



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC  
TECHNOLOGY

## NÁVRH AUTOMATIZOVANÉ KONTROLY VÝROBKŮ NA VÝROBNÍ LINCE

PROJECT OF AUTOMATED PRODUCT CONTROL ON PRODUCTION LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MILAN PELCL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ ŠPINKA

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektrotechnická výroba a management**

**Student:** Bc. Milan Pelcl

**ID:** 88466

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2008/2009

## NÁZEV TÉMATU:

**Návrh automatizované kontroly výrobků na výrobní lince**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s metodami projektování výrobních a montážních linek. Ve firmě ModusLink Czech Republic, s.r.o. se seznamte se stávající výrobou (Sandisk) a linkou Starview. Pro uvedenou linku popište možnosti automatizace jednotlivých činností, navrhnete princip automatizované kontroly výrobků na výstupu z linky. Návrh proveďte ve variantách a vyberte vhodného dodavatele technologie, shrňte výhody a nevýhody. Proveďte ekonomický rozbor.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 9.2.2009

**Termín odevzdání:** 29.5.2009

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Špínka

**prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

# LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

## 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Milan Pelcl  
Bytem: Vávrova 482, Kolín 4  
Narozen/a (datum a místo): 7.7.1983 v Praze

(dále jen „autor“)

a

## 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
Ing. Zdenka Rozsivalová  
(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- disertační práce
  - diplomová práce
  - bakalářská práce
  - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Návrh automatizované kontroly výrobků na výrobní lince  
Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jiří Špinka  
Ústav: Ústav elektrotechnologie  
Datum obhajoby VŠKP: .....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v\*:

- tištěné formě – počet exemplářů 2
- elektronické formě – počet exemplářů 2

---

\* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

## **Článek 2**

### **Udělení licenčního oprávnění**

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## **Článek 3**

### **Závěrečná ustanovení**

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 29.05.2009

.....  
Nabyvatel

.....  
Autor

## **Abstrakt:**

Předkládaná práce se zabývá rozbořem jedné z výrobních linek ve společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o. Snaží se najít možnosti automatizace jednotlivých procesů na této lince, vykonávaných v současné době manuálně. Základním zaměřením je nalezení vhodného technického řešení automatizované kontroly výrobků na jmenované výrobní lince. Práce se snaží popsat všechny smysluplné možnosti řešení a porovnat jejich výhody a nevýhody. Z tohoto porovnání pak vychází výsledný návrh na komplexní řešení s využitím strojového vidění. Dalším bodem je výběr vhodného dodavatele pro realizaci návrhu, vyjádření jeho výhodnosti z ekonomického hlediska a z toho vyplývající doporučení, zda návrh realizovat.

## **Abstract:**

This work deals with analysis one of the production lines at ModusLink Czech Republic s.r.o. It seeks to find possibilities for automation of different processes on the line, currently performed manually. The basic focus is to find the appropriate technical solutions to the automated control of the designated production line. The work seeks to describe all meaningful solutions and compare their advantages and disadvantages. From this comparison of the final proposal is based on comprehensive solutions with the use of machine vision. Another point is the selection of a suitable contractor for the implementation of the proposal, making its advantage in economic terms and the resulting recommendations, if implemented the proposal.

## **Klíčová slova:**

automatizovaná kontrola, strojové vidění, automatizace výroby, efektivnost investic do výroby, výrobní linka, optimalizace procesů

## **Keywords:**

automatic inspection, machine vision, automated production, efficiency of investment in production, production line, process optimization

## Bibliografická citace díla:

PELCL, M. *Návrh automatizované kontroly výrobků na výrobní lince*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 72 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Špínka.

## Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 29. 5. 2009

.....

## Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jiřímu Špínkovi za jeho podporu a vedení při plnění úkolů realizovaných v návaznosti na tuto diplomovou práci. Dále děkuji zadávající firmě ModusLink Czech Republic s.r.o, za poskytnutí prostoru k realizaci této práce, procesnímu inženýrovi Ing. Jakubovi Dostálovi za poskytnutou metodickou pomoc, odborné rady a trpělivost, s jakou se mi věnoval, a všem ostatním zaměstnancům za trpělivost a vstřícnost, se kterou zodpovídali mé dotěrné dotazy. Také děkuji všem konzultantům, kteří mi svými cennými radami pomohli zorientovat se v problematice.

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>AUTOMATIZOVANÁ KONTROLA VÝROBKŮ VE VÝROBNÍCH LINKÁCH</b>	<b>11</b>
2.1	CO JE STROJOVÉ VIDĚNÍ	11
2.2	STROJOVÉHO VIDĚNÍ V PRŮMYSLU	12
2.3	PRINCIP STROJOVÉHO VIDĚNÍ	12
2.4	NEJČASTĚJŠÍ ZPŮSOBY VYUŽITÍ	14
2.4.1	<i>Kontrola a měření rozměrů</i>	14
2.4.2	<i>Pružná robotizovaná pracoviště</i>	14
2.4.3	<i>Identifikace výrobků</i>	15
2.4.4	<i>Inspekce výrobků</i>	15
<b>3</b>	<b>METODY HODNOCENÍ NÁVRATNOSTI INVESTIC</b>	<b>16</b>
3.1	EFEKTY Z INVESTIČNÍHO PROJEKTU	17
3.1.1	<i>Nákladová kritéria</i>	17
3.1.2	<i>Zisková kritéria</i>	19
3.1.3	<i>Kritérium čistého peněžního toku</i>	19
3.2	HLEDISKO FAKTORU ČASU	19
3.2.1	<i>Statické metody</i>	19
3.2.2	<i>Dynamické metody</i>	21
3.3	HLEDISKO NEFINANČNÍCH NÁKLADŮ A PŘÍNOSŮ	23
3.3.1	<i>Klasifikace nefinančních dopadů investičních projektů</i>	24
3.3.2	<i>Transformace nepeněžních dopadů do peněžního vyjádření</i>	25
<b>4</b>	<b>PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI MODUSLINK</b>	<b>27</b>
4.1	MODUSLINK CZECH REPUBLIC S.R.O.	27
4.1.1	<i>Seznámení s výrobním úsekem firmy</i>	28
<b>5</b>	<b>POPIS SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍ LINKY STARVIEW</b>	<b>29</b>
5.1	POPIS PRODUKTU	29
5.2	POPIS FUNKCE VÝROBNÍ LINKY	30
5.3	DŮVODY PRO ZAVEDENÍ AUTOMATIZACE	35
<b>6</b>	<b>MOŽNOSTI AUTOMATIZACE SOUČASNÉ VÝROBNÍ LINKY</b>	<b>36</b>
6.1	AUTOMATICKÉ VKLÁDÁNÍ BLISTERŮ	36
6.1.1	<i>Popis operace</i>	36
6.1.2	<i>Možné řešení</i>	36
6.1.3	<i>Problémy</i>	37
6.1.4	<i>Předpoklady řešení</i>	37
6.1.5	<i>Závěr</i>	37
6.2	AUTOMATICKÉ VKLÁDÁNÍ HIGH VALUE (HV)	38
6.2.1	<i>Popis operace</i>	38
6.2.2	<i>Možné řešení</i>	38
6.2.3	<i>Problémy</i>	38
6.2.4	<i>Závěr</i>	39

6.3	AUTOMATICKÉ LEPENÍ KRABIC, PALETIZACE A ŠTÍTKOVÁNÍ .....	39
6.3.1	<i>Popis operace</i> .....	39
6.3.2	<i>Možné řešení</i> .....	39
6.3.3	<i>Závěr</i> .....	39
<b>7</b>	<b>AUTOMATIZOVANÁ KONTROLA VÝROBKŮ .....</b>	<b>40</b>
7.1	POŽADAVKY NA AUTOMATIZOVANÉ ZAŘÍZENÍ .....	40
7.2	DETEKCE PŘESAHU ZADNÍ KARTY PŘES PŘEDNÍ.....	40
7.2.1	<i>Laseroým senzorem profilu</i> .....	41
7.2.2	<i>Kamerovým snímačem</i> .....	42
7.2.3	<i>Detekce přítomnosti HV v balení</i> .....	44
7.3	MOŽNOSTI PŘI NÁVRHU PRINCIPU KONTROLNÍ ČÁSTI.....	45
7.3.1	<i>Příčný směr pohybu výrobků</i> .....	45
7.3.2	<i>Podélný směr pohybu výrobků</i> .....	46
7.4	MOŽNOSTI PŘI NÁVRHU PRINCIPU BALICÍ ČÁSTI .....	46
<b>8</b>	<b>POPIS FINÁLNÍ VARIANTY A VÝBĚR DODAVATELE .....</b>	<b>48</b>
8.1	POPIS FUNKCE .....	49
8.1.1	<i>Kontrolní část</i> .....	49
8.1.2	<i>Balicí část</i> .....	50
8.2	OVLÁDÁNÍ A PROGRAMOVÁNÍ.....	51
8.3	VLASTNOSTI FINÁLNÍHO ŘEŠENÍ .....	51
8.4	PŘÍNOSY REALIZACE.....	53
8.5	RIZIKA REALIZACE .....	53
8.6	DALŠÍ MOŽNÉ VÝSTUPY KONTROLNÍ ČÁSTI .....	53
8.7	VÝBĚR DODAVATELE .....	54
8.8	CENA FINÁLNÍHO ŘEŠENÍ OD SPOLEČNOSTI NK ENGINEERING S.R.O. ....	55
<b>9</b>	<b>ZHODNOCENÍ EKONOMICKÉ NÁVRATNOSTI FINÁLNÍ VARIANTY .....</b>	<b>56</b>
9.1	VÝPOČET NÁVRATNOSTI INVESTICE PŘI REALIZACI POUZE KONTROLNÍ ČÁSTI .....	56
9.1.1	<i>CBA analýza</i> .....	56
9.1.2	<i>Návratnost investovaného kapitálu</i> .....	57
9.1.3	<i>Průměrná rentabilita</i> .....	57
9.1.4	<i>Doba návratnosti</i> .....	57
9.2	VÝPOČET NÁVRATNOSTI INVESTICE PŘI REALIZACI KONTROLNÍ A BALICÍ ČÁSTI .....	58
9.2.1	<i>CBA analýza</i> .....	58
9.2.2	<i>Návratnost investovaného kapitálu</i> .....	58
9.2.3	<i>Průměrná rentabilita</i> .....	58
9.2.4	<i>Doba návratnosti</i> .....	59
9.3	ZHODNOCENÍ.....	59
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>64</b>



# 1 Úvod

Předložená diplomová práce s názvem *Návrh automatizované kontroly výrobků na výrobní lince* se zabývá analýzou jednoho z výrobních procesů vybrané firmy, konkrétně společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o., která se zabývá řízením distribučního řetězce a službami pro společnosti operující se softwarovými a elektrotechnickými komoditami.

