISBN 80-86031-59-4.
2. TRUNĚČEK, J. (1997). Deskriptivní modelování strategických rozhodovacích procesů. Podniková organizace, 1997, č. 11.
3. KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z., Štíhlý a inovativní podnik. Praha : Alfa Publishing, 2006, 237 s., ISBN 80-86851-38-9
4. CARDA, A., KUNSTOVÁ, R.: Workflow. Nástroj manažera pro řízení podnikových procesů. 2.vyd. Grada Publishing.
5. Aalst, W., Hee, K.: Workflow Management: Models, Methods and Systems. The MIT Press, London, 2004. 384 s. ISBN 978-0262720465.

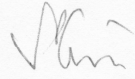
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Radek Soukup, Ph.D.**  
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

  
Doc. Ing. Jiri Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

## **Anotace**

Předkládaná diplomová práce se dělí na dvě části. Teoretická část se zabývá dnes běžně používanými metodami k optimalizaci výrobního toku. Zabývá se historií a principy těchto metod. Popisuje jejich hlavní vlastnosti, jejich výhody a nevýhody. V praktické části se nachází popis projektu, který byl řešen v rámci pracovní spolupráce s firmou Rohde & Schwarz.

## **Klíčová slova**

Metody optimalizace výrobního toku, management, teorie omezení, mapa hodnotového toku, vyrovnavání linky, bouncing, tok jednoho kusu, Rohde & Schwarz

## **Abstract - Product Flow Optimization in a Particular Electrical Engineering Company**

The presented thesis is divided into two theoretical and practical parts. The theoretical part deals with the now commonly used methods for optimizing production flow. Furthermore, it deals with the history and principles of these methods. Thesis then describes the main characteristics, advantages and disadvantages of these methods. Practical part contains description of a project, which has been carried out within the close collaboration with Rohde & Schwarz Company.

## **Key words**

Methods for optimizing production flow, Management, Theory of Constraints, Value Stream Mapping, Line Balancing, Bouncing, One Piece Flow, Rohde & Schwarz

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 1. 5. 2012

Jméno příjmení

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Radku Soukupovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval kolegům z oddělení reengineeringu firmy Rohde & Schwarz, jmenovitě Ing. Jiřímu Konopovi a Ing. Josefu Matheislovi za předání praktických zkušeností. V neposlední řadě, chci poděkovat rodině za všestrannou podporu při mém studiu.

# Obsah

<b>OBSAH .....</b>	<b>7</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
1.1 TOC – TEORIE OMEZENÍ.....	12
1.1.1 Historie .....	12
1.1.2 Podnik jako systém.....	12
1.1.3 Výrobní řetězec .....	13
1.1.4 Nástroje TOC.....	14
1.2 VALUE STREAM MAPPING.....	15
1.3 LINE BALANCING .....	19
1.3.1 Praktické využití.....	19
1.3.2 Plánování výroby.....	21
1.3.3 Heijunka.....	24
1.3.4 Čas taktu .....	24
1.4 BOUNCING.....	26
1.5 ONE PIECE FLOW.....	27
1.6 SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	30
<b>2 PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>33</b>
2.1 PŘEDSTAVENÍ PODNIKU .....	33
2.1.1 Historie .....	33
2.1.2 Zaměstnanci .....	34
2.2 OBECNÁ PRAVIDLA PRO TVORBU PROJEKTŮ .....	35
2.3 PILOTNÍ PROJEKT .....	37
2.3.1 Výběr pracoviště .....	37
2.3.2 Sběr dat.....	38
2.3.3 Tvorba hodnotové mapy.....	40
2.3.4 Nalezení a odstranění úzkého místa.....	42
2.4 TVORBA ZKUŠEBNÍ BOUNCING LINKY .....	44
2.5 FINANČNÍ ZHODNOCENÍ PROJEKTU .....	46
2.6 ZKUŠEBNÍ LINKA .....	47
2.7 NÁVRH NOVÉHO PRACOVIŠTĚ KABELOVÉ VÝROBY.....	49
2.8 ZAHÁJENÍ VÝSTAVBY .....	50
<b>3 ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>
<b>4 PŘÍLOHY .....</b>	<b>57</b>

## Seznam použitých zkratk

zkratka	popis CZ	popis EN
TOC	teorie omezení	Theory of Constrains
VSM	mapování toku hodnot	Value Stream Mapping
TPS	výrobní systém Toyota	Toyota Production System
SAP	systemy, aplikace, produkty	Systems, Applications, Products
PQPR	množství výrobků/sledování výrobků	Product Quantity/Product Routing
C/T	čas na výrobu jednoho kusu	Cycle Time
C/O	čas na přestavení stroje	Changeover Time



## Úvod

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na problematiku výrobního toku. Vyrovnaný výrobní tok je velice důležitou součástí každého moderního podniku, protože dávno pryč jsou doby, kdy se vyrábělo velké množství výrobků, které následně zastávaly funkci nevyužitých skladových zásob. V dnešní době se výroba podřizuje pouze zákazníkovi, jeho požadavkům a přáním. Pokud podnik tyto požadavky dokáže splnit, učiní první krok, jak uspět v dnešním neúprosném konkurenčním boji. Za vyrovnaným výrobním tokem ovšem často stojí velké množství změn, které musí podnik podstoupit. Výroba musí být schopna rychlé reakce na změnu výrobků, tedy změnu zákaznické poptávky a všichni pracovníci musí zvládat změny pracovních postupů. Otázkou ovšem zůstává, zda-li řízení, zaměřené tímto způsobem, používá ty správné metody.

Práce manažerů je dnes stále složitější. Musí být schopni čelit tlaku zákazníků, kteří požadují co možná nejnížší cenu a pochopitelně nejvyšší kvalitu, na druhou stranu jsou ovlivňováni tlakem firemního vedení, které se snaží dosáhnout co nejnížších výrobních nákladů. Pokud chce manažer těmto tlakům vyhovět, musí být schopen prosadit určité změny ve stylu výroby, které jednak zajistí zlevnění výroby a dále zvýšení kvality výrobků. Těmito změnami mám na mysli zavedení, v určitých ohledech revolučních, metod k optimalizaci výroby. Příkladem pro všechny mohou být světoznámé firmy jako např. Toyota, Bosch, Canon a další, které tyto optimalizační metody s úspěchem používají, nehledě na to, že prvně jmenovaná firma je dokonce z velké části jejich tvůrcem. Jedná se o světoznámý Toyota Production System, který po celém světě slouží jako etalon systémů pro podporu výroby.

V některých případech se zavádění těchto metod setkává s nemalým odporem zaměstnanců, kteří nejsou ochotni přijmout změny a vystoupit ze zažitého systému, který již dnešním požadavkům nevyhovuje. Pokud se jim ovšem ukáže cesta, cíl a nezpochybnitelné parciální výsledky, nemělo by již bránit nic tomu, metodu plně aplikovat a rozvinout. Pokud se podnik přes tyto počáteční problémy přenesení, ukáže se, že optimalizační metody jsou významným nástrojem k dosažení lepších výsledků ve výrobě. Bezpochyby přináší zlepšení oproti zastaralému způsobům řízení, které se v dnešní době stále ještě objevuje v podnicích, které nestihly poznat nekompromisnost dnešního konkurenčního nasyceného trhu.

Tato diplomová práce je rozdělena na dvě hlavní části. Na část teoretickou a na část praktickou. V teoretické části jsou rozebrány hlavní metody, zabývající se problematikou výrobního toku. V dnešní době tyto metody používá velká většina podniků, protože jediné tak

je možné uspět, když se trh stává čím dál více nasyceným a vyhrává ten, kdo dokáže splnit zákaznické požadavky co nejrychleji, nejkvalitněji a co nejlevněji. Stát se trvalou součástí trhu totiž vyžaduje moderní přístup k řízení podniku a plánování výroby. To si žádá určité změny, jak už v podniku samotném, tak v odběratelsko-dodavatelských vztazích. Většinu těchto změn podněcují právě metody k optimalizaci výrobního toku.

Jak už to bývá, každá z těchto metod má svoje výhody a nevýhody, které budou dále v práci popsány. Některé z nich jsou velmi jednoduché a jejich implementace není finančně náročná a pro pracovníky představují pouze lehké změny v jejich pracovním rytmu. Jiné ovšem představují radikální změnu v pojetí celé výrobní linky, včetně její kompletní přestavby. Společným rysem je jejich cíl: různými způsoby vyřešit stejný problém, a tím je plýtvání. Ať už se jedná o plýtvání prostorem, materiálem, pracovní silou či časem, vždy to podnik stojí peníze. Zejména je nutné vyzdvihnout časovou úsporu, protože veškerý čas, který není využit k práci, může totiž sloužit pro potřeby výroby, a tím tedy přinést další peníze do podnikového rozpočtu. Pro potřeby této diplomové práce jsem vybral tyto metody:

- TOC – Teorie omezení
- VSM – Mapování hodnotového toku
- Line balancing
- Bouncing
- One Piece Flow

## 1 Teoretická část

Teoretická část této diplomové práce se zaměřuje na metody, které, po své úspěšné implementaci, pomáhají podniku odstraňovat plýtvání a pomáhají odhalit slabé místo ve výrobním řetězci. Nadřazenou, či základní metodou je TOC. V originálním znění **Theory Of Constrains**, v českém překladu - teorie omezení. Vznik této metody sahá až do 70. let minulého století a zabývá se vyhledáváním nejslabšího článku ve výrobním řetězci.

Další popisovanou metodou je VSM – **Value Stream Mapping** neboli mapování toku hodnot. Tato metoda je určena k odhalování plýtvání při výrobě. Díky grafickému návrhu celého výrobního procesu se dají snadno určit pracoviště s největší časovou náročností, ale hlavně identifikovat největší časové proluky mezi jednotlivými výrobními kroky.

Další metodou, která bude v rámci teoretické části podrobněji rozebrána, je **Line balancing**. Při aplikaci této metody jde o přesouvání části výroby ze dnů, kdy je práce více, než je možné daný den vyrobit, na dny, kdy je naopak práce málo. Výsledkem je stav, kdy se každý den vyrábí přibližně stejný počet výrobků, nejsou překročeny denní limity práce a díky této metodě se z hlediska pracovní vytiženosti vyrovná celý výrobní proces.

Metoda **Bouncing** je velmi sofistikovanou metodou pro vyrovnávání výrobního toku na lince. Díky rozmělnění výrobních kroků, které jsou pevně přidružené určitým pracovištím, na elementární úkony, jako např. odstranění kabelové izolace, se musí pracovníci vhodně doplňovat a dojde tak k vyrovnání výrobního toku. Ve výsledku se metoda ukazuje tak efektivní, že pokud jeden z pracovníků linku opustí, výroba může dále pokračovat s tím, že se pouze sníží kapacita linky.

Poslední popisovanou metodou je **One piece flow**. Další, velice jednoduchá metoda, která radikálním způsobem pomůže dosáhnout snížení času, který je potřeba k výrobě zakázky. Není to snížení zanedbatelné, protože teoreticky lze výrobní čas snížit až o dvě třetiny. Metoda opět mění zažité způsoby výroby, které se v minulosti zdály velmi produktivní, ovšem v dnešní době již nemají v moderní výrobě místo.

## 1.1 TOC – Teorie omezení

Každý řetěz je tak silný, jak silný je jeho nejslabší článek, říká staré přísloví. Přesně touto větou se řídí teorie omezení – nalézt nejslabší článek výrobního procesu, jehož výkon určuje výkon celého systému.

### 1.1.1 Historie

Autorem teorie omezení je Eliyahu Moshe Goldratt, pocházející z Izraele. Zajímavostí je, jakým způsobem se dostal k podnikatelské činnosti. Jeho přítel, který vlastnil malou továrnu, požádal Goldratta o pomoc s plánováním a řízením výroby. Ten ovšem v tomto oboru neměl žádné praktické ani teoretické zkušenosti, protože byl vystudovaným fyzikem. Proto problémy v továrně svého přítele řešil pomocí logických myšlenkových postupů. Díky tomu vznikla metoda, která, aplikovaná v továrně, pomohla značným způsobem zvýšit přítelovy zisky [1].

Nově získané poznatky Goldratt prezentoval v USA pod názvem OPT (Optimized Production Technology). Firmy sice o metodu zájem projevíly, ale problém byl v tom, že nově zavedenému systému správně nerozuměly a nedosáhly tak požadovaného efektu. Díky tomu Goldratt v roce 1984 napsal knihu *The Goal*. Českého překladu se dočkala až v roce 1999 a dostala jednoduchý název *Cíl*. Kniha je psána ve formě románu a není tudíž klasickou příručkou pro manažery, ale spíše poutavým příběhem z výrobního prostředí. Skupina vedoucích pracovníků zde řeší každodenní problémy a postupně objevují principy Goldrattovy metody. Nakonec se podnik stane konkurenceschopným a dále prosperuje [2].

Paradoxně Goldratt po čase zjistil, že mnohé implementace jeho metody byly provedeny ne díky metodě samotné, ale díky knize. Proto se pokusil zachytit podstatu toho, jak implementovat řešení přímo, a díky jím vytvořené počítačové simulaci s názvem *Race*, instruoval a učil manažery, jak řídit jejich výrobu.

### 1.1.2 Podnik jako systém

Metoda TOC vychází z tvrzení, že na podnik pohlížíme jako na uzavřený systém. Pro úspěšné zvládnutí řízení je nutné celý systém dobře znát. Vnitropodnikovými vazbami počínaje, všemi dodavatelsko-odběratelskými vazbami konče.

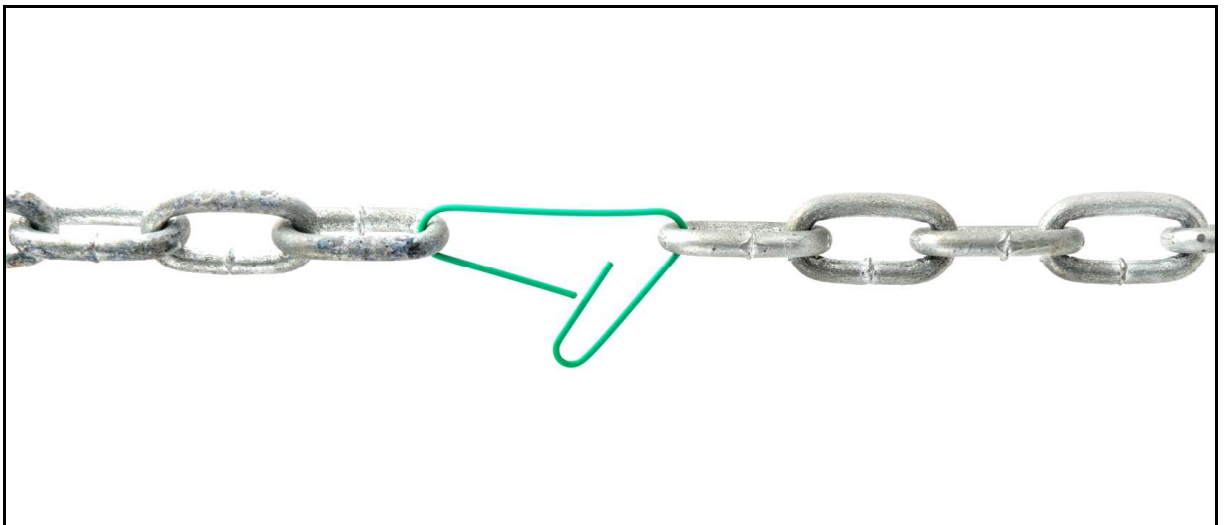
Existují v podstatě pouze dva pohledy na vnitřní uspořádání podniku. První vymyslel, a ve své továrně zavedl, H. Ford a nazýváme ho funkční členění. Při tomto členění je podnik rozdělen na jednotlivá oddělení, kde zaměstnanci plní své úkoly a jejich efektivita se měří

podle nákladů vynaložených na jejich činnost. Díky tomu se tedy předpokládá, že efektivita podniku se odvíjí od efektivity jednotlivých pracovišť. Snahou tedy je usilovat o lokální optimalizaci za účelem dosažení globálního optima.

V dnešní době přistupujeme k optimalizaci výroby trochu jiným způsobem. Procesně orientované uspořádání výroby, to je základní metodou dnešního řízení. Činnosti ve výrobě jsou vzájemně provázané a jednotlivé kroky na sebe navazují. Jejich uspořádání se vždy orientuje na požadavky zákazníků, protože jediné tak může být v dnešní době podnik konkurenceschopný [1].

### 1.1.3 Výrobní řetězec

Na výrobu se dá pohlížet jako na řetěz, jehož články představují jednotlivé činnosti během výroby. Jako zjednodušený příklad bychom mohli použít výrobní řetězec typu: objednávka, nákup materiálu, výroba, testování, logistika, prodej. Jak je z tohoto jednoduchého příkladu patrné, jednotlivé činnosti na sebe navazují a zároveň jsou na sobě závislé. Proto je možné brát tyto články jako pevně spojené, podobně jako články řetězu. Pro představu jsem použil jednoduchou ilustraci, která přesně vyjadřuje rčení o řetězu a pevnosti jeho nejslabšího článku.



**Obrázek 1 - Nejslabší článek [5]**

TOC se snaží nalézt a zesílit onen nejslabší článek z tohoto řetězu, protože právě ten limituje výkon celého systému. Goldratt ho nazval systémovým omezením. Správným přístupem každého manažera by mělo být posilování pouze tohoto článku a ne, jak se většinou podle zastaralého funkčního přístupu dělá, zesilování celého řetězu. Tento špatný postup vede pouze k plýtvání se zdroji a samotný problém víceméně neřeší, protože cílem

není zvyšovat váhu řetězu, ale jeho sílu. Jedině tak se podle TOC dá dosáhnout zvýšení výkonu celého podniku.

#### 1.1.4 Nástroje TOC

Základním předpokladem pro zavedení teorie omezení je měřitelnost. Tím se rozumí, že podnik můžeme měřit a kontrolovat variacemi třech parametrů: výrobní kapacita, provozní náklady a zásoby. Výrobní kapacitou je myšlena sazba, podle které systém generuje zisk prostřednictvím prodeje. Provozní náklady představují všechny peníze, které podnik utratí, aby přeměnil zásoby v hotové výrobky. Posledním parametrem jsou zásoby. Těmi se rozumí všechny peníze, které má systém investované v zakoupených a uskladněných předmětech, které poté hodlá prodat nebo přeměnit na výstupy.

Za další klíčovou jednotku TOC se považuje skutečnost, že hodnota průtoku ve výrobě, je omezována minimálně jedním úzkým místem. V angličtině se toto místo nazývá bottleneck – hrdlo lahve. Pokud by toto úzké místo ve výrobě neexistovalo, omezením by se stával zákazník. Jinak řečeno, výroba by byla tak efektivní, že bychom mohli dodávat výrobky ihned po jejich objednání, a díky tomu by nebylo možno efektivně využít plný výkon výroby. Úkolem TOC je toto úzké místo odhalit, následně odstranit, a tím tak zvýšit propustnost [3].

K tomu se používá následující postup obsahující pět navazujících kroků.

##### 1. Identifikace úzkého místa ve výrobě

Úzké místo nemůžeme odstranit dříve, než ho nalezneme. Jeho nalezení není nijak složité a ve výrobě je zpravidla vidět na první pohled. Poznáme ho podle hromadících se zásob, které díky neprůchodnosti zůstávají právě před tímto úzkým místem.

##### 2. Rozhodnutí, jak omezení maximálně využít

Pokud úzké místo objevíme, zjistíme, že právě toto určuje výkon celého systému, a proto je dobré ho maximálně využít. Jeho efektivita musí být maximální a musí se zabývat pouze činnostmi, které jsou pro něj určené a oprostít ho od všech ostatních nepodstatných kroků.

##### 3. Podřízení ostatních procesů předchozím dvěma krokům

Podřít ostatní procesy musíme z důvodu maximalizace výkonu úzkého místa. Nesmí být zatěžováno procesy, které přímo nesouvisí s hlavním výrobním cílem úzkého místa.

#### 4. Rozšíření, či uvolnění omezení

Rozšířením se rozumí přijmutí větších změn s cílem odstranit omezení. Jakmile totiž úzké místo objevíme a zjistíme, že i při maximálním využití je stále toto místo „brzdou“ celého systému, musíme provést další opatření. Například můžeme přesunout část výroby jinam, nebo pouze zakoupit další stroj, či přijmout více pracovníků. Důležité ovšem je, že k tomuto kroku se uchylujeme pouze poté, co máme s jistotou splněné předchozí tři kroky.

#### 5. Návrat ke kroku č. 1 v případě odeznění omezení

Pokud se během předchozích kroků omezení odstranilo, vracíme se zpět k prvnímu kroku. Vyplývá to z toho, že pokud odstraníme jedno omezení, logicky se musí objevit další místo, které se nyní stane nejslabším článkem výrobního řetězce. Pokud budeme tento postup stále opakovat, dostaneme se do procesu neustálého zlepšování, což je jednou ze základních metod lean managementu [3].

## 1.2 Value Stream Mapping

Tři slova, která pomáhají manažerům kontrolovat a lokalizovat časová plýtvání ve výrobě. Zakladateli této metody jsou samozřejmě i zakladatelé TPS – Taiichi Ohno a Shingeo Shingo [9]. V českém překladu můžeme metodu interpretovat jako mapování toku hodnot. Díky vizualizaci celého výrobního procesu, včetně dodavatelských a odběratelských vztahů, můžeme snadným způsobem odhalit místa, kde dochází k plýtvání. Jednak časovému, nebo jak bude z následujícího příkladu patrné, i materiálnímu. Zde je souhrn všech plýtvání, která mohou být pomocí VSM postihnuty:

- Nadprodukce
- Čekání
- Transport
- Nevhodné zpracování
- Přebytek zásob
- Zbytečné pohyby
- Vady a chyby

Metoda spadá do velké rodiny optimalizačních (lean) metod, které jsou jednotně pojmenované jako TPS – Toyota Production System. Více informací se nachází v praktické části, ve které jsem pomocí VSM řešil konkrétní projekt v rámci mého působení ve firmě Rohde & Schwarz.

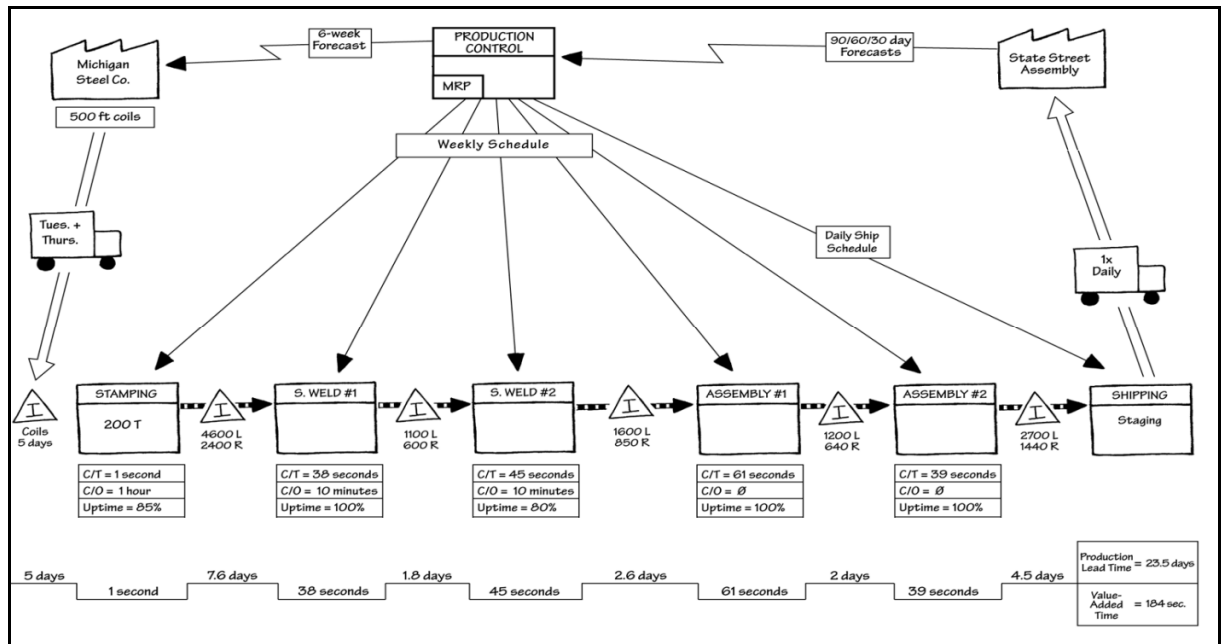
Základním stavebním kamenem VSM je hodnotová mapa, která se, v ideálním případě, tvoří přímo ve výrobě a zaznamenávají se konkrétní údaje. Zde je postup, jak pomocí VSM dosáhnout úspor:

1. Vybrat proces, který nám dělá největší problémy
2. Identifikovat cílové produkty nebo tzv. rodiny produktů v tomto procesu
3. Jmenovat manažera zodpovědného za projekt VSM
4. Zaznamenávat data – stávající stav, zatímco výroba stále probíhá. Nejlépe tak mohou být nalezena možná plýtvání. Pro záznam dat existují standardní symboly pro vyjádření jednotlivých objektů, které jsou s výrobou spojeny. Část z nich můžeme vidět např. na Obrázek 2.
5. Zhodnotit stávající stav s ohledem na redukci plýtvání a s přihlédnutím na hodnotový tok.
6. Nakreslit budoucí stav. Poukázat na provedená opatření a úspory, které byly díky těmto opatřením získány.
7. Pracovat na dosažení navrženého budoucího stavu [6].

V případové studii americké firmy Gardiner Nielsen Associates [7] se nachází hodnotové mapy procesu výroby kovových výrobků. Pro správné použití metody VSM jsou nutné hodnotové mapy dvě. První, která je uvedena na následujícím obrázku představuje aktuální stav procesu (current state map) a druhá, která by měla znázorňovat budoucí stav, ke kterému se chceme po zavedení změn dostat (future state map).

Celý proces začíná dodavateli (Michigan Steel Co.), kteří zajišťují materiál ke zpracování. Pak začíná samotná výroba - od lisování (stamping) přes dva typy svařování (S.welding 1, 2), dva typy montáže (Assembly 1, 2) a na samém konci jsou zákazníci (State Street Assembly). Hlavním řídicím prvkem celého procesu je blok production control, který má na starosti kompletní plánování výroby (tzn. řídí všechna stanoviště) a informační proud je naznačen jednoduchými šipkami směřujícími z a do tohoto bloku.



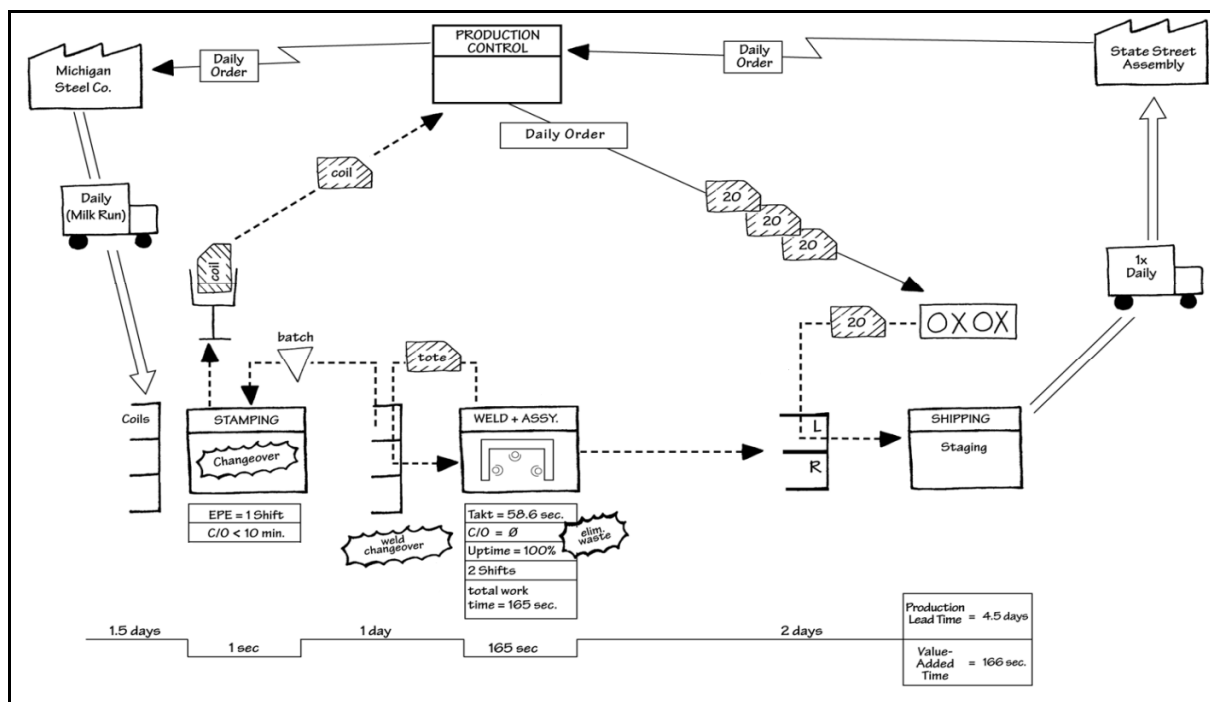


Obrázek 2 – Current state map [7]

Vše zajímavé se ovšem odehrává pod jednotlivými činnostmi. Tam totiž vidíme různé časy a procenta. C/T - Cycle time - znamená čas na výrobu jednoho kusu výrobku. C/O - Changeover time – znamená čas na přestavení stroje, aby mohl vyrábět jiný typ výrobku. A konečně Uptime znamená poměr času, který je aktuálně využíván strojem k výrobě ku času, kdy by stroj fungoval na maximum (udáváno v procentech). Pod těmito údaji se nachází časová osa, která se dá přirovnat k logickému průběhu – pouze jedničky a nuly. V tomto případě se na jedničkové průběhy přenáší časy, kdy na zakázce není pracováno a pouze bez užitku leží mezi pracovišti. V nulových průbězích je přenesen čas, kdy se na zakázce pracuje. V součtu na konci osy vidíme hodnoty 23,5 dne, kdy zakázka bez užitku pouze leží mezi stanovišti a pouze 184 sekund, které jsou využité k přidávání hodnoty. Zde je tedy velmi vysoký potenciál ke zlepšení tohoto stavu. Při tomto zlepšování se musíme zaměřit na několik otázek:

- Je nutné mít zakázky s tak velkým počtem kusů?
- Není možné udělat zakázky s co nejmenším počtem kusů? Ideálně jedním?
- Jsou úzká místa maximálně využita, popř. je možné je rozšířit?
- Je možné změnit typ linky z klasické buňkové na jiný, efektivnější?

Nyní zpět k případové studii. Na následujícím obrázku je zobrazen budoucí stav s naznačenými vylepšeními a následnou úsporou času.



Obrázek 3 - Future state map [7]

Z návrhu budoucího stavu můžeme vidět spoustu změn. Nejvíce viditelnou je změna počtu pracovišť. Jednotlivá pracoviště svařování a montáže byla kompletně seskupena do jedné linky a toto seskupení je naznačeno linkou ve tvaru U se symboly třech pracovníků v novém bloku. Z tohoto seskupení je možné ihned vytušit největší úsporu, co se týče časových prodlev vznikajících mezi stanovišti v předchozím stavu. Při tomto novém seskupení se tyto prodlevy odstranily, protože výrobek putuje rovnou po všech pracovištích a nemusí mezi nimi čekat. Uptime vzrostl na ideálních 100% a čas na změnu nastavení přístrojů naopak klesl na nulu.

Dále vidíme, že mezi novými výrobními bloky vznikly okruhy na bázi kanban. Odběr materiálu je ovšem v každém z nich řízen jiným způsobem. Pro příklad - před posledním stanovištěm nazývaným „shipping“ byla odebrána kanban karta. Toto stanoviště je řízeno heijunka filtrem (v obrázku symbol OXOX) a tento filtr je nastaven podle denních objednávek. Ostatní dva okruhy jsou řízeny pouze potřebou nového materiálu. Další změnu můžeme vidět v horní úrovni řízení mezi zákazníkem a dodavatelem. V předchozím případě tomu bylo tak, že v těchto vztazích probíhala jakási předpověď, která nezaručovala přesnou lhůtu dodání. Nyní je tomu tak, že z předpovědi se stala pouze denní objednávka. Tzn., že každý den se objednává materiál k výrobě a každý den se zjišťují zákaznické požadavky. Tímto způsobem bylo dosaženo další časové úspory.

Všechny tyto změny znamenají celkovou úsporu 18 s v případě pracovních procesů a

19 dní v případě hodnotu nepřidávajících procesů. Zejména druhý údaj znamená úsporu celkového procesního času o více než 80%.

Jak můžeme vidět, metoda VSM není úplně jednoduchou metodou, co se týká použití, ale při dodržování jednoduchých pravidel se nám odmění odhalením velkého množství plýtvání. Tato metoda byla použita i v praktické části této práce, při řešení konkrétního projektu v podniku s elektrotechnickou výrobou.