Mnoho výrobních společností v České republice v současné době profituje z relativně nízkých nákladů na pracovní sílu. Tato výhoda se však pomalu vytrácí. Proto je nutné hledání dalších způsobů snižování nákladů, které umožní společnostem obstát ve vysoce konkurenčním prostředí globalizované ekonomiky. Ve společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o. je organizace výroby dotažena téměř k dokonalosti, automatizace dosud manuální výroby je tak jedním z mála prostředků, jak dosáhnout dalších významných úspor.

V práci je analyzován proces balení portfolia produktů společnosti Sandisk na lince Starview. Jsou analyzovány možnosti automatizace jednotlivých částí procesu a nejperspektivnější část je rozpracována podrobně hledáním vhodného automatizačního řešení. Jedná se o část finální kontroly produktů a jejich balení do krabic, ve kterých dále putují k zákazníkovi.

Po konzultaci s odpovědnými pracovníky společnosti byly v souvislosti s aktuálními potřebami vysloveny tři možnosti, z nichž se předložená práce snaží vybrat tu nejvýhodnější:

**Možnost 1:** *Manuální kontrola výrobků a jejich balení do krabic na analyzované lince je optimální a ekonomicky nejvýhodnější, není třeba provádět změny.*

**Možnost 2:** *Lze najít vhodné automatizované řešení, které splní požadavky na kontrolu výrobků a požadavek návratnosti investice do 12 měsíců. Toto řešení zachová manuální balení produktů do krabic a je ekonomicky výhodnější než možnosti 1 a 3.*

**Možnost 3:** *Lze najít vhodné plně automatizované řešení, které splní požadavky na kontrolu výrobků, balení výrobků do krabic a návratnosti investice do 12 měsíců. Toto řešení v sobě spojí kontrolu a balení výrobků a je ekonomicky výhodnější než možnosti 1 a 2.*

První kapitola práce se věnuje všeobecným výhodám automatizované kontroly ve výrobních procesech. Obecně pojednává o strojovém vidění, které je základem nejen

automatizované kontroly ve výrobě, ale uplatňuje se v mnoha dalších oblastech. Jako příklad lze jmenovat robotické výrobní stroje, inteligentní zabezpečovací zařízení nebo automobily. Význam a rozsah nasazení strojového vidění nejen v průmyslu v posledních letech narůstá a toto tempo se bude dále zvyšovat. V další kapitole jsou popsány ekonomické metody hodnocení návratnosti investic. Ty jsou při návrhu výrobních linek velmi důležité. V automatizačních projektech, jejichž hlavním cílem je snížení stávajících výrobních nákladů, se však stávají při rozhodnutí o realizaci projektu klíčovými.

Následující kapitoly se již práce věnují praktické části práce. První dvě kapitoly seznamují čtenáře se zadavatelem této práce, společností ModusLink Czech Republic s.r.o. a popisem výrobní linky Starview, na které se balí produkty společnosti Sandisk. Následující kapitola rozebírá všechny možnosti automatizace jednotlivých procesů na této výrobní lince, snaží se je objektivně zhodnotit a popsat překážky bránící v jejich realizaci. V kapitole s názvem *Automatická kontrola výrobků* jsou podrobně rozebrány požadavky kontroly výrobků na jmenované výrobní lince a možné varianty technického řešení. Výsledkem je v následující kapitole popis zvoleného technického řešení a výběr vhodného dodavatele. V kapitole *Zhodnocení ekonomické návratnosti finální varianty* práce porovnává ekonomickou návratnost možnosti 2 a možnosti 3. Výsledkem je doporučení, zda a v jakém rozsahu navržené technické řešení automatizované kontroly výrobků na výrobní lince realizovat.

## **2 Automatizovaná kontrola výrobků ve výrobních linkách**

Optická kontrola kvality výrobků získává stále více na významu v souvislosti s požadavky na růst produktivity výroby současně se snižováním nákladů a zajištěním požadované kvality. Splnit tyto požadavky umožňují systémy strojového vidění. To, co v minulosti sledovala a kontrolovala pouze lidská obsluha, je nyní stále častěji pod dohledem automatizačních testovacích prostředků. Ty jsou schopny pracovat v extrémně krátkých cyklech, a významně tak snižují množství zmetků. Systémy strojového vidění umí nejen detekovat rozměry či tvary jednotlivých prvků, ale jejich prostřednictvím lze kontrolovat správné sestavení či úplnost vyrobených celků. [1]

Strojové vidění přináší v průmyslové sféře mnoho výhod, ať již je to menší počet zmetků ve výrobě, možnost včas rozpoznat výrobní chyby, vyšší produktivita, optimalizace toku materiálu či méně reklamací, a tím i větší spokojenost zákazníků a nižší náklady. Systémy strojového vidění nepotřebují odpočinek, nejsou ani na okamžik nepozorné. Pracují podle potřeby nepřetržitě 24 hodin denně 365 dní v roce, bez nároku na přestávky nebo dovolenou. Dokáží přitom zjistit chyby, kterých si často nepovšimne ani vycvičené lidské oko. Neuniknou jim chyby velikosti jednoho mikrometru (setina průměru lidského vlasu). Detekce je reprodukovatelná se stále stejnou přesností a možností objektivně dokumentovat dosažené výsledky. [2]

### **2.1 Co je strojové vidění**

Začátky zpracování obrazu v počítači sahají do sedmdesátých let dvacátého století, kdy již tehdejší výpočetní technika umožnila zpracovávat dostatečně velké objemy dat, nesoucí obrazovou informaci. Vznikl nový obor, pro který se vžilo označení počítačové vidění (computer vision). Tento název v současné době označuje obecně systémy, které pracují automaticky na základě informací získaných zpracováním obrazu z kamery. Objektem počítačového vidění může být v podstatě cokoliv, dopravní situace, lidská činnost nebo proces výroby. Pro počítačové vidění využívané v průmyslové výrobě je dnes obvykle volen termín strojové vidění (machine vision).

Strojové vidění je v současné době považováno za využití počítačového vidění v průmyslové automatizaci. Je charakterizováno vazbou na výrobní proces a orientací na typické úlohy spojené s řízením výrobního procesu. K těmto úlohám patří hlavně vizuální inspekce předepsaných viditelných parametrů, počítání objektů, hledání defektů apod. [3]

## **2.2 Strojového vidění v průmyslu**

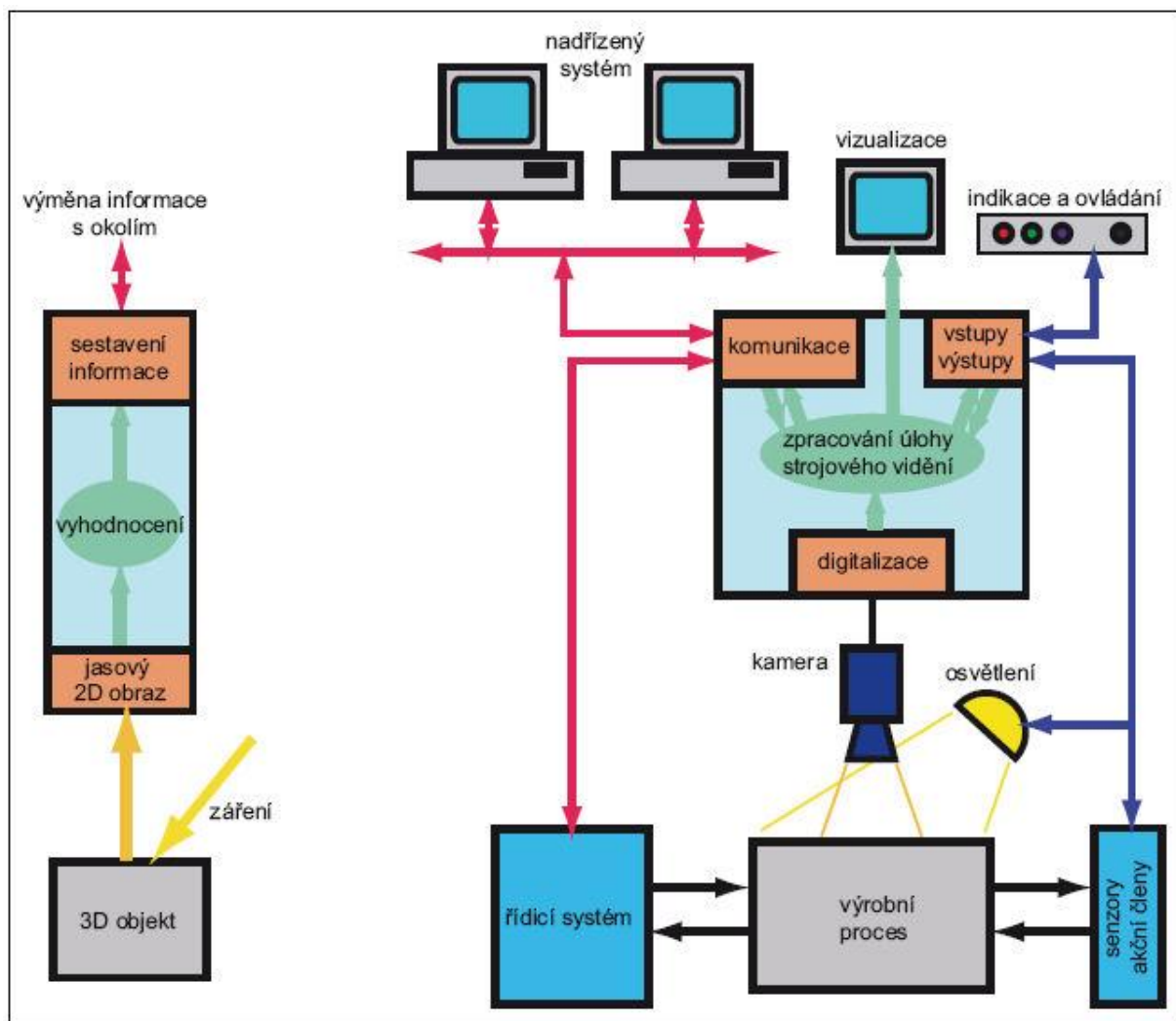
Přestože se systémy počítačového a strojového vidění objevují již od poloviny sedmdesátých let minulého století, teprve první desetiletí jednadvacátého století přineslo široké rozšíření strojového vidění v průmyslové výrobě. Jako každá průmyslová inovace začalo být strojové vidění rozvíjeno, teprve až když došlo k souběhu poptávky s možnostmi technické realizace. Poptávka po strojovém vidění byla nastartována změnou marketingových strategií výrobních společností. Přelom dvacátého a jednadvacátého století je charakterizován přechodem firem na marketingové řízení a maximální orientací na kvalitu a uspokojení požadavků zákazníka. Tento trend se nejrychleji rozvíjel v automobilovém průmyslu. Z celého spektra konkurenčních marketingových strategií jsou pro subdodavatele v automobilovém průmyslu dnes použitelné v podstatě jen dvě: zvyšování kvality a snižování nákladů. Důsledkem je dnes obvyklý systém včasných dodávek (just in-time) v dokonalé kvalitě. Společnosti v automobilovém průmyslu se tedy začaly ohlížet po technických prostředcích, které by jim umožnily dokonale kontrolovat veškerou produkci.