### 1.3 Line balancing

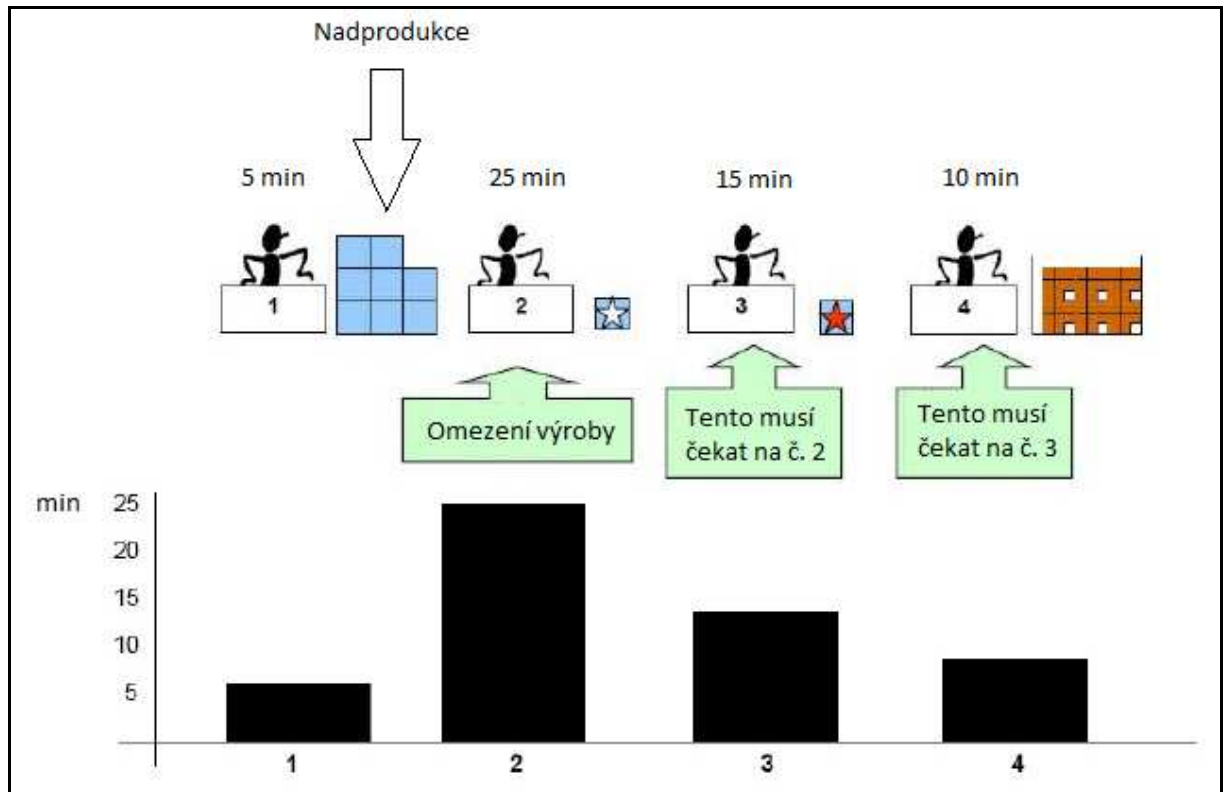
Dalším velmi účinným nástrojem pro zlepšení průchodnosti výrobní linky je line balancing. Jeho podstata spočívá v tom, že plánování výroby a následné přiřazování operací jednotlivým pracovištím musí být natolik optimální, že nikde nevznikají zásoby, pracovníci nemusí čekat na materiál, nebo naopak nemají příliš mnoho práce. Už na přelomu 19. a 20. století, za dob Henryho Forda, bylo plánování a vyrovnávání výroby jedním z klíčových faktorů, jak ušetřit, či naopak utratit velké množství peněz. Od té doby již uplynulo mnoho let a problém nevyrovnané výroby i dnes trápí mnoho firem.

Hlavní úkoly pro podnikové a výrobní plánování bychom mohli shrnout do následujících čtyř bodů [8]:

- optimální výrobní a materiální toky
- pracovní podmínky orientované na pracovníky
- vyvážené vytížení ploch a prostorů
- vysoká pružnost podniku v závislosti na objednávkách

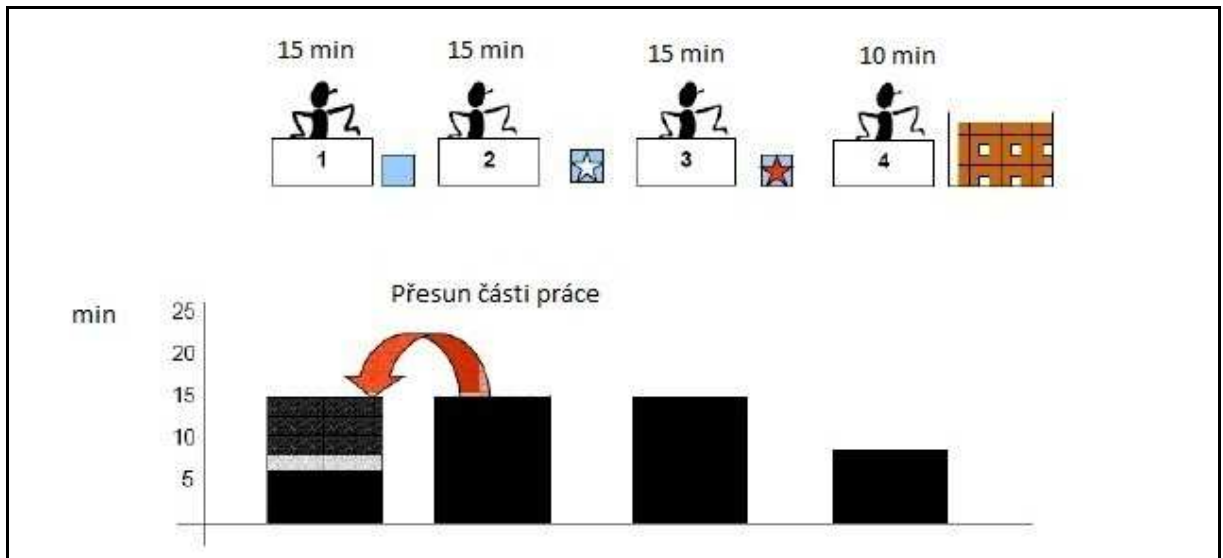
#### 1.3.1 Praktické využití

Většina podniků, které mají klasické výrobní linky, používá techniky pro zlepšení kvality výroby, jako jsou například Kaizen, Six Sigma apod. Počet podniků, které používají metody, zabývající se vyrovnáváním výroby již tak velký počet není. Přitom promyšlené plánování výroby je základem pro vyrovnaný výrobní tok.



Obrázek 4 - Nevyrovnaná výroba [11]

Jak může vypadat nevyrovnaná výroba z pohledu různých časových náročností jednotlivých kroků procesu, znázorňuje Obrázek 4 - Nevyrovnaná výroba. Vidíme zde zjednodušenou výrobní linku, která sestává ze 4 pracovišť. Nad každým z nich je uveden čas, který pracovník potřebuje pro svůj krok. Tento čas je pro lepší představu naznačen i graficky v dolní části obrázku. Při tomto stavu, kdy je výroba nevyrovnaná, dochází k nadprodukci polotovarů mezi pracovišti 1 a 2. Je to z důvodu dlouhého času výroby na pracovišti č. 2 a naopak velmi krátkého času výroby na pracovišti předchozím. Důsledkem toho musí pracovníci na číslech 3 a 4 čekat. Úkolem LB tedy je, produkci zefektivnit a jednotlivé činnosti upravit. Na Obrázek 5 již vidíme ideálně rozvrženou výrobu.



Obrázek 5 - Vyrovnaná výroba [11]

Toho bylo dosaženo tím, že došlo k přesunu části práce od vytíženého pracoviště č. 2 k nevytíženému pracovišti č. 1. Jednotlivé časy na všech pracovištích se tedy vyrovnaly a nikde nevznikají nadprodukce a nikdo nemusí na nikoho čekat. Pětiminutový rozdíl na posledním pracovišti je zanedbatelný, protože pokud se jedná o nižší hodnotu, než zbytek řetězce, nejedná se o úzké místo [11].

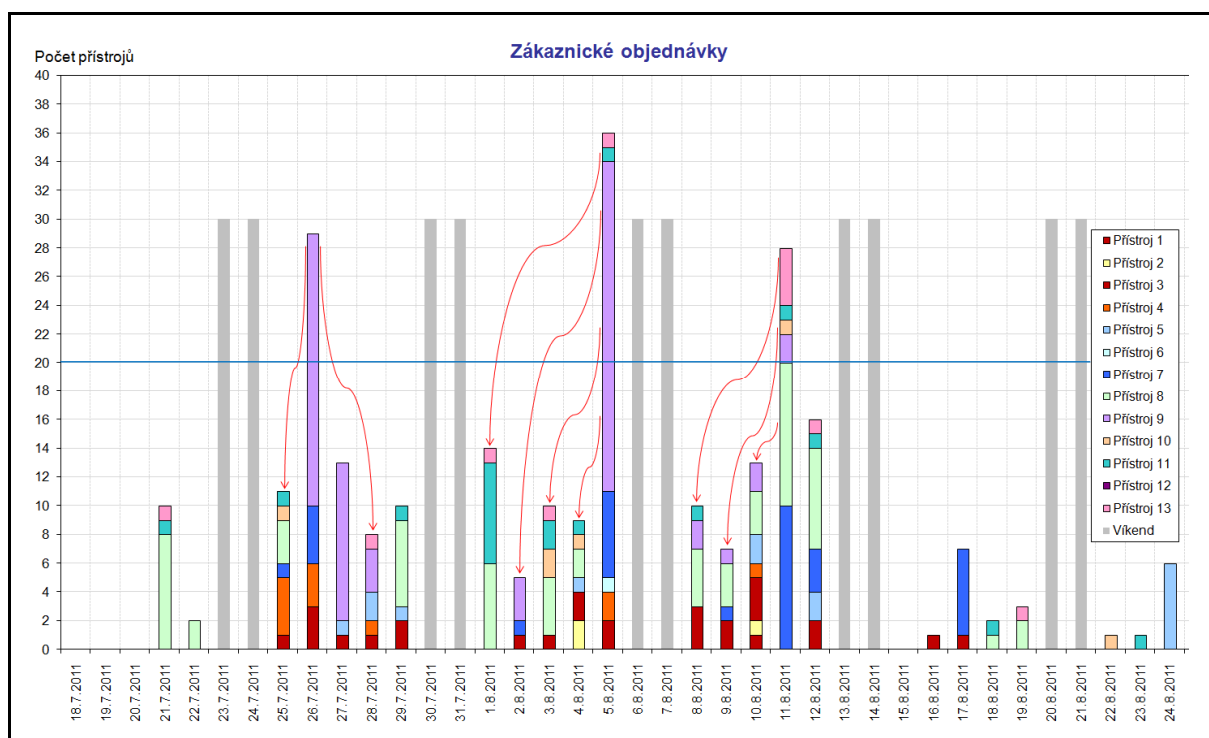
### 1.3.2 Plánování výroby

Objednávky zákazníků se mění každý měsíc, a pokud by se výroba řídila přesně podle těchto objednávek, musela by se jeden měsíc např. velmi zvýšit a další měsíc naopak velmi snížit. O denních výkyvech nemluvě. Z tohoto důvodu je nutné tyto výkyvy optimálně rozvrhnout. Jedná se o to, že objednávky přirozeně přicházejí v různých intervalech a také na různé množství výrobků. To způsobí, že nastávají dny, kdy je třeba vyrobit větší množství výrobků, než dovoluje kapacita a naopak dny, kdy není linka vytížena a vznikají tím zbytečné prostoje. Na Obrázek 6 je zobrazen stav, který by ve výrobě nastal, pokud by se výroba řídila přesně podle přicházejících objednávek (podklady jsem získal z interních materiálů firmy Rohde & Schwarz během mého tamního působení. Z důvodu ochrany informací jsem musel změnit konkrétní názvy přístrojů a výši jejich denních objednávek, avšak vypovídající hodnota zůstala zachována).

Na vodorovné ose vidíme jednotlivé pracovní dny, víkendy jsou pro viditelnost reprezentovány šedými pruhy. Na svislé ose se nachází počet přístrojů, které mají být vyrobené. Před samotným plánováním výroby je nutné stanovit maximální počet přístrojů,

keré je možno během jednoho pracovního dne vyrobit. Tohoto maximálního počtu můžeme dosáhnout dvěma způsoby. Prvním z nich je statistická metoda, kdy se bere v potaz dlouhodobě sledovaná výroba, kdy se celkový počet vyrobených přístrojů vydělí počtem dnů a vyjde statistický denní průměr. Druhým způsobem může být aktuální efektivita, kdy se zjistí čas, který je potřebný na výrobu jednoho přístroje a tímto časem se vydělí celková denní pracovní doba.

Používanějším způsobem je statistická metoda, protože aktuální efektivita se může každý den, z důvodu např. změny počtu zaměstnanců, měnit. V našem příkladě se jedná o výrobu maximálně 20 kusů na den – v grafu naznačeno modrou vodorovnou čarou. Dalším důležitým aspektem je skutečnost, že další objednávky od zákazníků již nemohou v daných týdnech přicházet. Docházelo by totiž k porušení plánovaných počtů a již naplánovaná výroba by se musela opět měnit a v nejhrošším případě by se mohlo stát, že by náklad vyrobených přístrojů na den převyšil maximální kapacitu. Tento, pro další objednávky uzavřený stav, se příznačně nazývá frozen zone – tedy zamrzlá zóna.

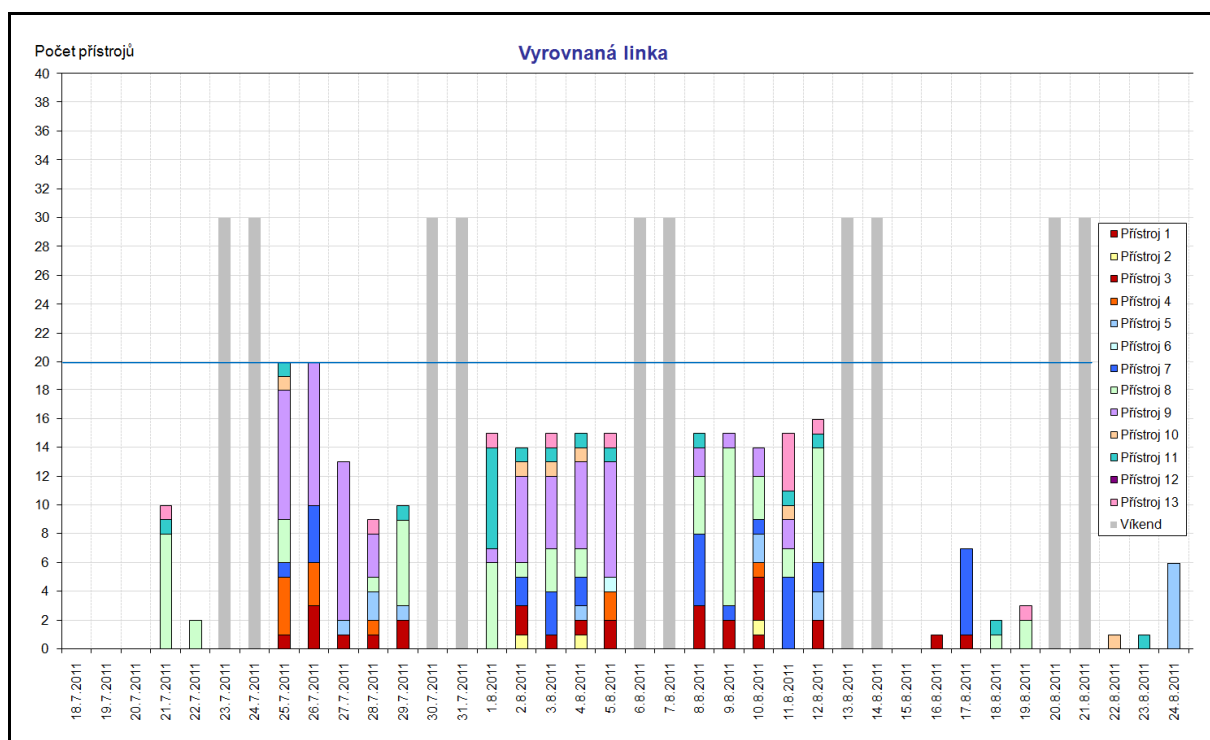


Obrázek 6 - Plánování podle objednávek

Jak je z obrázku patrné, v každém týdnu je vidět jedna špička, která samozřejmě nemůže být za daný den vyrobena. Pro příklad vezmeme první srpnový týden. V pátek 5. je podle zákaznické objednávky potřeba vyrobit 36 kusů přístrojů. Ve dnech předchozích není

ovšem naplněna kvóta 20 kusů ani jednou, proto je tedy možné část přístrojů z pátku přesunout do předchozích dnů a vyrovnat tak počty přístrojů na každý den. Přesuny jsou naznačeny červenými čarami. Dále je výhodné nevyrábět každý den pouze jeden druh přístroje. Je tomu tak z důvodu lepšího rozvržení dodávek polotovarů z předchozího kroku výroby. Pokud totiž bude každodenní výroba složená z více druhů přístrojů, nebude tak velký požadavek určitých součástek, které by jinak musely být odebrány a vyrovná se tím tedy i výrobní zatížení předchozích kroků výrobního řetězce. Tento postup rozdělování výrobků se nazývá modelmix [13].

Výsledný stav po vyrovnání dní v týdnu můžeme vidět na následujícím obrázku. Nyní již máme vyrovnanou výrobu, podle metody line balancing. Plně vytíženou linku, tedy 20 kusů přístrojů na den máme pouze dva dny z třítydenního plánování. To je navíc způsobeno tím, že tyto zakázky musely být přednostně vyrobeny.

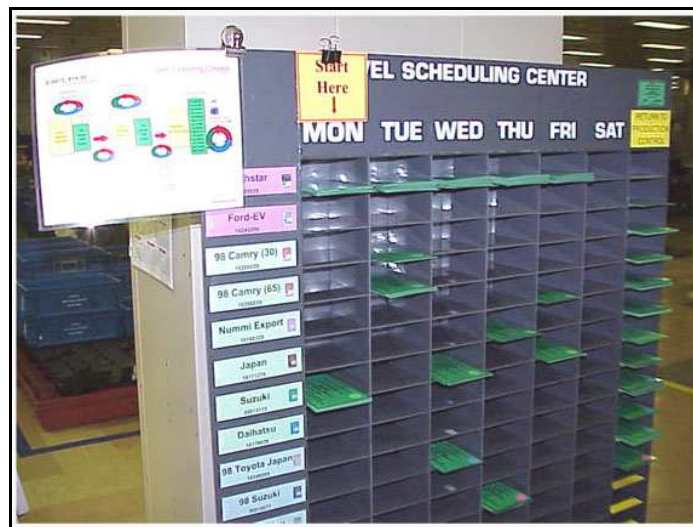


Obrázek 7 - Vyrovnaná výroba

Ostatní dny, které nejsou plně vytížené, poskytují jistou rezervu, která by mohla být využita při dalším plánování. Na tyto dny totiž můžeme přesunout další výrobky, na které by přišla objednávka později, než plánování probíhalo (od 25. 7. do 12. 8.). Jak je totiž z obrázku patrné, objednávky od termínu 15. 8. teprve přicházejí.

### 1.3.3 Heijunka

Celý tento vyrovnávací proces doplňuje tzv. Heijunka box. Pokud již máme uzavřené objednávky a naplánovanou výrobu, potom musíme tento plán nějakým způsobem přenést přímo do výroby. K tomuto slouží velmi jednoduchý nástroj s názvem Heijunka box. Jedná se o speciální skříň, ve které jsou umístěné právě ony vyrovnané objednávky. Touto skříň se řídí každodenní výroba. Skříň obsahuje poličky, do kterých se dává určitý model výrobku – označení můžeme na obrázku vidět v řádcích vlevo. Tyto poličky protínají příčky, které oddělují jednotlivé dny výroby – ty jsou pomocí anglických zkratk uvedené v horní části skříně.



Obrázek 8 - Heijunka box

Výhodou této skříně je skutečnost, že pracovníci nemusejí být rozsáhle informováni o principech metody. Stačí pouze, aby byli instruováni, aby každý den vzali první zakázku směrem odshora a pokračovali směrem dolů k dalším zakázkám. Takto každý pracovník přesně ví, kolik má za daný den vyrobit a může tak rozplánovat výrobu. O doplňování této skříně se stará stejný pracovník, který má na starosti vyrovnávání výroby, jak bylo popsáno výše. Pokud nivelaci dokončí a již se nachází ve frozen zone, vezme podle svého plánu zakázky a skříň přesně podle nich naplní.

### 1.3.4 Čas taktu

S načasováním výroby pomáhá výpočetní metoda s názvem čas taktu, v originálním znění takt time. Je základním konceptem plánování výroby napříč všemi výrobními fázemi, od vstupních surovin po konečného zákazníka. Hlavní myšlenkou je tvrzení: Prodáváme denně? Vyrábějme denně! Tedy jednoduše intervaly, ve kterých vyrábíme nové výrobky, se



v ideálním případě musí rovnat intervalům, ve kterých si zákazníci naše výrobky kupují. To vše je vyjádřeno v časových jednotkách na kus. Praktický příklad: pracovní doba je 8 hodin (= 480 minut) denně. Pokud je tedy zákaznická poptávka 240 kusů denně, musela by směna strávit maximálně dvě minuty výrobou jednoho kusu výrobku. Takt time jsou tedy dvě minuty na jeden kus.

Samozřejmě v reálném světě nelze této výkonnosti dosáhnout, protože výroba může být z různých důvodů přerušena. Proto se stanovují různé časové rezervy s ohledem na náročnost činnosti a míru rizika vzniku poruchy - zastavení výroby [10].

Hlavní výhody, které takt time přináší:

- Výrobek putující po lince snadno identifikuje úzká místa díky tomu, že na každém stanovišti musí být v určený čas.
- Stejně tak se určí ty stroje, které jsou nespolehlivé – trpí častým poruchami apod.
- Takt time nechává pouze určitě množství času na vykonání výrobního kroku. Proto mají pracovníci silnou motivaci oprostít se od všech hodnotu nepřidávajících činností.
- Pracovníci vykonávají stále stejný soubor operací, takže se stále nemusí učit novým postupům, což zvyšuje jejich produktivitu.
- Všechny právě vyráběné výrobky jsou uloženy na výrobní lince a nemůže se stát, že by se během výroby „někam ztratily“.

Takt time má ovšem i své nevýhody:

- Pokud je zákaznická poptávka natolik vysoká, že by se takt time nemohl dodržet, musí se část úkolů vykonat na jiné lince.
- Pokud se na lince jeden stroj zastaví, má to za následek zastavení celé linky. Z tohoto důvodu se zavádějí tzv. pojistné zásoby. Jsou vytvářeny v rozsahu 3-5% zakázky, které zajistí trvalou plynulost výroby do té doby, než se zastavený stroj uvede znovu do provozu.
- Příliš krátký takt time vytváří velký tlak na pracovníky a mohou se častěji objevovat poruchy.

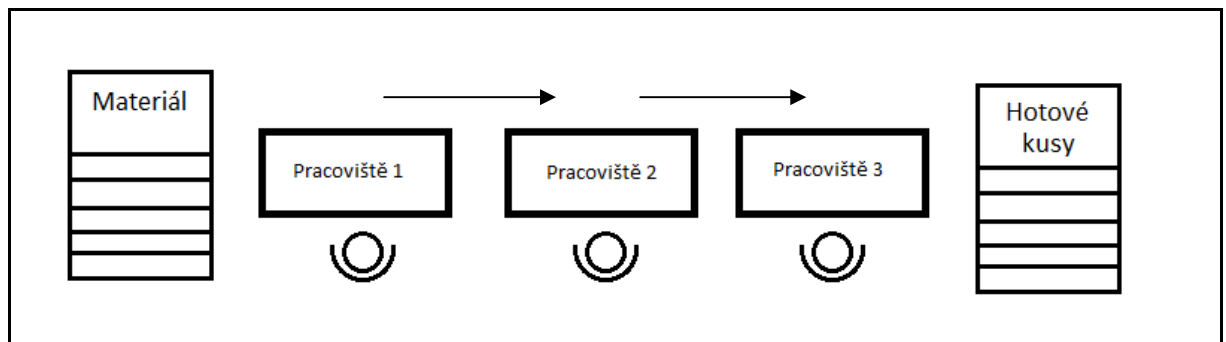
Po zavedení takt time do výroby tedy snadno objevíme různá omezení, která brání plynulé výrobě, ať už se jedná o úzká místa, či časté poruchy na strojích. Na druhé straně

rovnice je ovšem zvýšený tlak na zaměstnance, který může zapříčinit jejich demotivaci, či zvýšený výskyt chyb.

## 1.4 Bouncing

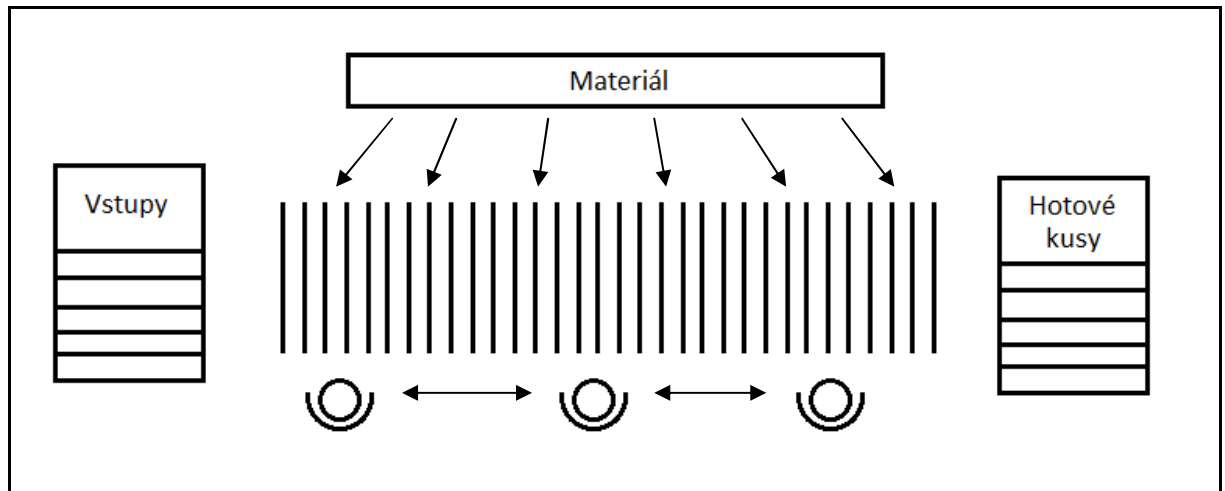
Bouncing je další metodou k vyrovnání výrobního toku. Používá se v podobném případě, jako předchozí line balancing. Pokud totiž máme nevyrovnanou výrobu na jednotlivých pracovištích, jak můžeme vidět na Obrázek 4, vznikají zásoby a pracoviště číslo 2 nestíhá. Tomuto stavu chytrým způsobem předchází i metoda bouncing. Jednoduše si můžeme tento postup představit jako klasický lidský řetěz, který býval tvořen například při hašení požáru, kdy si lidé mezi sebou předávali vědra s vodou.

V klasické výrobní lince je tomu většinou tak, že jednotlivá pracoviště jsou tvořena stoly, kde jeden pracovník (reprezentovaný symbolem ☺) vykonává určité úkony a po jejich vykonání předá polotovary k dalšímu stolu. Na Obrázek 9 je pro ilustraci tento stav naznačen. Pokud jsou jednotlivé úkony časově nevyrovnané, vznikají úzká místa a hromadí se mezi pracovišti zásoby [13].



Obrázek 9 - Klasická výroba [13]

Bouncing to řeší zrušením těchto pevných pracovních míst a celou linku rozdělí na co nejmenší výrobní kroky. Tento krok by mohl být například zašroubování šroubku. Na Obrázek 10 jsou tyto kroky naznačeny jednotlivými svislými čarami. Počet pracovníků na lince zůstává nezměněn, jen se radikálně změní způsob montáže. Poslední pracovník v řadě přebírá rozdělaný polotovary od pracovníka předchozího ve chvíli, kdy odloží kompletně hotový výrobek pryč z linky.



Obrázek 10 – Bouncing [13]

Takto funguje postup i u dalších předchozích pracovníků, až se dojde k úplnému začátku výrobní linky. První pracovník si tedy bere nový kus ke zpracování v té chvíli, kdy od něho jeho rozdělaný kus přebere pracovník následující.

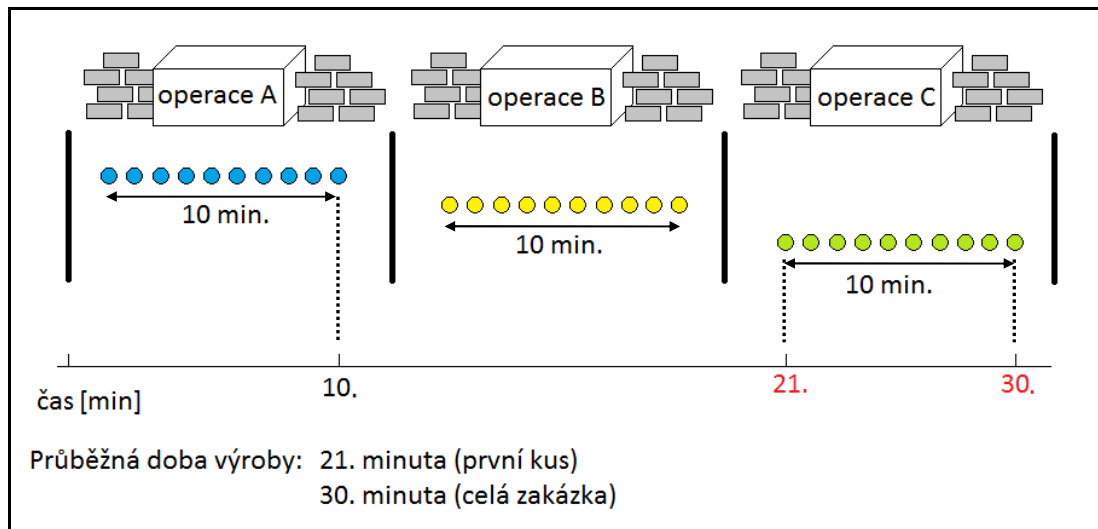
Materiál a nástroje pro montáž jsou umístěny před pracovníky, aby k němu měli co nejnazší přístup. Pozice všech pracovníků není statická, jako je tomu u klasické výroby, ale mohou se dle potřeby přesunovat po výrobní lince. Z tohoto principu vyplývá i název metody, protože bouncing v překladu znamená odražení. Pracovníci se vlastně jeden od druhého během předání materiálu odrazí, stejně tak při nabírání nového, či odevzdání hotového kusu výrobku. Díky tomuto tahovému způsobu výroby se po určité krátké době tempo výroby zcela vyrovná. Výhodou rozdělení celého výrobního postupu na velmi malé kroky je, že pracovník může v případě potřeby předat rozpracovaný výrobek v podstatě v jakoukoliv chvíli a opět může přebrat polotovár od předchozího kolegy. Mezi další nesporné výhody metody patří univerzálnost použití z hlediska počtu pracovníků na lince. Nevadí totiž, pokud se změní počet pracovníků, v konečném důsledku se to projeví pouze změnou kapacity výrobní linky. Nevýhodou této metody by se mohla zdát nutnost znalosti téměř celého výrobního postupu, z důvodu možnosti zastupování vypadnuvších pracovníků těmi zbývajícími. Pomocí této jednoduché metody tedy pracovníci spontánně dosáhnou svého optimálního výkonu bez předchozího tréninku či speciálního vybavení.

## 1.5 One piece flow

K optimalizaci výrobního toku se také používá metoda s názvem One piece flow. V překladu by se dala nazvat jako tok jednoho kusu, v praxi se ovšem většinou používá originální název. Patří, jako mnoho dalších, do velké rodiny optimalizačních metod z TPS –

Toyota production system, který vznikl po druhé světové válce pod taktovkou Taiichi Ohna v Japonsku.

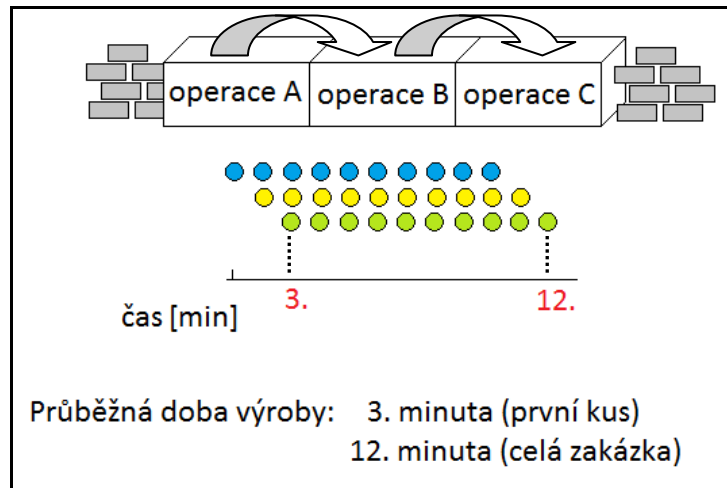
Metoda popisuje, jak zvýšit produkci změnou postupu výroby. Ve velké většině podniků výroba probíhá takovým způsobem, že zakázka obsahuje velké množství kusů a ty se vždy přesouvají po pracovištích v kompletním množství. Tento způsob se nazývá dávková výroba. Názorně je to zobrazeno na následujícím obrázku.



**Obrázek 11 – Dávková výroba [12]**

Na obrázku jsou tři pracoviště, která mají na starosti tři různé operace. Můžeme vidět, že každé pracoviště vždy zakázku zpracovává celou najednou a po jejím dokončení ji odevzdává k dalšímu pracovišti. V dolní části vidíme časovou osu. Tento příklad názorně ukazuje, jak dochází k plýtvání. První operace zabere 10 minut a kvůli tomu musí druhá oněch 10 minut čekat a třetí už čeká 20 minut, než se k němu dostane první kus ke zpracování. Každý kus zabere jednu minutu práce, a proto je celá zakázka hotova až za 30 minut. První hotový kus je zpracován za 21 minut. Tento způsob je tedy velmi neefektivní, nemluvě o tom, že uvedený postup předávání zakázek je pouze v ideálním případě. V praxi je tento proces na horší úrovni, protože předávání zakázek neprobíhá ihned. Zakázky se mezi jednotlivými pracovišti hromadí a vytvářejí tak další zbytečné zásoby, a tím pádem velmi prodlužují celkový výrobní čas.

Oproti tomu metoda one piece flow připouští pouze výrobu jednoho kusu, kdy se po zpracování jedním pracovištěm kus předává ihned k dalšímu pracovišti. Pro lepší představu je opět k dispozici obrázek.

**Obrázek 12 - One piece flow [12]**

Jak můžeme vidět, při tomto jednokusovém způsobu výroby docílíme radikálního zkrácení výrobního času. Pokud totiž předáme po první operaci kus rovnou na další, nemusí druhé pracoviště zbytečně čekat, než první dokončí celou zakázku. Velmi jednoduché. Tuto metodu nelze samozřejmě použít u všech typů výroby, ale pokud se jedná o klasickou linkovou výrobu, je velmi vhodné ji použít. Při minimální investici do podpůrných prostředků, či školení zaměstnanců, lze dosáhnout znatelného zkrácení výrobního času.

## 1.6 Shrnutí teoretické části

Je patrné, že na podporu optimalizace výrobního toku existuje velké množství metod. Pokud chce být organizace úspěšná, musí se snažit neustále zlepšovat svou pozici na trhu. Vedení organizací přebírá nový progresivní management, trh se stává velmi nasyceným a splňování mnohdy složitých cílů se stává velmi náročným úkolem. Pokud se tedy chceme ke stanoveným cílům alespoň přiblížit, většinou to obnáší zavedení nutných změn do výroby. Tyto změny jsou iniciovány zejména výše uvedenými metodami. Pro každý typ podniku se samozřejmě hodí jiná metoda, a proto je na uvážení každého manažera, kterou z těchto zvolí. Použití v teoretické části popisovaných metod se orientuje hlavně na typ podniku, ve kterém jsem vytvářel i praktickou část této práce. Jedná se tedy o podnik s elektrotechnickou výrobou, kde výroba probíhá prostřednictvím výrobních linek napříč celým výrobním procesem.