Ve stejné době byly uvedeny na trh kvalitní čipy pro snímání obrazu, které byly levně k dispozici především díky jejich komerčnímu využití v digitálních fotoaparátech. Současně se také objevily rychlé procesory s vysokým výpočetním výkonem a přijatelnou cenou. Strojové vidění tak dostalo impuls k rozvoji a zároveň i potřebné technické prostředky. Výsledkem je dosud trvající boom v této oblasti, který vedl i k rozvoji dalších specializovaných odvětví, např. k výrobě osvětlovačů a optických systémů. [3]

## **2.3 Princip strojového vidění**

Strojové vidění přistupuje k danému úkolu velmi podobně jako člověk. Stejně jako lidské oko zachytí i kamera obraz zkoumaného předmětu, systém jej vyhodnotí podle předepsaného algoritmu a provede akci na základě výsledku vyhodnocení. Pro účely technického popisu je nejnadhnější hledět na systém strojového vidění jako na obecný senzor.

Sledovaný objekt, většinou trojrozměrný, je ozařován zdrojem záření. Objekt musí být schopen toto záření odrazit tak, aby odražené záření vytvořilo na snímacím prvku senzoru jasový dvojrozměrný obraz. Důležité je, aby v tomto obraze byla obsažena informace, kterou chceme na sledovaném objektu vyhodnocovat. Tato podmínka se zdá být zcela triviální, ale právě na ní ztroskotalo již mnoho úloh. Nejdůležitější částí know-how integrátora systému strojového vidění je schopnost tuto podmínku splnit v reálném světě za přiměřených nákladů. Schéma obecného uspořádání strojového vidění je na Obrázku 1.



**Obrázek 1:** Obecné uspořádání systému strojového vidění (převzato z [3]).

Obraz vytvořený na snímacím prvku je převeden na vhodnou měronosnou veličinu a vyhodnocen tak, aby z něj byla získána požadovaná informace o sledovaném objektu. Ta je přes vhodné rozhraní předána ze senzoru k dalšímu zpracování.

Sledovaný objekt je většinou ozářen viditelným světlem pocházejícím z umělých zdrojů – osvětlovačů. Dvojměrný jasový obraz je vytvářen na snímacím prvku kamery. Kamerou je zde míněn systém skládající se z objektivu, snímacího prvku obrazu a potřebných elektronických obvodů. V kameře s polovodičovým snímacím prvkem jsou měronosnými veličinami náboje či proudy poskytované prvky obrazového snímače, které jsou citlivé na světlo. Měronosné veličiny mohou nést informaci redukovanou na údaj o kombinovaném jasu barevných složek dopadajícího světla (černobílé kamery) nebo mohou nést i informaci o barvě zkoumaného předmětu (barevné kamery). Protože jediným efektivním a vlastně

i jediným možným způsobem vyhodnocení obrazové informace použitelným v praxi je dnes zpracování počítačem, je nutné převést analogové měronosné veličiny do digitálního tvaru a obraz digitalizovat. Informace v digitální podobě je v počítači zpracována vhodnými algoritmy tak, aby byla získána požadovaná informace o objektu – provádí se tzv. image processing. Získaná informace má opět digitální podobu a předává se do okolí prostřednictvím digitálních výstupů nebo digitálního komunikačního rozhraní. Komunikační rozhraní je většinou určeno i k připojení zařízení, které umožňuje systém nastavovat, programovat nebo udržovat. Jeho označení je MMI (Man-Machine-Interface). Jako MMI se většinou používá počítač typu PC. V případě požadavku na nepřetržitou vizualizaci sledovaného objektu je v systému k dispozici i původní digitální obraz.

Pro strojové vidění je typické, že výměna informací systému s okolím funguje jako zpětná vazba při řízení výrobního procesu. Systém získává z procesu nezbytné vstupní údaje. Typicky to bývá povel k pořízení snímku v okamžiku, kdy je sledovaný objekt ve vhodné poloze. V závislosti na výsledku vyhodnocení obrazu systém obvykle vykoná akční zásah do procesu, nejčastěji indikaci nebo vyřazení vadného kusu. Zásah mohou zprostředkovat přímo digitální výstupy systému strojového vidění nebo je informace o výsledku vyhodnocení předána do řídicího systému, který provede zásah sám. [3]

## **2.4 Nejčastější způsoby využití**

### **2.4.1 Kontrola a měření rozměrů**

Systémy pro bezdotykové měření rozměrů se uplatňují ve všech oblastech výroby. Nejeefektivnější je jejich nasazení v provozech, kde se produkují velké objemy výrobků (výroba SMD součástek, výroba plastových výlisků apod.). Uplatnění nalézají tyto systémy také v odvětvích s vysokými požadavky na přesnost a kvalitu výroby. Významnou oblastí je měření materiálů, které se dotykem deformují, poškozují nebo které není možné ani jinými metodami změřit, např. v gumárenském průmyslu, ve sklářství či v hutnictví. Používají se jak pro statistické řízení výroby nebo řízení v režimu on-line, tak i pro třídění výrobků do rozměrových tříd. [4]

### **2.4.2 Pružná robotizovaná pracoviště**

Robotizovaná pracoviště jsou dosud velice často programována mnohdy nevhodným způsobem teach-in či pomocí pevného naprogramování trajektorií. V okamžiku, kdy dojde třeba jen k drobné změně polohování výrobku, je nutné celé pracoviště přeprogramovat. Přeprogramování je časově i finančně náročné zejména proto, že je nutné nový program ověřit a přitom odstavit pracoviště. Nasazení vhodného kamerového systému na robotizovaném

pracovišti umožňuje dosáhnout flexibility a významného snížení nákladů spojených s modifikacemi výrobku. Při nasazení kalibrovaného systému, kde jsou vzájemně zkalibrovány robot, kamerový systém a systém manipulace s výrobkem, lze dosáhnout významné úspory plynoucí z pružnosti, která je dána zapojením zpětné vazby poskytované kamerovým systémem. Na takovém pracovišti není třeba program daného robotu přizpůsobovat např. každé pozici karuselu a lze provádět operace vyžadující znalost polohy výrobku s vysokou přesností, jakou je například laserové svařování. Podle náročnosti aplikace se osazují kamerové systémy s kalibrací celého pracoviště ve dvojrozměrném i trojrozměrném prostoru. [4]

### **2.4.3 Identifikace výrobků**

Způsobů identifikace výrobků ve výrobním procesu existuje celá řada. Asi nejběžnějším způsobem označování jsou čárové a nověji 2D kódy. Nabízejí cenově příznivě řešení. Jejich nevýhodou mohou být velikost a nevhodnost pro určité výrobní procesy. Při oddělení kódu od výrobku (např. formou papírové průvodky) hrozí snadná záměna mezi výrobky. Dalším, dnes již běžně používaným způsobem označování výrobků, je RFID. Jeho omezení je opět dáno jeho velikostí, materiálem výrobku a možností poškození výrobním procesem. Ve srovnání s čárovými a 2D kódy představuje RFID dražší řešení.

K identifikaci lze používat rovněž kamerové systémy. Ty mohou číst a kontrolovat čárové i 2D kódy, mohou rozlišovat výrobky podle tvaru, velikosti, přítomnosti nějakého znaku (otvor, deformace apod.). Při viditelné odlišnosti výrobků je kamerový systém velice vhodným prostředkem identifikace, neboť s jeho aplikací nejsou spojeny žádné další nároky a neovlivňuje samotný produkt. [4]

### **2.4.4 Inspekce výrobků**

Inspekce výrobků pomocí kamerových systémů představuje významný způsob zajištění stabilní kontroly kvality výroby. Ve srovnání s lidským operátorem nedochází k poklesu výkonnosti v důsledku únavy, a naopak dochází k vyloučení subjektivních vlivů operátora. Nezanedbatelným přínosem je možné zvýšení rychlosti kontroly a rovněž kontroly více parametrů. [4]

### 3 Metody hodnocení návratnosti investic

Důležitou fází rozhodování o realizaci projektu automatizace výroby je jeho hodnocení pomocí ekonomických metod. Hodnocení ekonomické efektivity projektu není spojeno jen s předinvestiční fází projektu, ale poskytuje zpětnou vazbu vedení podniku i v průběhu životnosti investice nebo po jejím ukončení.