První popisovanou metodou je teorie omezení, v originálním názvu TOC – theory of constraints. Metoda, která se orientuje na identifikaci a odstranění nejslabšího článku ve výrobním řetězci. Výkonnost tohoto článku totiž určuje výkonnost celého systému. Metoda v pěti krocích popisuje, jak se tohoto nejslabšího článku zbavit a jak tím zvýšit propustnost procesu. Velkou výhodou této metody je možnost jejího opětovného použití. Pokud totiž zesílíme nejslabší článek, objeví se nový, který je možné díky stejnému postupu opět odstranit. Tato spirála kontinuálního zlepšování vede k maximalizaci výkonu celého procesu.

Další popisovanou metodou je Value stream mapping. Do češtiny by se dala přeložit jako mapování hodnotového toku, ale jako u většiny těchto metod se v praxi většinou používá originální anglický název. Metoda slouží ke zmapování výrobního procesu, většinou na jedné konkrétní lince. Pomáhá podobně jako TOC odhalit úzké místo ve výrobě. Tentokrát, ovšem vizuální metodou, mapuje informační a hodnotové cesty během výroby. Z těchto údajů může být vytvořena mapa procesu, na které ihned vidíme, kde se úzké místo nachází. Následně je možné vytvořit novou mapu stejného procesu, obsahující určitá vylepšení. Podle této mapy můžeme implementovat zamýšlená vylepšení rovnou do linky.

Třetí metodou je metoda Line balancing. Tato metoda není použita k odhalování problémů, ale slouží hlavně k jejich předcházení. Díky ní totiž můžeme naplánovat výrobu takovým způsobem, že kapacity výrobních linek nebudou nikdy překračovány. Zákaznické objednávky přicházejí v různém čase a hlavně na různé množství výrobků. Kdyby se výroba řídila těmito požadavky, musela by jeden den udělat více, než je schopna a jiný den by neměla práci. Z toho vyplývá, že vhodným uspořádáním těchto objednávek a přesunutím části

převyšujících objednávek od méně vytížených dnů, se dostáváme k vyrovnané výrobě, která je výhodná i vzhledem k vyrovnanému odběru ze skladu.

Bouncing je metodou, díky které se klasická výrobní linka přetransformuje ve zcela novou, jednodušší a efektivnější výrobní jednotku. Klasická pracoviště jsou obsluhována dopravním pásem, na kterém se mohou tvořit zásoby = vzniká plýtvání. Pokud se výrobní proces jednoho produktu rozdělí na velké množství malých kroků, mohou se tato klasická pracoviště zrušit a může se vytvořit jedno dlouhé pracoviště, na jehož začátku je materiál a na konci „vypadne“ hotový výrobek. Pracovníci si rozdělaný polotovar předají ve chvíli, kdy poslední z nich odevzdá hotový kus mimo linku. Tato předávka může být přirovnána k lidskému řetězu, který se v minulosti používal např. k hašení požáru. Tento způsob výroby odstraňuje časová plýtvání a přebytečné zásoby z výrobního procesu.

Poslední popisovanou metodou je metoda One piece flow. Svým pojetím se hodně podobá metodě předchozí. Vychází z myšlenky, že zakázka nesmí mít nikdy více jak jeden kus a po opracování výrobku na jednom pracovišti plynule přechází rovnou na další. Pracoviště mohou zůstat zachována a výrobní proces se nemusí dělit na velké množství malých kroků jako v předchozí metodě. Nevýhodou se může zdát, že pokud bude zakázka vždy obsahovat pouze jeden kus, mohou hrozit vyšší časy, které budou potřebné ke změně nastavení strojů. Pokud se jedná o zcela ruční výrobu, nebo nastavování strojů není příliš náročné, můžeme dosáhnout teoretické časové úspory více jak 60%.

Těchto pět popisovaných metod je pouze část ze všech, které jsou určeny k optimalizaci výrobního toku. Pokud chce tedy firma zůstat konkurenceschopnou a trvalou součástí trhu, musí se sama o tyto metody zajímat a zavádět je do výroby [14]. Při jejich správné aplikaci se vždy projeví zlepšení v některé z těchto podob: zkrácení výrobního času, zvýšení kapacity výrobní linky, nebo naopak snížení výrobních nákladů. Vybral jsem si právě tyto metody, protože většina z nich je použita v praktické části této diplomové práce a bude možné ověřit si jejich přínos z konkrétních údajů.

V následující tabulce se nachází praktický přehled, kde jsem uvedl silné a slabé stránky všech popisovaných metod a dále výsledný efekt, který by se měl dostavit po správné aplikaci dané metody. Rozhodoval jsem se, zda uvést také finanční náročnost metod, ale nakonec jsem od tohoto upustil. Tento parametr se totiž nedá jednoznačně určit, protože jejich výše se individuálně, často i o řády, mění dle velikosti podniku, či typu výroby.

**Tabulka 1 - Zhodnocení popisovaných metod**

<b>Metoda</b>	<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>	<b>Výsledný efekt</b>
Teorie omezení	Jednoduchá definice	Obtížná realizace	Odhalení úzkého místa výroby
Mapování toku hodnot	Grafické zobrazení plýtvání	Časově náročné měření	Odstranění časového plýtvání
Vyrovnávání linky	Fyzicky přítomna ve výrobě - Heijunka	Nutnost precizního plánování	Rovnoměrná vytíženost linky
Bouncing	Aut. vyrovnávání kapacity linky	Značná neochota pracovníků	Zkrácení průběhového času
Tok jednoho kusu	Rychlé dosažení požadovaného efektu	Není univerzální	Redukce materiálu ve výrobě



## 2 Praktická část

V praktické části této diplomové práce jsou uvedeny výsledky mé pracovní spolupráce s firmou Rohde & Schwarz závod Vimperk (dále jen R&S). Během mého tamního působení, trvajícího dva měsíce, jsem byl součástí projektového týmu, který se zabýval optimalizací výroby v oddělení výroby kabelů. Téma, kterým se bude moje diplomová práce zabývat, jsem měl již s předstihem rozmyšlené. Metodami k optimalizaci výroby se totiž zabývá i moje práce bakalářská, proto jsem tedy chtěl tuto zajímavou a perspektivní oblast výroby prozkoumat hlouběji.

K praktické spolupráci s firmou R&S jsem se dostal díky Veletrhu pracovních příležitostí, který naše fakulta každoročně pořádá. Došlo k dohodě a ve firmě jsem strávil letní prázdniny roku 2011, v oddělení reengineeringu s názvem Sprint, které tvoří 5 zaměstnanců, zabývajících se pouze problémy spojené s výrobou. Ty jsou vždy řešeny formou projektu.

Díky této spolupráci jsem se dostal k řadě užitečných informací, ať už přímo od členů týmu, nebo z pracovních pomůcek firmy. Další nespornou výhodou, mého aktivního působení ve firmě, shledávám v možnosti vidět v praxi používané metody, které jsem pouze teoreticky popisoval v bakalářské práci.

### 2.1 Představení podniku



ROHDE & SCHWARZ závod Vimperk, s.r.o.

Špidrova 49, 38591 Vimperk

#### 2.1.1 Historie

Vše začalo roku 1933 ve velké garáži v Mnichově. Téhož roku zde založili Dr. Lothar Rohde a Dr. Hermann Schwarz vývojovou laboratoř s názvem „Physikalisch-technisches Entwicklungslabor Dr. L. Rohde und Dr. H. Schwarz“. Do dnešní doby se tato malá laboratoř o dvou lidech přeměnila na nadnárodní společnost s více než 8000 zaměstnanci. Firma se zabývá výrobou elektronických testovacích a měřících přístrojů, informačních technologií a radiokomunikací. V ČR je značka R&S známa již více jak 20 let.

Ve Vimperku v jižních Čechách existuje samostatný výrobní závod od roku 2001. Do té doby byla na místě dnešní výroby továrna firmy Tesla, která spolupracovala s R&S už od roku 1991. Původní výrobní prostory byly rozšířeny o dvě nové výrobní haly a celkový

výrobní prostor má nyní velikost 14000 m<sup>2</sup>. V této chvíli (srpen 2011) je těsně před dokončením investiční projekt ve výši 250 milionů Kč - nová hala, která celkové prostory rozšíří o dalších 5000 m<sup>2</sup>.

### 2.1.2 Zaměstnanci

Při vzniku závodu pracovalo v R&S 114 zaměstnanců. Další vývoj je vidět z grafu na Obrázek 13. Zjevný je následek hospodářské krize v letech 2007 – 2009, kdy můžeme pozorovat znatelný úbytek zaměstnanců. Od roku 2010 nastal prudký nárůst počtu zaměstnanců a do konce roku 2015 se, spolu se započítáním výroby v nové hale, počítá s nárůstem až na 1000 zaměstnanců. Nejen díky tomu byl R&S v letech 2007 a 2011 finalistou soutěže zaměstnavatel jihočeského kraje.



**Obrázek 13 - Vývoj počtu zaměstnanců R&S [13]**

Vimperský závod úzce spolupracuje se dvěma německými pobočkami – Memmingen a Teisnach - veškerá výroba totiž z 90% putuje rovnou do jedné z těchto německých poboček. Vimperská pobočka tedy produkuje kompletní řadu měřících přístrojů, mobilní radiostanice, velké množství kabelů a v neposlední řadě také umožňuje opracovávání plechů s moderními lisami a laserovými noži. Provádí se zde automatické/ruční osazování desek plošných spojů, koncová montáž a zkoušení. Výrobní náplň by se tedy dala shrnout do následujících čtyř oblastí:

- Testování a měření (generátory, analyzátory, osciloskopy, V-A-W metry, zesilovače, optické systémy, bezdrátová komunikace atd.)
- Televizní a rozhlasové vysílání (vysílací TV technika, testování a měření vysílačů, koncové stanice atd.)

- Zabezpečené komunikace (vybavení letištních řídicích středisek, šifrování hlasového přenosu, taktické radiokomunikace atd.)
- Rádiový monitoring (spektrální analýza, přijímače, analýza signálu, antény atd.)

Ze strategie podniku je jasně patrná snaha o dosažení ideální štíhlé výroby. Pro příklad bych mohl jmenovat několik strategických cílů, kterých se firma snaží dosáhnout. Jde tedy především o snahu mít:

- Permanentní optimalizace a snižování výrobních nákladů (speciální oddělení kvality – Sprint)
- Spokojené a motivované zaměstnance (vychází z firemních benefitů, jako jsou například více dní dovolené, příspěvek na dopravu a stravování atd.)
- Prestižní jméno společnosti (snaha o co nejvyšší kvalitu výrobků)
- Flexibilní reakci na požadavky zákazníků
- Maximální orientaci na zákazníka
- Konkurenceschopnost
- Vysokou inovativnost

Jak je vidět, R&S je moderní inovativní firma, která se snaží zůstat co nejvíce konkurenceschopná a investuje nemalé finanční prostředky k udržení a hlavně zlepšení jejího postavení v segmentu výroby elektronických přístrojů.

## 2.2 Obecná pravidla pro tvorbu projektů

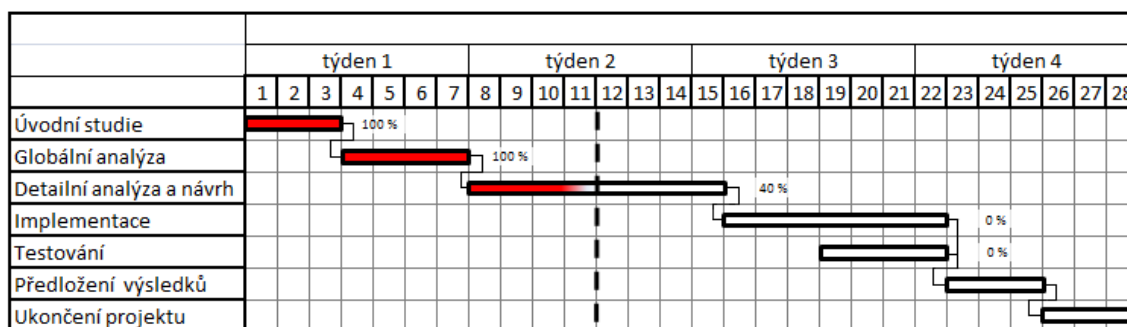
Předtím, než bude popsáno, čeho se týkal konkrétní projekt, který byl v R&S řešen, je nutné se zmínit o tom, jak by se mělo obecně k takovýmto projektům přistupovat.

Při tvorbě projektu je nutné řídit se určitými pravidly, protože výstupem může být radikálnější změna ve výrobě. Prvním důležitým aspektem je vytvoření projektové dokumentace, ve které se nachází časový plán. Ten dává informace o aktuálním stavu, ve kterém se projekt nachází a jak je dosahováno plnění stanovených cílů. Projektová dokumentace musí tedy obsahovat:

- Cíle, kterých se má díky projektu dosáhnout
- Finanční náklady
- Časový rozvrh projektu
- Stanovení klíčových procesů

- Časový rozvrh implementace
- V závěru vyhodnotit přínos projektu

Na Obrázek 14 vidíme, jak může vypadat časový rozvrh projektu. Takové zobrazení se nazývá Ganttův diagram a určuje délku jednotlivých činností, které jsou zahrnuté v projektu.



Obrázek 14 - Ganttův diagram

V řádcích jsou uvedené jednotlivé činnosti a sloupce představují časový údaj. Pro možnost detailnějšího rozplánování se údaj uvádí ve dnech. Černé obdélníky uprostřed znázorňují délku činností a jejich červená výplň značí jejich aktuální realizaci. Svislá čárkovaná čára značí aktuální čas, ve kterém se nacházíme. Jasně vidíme, že první dvě činnosti jsou již podle plánu splněné. Třetí – detailní analýza a návrh již za časovým plánem částečně zaostává, protože podle plánu by již mělo být splněno 50% z této části. Vidíme, že činnosti nemusí navazovat, ale mohou probíhat souběžně. Jak je vidět, tři dny po započetí implementace našeho návrhu, by se již mělo souběžně začít testovat. Je to pochopitelné z důvodu sledování, zda náš návrh není mylný a řešení začíná přinášet pozitivní výsledky.

Předložení výsledků a ukončení projektu. Tyto dvě položky by se vzhledem k jejich délce mohly zdát jako formality, ale opak je pravdou. Jsou to totiž nejdůležitější části projektu pro budoucnost. Ukazují totiž, jak byl projekt úspěšný, co je nutné do příště zlepšit, co se v rámci projektu povedlo/nepovedlo a hlavně dobré výsledky jsou základem pro získání financí a důvěry vedení pro další projekty. Úspěšnými projekty také roste kompetence projektových vedoucích a jednotlivých členů projektového týmu.

Na tomto obrázku je pouze jednoduchý příklad Ganttova diagramu, protože v praxi tomu bývá většinou tak, že časová osa i počet operací bývají daleko rozsáhlejší a projekty se svou délkou plánují v řádu spíše měsíců než, jako v tomto případě, týdnů.

## 2.3 Pilotní projekt

Paradigmentproject für DLZ-Reduzierung und Qualitätsverbesserung bei der Kabelfertigung. Takto zní celý název projektu, který bude hlavní náplní praktické části. V překladu by se projekt mohl jmenovat Paradigma projekt pro zlepšení průběhových časů a zlepšení kvality na kabelové výrobě. Výběr tohoto projektu, pro potřeby méj diplomové práce, byl stanoven již při předchozí konzultaci. Když jsem nastoupil do firmy R&S a zapojil se do projektového týmu, úvodní část projektu – sběr dat – již probíhala.

Konkrétně se jedná o pilotní projekt k velmi rozsáhlému zlepšovacímú projektu, jehož realizace je plánována napříč celou firmou ve výhledu pěti let. Hlavní cíle jsou shrnuty v následující tabulce:

**Tabulka 2 - Cíle pilotního projektu**

<b>Cíle projektu</b>	Požadovaný stav	Aktuální stav
Snížit průběhový čas	>2dny	6 dní
Poruchovost	>1000 ppm	400 ppm
Zajištění dodávky zakázky	99%	95%
Vytížení výrobního procesu	85-95%	105%

Dosažení těchto cílů je podmíněné velkým množstvím faktorů, jako jsou např.: přesná vstupní data, důvěra vedení, otevřenost pracovníků ke změně a další. Nejdůležitějším z nich jsou vstupní data.

### 2.3.1 Výběr pracoviště







Velké zlepšovací projekty jsou většinou určené pro dva typy pracovišť. První z nich jsou pracoviště, která jsou na nízké výkonové úrovni, a proto je nutné na nich udělat větší změnu, která přinese viditelný výkonový skok. Druhým typem jsou pracoviště, která jsou naopak na vysoké úrovni a jsou více připravená na změnu. Náš projekt se tedy zaměřil na druhý typ, konkrétně tedy na kabelovou výrobu. V R&S je tato výroba ještě rozdělena do dvou částí: výroba koaxiálních kabelů a výroby klasických kabelů. Aplikace projektu se tedy určila pro výrobu klasických kabelů. Výroba koaxiálních kabelů je na vyšší úrovni a splňuje vytyčené cíle bezzbytku.