V teorii i praxi se setkáváme s mnoha metodami posuzování efektivity investic. Některé jsou založeny na jednoduchých výpočtech, jiné využívají složitější matematické funkce. Některé metody zohledňují faktor času, jiné ne. Přestože pro určité typy projektů se určité metody hodí lépe, některé méně, nelze obecně říci, že by některé metody byly univerzálně správné a jiné ne. Běžně se může stát, že nám různé metody dávají různé výsledky posouzení investičního projektu. Ani to neznamená, že bychom měli některé metody zatratit. Každá z metod nám totiž podává informace o investičním projektu z trochu jiného pohledu a je jen na hodnotiteli, jaký obraz o investici na základě použitých metod získá a jakou roli v jeho rozhodování budou hrát.

Dle [5] můžeme metody rozdělit podle následujících tří hledisek:

- **Efekty z investičního projektu:**
  - nákladová kritéria
  - zisková kritéria
  - kritérium čistého peněžního toku
  
- **Faktor času**
  - statické metody
  - dynamické metody
  
- **Nefinanční náklady a přínosy**
  - CBA analýza
  - vícekritériální rozhodování



### 3.1 Efekty z investičního projektu

#### 3.1.1 Nákladová kritéria

Investiční projekt hodnotíme podle výše investičních a provozních nákladů. Tímto způsobem nelze vyjádřit celkový přínos investice pro podnik ani to, zda dojde k navrácení nákladů a projekt bude ziskový. Nákladová kritéria jsou použitelná pro porovnání více projektů tam, kde srovnávané projekty zajišťují stejný objem produkce, při stejných prodejních cenách. Obvykle se použijí u propočtů různých technických variant projektů, které všechny zajišťují stejný rozsah produkce nebo u projektů jejichž jediným cílem je pouze úspora nákladů.

#### Průměrné roční náklady

Touto metodou lze porovnat projekty se stejným rozsahem produkce co do objemu, kvality i ceny. Vzhledem k tomu, že se hodnoty přepočítávají na jednotnou časovou míru 1 rok, lze srovnávat projekty s různou délkou životnosti. Nejvýhodnější varianta je pak ta varianta, která znamená nejnižší průměrné roční náklady.

Průměrné roční náklady se dle [5] určí podle následujícího matematického vztahu:

$$RN = O + k \cdot I + V$$

kde

RN	roční průměrné náklady
O	roční odpis
k	diskontní sazba (% /100)
I	investiční výdaj
V	roční provozní náklady bez odpisů

Uvedený způsob je nejjednodušším výpočtem průměrných ročních nákladů. Zahrnuje v sobě však určitou nepřesnost. Úrok vyjadřující vázanost kapitálu je uvažován pro každý rok životnosti investice z plné ceny investičního výdaje. Správně by měl být odvozen ze zůstatkové ceny investice. S tou totiž klesá i vázanost kapitálu a tuto skutečnost je třeba při výpočtu zohlednit. Vázanost kapitálu lze zohlednit pomocí složeného úrokování, konkrétně umořovatele.

$$\text{Hodnota umořovatele} = \frac{k(1+k)^n}{(1+k)^n - 1}$$

kde

n počet let

Potom platí rovnost

$$O + kI = \frac{I \cdot k(1+k)^n}{(1+k)^n - 1},$$

a následně stanovíme průměrné roční náklady pomocí umořovatele podle vztahu:

$$R = \frac{I \cdot k(1+k)^n}{(1+k)^n - 1} + V$$

Roční průměrné náklady vypočtené s pomocí umořovatele budou vždy nižší než průměrné roční náklady vypočtené zjednodušeným způsobem.

Také lze v průměrných ročních nákladech zohlednit likvidační hodnotu investice, pokud na konci doby životnosti investice mají její části nějakou hodnotu. Ve vzorci lze dále zohlednit nerovnoměrně probíhající odpisy a nerovnoměrné náklady. Tyto výpočty jsou ale poměrně složité. [5]

### **Diskontované náklady**

Metoda diskontovaných nákladů je založena na stejném principu jako metoda ročních průměrných nákladů. Místo průměrných ročních nákladů jednotlivých variant jsou zde porovnávány investiční a diskontované provozní náklady za celou životnost projektu. Diskontování zajišťuje zohlednění času pro náklady vyskytující se v různých letech životnosti investice. Nejvýhodnější je opět varianta s nejnižšími diskontovanými náklady.

Matematickým vyjádřením stanovíme diskontované náklady takto:

$$D = I + \sum_{i=1}^n V_i$$

kde

D diskontované náklady investičního projektu

$V_i$  diskontované roční provozní náklady v i-tém roce (bez odpisů)

i jednotlivé roky životnosti

n doba životnosti investice

Metoda diskontovaných nákladů neumožňuje přímo porovnávat projekty s různou dobou životnosti na rozdíl od metody průměrných ročních nákladů. Menší úpravou, kterou je převod na stejnou délku životnosti (pomocí nejmenšího společného násobku porovnávaných variant), lze dosáhnout srovnatelnosti projektů i pomocí této metody. Je třeba si uvědomit, že při tomto přepočtu je vždy nutné počítat s diskontovanými údaji a je třeba do výpočtů zahrnout současnou hodnotu provozních a investičních nákladů. I metoda diskontovaných nákladů umožňuje zohlednit likvidační hodnotu investice, případně i nerovnoměrně rozložené provozní náklady po dobu životnosti investice. [5]

### **3.1.2 Zisková kritéria**

Hodnocení projektů dle ziskového kritéria poskytuje širší pohled na investiční projekt, protože vychází nejen z nákladů ale i z výnosů investice. Umožňuje proto srovnávat i projekty různých typů s různým objemem produkce.

### **3.1.3 Kritérium čistého peněžního toku**

Vzhledem k tomu, že účetní zisk nekoresponduje přesně se skutečným peněžním tokem, současná teorie se všeobecně odklání od kategorie účetního zisku jako hlavního kritéria a upřednostňuje jako základní kritérium skutečné peněžní příjmy a výdaje – peněžní tok (cash-flow). S kritériem čistého peněžního toku pracuje většina moderních metod hodnocení investičních projektů.

## **3.2 Hledisko faktoru času**

Z hlediska faktoru času rozlišujeme dva druhy metod. Statické metody nezohledňují faktor času a dynamické metody zohledňují faktor času.

### **3.2.1 Statické metody**

Statické metody opomíjí faktor rizika a času a pro tento nedostatek ustupují v posledních desetiletích do pozadí. Jsou využívány tam, kde je faktor času méně významný, tedy investice na krátkou dobu (2-3 roky) a s nízkou požadovanou výnosností (diskontní sazbou). Nezohlednění časové hodnoty peněz sice není metodicky správné, nemá však

v těchto případech podstatný vliv na výsledky hodnocení. Pro svoji jednoduchost jsou tyto metody velmi oblíbené.

### **Doba návratnosti**

Doba návratnosti investičního projektu je dána počtem let, která jsou zapotřebí k tomu, aby se peněžní toky vyvolané investicí vyrovnaly počátečnímu investičnímu výdaji. Čím je doba návratnosti kratší, tím příznivější je hodnocení projektu. Pokud by však podnik rozhodoval pouze na základě ukazatele doby návratnosti bez ohledu na životnost projektu, docházelo by k tomu, že by upřednostňoval krátkodobé projekty před dlouhodobými, třebaže by byly méně efektivní.

Doba návratnosti je dána vztahem:

$$t = \frac{I}{\Phi CF}$$

kde

I investiční výdaj

t doba návratnosti

$\Phi CF$  průměrný roční peněžní tok

Průměrný roční peněžní tok zjistíme ze vztahu  $\Phi CF = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i}{n}$

kde

$CF_i$  peněžní tok v i-tém roce

n počet let životnosti investice ( $i = 1, \dots, n$ )

Dalším způsobem výpočtu je postupné kumulování peněžních toků do doby, než převýší počáteční investiční výdaj. V roce, ve kterém k tomuto dojde, se nachází doba návratnosti. Pro přesné určení části roku, ve které k tomu dojde, stačí rozdělit tento rok podle poměru zbývajících neuhrazených částí / peněžní tok tohoto roku.

Nedostatek nezohlednění časové hodnoty peněz můžeme odstranit tím, že jednotlivé peněžní toky budeme diskontovat (odúročovat) a tím vyjádříme jejich současnou hodnotu. Tím se ze statické metody stane dynamická – diskontovaná doba návratnosti.

Kromě obecných nedostatků, které mají statické metody, obsahuje metoda doby návratnosti další významnou vadu. Nebere v úvahu příjmy, které plynou z investice po době návratnosti až po konec její životnosti. Spíše než měřítkem efektivnosti investičního projektu proto může být doba návratnosti považována za měřítko likvidity projektu, což může být v určitých situacích nebo pro určité podniky kritérium neméně významné. [5]

### **Průměrná rentabilita**

Průměrná rentabilita nebo také průměrná výnosnost investičního projektu je dalším klasickým nástrojem hodnocení efektivnosti investic se všemi nedostatky statických metod. Specifickým nedostatkem této metody je, že nebere v úvahu rozsah projektu, tedy velikost investice v absolutním vyjádření. Výhodou této metody je, že vychází z rentability podniku jako celku, a proto je dobře známa a snadno chápána. Umožňuje jak porovnávat projekty mezi sebou, tak i s požadovanou výnosností nebo s výnosností celého podniku. Lze ji využít jak pro porovnání projektů s různou dobou životnosti tak i s různým objemem příjmů. [5]

Pro rentabilitu projektu můžeme využít následující vzorec:

$$R = \frac{\Phi CF}{I}$$

kde

R            průměrná výnosnost investičního projektu

### **3.2.2 Dynamické metody**

Dynamické metody zohledňují faktor času. Berou tedy v úvahu fakt, že peníze, které máme k dispozici v současnosti, mají jinou hodnotu než peníze, které obdržíme v budoucích časových obdobích. Základem dynamických metod je diskontování všech vstupních parametrů použitých pro výpočet. Zároveň diskontní sazba zohledňuje nejen působení času ale i riziko.