Výroba klasických kabelů splňuje pouze jeden z cílů, jak můžeme vidět výše, kde pro tuto výrobu platí uvedený aktuální stav. Zajímavostí je aktuální vytiženost linky. Pohybuje se totiž nad hranicí 100%. Není to ovšem z důvodu tak vysoké výkonnosti pracovníků, či velkému počtu zakázek, ale děje se to pouze z důvodu financí. Systém finančních prémie je pro zaměstnance nastaven tak, že pokud neplní uvedenou 100% normu, část těchto prémie je jim odebrána.

### 2.3.2 Sběr dat

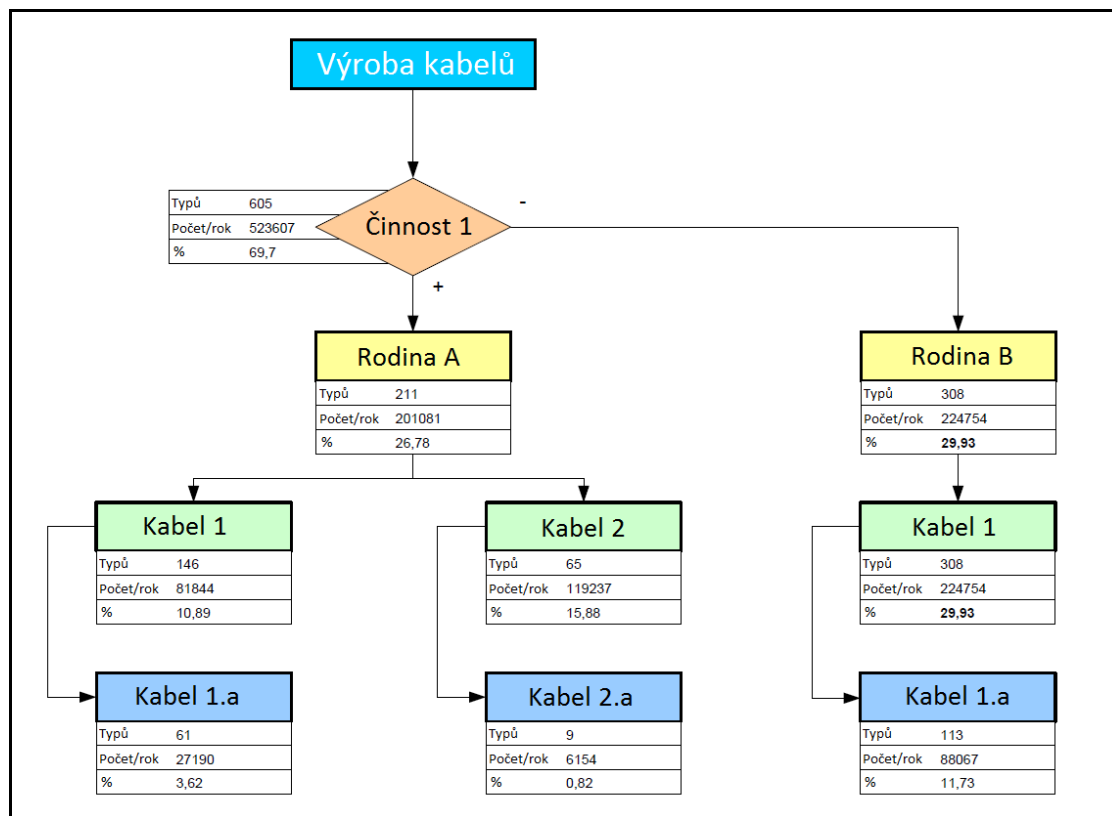
Pro začátek bylo nutné nalézt všechny typy kabelů, které se na vybraném oddělení vyrábí. Konečný součet se zastavil na hodnotě 908. V dalším kroku bylo třeba nalézt všechny činnosti, kterými kabely během výroby procházejí. Následně se tyto dvě veličiny musely zanást do tabulky, jejíž zjednodušená verze je zobrazena níže. Můžeme vidět, že činnosti jsou shromážděny vedle sebe do sloupců a kabely pod sebe do řádek. Poté bylo nutné k jednotlivým kabelům přiřadit jednotlivé činnosti. To bylo realizováno symbolem jedničky a modrým vybarvením políčka v příslušném průřezu.

**Tabulka 3 - Tabulka výběru kabelů**

				Činnost 1	Činnost 2	Činnost 3	Činnost 4	Činnost 5	Činnost 6
									
<i>Materiál</i>	<i>Označení kabelu</i>	<i>Množství / rok</i>	<i>Σ procesů</i>						
77	Kabel 1	27039	3		1		1	1	
225	Kabel 2	12569	1			1			
177	Kabel 3	10500	2				1	1	
11	Kabel 4	9996	1			1			
262	Kabel 5	9986	3			1	1	1	
37	Kabel 6	9008	1			1			
258	Kabel 7	8852	4			1	1	1	1
296	Kabel 8	8645	2		1		1		
106	Kabel 9	8597	1			1			
186	Kabel 10	8523	1			1			

Pro zjednodušení výběru jsme museli všechny tyto kabely zařadit do tzv. rodin, myšleno do skupin, jejichž zástupci procházejí stejnými činnostmi. Termín rodina se záměrně používá, protože originální německý název pro toto dělení je familie. Celý tento postup se nazývá PQPR (Product Quantity/Product Routing) analýza. Po zhodnocení a následném vyfiltrování vzniklo 15 skupin kabelů, které mají společný výrobní proces. Tento stav byl opět graficky znázorněn a jeho velmi zjednodušenou podobu zobrazuje následující diagram.

Všechny informace jsou opět z důvodu firemního tajemství pozměněny.



Obrázek 15 - Diagram skupin kabelů

Můžeme zde vidět, jak je kabelová výroba rozdělena prvotní činností, která ihned na začátku výroby rozdělí všechny kabely na dvě rodiny – žlutá hlavička. V těchto rodinách jsou v prvním případě dva druhy kabelů, v druhém pouze jeden – zelená hlavička. Ty se dále můžou dělit podle specifických činností (a, b, c atd.), kterými mohou být např. strojní a manuální osazování desek plošných spojů. Tři čísla ve spodní části znamenají počet typů kabelu v jednotlivé skupině, počet kusů, které se statisticky vyrobí ročně a procentuální zastoupení v celé kabelové výrobě. Z diagramu vyplývá, že nejdůležitější je pro nás rodina B, kde je obsažena téměř polovina všech vyráběných kabelů. Proto si pro další analýzu zvolíme právě tuto rodinu.

Pro podporu celkového řízení výroby slouží centrální podniková aplikace s názvem SAP. Název je složen z anglických slov Systems, Applications, Products. Jedná se o kompletní firemní databázi obsahující informace o všech materiálech používaných pro výrobu, pracovních postupech pro jednotlivé zakázky, přes služební email pro všechny zaměstnance, až po např. rezervaci zasedacích místností. Pro potřebu našeho projektu jsme ovšem použili pouze údaje o kabelové výrobě. Podle jednotlivých typů materiálu jsme našli,

jakými činnostmi musí kabel projít, než je hotov. Znovu uvádím, že z důvodu ochrany interních informací je tabulka upravená a zjednodušená. Pro představu mohu uvést, že jednotlivé činnosti mohou být např. stříhání, krimpování apod.

Následně jsme si z této tabulky hlouběji filtrovali určité skupiny kabelů, které procházejí stejnými činnostmi. Z těchto jsme poté vybírali ty, které mají v rámci výroby největší podíl. To z důvodu výběru těch, které mají pro firmu určitý význam a optimalizace výroby těchto kabelů bude mít patrnější následky. Pomocí již zmiňovaného SAPu jsme si mohli zjistit čas, který je nejen pro určitou činnost, ale i pro určitý kabel, při dané činnosti potřebný. Tyto časy jsme zavedli do další tabulky, vynásobili ročním počtem vyráběných kusů a měli jsme potřebná data pro výběr časově nejnáročnějších kabelů. Po tomto výběru jsme museli prakticky ověřit časy na výrobu.

Nejprve jsme tedy museli předat informace o sledovaných kabelech koordinátorům výroby, kteří k průvodce, která obsahuje instrukce o zakázce, přidali speciální dokument. Ten obsahoval poučení o tom, že je při zpracování této zakázky nutné kontaktovat naše oddělení, abychom mohli jít skutečné časy ověřit. Dalším úkolem tohoto dokumentu bylo zjišťování časů, kdy na zakázce není pracováno. To zajišťovala tabulka, kde byly všechny kroky přehledně uvedeny a pracovníci museli zapisovat čas, kdy zakázku přebrali z podavače a kdy jí hotovou posílali na další zpracování. Tímto jednoduchým způsobem mohlo být zjištěno, jak dlouhou dobu polotovar bez užitku leží na podavači.

Celý tento proces fungoval již od začátku téměř na výbornou, a tak sběr skutečných dat probíhal bez větších problémů. Největší překážkou byla pouze nervozita pracovníků při našem příchodu se stopkami v ruku. Někteří ani po vysvětlení a ujištění, že se nejedná o kontrolu plnění norem atd., nebyli, díky např. třesu rukou, schopni práci odvést standardním způsobem, za obvykle dlouhou dobu. Další menší problém byl s pracovníky, kteří nerespektovali dodaný dokument u průvodky a naše oddělení při zpracovávání zakázky nekontaktovali. Důležité ovšem bylo, že zapsali čas, který jim zabral jejich krok. Takovýchto vzorových zakázek jsme za dobu sledování získali deset. Z těchto jsme vybrali typického zástupce pro danou kategorii.

### **2.3.3 Tvorba hodnotové mapy**

Po dokončení tohoto sběru, tedy po ukončení výroby našeho sledovaného kabelu, jsme obdrželi kompletně vyplněný dokument, pomocí něhož jsme mohli začít tvořit aktuální hodnotou mapu. Jak to u každé výroby bývá, celý výrobní proces začíná pokynem k výrobě. Ten v našem případě vydává disponentka, která přes systém SAP uvolní zakázku do výroby.





Čas mezi jednotlivými kroky jsme snadno poznali z dokumentu, který byl přiložen u zakázky, a pracovníci do něho zapisovali čas, kdy zakázku převzali z podavače, a kdy jí na něj hotovou dali k dalšímu zpracování zpátky. Tímto způsobem byl ihned jasný čas mezi pracovišti. Časovou náročnost každého kroku jsme zjišťovali osobně měřením stopkami. Vždy jsme změřili čas potřebný na jeden kus výrobku, který jsme poté vynásobili počtem kusů v zakázce a ještě k tomu přičetli přípravný čas. Výsledný čas je vždy uveden pod každou činností.

Jak můžeme vidět, v případě tohoto kabelu se konkrétně jedná o 12 hodin času, po který se na zakázce pracovalo a 7,5 pracovního dne, kdy zásilka pouze ležela bez užitku na podavači. Každý si může o těchto číslech udělat vlastní úsudek. Pro nás to byl jasný signál, že při této zakázce došlo k zbytečnému časovému plýtvání. Jedním z důvodů tohoto plýtvání může být úzké místo, které zabraňuje zakázkám plynulý průchod a dalším může být velikost zakázky, která díky vysokému počtu kusů, zbytečně časově zatěžuje všechny pracoviště.

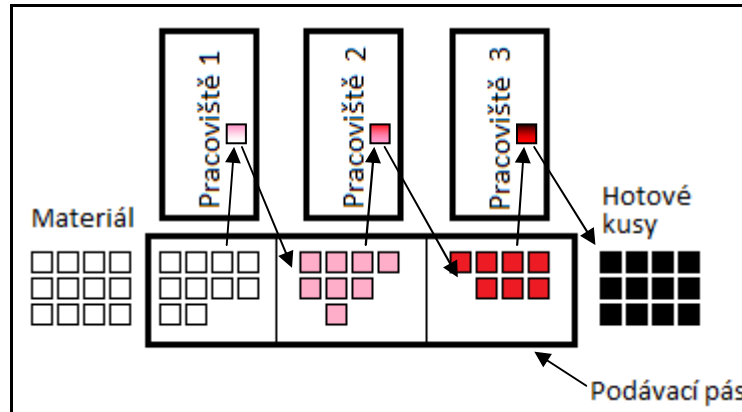
#### **2.3.4 Nalezení a odstranění úzkého místa**

Tímto způsobem jsme tedy vytvořili hodnotové mapy všech sledovaných kabelů a poté jsme srovnávali, která činnost během výroby je nejvíce vytížená a tvoří tak úzké místo. Jak bylo zmíněno v teoretické části v kapitole TOC – teorie omezení, úzké místo bylo patrné na první pohled už ve výrobě samotné. Tímto úzkým místem bylo pracoviště, kde probíhá stříhání lanek a kabelů. Zde jsou dva souběžně běžící stříhací stroje a i přes toto zdvojení probíhá značné hromadění zakázek. Vytvořené hodnotové mapy tuto skutečnost pouze potvrdily. Nyní vyvstala otázka, jak toto úzké místo odstranit. Z velkého počtu řešení této situace se nakonec ukázala jako použitelná pouze dvě.

Jedním z nich bylo situaci řešit pomocí již zmiňované TOC. První krok při využití tohoto řešení – nalezení úzkého místa – již máme splněný. Stříhání lanek a kabelů tedy ovlivňuje výkon celé linky, a proto ho musíme maximálně využít. To znamená, oprostít ho od všech nepodstatných kroků a činností, které přímo nesouvisí s danou linkou a doslova z něho „vymačkat“ maximum. Z tohoto vyplývá i další krok, který doporučuje, aby všechny ostatní procesy, které nesouvisí s výrobou na dané lince, byly vykonávány jinde. Poslední krok metody TOC určuje, jakým způsobem definitivně rozšířit, či uvolnit, úzké místo. Pokud totiž úzké místo zůstává i po zavedení všech předchozích opatření stále úzkým místem, jsou na řadě poslední dvě možná řešení. Prvním z nich je přesun části výroby na jinou linku, druhým je zakoupení dalšího stříhacího stroje a najmutí dalšího zaměstnance na jeho obsluhu.

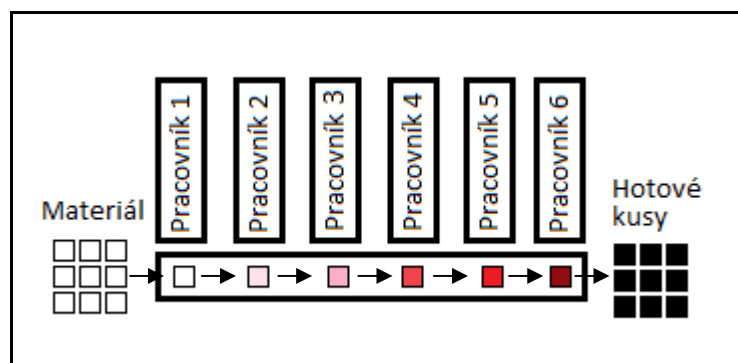
Jiným použitelným řešením by bylo vyřešit linku podle metody bouncing, jejíž princip

je také blíže rozebrán v rámci teoretické části této diplomové práce. Pracoviště by se musela přeskupit a stávající stav linky by musel být od základu změněn. Tento postup je ovšem, oproti TOC, více komplikovaný. Aktuální a budoucí stav se pokusím popsat pomocí dvou jednoduchých obrázků.



Obrázek 17 - Aktuální stav linky

Na Obrázek 17 je zobrazen aktuální - nevyhovující stav linky. Nyní práce probíhá systémem jednotlivých pracovišť, která jsou pomocí podávacího pásu zásobována rozpracovanými zakázkami. Jednotlivé barvy zakázek na pásu znamenají stav jejich rozpracovanosti. Na pracovišti se nachází vždy celá zakázka, a tím je tedy zapříčiněno množství rozpracovaných výrobků, které můžeme vidět na pásu. Tento materiál je také brán jako plýtvání, protože se v něm ukrývají finanční prostředky, které jsou tímto způsobem zbytečně blokovány. Dále je patrné, že zakázky mají většinou jiný počet kusů, a tím také dochází k nevyrovnanosti zásob mezi jednotlivými pracovišti a nevyrovnané výrobě.



Obrázek 18 - Nový stav linky

Pomocí metody bouncing je tedy nutné linku přeskupit, podobně jako na Obrázek 18. V tomto novém stavu došlo ke zrušení statických pracovišť a místo nich se vytvoří pracovní

prostor, na kterém bude více pracovníků pracovat v jeden čas vždy pouze na jedné zakázce. Postup výroby se rozdělí na větší počet malých pracovních kroků, které byly vykonávány dohromady na jednotlivých pracovištích. Tyto malé kroky budou vždy vykonány jedním z pracovníků, který rozpracovaný výrobek předá dále a vezme si jiný od pracovníka předchozího. Tímto způsobem dojde k vyrovnání výroby a dalším důležitým výsledkem je skutečnost, že pokud se bude měnit počet pracovníků na lince, nedojde k narušení výroby, ale bude se měnit pouze kapacita linky.

Po stanovení těchto dvou možných řešení bylo na řadě jedno z nich vybrat. Z mého pohledu, praxí nedotčeného studenta, se mi použití metody bouncing jeví jako více riskantní varianta řešení, protože při tomto dochází ke kompletní přestavbě celé linky a změně zažitých postupů. Já bych volil spíše „bezpečnější“ variantu řešení, a to metodu TOC, při které se nemusí radikálním způsobem změnit zaběhnutý postup výroby, ale cílem je pouze nalezení a rozšíření úzkého místa. Ovšem konečné řešení je vždy stanoveno až po konzultaci s odborníkem z mnichovské centrály. Ten stavěl na předchozích zkušenostech z výrobního závodu v Teisnachu, kde podobný problém již řešili v minulosti. Tam se v praxi osvědčilo zavedení metody bouncing, a proto ho navrhl aplikovat i zde. Největší komplikací při tomto způsobu řešení je nedůvěra v nový systém a neochota se mu přizpůsobit. Nejčastějším tvrzením pracovníků, kterých se přestavba týká, je: „Když to takhle fungovalo doted', může to tak fungovat i nadále“. S takovýmto přístupem je velmi obtížné provádět jakékoliv změny ve výrobních postupech.