Dynamické metody by měly být rozhodující tam, kde se rozhoduje o pořízení investice s delší dobou životnosti. Nezohledněním faktoru času dochází ke zkreslení pohledu na efektivnost projektu, což může vést k chybnému rozhodnutí.

## Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (NPV) je základem všech dynamických metod. Současně je metodou nejpoužívanější a nejvhodnější, protože dává srozumitelný výsledek a jasná hodnotící kritéria.

NPV vyjadřuje rozdíl mezi současnou hodnotou příjmů investice a současnou hodnotou výdajů, vše vyjádřeno v hodnotě peněz v době pořízení investice. NPV potom vyjadřuje, kolik peněz nad investovanou částku dostane investor navíc, tedy o kolik vzroste hodnota podniku. Z toho plyne, že investici je vhodné realizovat, pokud  $NPV > 0$ . Pokud by bylo  $NPV < 0$ , nedošlo by k navrácení investovaného kapitálu.

Při výběru optimální investiční varianty vybereme tu variantu, která vykazuje nejvyšší NPV. Všechny varianty, u nichž je  $NPV > 0$ , splňují požadovanou míru výnosnosti a jejich realizace představuje zvýšení tržní hodnoty firmy.

Matematicky lze NPV vyjádřit takto:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} - I_0$$

kde

$I_0$  investiční výdaj v době pořízení investice

$k$  diskontní sazba projektu (požadovaná výnosnost)

Uvedený vztah je možno použít za podmínky, že investiční výdaj je uskutečněn v době pořízení investice. Pokud by investiční výdaj nebyl jednorázový, tedy vznikl by postupně v průběhu provozu investice, bylo by třeba diskontovat i investiční výdaje vzniklé v dalších letech.

Metoda NPV je v současné době považována za nejvhodnější přístup ekonomického vyhodnocování investičních projektů. Respektuje faktor času, bere v úvahu příjmy po celou dobu životnosti projektu a za efekt projektu považuje celkový peněžní příjem nikoliv účetní zisk. Další předností je, že její hodnota přímo vyjadřuje přínos projektu k tržní hodnotě firmy.

[5]

## Index ziskovosti

Pokud má společnost omezené kapitálové zdroje a musí vybírat pouze nejrentabilnější projekty, je index ziskovosti vhodným doplněním čisté současné hodnoty. Zatímco NPV vyjadřuje absolutní rozdíl mezi diskontovanými peněžními toky a počátečním investičním výdajem, index ziskovosti dává tyto dvě veličiny do poměru. Vyjadřuje tedy podíl diskontovaných peněžních toků na investičních výdajích. Tento relativní ukazatel umožňuje porovnat projekty podle jejich čisté současné hodnoty na jednotku investovaného kapitálu. Matematicky lze index ziskovosti ( $I_z$ ) vyjádřit:

$$I_z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i}}{I_0} = \frac{NPV}{I_0}$$

Projekt je přijatelný, pokud je  $I_z > 1$ . To je vždy, pokud je NPV kladná. Čím vyšší je  $I_z$ , tím je projekt ekonomicky výhodnější.  $I_z < 1$  je v případě projektů se zápornou NPV. [5]

## Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento (IRR) představuje výnosnost (rentabilitu) projektu, kterou projekt poskytuje během své životnosti. IRR představuje úrokovou míru (diskontní sazbu) projektu, při které bude  $NPV = 0$ . Pokud je NPV rovno nule, znamená to pro podnik, že příjmy z investice uhradí přesně výdaje na ni. IRR můžeme proto chápat jako minimální požadovanou výnosnost investice. Proto je-li IRR vyšší než námi požadovaná výnosnost (diskontní sazba) bude pro nás projekt přijatelný. Rozhodujeme-li se mezi více srovnatelně rizikovými projekty, vybereme ten s nejvyšším IRR. [5]

### 3.3 Hledisko nefinančních nákladů a přínosů

Jak si jistě každý uvědomuje, ne všechny dopady investičních projektů mají peněžní charakter. Přestože hodnocení na základě kritérií, která úplně nezahrnují všechny dopady projektu, není správné, v praxi se s takovým hodnocením setkáváme často. Je to zejména z důvodu neuvědomění si těchto dopadů nebo neschopnosti je vyčíslit a zahrnout do hodnocení. Otázkou tedy zůstává, jak se vypořádat s hodnocením nefinančních dopadů projektů.

Existují dvě základní možnosti, jak se s tímto problémem vypořádat:

- Transformovat nepeněžní dopady na peněžní vyjádření. K tomuto lze využít např. CBA analýzu (Cost-Benefit Analysis).

- Aplikovat tzv. vícekritériální hodnocení na základě souboru peněžních, ale i ostatních kritérií.

V podnikové praxi se často setkáváme s třetí možností, a sice s tím, že jsou investiční projekty hodnoceny dle finančních kritérií a nefinanční dopady, které si manažeři uvědomují, zahrnují do svého rozhodování podvědomě. [5]

### **3.3.1 Klasifikace nefinančních dopadů investičních projektů**

Dopady investičních projektů jsou velice široké, a proto je nelze v mnoha případech omezit pouze na hledisko finančních přínosů. Dopady projektů lze klasifikovat podle různých hledisek, z nichž provedeme členění dle subjektů, kterých se dopady týkají, věcné náplně dopadů a schopnosti kvantifikace těchto dopadů.

Podle [5] klasifikujeme nefinanční dopady investičních projektů:

Dle dotčených subjektů:

- Interní dopady týkající se firmy, realizující investiční projekt. Je to např. zvýšení výrobní kapacity, rozšíření sortimentu, zkrácení dodacích lhůt, zvýšení flexibility, zvýšení komplexnosti služeb, zlepšení image, zjednodušení řízení firmy nebo jejích částí, snížení závislosti okolí, spokojenost zaměstnanců a spousta dalších. Dopady pochopitelně nemusí působit pouze pozitivním ale i negativním směrem.
- Externí dopady se týkají subjektů tvořících okolí podniku, tedy především firem ze stejného oboru ale i oborů příbuzných, státu (případně krajů a obcí), bank, spotřebitelů a zaměstnanců.

Dle věcné náplně:

- Finančně-ekonomické, které můžeme vyjádřit v penězích, a zpravidla ovlivňují peněžní toky projektu.
- Hmotné, vyjádřené v nepeněžních jednotkách. (např. zvýšení kapacity v kilogramech či kusech výrobků, zkrácení dodacích lhůt ve dnech atd.).
- Nehmotné, které nelze vyjádřit v peněžních ani žádných naturálních jednotkách (např. zvýšení flexibility, image, snížení závislosti na hlavním dodavateli/odběrateli atd.).



Dle schopnosti kvantifikovat:

- Kvantitativní dopady, které lze měřit v peněžních nebo naturálních jednotkách (např. snížení zmetkovosti, zvýšení produkce aj.).
- Kvalitativní dopady, které lze charakterizovat slovně, případně ohodnotit bodově dle slovně zadané stupnice (např. zvýšení bezpečnosti, zvýšení spokojenosti zaměstnanců se svým zaměstnáním aj.).

### **3.3.2 Transformace nepeněžních dopadů do peněžního vyjádření**

Jak již bylo zmíněno, jedním ze způsobů jak se vypořádat s nepeněžními dopady je transformovat je na peněžní příjmy/výdaje. Peněžní vyjádření se potom stává složkou peněžního toku investičního projektu a je zahrnuto v klasickém hodnocení ekonomické efektivity investice metodami založenými na peněžních tocích.

Hodnocení nepeněžních dopadů projektů vyplývá z požadavku zahrnutí všech dopadů projektů do rozhodování o realizaci investičního projektu. Hodnocení těchto dopadů není snadné a vždy bude do značné míry záviset na subjektivním vnímání a zkušenostech hodnotitele projektu. Přesto však nelze nefinanční dopady projektů podcenit a je lepší přiblížit se alespoň o pár kroků blíže skutečným celkovým dopadům projektu než se těmito dopady vůbec nezabývat.

### **CBA analýza**

Analýza přínosů a nákladů, tzv. CBA analýza, je jednou z metod převodu nepeněžních dopadů projektů na peněžní vyjádření. Jako přínos jsou brány pozitivní peněžní i nepeněžní dopady všech dotčených subjektů, náklady představují všechny negativní peněžní i nepeněžní dopady na dotčené subjekty.

Postup převodu všech dopadů projektu na peněžní toky se skládá ze tří kroků:

1. Vymezení souboru dotčených subjektů tzv. beneficentů. Těmi mohou být v rámci podnikového hodnocení investic jednotliví zaměstnanci, oddělení, úseky nebo firma jako celek.
2. Vymezení přínosů a nákladů, a to jak peněžních, tak hmotných i nehmotných.

3. Převod nepeněžních dopadů na peněžní vyjádření pomocí tzv. stínových cen. Jedná se například o ocenění ztráty jedné hodiny času nebo ocenění přínosu nové kontrolní linky rozdílem mezi dřívějšími náklady na kontrolu a náklady po zavedení projektu.

Tyto tři kroky umožní stanovit peněžní toky investičních projektů včetně zahrnutí nepeněžních nákladů a přínosů. K dalšímu hodnocení je možno využít již známé metody hodnocení ekonomické efektivnosti investičních projektů. U metody čisté současné hodnoty (NPV) pak mluvíme o ekonomické čisté hodnotě (ENPV) a namísto vnitřního výnosového procenta (IRR) používáme ekonomickou míru návratnosti (ERR).

Ne vždy se podaří všechny nepeněžní dopady převést na peněžní vyjádření. Pokud to vzhledem k velké obtížnosti nebo malé přesnosti nelze spolehlivě dosáhnout, hodnotí se tyto dopady samostatně. [5]

## 4 Představení společnosti ModusLink

Společnost ModusLink se zabývá řízením zásobovacího řetězce svých zákazníků od objednávky prvotních komponent (kterými jsou převážně softwarové a elektrotechnické komponenty) přes skladování, kompletaci výrobků, expedici až po dodávku daného výrobku či daných výrobků klientovi. Jedná se o nadnárodní společnost, jejíž ústředí sídlí ve městě Waltham ve státě Massachusetts (USA), která sestává ze 45 poboček ve 13 zemích světa, a která celosvětově zaměstnává cca 3900 lidí.

Zákazníky společnosti ModusLink jsou firmy působící v oblastech distribuce software, hardware, telekomunikací či bezdrátových technologiích, kterým ModusLink poskytuje řešení distribučního řetězce připraveného tzv. „na míru“. Tímto jim pomáhá redukovat rizika trhu a zlepšovat vlastní efektivitu a produktivitu (úspora času a nákladů).

Mezi základní služby, které firma svým zákazníkům poskytuje, patří předpověď prodeje (poptávky) po jejich zboží (tzv. demand planning), nabídky dodávek třetích stran (tzv. sourcing), podporu výroby, sestavování a skládání dodávek více výrobců, skladování včetně podpory kompletního distribučního řetězce, rozvoj a integrace nových systémů, podporu zákazníků a konzultace v oblasti optimalizace stávajících činností zákaznické firmy.

### **4.1 ModusLink Czech Republic s.r.o.**

Česká pobočka společnosti ModusLink disponuje dvěma budovami v technologickém parku v areálu CTP Invest Brno (Slatina-Závod) 5 km jižně od města Brna a jednou budovou ve Velké Bíteši. Celková volná plocha, sklady a distribuční místa činí 24 542 m<sup>2</sup>.

Umístění firmy je z hlediska logistiky velmi výhodné. Nachází se poblíž strategické mezinárodní silnice E50, což přináší řadu výhod v dopravní logistice. Výhodná je ze stejného důvodu také pozice v blízkosti letiště Brno - Tuřany. Dobrá dostupnost firmy a umístění poblíž velkého města nabízí řadu dalších pozitiv. Vzhledem k velkému množství vysokých škol, sídlících ve městě Brně, má firma velmi dobrý přístup ke kvalifikovaným, technicky vzdělaným pracovním silám.

Z hlediska ekonomického jde o velmi prosperující společnost, což však neznamená, že procesy v podniku nevyžadují inovační změny. Cílem společnosti je vyrábět věci lépe, ve větší kvalitě a s co nejmenšími náklady, proto je nutné zdokonalovat i to, co si na první pohled změnu nežadá.

Schéma organizační struktury společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o. je v Příloze A.

#### **4.1.1 Seznámení s výrobním úsekem firmy**

V areálu CTP Invest Brno se nachází dvě budovy firmy ModusLink – stará a nová hala. Na nové hale je umístěn centrální sklad produktů společnosti Linksys pro region EMEA, balení produktů Linksys, sklad komponent a hotových výrobků společnosti Sandisk a balení produktů společnosti Sandisk. Balení produktů společnosti Sandisk zabírá 80 % aktivit firmy. Ve výrobě je celkem 10 výrobních linek. 5 linek jsou zavařovací stroje Starview PHS8 – 1824 v úpravě pro balení typu Natralock. Tyto stroje jsou dodatečně vybaveny automatickými podavači a zpracovávají 8 kusů v jedné dávce. Pro tyto linky byl vypracován návrh automatizované kontroly a balení výrobků. 1 linka je zavařovací stroj Starview PHS8 - 1418. Tato linka je také pro balení typu Natralock, nemá ale automatické podavače a zpracovává pouze 4 kusy v jedné dávce. Používá se proto pro menší série. 4 linky jsou zavařovací stroje KIEFEL KDT 50/35. Na těchto linkách se kompletují a balí produkty v balení nazvaném Clamshell. Schéma layoutu výroby pro společnost Sandisk je v příloze B.

Plné personální obsazení této výrobní části je 185 zaměstnanců. Pro efektivní chod výroby podle aktuálních zakázek a co nejnižší mzdové náklady se firma snaží v co největší míře využívat brigádníky a nekvalifikovanou pracovní sílu.

## 5 Popis současného stavu výrobní linky Starview

### 5.1 Popis produktu

Výrobkem jsou různé typy High Value (HV), konkrétně paměťové karty a flashdisky Sandisk v papírovém obalu. Celkové množství typů je 292, pomínutím pouze rozdílů kapacit a potisku (tzn. jiné označení na balení a HV) se množství sníží na 12. Základní obal má vždy stejné vnější rozměry. Ty jsou 127 x 178 mm, výkres viz Příloha C a Příloha D. Podle typu obsahu se jen liší velikost, tvar a umístění průhledného plastového blisteru s HV. Protože nesmí při pohledu z čelní strany přesahovat zadní část obalu, má tato zadní karta menší rozměry než přední. Příklad výrobku je na Obrázku 2.

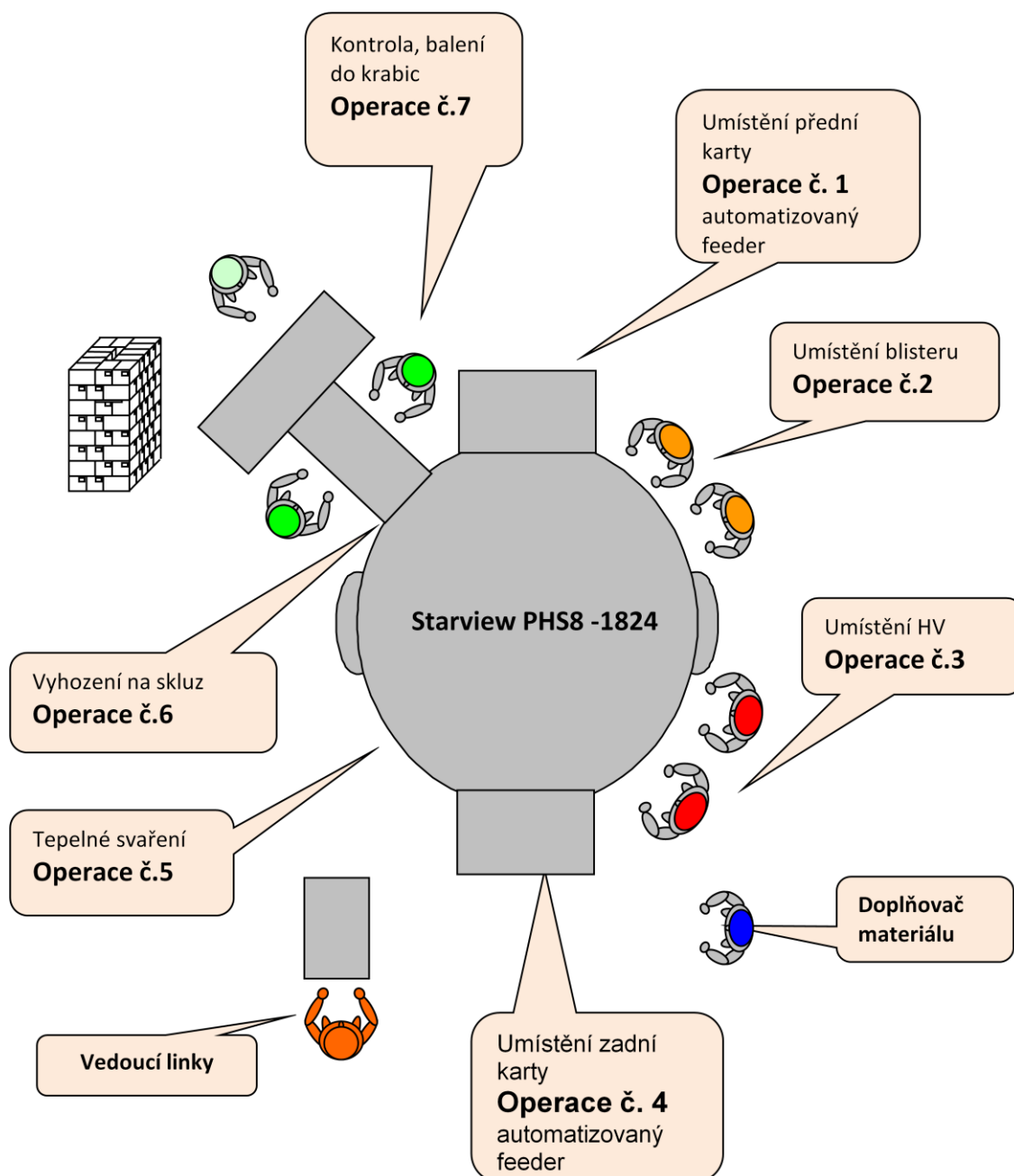


Obrázek 2: Příklad výrobku, pohled z čelní strany.

Výrobek se skládá z přední a zadní papírové karty, materiálem je papír Natralock s vyšší odolností proti roztrhnutí, tloušťky 0,4 mm. Do přední papírové karty je vložen PET-R průhledný blister. V něm je umístěn samotný obsah balení – paměťová karta nebo flashdisk. Výřez v přední papírové kartě a tvar blisteru je dán typem produktu. Ve výrobě je tedy 12

různých typů podle blisterů. Blister s produktem je mezi přední a zadní papírovou kartou a ty jsou tepelně svařeny k sobě nerozebíratelným spojením. Požadavkem zákazníka je, že zadní karta nesmí při pohledu z čelní strany přesahovat přes přední s danou tolerancí. Pro snazší splnění tohoto požadavku má zadní karta menší rozměry než přední.