Pro zavedení nových linek bylo potřeba analyzovat stávající proces výroby trochu jiným způsobem než doposud. Nápomocí nám k tomu byla již zmiňovaná PQPR analýza, díky které jsme mohli přehledně setřídit kabely podle toho, jakými procesy procházejí. Pro kabely, které při výrobě procházejí přibližně stejnými operacemi, bude vytvořena nová bouncing linka.

## 2.4 Tvorba zkušební bouncing linky

Při tvorbě nové zkušební bouncing linky bylo nutné vybrat rodinu kabelů, která bude tuto vyrábět. Na základě PQPR analýzy bylo stanoveno 15 rodin. Nyní ovšem vyvstal problém, kterou rodinu pro tento test zvolit. Podle mého názoru, bych volil rodinu s nižším počtem kabelů, z důvodu jednoduchosti vytvoření linky. Další výhodou je v tom, že pokud bude linka jednoduchá na realizaci, pozitivní výsledky budou přicházet dříve, než při složitě a zdoluhavé realizaci objemnější linky. Tyto viditelné pozitivní výsledky budou dále motivovat zaměstnance, kteří uvidí, že nový systém funguje a změna výrobního systému nebyla

zbytečná a je možné zavést bouncing linky na ostatní rodiny.

Německý odborník navrhoval použít naopak početně největší rodinu. Jeho argumentem byla skutečnost, že použitím rodiny s největším počtem kabelů způsobí velký nárůst efektivity a v dalším postupu se snadněji do bouncing linky „překlopí“ ostatní, méně rozsáhlé rodiny. Nevýhodou je ovšem již zmiňovaná dlouhá doba realizace linky, dále pak nepřicházející výsledky a z toho plynoucí ztráta důvěry zainteresovaných pracovníků.

Tento složitější postup byl ale zamítnut a pro potřeby testovací bouncing linky se vybrala rodina s jednoduchým postupem výroby a s nižším počtem kabelů.

Jedním z kritérií pro zavedení bouncing linek je vytvoření matice pracovníků a jejich pracovních dovedností. Je totiž nutné vědět, jaké činnosti v rámci linky může pracovník vykonávat. Jak vyplývá z metody bouncing, pracovníci musí zvládat velmi mnoho, neřku-li všechny procesy na výrobní lince, protože předávání rozpracovaných výrobků probíhá před vyrovnáním v různých místech linky. Dalším důvodem, proč musí pracovníci zvládat většinu procesů, je možná absence jednoho z nich a z toho plynoucí změna předávacích míst. Ostatní tím pádem musí být schopni tuto absenci vyrovnat. Matice tedy obsahuje seznam pracovníků v řádcích pod sebou a jednotlivé sloupce představují činnosti z výroby. Jejich průměty znamenají, že tento pracovník tuto operaci zvládá. Zde v R&S je tato matice dokonce na takové úrovni, že pro její tvorbu používají speciální software, který umožňuje spoustu možností, jak matici následně upravovat.

Pracovníkova schopnost vykonávat jednotlivé operace je díky tomuto software rozdělena na 4 úrovně a ještě je u každé činnosti uveden symbol, který značí, že pracovník tuto činnost vykonával nejméně před třiceti dny. Úrovně jsou rozděleny takto: na první byl pracovník pouze proškolen, ale ještě operaci nikdy neprováděl, nebo pouze v rámci školení. Druhá úroveň znamená, že pracovník může operaci provádět pod dohledem zkušenějšího pracovníka. Pokud pracovník dosáhne třetí úrovně, může operaci provádět samostatně. Poslední úroveň znamená, že se pracovník stává školitelem a může v dané činnosti školit ostatní pracovníky. Příklad takové matice můžete vidět v Tabulka 4. Pro jednoduchost jsou na ní pouze činnosti a jejich úrovně.

**Tabulka 4 - Matice pracovních dovedností**

	činnost 1				činnost 2				činnost 3				činnost 4			
Pracovník 1	x	x	x	x									x	x	x	x
Pracovník 2					x	x	x	x								
Pracovník 3									x	x	x	x				
Pracovník 4																
Pracovník 5	x	x	x	x	x	x	x	x								
Pracovník 6									x	x	x	x				
Pracovník 7					x	x	x	x								
Pracovník 8													x	x	x	x

Po vytvoření této matice je následně velmi jednoduché zjistit, na jaké úrovni je pracovník v daných činnostech, ve které by se měl zdokonalit atd. Dále matice slouží k posouzení, zda je možné okamžité přidělení pracovníka na jinou linku, pokud si to situace žádá.

Například pracovník č. 3 je pouze proškolen v činnosti č. 1, činnost č. 2 může provozovat pouze pod dohledem. Školení na činnost č. 3 musí teprve absolvovat a v činnosti č. 4 může provádět školení ostatních zaměstnanců. Dále je patrné, že pokud by odešel jeden z pracovníků na jinou linku, vždy ho mohou zastoupit minimálně 4 pracovníci, kteří jeho činnost také dokážou vykonávat.

## 2.5 Finanční zhodnocení projektu

Z důvodu zachování citlivých firemních údajů nelze detailně rozepisovat náklady na dosažení jednotlivých cílů. Celkové náklady jsou tedy shrnuté v následující tabulce.

**Tabulka 5 - Náklady projektu**

Položka	Částka (€)
Personální investice	29000
Materiál	98000
Úspora na skladových zásobách	-24000
Celkem	103000

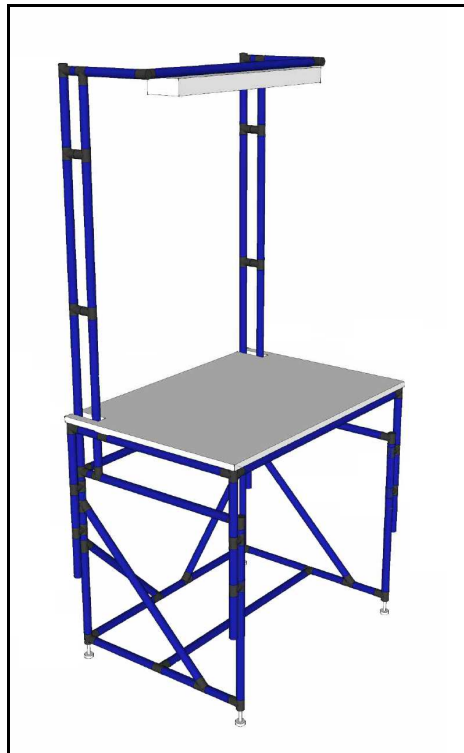
Z tabulky je patrné, že celková částka je ve výši 103 000 €. V přepočtu na aktuální kurz

se jedná o částku 2 575 000 Kč. Na první pohled se jedná o relativně vysokou investici, ovšem podle vzorce ROI – Return of Investment, je odhadovaná návratnost 1,71 roku, tedy 20,5 měsíce. Tato doba je tedy velmi krátká v porovnání s vyšší investice. Je to způsobeno celkově všemi úsporami, které přestavba linky přinese. Dále se velkou měrou na úsporách podílí zredukování skladových zásob, které jsou v dnešní době, nejen v R&S, ale ve všech výrobcích po celém světě redukovány na nejnужnější minimum.

## 2.6 Zkušební linka

K vytvoření nové zkušební bouncing linky zbývalo pouze vybrat výrobce unifikovaných pracovních stolů, ze kterých bude linka složena. Tento výběr byl zásadní, protože se z vybraného materiálu postaví i zbývajících 5 výrobních linek a musel tedy být velice pečlivý.

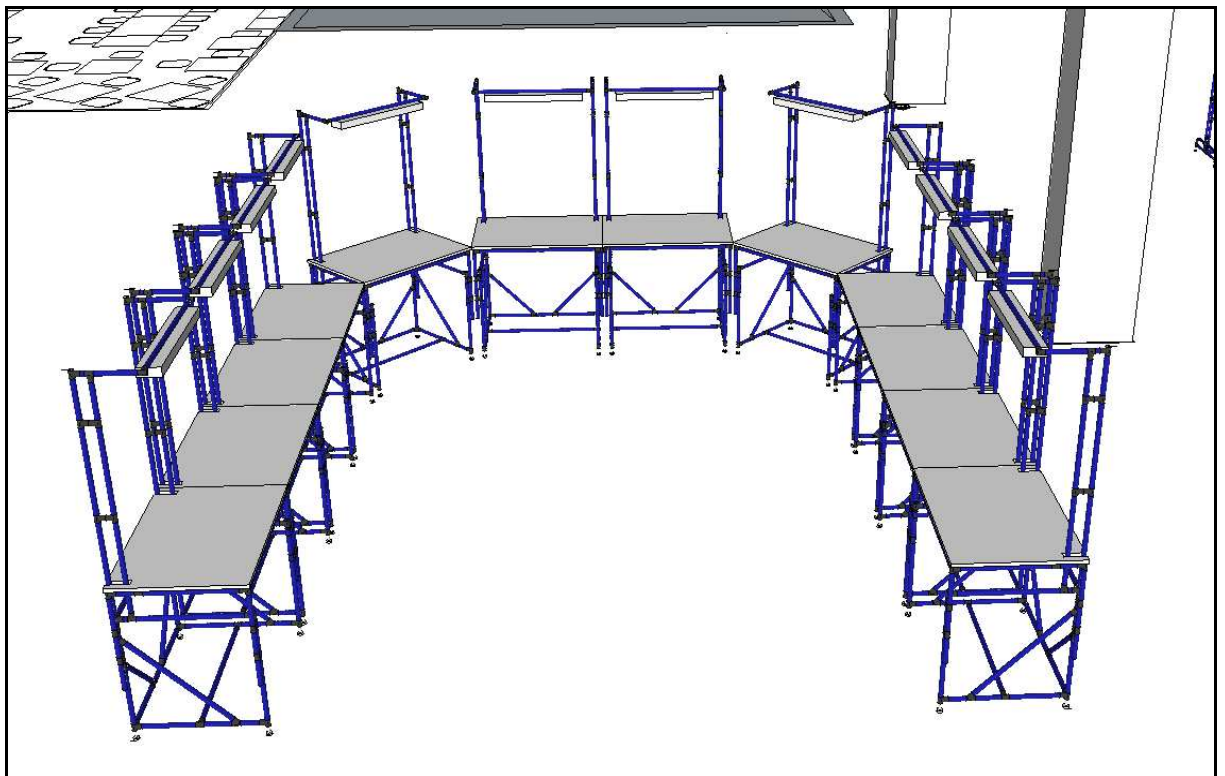
V úvahu přicházeli dva němečtí výrobci, a sice Bosch a Beewatec, se kterými má již R&S zkušenosti. Co se týká konstrukčních vlastností, výběr by vyzněl ve prospěch komponent od firmy Bosch, ovšem pro potřeby linky, která je určena pro kabelovou výrobu, není nutné uvažovat velká hmotnostní zatížení pracovních stolů. Výběr tedy vyšel ve prospěch firmy Beewatec, v jejíž prospěch hrála hlavně nižší cena a české zastoupení. Návrh unifikovaného pracovního stolu, který je vytvořený z komponent Beewatec, můžeme vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 19 - Unifikovaný stůl nové linky

Rozměry pracovní desky - 100x70 cm - byly zvoleny s ohledem na prostorově nejnáročnější operaci, kterou je v případě celé kabelové výroby strojní krimpování, při kterém je použit stroj o určitých rozměrech. Je nutné si uvědomit, že v případě bouncing linky, je jedna operace z klasické linky přenesena pouze na jeden stůl a jeho celková ergonomie tomu musí odpovídat. V praxi to znamená, že všechny materiál a nářadí potřebné pro daný krok výrobního postupu, musí být dostupné bez náročnějších pohybů, nejlépe v přímém dosahu pracovníka.

Na následujícím obrázku je zobrazena navržená linka ve tvaru písmene U. Je složena z dvanácti unifikovaných pracovních stolů, které disponují vlastním osvětlením pracovního prostoru. Aby bylo možné dosáhnout co nejlepší optimalizace pohybů pracovníka při práci, na zadní stranu stolu je namontována deska s kompletním nářadím, které pracovník pro daný stůl = operaci potřebuje (není na obrázku).



**Obrázek 20 - Navržená linka ve tvaru U**

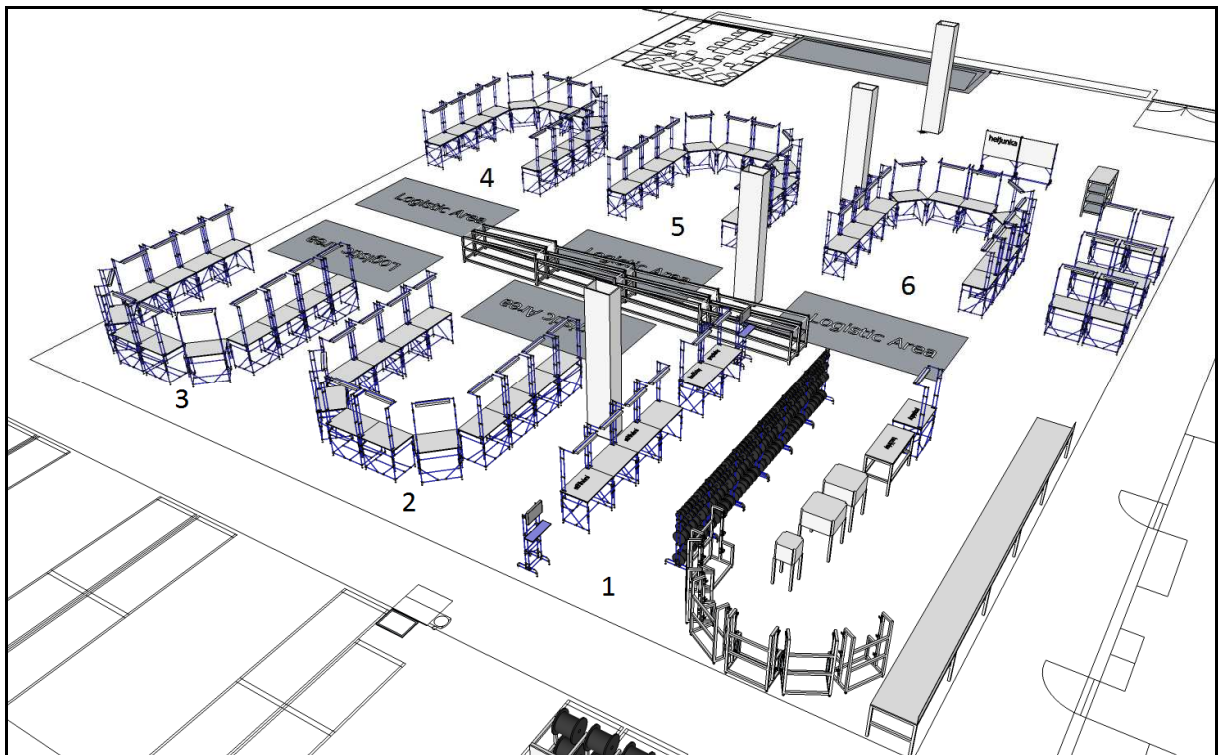
Na nákresu také není zobrazen stojan, který stojí uprostřed linky a na kterém jsou z obou stran umístěné další součástky potřebné pro výrobu. Tento stojan také umožňuje zjednodušení a zrychlení výroby, jelikož pracovník má vše potřebné hned za svými zády a



nemusí tedy nikam pro součástky z pracoviště odbíhat. Všechny nezobrazené součásti linky jsou zobrazené na reálné fotografii v příloze.

## 2.7 Návrh nového pracoviště kabelové výroby

Nyní nezbývá než představit nový návrh kompletní kabelové výroby s pěti linkami ve tvaru U.



Obrázek 21 - Nové rozložení kabelové výroby

Celý prostor sestává z 6 pracovišť, které jsou na návrhu pro přehlednost označeny čísly. Číslo 1 představuje přípravné pracoviště, kde se nachází stříhací stroje, stroje na odstraňování bužírek a tiskárna popisků. Čísla 2 – 6 reprezentují nové linky. Mezi nimi se nachází Logistic Area, neboli transportní zóna, která pracovníkům, na linkách slouží k odběru připravených zakázek a také k odložení zakázek již zpracovaných.

Výroba vždy začíná na stejném místě – tím je tabule heijunka. Její princip je detailně popsán v teoretické části této práce. Na našem nákresu je zobrazena za linkou číslo 6. Z ní si pracovník obsluhující přípravné pracoviště odebere zakázku a startuje proces výroby nastříháním kabelů, odstraněním bužírek a přípravou popisků. Tyto tři kroky jsou pro všechny linky společné, a proto je možné je provádět na jednom místě. Dalším důvodem, proč jsou takto seskupeny, je cena stříhacího stroje, který z ekonomického hlediska není možné

provozovat před každou z linek. Po této prvotní přípravě předá pracovník zakázku do transportní zóny, před tu z linek, do které je zakázka určená. Tato zóna je v pravidelných intervalech obsluhována pracovníkem skladu, který hotové zakázky transportuje do skladu. Tyto intervaly musí být velmi dobře naplánované, aby skladník nejezdil s prázdnou, či se naopak netvořily přebytečné zásoby a transportní zóna začala být přeplněná.

## 2.8 Zahájení výstavby

2. 1. 2012 byla zahájena výstavba první bounicng linky. Její provoz poté probíhal paralelně s dosluhující linkou. V přibližně měsíčních intervalech přibývaly další linky, pro jiné typy kabelů. Stará linka, typu rybí kosti, byla rozebrána současně s dostavbou třetí nové linky, protože tři nové linky již stačily dostatečně zabezpečit velkou část její výrobní kapacity. V době dokončování této diplomové práce (duben 2012) probíhala výstavba poslední, tedy páté bouncing linky.

Bylo velmi zajímavé sledovat reakce pracovníků, kteří byli vybráni pro práci na první zkušební lince. Přes pochopitelný prvotní odpor si rychle zvykli na nové pracovní postupy a pochopili, že nový způsob výroby v lince ve tvaru U je efektivnější. Jak je uvedeno výše, systém odměňování pracovníků je totiž nastaven tak, že pokud nedosáhli vytíženosti výrobní linky ve výši 100%, byla jim srážena část prémie k výplatě. Tato vytíženost byla ovšem vypočtena na starý typ výroby a díky nové lince se tato kvóta splnila dříve, než byli pracovníci zvyklí a z toho plynula jejich obecná spokojenost. Tato informace se samozřejmě mezi pracovníky rychle rozšířila a byl to ten pravý stimul, který mezi nimi vzbudil o nové linky velký zájem, a sami se začali hlásit o práci u nově vzniklých linek.

V praxi se tady přesně potvrdilo, že jednou z největších překážek v implementaci nových moderních metod k optimalizaci výrobního procesu jsou právě zaměstnanci. Po mnoha letech strávených stejnou činností nekládají důvěru v nové postupy a bezmezně věří, že právě jejich způsob vykonávání činnosti je ověřený a dostatečně efektivní.

### 3 Závěr

Tato diplomová práce má dva hlavní cíle. Prvním z nich je popsat a přiblížit metody pro optimalizaci výrobního toku v hromadné sériové výrobě. Přínos práce spočívá v jejich porovnání a kritickém zhodnocení a posouzení, pro jaký typ výroby jsou vhodné. Druhým cílem této práce je představit konkrétní projekt firmy Rohde & Schwarz, v rámci kterého je část těchto metod prakticky demonstrována.

Teoretická část tedy obsahuje popis pěti metod, které slouží k optimalizaci výrobního toku a odstraňování plýtvání. V případě první metody, která se nazývá teorie omezení, v originálním znění Theory of Constraints, se jedná o odstraňování časového plýtvání. Princip metody spočívá v odhalování nejužšího místa ve výrobě a jeho následném odstranění. Pokud dochází ve výrobě k časově nevyrovnaným pracovním krokům, omezení je patrné na první pohled. Na nejpomalejším místě výroby se začíná hromadit materiál a je ihned patrné, že je nutné učinit změny. Tyto změny spočívají v odstranění tohoto místa, buď tím, že se část výroby přesune jinam, pořídí se nový stroj, či se najme další pracovník. Pokud se úzké místo podaří tímto způsobem odstranit, koloběh odhalování může začít znovu, protože se logicky musí objevit nové úzké místo. Tato spirála kontinuálního zlepšování napomáhá zlepšit výrobní proces na maximum.

Druhou popisovanou metodou, která je v rámci teoretické části blíže rozebrána, je mapování toku hodnot. V originálním a častěji používaném znění se metoda nazývá Value Stream Mapping. Její princip je podobný jako v případě metody předchozí a spočívá v mapování celého výrobního procesu. Ovšem odhalování úzkého místa probíhá zaznamenáváním přesných časů, po kterých je na zakázce pracováno a naopak během kterých zakázka bez užitku leží mezi výrobními kroky. Na konci tohoto měření dostáváme velice přesnou informaci, kterou je nutné převést do grafické podoby. Následně můžeme jednotlivá pracoviště modifikovat a zkrátit tím čas, během kterého není na zakázce pracováno a zároveň i čas, který je potřebný pro výrobu celé zakázky.

Další popisovanou metodou je vyrovnávání linky, neboli Line Balancing. Její princip optimalizování výrobního toku spočívá v promyšleném plánování výroby. Objednávky od zákazníků bohužel nepřicházejí v pravidelných časových ani množství intervalech. Proto je nutné zakázky rozmělnit do jednotlivých pracovních dnů tak, aby nedocházelo k překračování limitů výroby, která má danou denní hranici vyrobených kusů. Pokud by se tedy výroba řídila podle přicházejících objednávek, stávalo by se, že některé dny by se

vyrábět nestíhalo a naopak v některé dny by nebyla práce vůbec. Proto se část výroby z těchto „překročených“ dnů přesune do méně vytížených dnů, a tím se výroba již dopředu vyrovná a jsou známy i požadavky na materiál k výrobě potřebný, čímž se lépe plánuje i zásobování skladů.

K zavedení další metody nazvané odrážení, či spíše originálním názvem Bouncing, je nutné přijmout ve výrobě velký počet změn. A změn ne zrovna zanedbatelného charakteru. Pokud výroba probíhá jako ve většině podniků, tedy stylem oddělených pracovišť, mezi kterými jsou jednotlivé polotovary přemísťovány a dále zpracovávány, musí se od tohoto způsobu výroby zcela upustit. Celý postup výroby se musí na jedné lince rozmělnit na co nejelementárnější kroky, jako je např. odstranění izolace. Postup výroby probíhá následujícím způsobem – pokud poslední pracovník na lince odloží hotový výrobek pryč z linky, přebírá rozdělaný kus od pracovníka předchozího a ten opět od předchozího atd. Pokud přijde řada s odevzdáním polotovaru na prvního pracovníka, ten si bere nový kus a začíná opět od prvních pracovních úkonů. Tímto způsobem se zcela minimalizuje čas, po který by zakázka pouze bez užitku ležela mezi pracovišti a celkový výrobní čas můžeme teoreticky snížit až o 60%. Je s tím ovšem spojena řada překážek. Ať už se jedná o celkovou změnu pracovního postupu, velikosti zakázek či nákup nového vybavení, stále zůstává jednou z největších překážek přístup a neochota pracovníků.

Poslední popisovanou metodou je metoda toku jednoho kusu. Jako u všech předchozích, se i u této metody častěji setkáme s originálním názvem One Piece Flow. Tato metoda podobně jako metoda bouncing zcela mění postup výroby a jak už název napovídá, bude se jednat o velikost zpracovávané zakázky. Pokud chceme tuto metodu úspěšně používat, musíme velikost zakázky snížit pouze na jeden vyráběný kus. Tím vznikne velká úspora času oproti klasické dávkové výrobě. V čem se tedy postup při výrobě jednoho kusu liší? Pokud máme dávkovou výrobu, jednotlivá pracoviště musí čekat na předchozí pracoviště do té doby, než celou dávku zpracují a pošlou dále. Pokud bude mít vyráběná dávka pouze jeden kus, tento se po opracování rovnou předá k dalšímu zpracování a čekací doba následných pracovišť se tím sníží. Jako nevýhodu u této metody můžeme považovat nemožnost jejího zavedení ve všech typech výrobních odvětví. I tak ale zůstává tok jednoho kusu velmi často využívanou metodou při odstraňování potíží s výrobním procesem.

Je samozřejmostí, že existuje řada dalších metod, které slouží k optimalizaci výrobního toku. Která ze všech těchto metod bude zvolena, záleží pouze na tom, k jakému cíli se snažíme dostat. Pokud totiž známe cíl, teprve potom můžeme k jeho naplnění hledat cestu.

Jak už jsem ale uvedl výše, moje volba právě těchto metod byla podmíněna jejich praktickou demonstrací ve firmě Rohde & Schwarz, kde jsem si ověřil, jaké problémy ve skutečnosti jejich zavádění a používání provází. Praktická část této práce má tedy za úkol představit projekt optimalizace kabelové výroby, na kterém jsem se jako člen projektového týmu od července 2011 do dubna 2012 aktivně podílel. Během této spolupráce jsem načerpal spoustu nových zkušeností a zároveň zjistil, že se v praxi objevuje daleko více problémů, než bychom mohli předpokládat.

Největší časovou náročnost a největší problémy v průběhu projektu přineslo jak samotné mapování současného stavu, tak hlavně změna typu výrobní linky z klasické dávkové výroby na lince typu rybí kosti, na pět nových linek ve tvaru U a výrobní systém bouncing. Složitá byla hlavně ta část, kdy se musela stará výrobní linka kompletně z haly odstranit a výroba v té chvíli probíhala pouze na tři nové linky a nebylo možné kompletně uspokojit celou škálu zakázek. Poměrně komplikované bylo podle mého názoru i nalezení cesty, kterou si při optimalizaci kabelové výroby vydat. Nejednou se stalo, že jsme v průběhu projektu vsadili na určitý postup, který se postupem času ukázal jako chybný a zavedl nás pouze do slepé uličky. Takové zaváhání ovšem nemělo pouze stinné stránky. Poskytlo totiž cennou zkušenost a ponaučení do budoucna. Vždy bylo hlavní ve snažení vytrvat, a hlavně díky německému kolegovi a jeho velmi bohatým zkušenostem, jsme došli ke zdárnému výsledku a mohli se tak připojit k řadě firem, které již moderní U linky používají.

Finanční náročnost tohoto projektu není zrovna zanedbatelná, ovšem při předpokládané finanční návratnosti v horizontu necelých dvou let, je přijatelná. Pokud bereme v potaz, že dlouhodobé výhledové plány se vytváří na deset, či patnáct let dopředu, tak po dvou letech, kdy začne být tento projekt výdělečný, je tato investice více než výhodná.

Moje působení ve firmě Rohde & Schwarz bych hodnotil jako velice přínosné. Načerpal jsem během něho velkou porci zkušeností a poprvé v životě pronikl do tajů plánování, optimalizování a řízení výroby. Jsem velice rád, že jsem si mohl vyzkoušet, jaké to je být součástí projektového týmu, aktivně se podílet na budování zcela nového typu výroby a v neposlední řadě o tom zpracovat diplomovou práci. Tímto bych chtěl ještě jednou za tuto možnost poděkovat celému oddělení reengineeringu.

Od doby, kdy jsem zpracovával bakalářskou práci, uběhly dva roky. V ní jsem popisoval, jak důležitou roli při úspěšném setrvávání na trhu, hrají metody k optimalizaci výroby, a pokud se chce firma stát konkurenceschopnou a úspěšnou, musí tyto metody zavést a používat. Od té doby se příliš věcí nezměnilo a tato podmínka platí stále. Jedinými

proměnnými mohou být nové metody, které podniku s úspěšným fungováním pomáhají, či naopak stále rostoucí míra konkurence, která nutí podnik činit změny. A právě tyto změny dělají podnikům největší problémy.

Na jedné straně může být nezkušenost manažerů, kteří dostatečně nezvládají tyto změny patřičně implementovat, a díky tomu je nedovedou úspěšně dokončit. Na druhé straně je jistý odpor ke změnám a pohodlnost pracovníků, kteří nekládají do nových postupů důvěru. Pokud se podaří najít manažera, který má, kromě zaručené podpory vedení, jisté zkušenosti se zaváděním nových postupů a zvládne tyto postupy úspěšně aplikovat přesně podle typu výroby a dále dokáže přesvědčit pracovníky, že nové postupy budou přínosem jak pro ně, tak pro celý podnik, stane se potom výroba moderním nástrojem, jak generovat podniku zisk a zároveň mu pomůže stát se trvalou součástí trhu.

## Použitá literatura

- [1] KVASNIČKOVÁ, Věra. *Teorie omezení : její aplikace ve vybraném podniku*. Brno, 2007. 91 s. Diplomová práce. Masarykova univerzita - Ekonomicko-správní fakulta.
- [2] Eliyahu M. Goldratt. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , last modified on 13.7.2011 [cit. 2011-07-21]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Eliyahu\\_M.\\_Goldratt](http://en.wikipedia.org/wiki/Eliyahu_M._Goldratt)>.
- [3] PIVOŇKA, Pavel. *TOC - Theory of Constraints*. *Časopis IT Systems*. 2001, 6, s. 22.
- [4] KRIŽKO, Ivo. *SCM: Supply Chain Management*. *Časopis IT Systems*. 2002, 10, s. 8.
- [5] GOLDRATT CZ [online]. 2011 [cit. 2011-07-26]. *Projektové řízení - Critical Chain*. Dostupné z WWW: <<http://www.goldratt.cz/image.php?id=195>>.
- [6] *Management methods* [online]. 2011, 7.6.2011 [cit. 2011-07-26]. Value stream mapping. Dostupné z WWW: <[http://www.valuebasedmanagement.net/methods\\_value\\_stream\\_mapping.html](http://www.valuebasedmanagement.net/methods_value_stream_mapping.html)>.
- [7] *Gardiner Nielsen Associates Inc.* [online]. 2008 [cit. 2011-08-25]. Getting Started with Value Stream Mapping. Dostupné z WWW: <<http://www.gardinernielsen.com/Getting%20Started%20with%20Value%20Stream%20Mapping.pdf>>.
- [8] FIALA, Alois a Monika BECKOVÁ. *Management procesů: průvodce manažera kvality*. Praha: Dashöfer, 2006. ISBN 1802-1697.
- [9] *Value stream mapping*. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2011-08-17]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Value\\_stream\\_mapping](http://en.wikipedia.org/wiki/Value_stream_mapping)>.
- [10] *WiseGEEK : clear answers for common questions* [online]. 2011 [cit. 2011-07-29]. What is Takt Time?. Dostupné z WWW: <<http://www.wisegeek.com/what-is-takt-time.htm>>.
- [11] *Scribd.com* [online]. 2011 [cit. 2011-07-29]. Introduction of Line Balancing. Dostupné z WWW: <<http://www.scribd.com/doc/7699063/Introduction-of-Line-Balancing>>.
- [12] *API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2011-08-11]. One-piece Flow. Dostupné z WWW: <<http://e-api.cz/page/68413.one-piece-flow/>>.

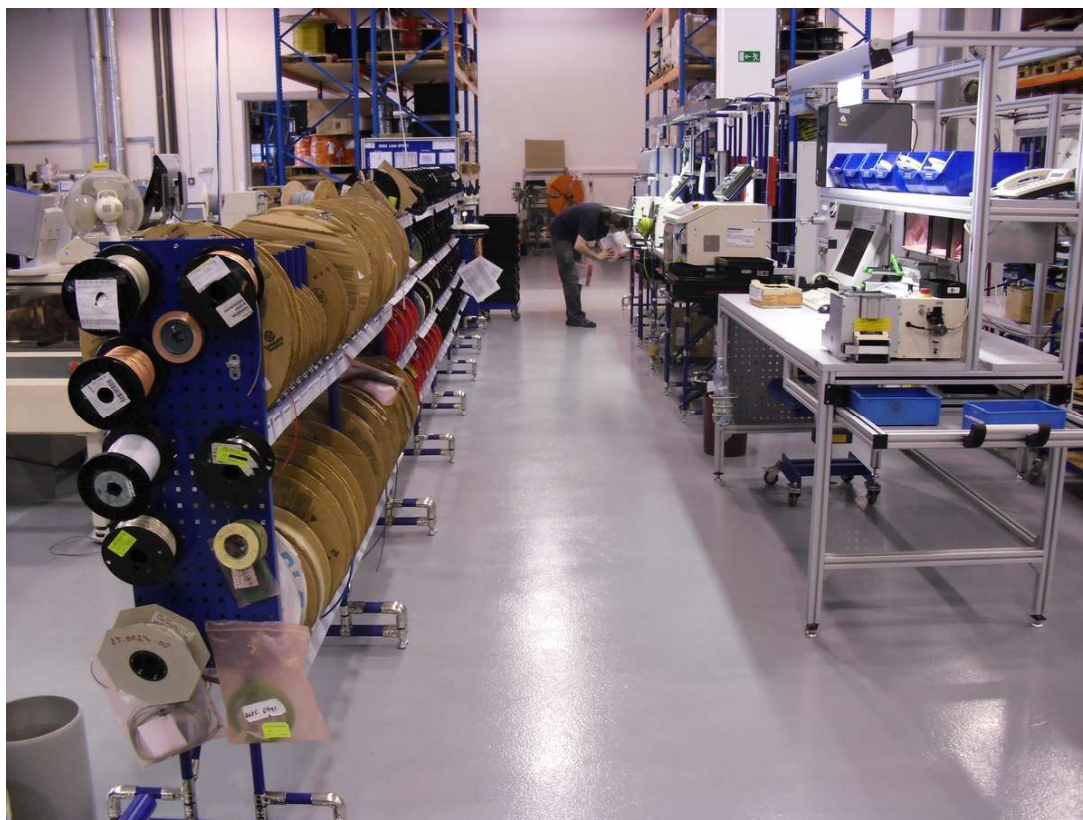
- [13] *Interní dokument: Rohde & Schwarz závod Vimperk. Vimperk : [s.n.], 2011. 45 s.*
- [14] *SCHÄL, Thomas. Workflow management systems for process organisations. 2nd ed. New York: Springer, c1998, 229 s. ISBN 35-406-5304-X.*



## 4 Přílohy



**Příloha A - Rozestavěná poslední linka (duben 2012)**



**Příloha B – Přípravné pracoviště se stříhacím strojem**



**Příloha C - Dokončená linka č. 4**



**Příloha D - Linka č. 1 v plném provozu**