## 5.2 Popis funkce výrobní linky



Obrázek 3: Schéma výrobní linky Starview.

Linka Starview PHS8 – 1824 je produktem společnosti Starview Packaging Machinery. Tato společnost je předním výrobcem balicích strojů s více než 30 lety zkušeností v obalovém průmyslu. Starview Packaging Machinery se snaží dodávat kompletní rozsah služeb v této oblasti, inovativní a spolehlivé stroje s velkou variabilitou použití a výhodnou cenou. Výrobní portfolio tvoří stroje pro balení do zatahovacích blisterů, teplotní zatažení plastových balení, řezací lisy, zatahovací balení pro farmaceutický a potravinářský průmysl atd. Pro všechny stroje také vyrábí a dodává široký sortiment nástrojů a příslušenství. Společnost sídlí v Kanadě, zastoupení má prostřednictvím distributorů ještě v USA. Schéma výrobní linky je na Obrázku 3.

Linka Starview PHS8 – 1824 je koncipována jako poloautomatická. Řízení provádí PLC Omron CP1H. Základem linky je rotační otočný stůl s 8 pozicemi. Na každé pozici je matice pro 2x4 kusů. V jedné dávce je tedy zpracováváno 8 kusů současně. Výrobní proces má 6 operací, 1 pozice se používá pouze k dochlazení po tepelném svaření a 1 je volná.

- Operací č. 1 automatizovaný feeder vezme ze zásobníku přední papírové karty a umístí je do matice, v horizontální poloze, čelní stranou dolů. Toto je řešeno podavačem s 8 přísavkami s jedním zdrojem vzduchu. Po 8,5 s dojde k otočení do následující pozice.
- Operací č. 2 jsou operátory do předních karet vloženy průhledné blistery. Tuto operaci vykonávají dva operátoři. Po 8,5 s dojde k otočení do následující pozice.
- Operací č. 3 jsou operátory do blisteru vloženy High Value (HV). Tuto operaci vykonávají dva operátoři. Po 8,5 s dojde k otočení do následující pozice.
- Operací č. 4 automatizovaný feeder vezme ze zásobníku zadní papírové karty a umístí je do matice. Toto je řešeno podavačem 8 přísavkami s jedním zdrojem vzduchu. Správné přísátí karty ze zásobníku kontroluje 8 optických senzorů, tedy pro každou přísavku jeden. Po 8,5 s dojde k otočení do následující pozice.
- Operací č. 5 dojde k tepelnému svaření přední a zadní papírové karty k sobě. Po 8,5 s dojde k otočení do následující pozice.
- Operací č. 6 uchopí podavač s 8 přísavkami hotové výrobky, zvedne je z matice a upustí na skluz, viz Obrázek 4.



**Obrázek 4:** Podavač pro vyjmutí hotových výrobků a upuštění na skluz

- Operace č. 7 je finální optická kontrola hotových kusů. Tuto operaci vykonávají dva operátoři. Kontroluje se správnost tepelného svaření výrobku. Zadní karta nesmí přesahovat přes přední, tedy zadní karta nesmí být vidět při pohledu z čelní strany. Rub zadní karty je bílý. Tolerance je 0,4 mm. Další částí kontroly je kontrola přítomnosti HV. Kontroluje se, zda je HV přítomno v blisteru, ve správné pozici a zda se shoduje typ a kapacita označená na HV s označením na balení. Špatné kusy operátor odloží do červené krabice s označením scrap. Dobré kusy operátor skládá do připravených krabic. Krabic se v současné době používá celkem 6 typů, jejich kapacita může být 25 ks v jedné řadě, 50 ks v jedné řadě nebo 25 ks ve dvou řadách, tedy 50 ks v krabici. Každý typ výrobku má určenou krabici a v jakém počtu kusů se do ní skládá. Celou operaci č. 7 musí operátoři stihnout v čase 2,3 sekundy na kus. Pohled na současné pracoviště kontroly viz Obrázek 5.
- Operaci č. 8 vykonává jeden operátor. Ten složí prázdné krabice a připraví je na stůl, po jejich naplnění je zváží na váze, zalepí a složí na paletu. Na paletě je také oštitkuje.





**Obrázek 5:** Pracoviště finální kontroly a balení výrobků

Neshodné výrobky, odložené v červené krabici s označením scrap, později vezmou operátoři pověřeni vedoucím linky, rozřežou je, vyjmou HV a to znovu přebalí. Buď na stejném stroji v rámci stejné zakázky, nebo to provedou na ručním balicím stroji a na velkém se pokračuje výrobou nové zakázky, podle původního časového plánu.

V tabulce 1 jsou časy jednotlivých operací. Z těchto časů vyplývá, že limitujícím faktorem rychlosti linky je čas na kontrolu a balení do krabice. Tento čas je 2,3 sekundy na jeden kus. Vypočítaná maximální teoretická kapacita linky je 3 130 kusů za hodinu. V přepočtu na čas operace je zohledněn počet kusů v dávce. V operacích č. 1 až č. 7 je v každé dávce 8 kusů, v operaci č. 8 to je 25 kusů resp. 50 kusů. Čísla v tabulce jsou pro 25 kusů, ale pro 50 kusů se nic nemění a celkový čas operace 27,50 sekund zůstává stejný.

Tabulka 2 udává parametry výrobní linky. Reálná kapacita je po započítání standardních faktorů výkonnosti 2 723 kusů za hodinu. To je 19 282 kusů za směnu. Takt linky je nastaven na 1,063 sekund. Při počtu 8 kusů v každé dávce je limit k provedení každé operace a tak otočení rotačního stolu 8,5 sekundy. Tento čas vychází z doby potřebné pro svaření, která je 8,24 sekund.

**Tabulka 1:** Časy jednotlivých operací

Operace	Popis operace	Čas na 1ks [s]	Operátorů na operaci	Čas operace [s]
1	Umístění přední karty	0,63	0	5,04
2	Umístění blisteru	2,00	2	8,00
3	Umístění HV	1,20	2	4,80
4	Umístění zadní karty	0,63	0	5,04
5	Svaření	1,03	0	<b>8,24</b>
6	Vyjmutí a upuštění na skluz	0,63	0	5,04
7	Kontrola a balení do krabice	<b>2,30</b>	2	<b>9,20</b>
8	Příprava krabice, vážení, zalepení, umístění krabice na paletu, nalepení štítků na krabici	1,10	1	27,50
	Maximální kapacita linky (kusů za hodinu)	<b>3130</b>		

**Tabulka 2:** Parametry výrobní linky

<b>Standardní faktory výkonnosti</b>	
Faktor poruchy linky (%)	3%
Průměrná velikost jedné zakázky (kusů)	6500
Průměrná doba přechodu (minut)	8,5
Únava (%)	10%
Standardní délka směny (hodin)	7,5
<b>Efektivní výstup linky</b>	
Efektivní výstup linky - po zahrnutí faktorů výkonnosti (kusů za hodinu)	<b>2 723</b>
Efektivní výstup linky za směnu (kusů za směnu)	<b>19 282</b>
Efektivní takt linky (sekund)	1,400
Skutečný takt linky (sekund)	1,063
Počet operátorů na linku	7,0
Vedoucí linky	1,0
Doplňovač materiálu	0,6
Kontrola kvality	0,2
Příprava	0,2
Tisk štítků	0,1
Celkový počet operátorů	<b>9,1</b>
Standardní faktor práce (kusů na operátora na hodinu) - UPPH	<b>282,514</b>

### 5.3 Důvody pro zavedení automatizace

- snížení nákladů
- odstranění zákaznických reklamací – špatný počet kusů v balení, chybějící HV
- práce operátorů provádějících kontrolu není přesná
- přesnější vyhodnocení neshodnosti výrobku – tolerance přesahu zadní karty přes přední 0,4 mm je v praxi těžko vyhodnotitelná a rozhodnutí o shodnosti výrobku je tedy dáno subjektivním dojmem operátora
- odstranění chyb v průběhu výroby – následným rozbalováním celé zakázky, přepočítáváním a hledáním chyby vznikají velké prostoje, zpoždění zakázek, zbytečná nervozita pracovníků, vysoké dodatečné náklady

**Tabulka 3:** Statistika výroby na linkách Starview

Měsíc	Vyrobena [ks]	Neshodných opravitelných		Neshodných přepracovaných		Reklamací
		[ks]	[%]	[ks]	[%]	
listopad 08	4 555 144,00	55 879	1,227	113 474,00	2,491	1
prosinec 08	3 034 742,00	32 902	1,084	62 478,00	2,059	0
leden 09	3 997 239,00	33 587	0,840	63 391,00	1,586	2
únor 09	4 203 688,00	24 539	0,584	42 652,00	1,015	1
březen 09	4 897 483,00	29 298	0,598	35 473,00	0,724	0
duben 09	5 117 281,00	26 907	0,526	28 207,00	0,551	2
<b>Celkem</b>	<b>25 805 577,00</b>	<b>203112</b>	<b>0,787</b>	<b>283 197,00</b>	<b>1,097</b>	<b>6</b>

## **6 Možnosti automatizace současné výrobní linky**

Při uvažování o možnostech automatizace jednotlivých částí procesu je v první řadě nutné zvážit ekonomickou efektivnost takového kroku. Celkové náklady na jednoho operátora výroby činí 28 000,- CZK měsíčně, pracuje se na dvě směny. Pro zjednodušení uvažujeme na těchto dvou směnách plné vytížení linky. V praxi lze při nedostatku zakázek a malém vytížení linky omezit počet brigádníků, tím i celkový počet pracovníků a náklady na pracovní sílu. Noční směny jsou pouze při sezónním vytížení, pro zjednodušení je neuvažujeme. Požadavkem managementu firmy je návratnost investičních projektů v horizontu 12 měsíců, projekty s delší časovou návratností jsou vzhledem k zaměření výrobků společnosti a jejich životnímu cyklu těžko prosaditelné.

### **6.1 Automatické vkládání blisterů**

#### **6.1.1 Popis operace**

Vkládání blisterů do přední papírové karty se v současné době provádí manuálně v operaci č. 2. Operaci vykonávají dva operátoři. Dávku 8 kusů v každém cyklu mají rozdělenou na polovinu, v každém cyklu otočení stroje tedy každý operátor vloží 4 blistery. Čas pro vložení jednoho blisteru jsou 2 sekundy, celkem tedy 8 sekund na jednoho operátora. V tom je zahrnutý i čas potřebný pro to, aby se operátor otočil, vzal do ruky blistery z připravené krabice a otočil se zpět. Operátoři mají v rukou většinou větší počet blisterů a do krabice s blistery nesahají při každém otočení stroje, pouze když jim blistery v ruce dojdou.

Materiál, tedy krabice s blistery, přichystají na předávací stanoviště skladníci. Odsud si je bere vedoucí linky spolu s doplňovačem materiálu. Krabici otevřou, zkontrolují a připraví operátorům.

#### **6.1.2 Možné řešení**

Automatické vkládání blisterů lze řešit dalším automatickým feederem na stejném principu, jako při vkládání předních a zadních karet v operacích č. 1 a č. 4. Byla by nutná modifikace přísavek, které jsou na těchto feederech umístěny ve středu. To vzhledem k tvaru blisterů není možné, proto by zřejmě bylo nutné použít 4 menší přísavky v každém rohu blisteru. Nebo použití jedné přísavky v horní části blisteru a ne ve středu. Funkčnost takového řešení a schopnost přisátí přísavky na materiál blisteru by vyřešily až funkční testy. To je technicky řešitelné a ekonomicky únosné řešení.

### **6.1.3 Problémy**

Základním problémem je umístění blisterů v přední papírové kartě. Všechny blistry mají stejnou vnější velikost, liší se pouze tvarem a umístěním výlisku pro vkládání HV. Střed všech blisterů je k bočním okrajům papírové karty stejná, vzdálenost od středu směrem k hornímu okraji (a tím i spodnímu okraji) papírové karty se ale liší. U některých typů až o 1,3707 mm. To je pro automatizaci tohoto procesu zásadní překážka.

Dalším problémem je “slepení” více blisterů do sebe. To není u papírových karet možné. Je to způsobeno výliskem pro umístění HV. Blistery jsou umístěny v krabici v řadě za sebou. Výlisky se do sebe namáčkou a oddělit je lze pouze ručně. Feeder s přísavkami bude mít problém vzít ze zásobníku pouze jeden kus.

### **6.1.4 Předpoklady řešení**

Předpokladem zavedení automatizovaného vkládání blisterů je tedy:

- Sjednocení designu produktů tak, aby se blister u všech produktů umísťoval do stejných souřadnic na přední papírové kartě. S tím musí přijít i mírná úprava předních papírových karet.
- Možnosti uchopení blisteru přísavkou jsou:
  - Použití současných blisterů, ve feederu jedna přísavka na blister, ověření funkčnosti při umístění přísavky v horní části blisteru.
  - Změna designu blisterů takovým způsobem, aby i ve spodní části blisteru vznikl prostor pro uchopení přísavkou. To by zřejmě přineslo nutnost výraznější posunu výlisku směrem ke středu blisteru a tím i výraznější změnu designu celého balení. Ve feederu potom dvě až čtyři přísavky na jeden blister.
- Úprava zásobníku tak, aby došlo k oddělení “slepených” blisterů a feeder uchopil přísavkou vždy pouze jeden blister. Toto řešení je technologicky a tím i finančně poměrně složité.

### **6.1.5 Závěr**

Možnost zavedení automatického vkládání blisterů závisí na splnění předpokladů. Změna designu blisterů a předních karet není v možnostech společnosti ModusLink. Ta může pouze vydat doporučení zákazníkovi, na něm ovšem je schválení a provedení změny. Tato změna by společností Sandisk nepřinesla žádné výrazné náklady, pravděpodobnost jejího schválení ze strany Sandisk lze však pouze odhadovat.

Technické řešení oddělení “slepených” blisterů je technicky poměrně složité a tím i finančně nákladné. Proto je hlavním problémem při realizaci automatizace této části procesu.

Náklady na manuální vkládání blisterů jsou v současné době 112 000,- CZK měsíčně. Toto číslo vychází z nákladů na operátory vykonávající tuto operaci. Při požadavku návratnosti 12 měsíců lze maximální cenu investice do automatického vkládání blisterů odhadnout na 1 344 000,- CZK. Základní cena feederu od společnosti Starview je bez příslušenství a úprav cca 415 000,- CZK.

Při technickém vyřešení problému “slepených” blisterů za maximální cenu cca 500 000,- CZK nad rámec ceny feederu a vyřešení dalších předpokladů dohodou se společností Sandisk lze automatické vkládání blisterů považovat za realizovatelné a ekonomicky výhodné.

## **6.2 Automatické vkládání high value (HV)**

### **6.2.1 Popis operace**

Vkládání HV do blisterů se v současné době provádí manuálně v operaci č. 3. Operaci vykonávají dva operátoři. Dávku 8 kusů v každém cyklu mají rozdělenou na polovinu, v každém cyklu otočení stroje tedy každý operátor vloží 4 kusy HV. Čas pro vložení jednoho HV je 1,2 sekundy, celkem tedy 4,8 sekund na jednoho operátora. V tom je i čas na to, aby se operátor otočil, vzal do ruky plato s HV a otočil se zpět. HV je celkem 12 různých typů, a tedy i velikostí.

### **6.2.2 Možné řešení**

Automatické vkládání HV lze teoreticky řešit robotickou rukou s univerzální hlavou. Ta by vzala HV ze zásobníku umístěného vedle současné linky, nebo přímo z plata, ve kterém HV přichází od výrobce.

### **6.2.3 Problémy**

Problémem je univerzálnost. Vzhledem k široké škále HV, od micro SD karet až po flashdisky, je problém v rozumné finanční hladině neřešitelný. Žádná univerzální hlava neumí uchopit 12 kusů výrobků, o různých velikostech, hmotnosti a tvaru.

Dalším problémem je časový limit 8 sekund pro osazení dávky 8 kusů HV do blisterů. Robotická hlava by vzhledem k rozměrům flashdisků a jejich váze uměla vzít vždy pouze jeden kus. Z toho vyplývá čas na uchopení výrobku ze zásobníku, pojezd nad blister, osazení

HV do blisteru a návrat do výchozí pozice 1 sekunda, případně 2 sekund při použití dvou hlav na jedné ruce. To je nerealizovatelné. Samozřejmě lze použít i jeden manipulátor, který by osazoval celou dávku současně. Ovšem cena takového zařízení by byla astronomicky vysoká.

#### **6.2.4 Závěr**

Náklady na operátory vykonávající tuto operaci jsou v současné době stejně jako u vkládání blisterů 112 000,- CZK měsíčně. To při požadované návratnosti investice 12 měsíců dává možnost investovat 1 344 000,- CZK. Při současných cenách robotů a manipulátorů je by ovšem cena funkčního zařízení byla v řádu násobků této částky. Možnost zavedení automatizovaného vkládání HV do blisterů je v současné době tedy technicky sice možná, ale ekonomicky nevýhodná.

### **6.3 Automatické lepení krabic, paletizace a štítkování**

#### **6.3.1 Popis operace**

Příprava prázdných krabic, jejich zvážení, zalepení a štítkování se v současné době provádí manuálně v operaci č. 8. Všechny tyto činnosti vykonává jeden operátor. Vezme si sadu krabic v rozloženém stavu a připraví je pro operátory, kteří do krabic vkládají zkontrolované výrobky. Po naplnění si od nich vezme plno krabici, zkontroluje její hmotnost na váze, krabici zalepí a umístí na paletu. Na krabice také lepí štítky s označením produktu. Na všechny tyto operace má čas 27,50 sekundy.

#### **6.3.2 Možné řešení**

Složení krabice z rozloženého stavu za podmínky rozumné finanční návratnosti takového projektu prakticky nelze automatizovat. Tuto činnost vždy musí vykonávat operátor. Možnosti automatizace nabízí zalepení plných krabic, jejich štítkování a složení na paletu. Tuto činnost lze řešit pásovým dopravníkem, nad kterým bude ve výšce horní hrany krabice upevněna lepící hlava s odvinovací lepící páskou. Při průjezdu krabice dojde pomocnými vodícími lištami k zaklopení hran krabice a jejímu zalepení lepící páskou. Poté bude krabice pomocným vedením vyhozena na další pásový dopravník, kde na ní automatická štítkovací hlava nalepí příslušný štítek. Složení na paletu provede robotický manipulátor.

#### **6.3.3 Závěr**

Navržené řešení je relativně jednoduché a technicky řešitelné. Při měsíčních nákladech na operátory vykonávající tuto operaci 56 000,- CZK a tím maximální investici 672 000,- CZK při splnění požadované doby návratnosti 12 měsíců je však naprosto nerealizovatelné. Při současných cenách je odhadovaná potřebná výše investice v řádu několika milionů korun. Proto doporučuji zůstat dále u manuální obsluhy.

## **7 Automatizovaná kontrola výrobků**

Jako nejperspektivnější se ukazuje možnost automatizace kontroly výrobků a jejich balení do krabic. V současné době je tato činnost vykonávána manuálně v operaci č. 7. Tuto operaci vykonávají dva operátoři. Operace trvá 2,3 sekundy a tím je úzkým místem celého procesu. Náklady tuto operaci vyháží z nákladů na jednoho operátora a činí 112 000,- CZK měsíčně. To při požadované návratnosti maximálně 12 měsíců dává prostor pro investici při automatizaci celého procesu 1 344 000,- CZK. Během tohoto procesu dochází k finální kontrole výrobků před tím, než se dostanou k zákazníkovi. Proces má dvě části – kontrolu výrobků a balení výrobků do krabic. Proto je vhodné rozdělit jeho řešení do dvou fází.

### **7.1 Požadavky na automatizované zařízení**

Požadavky na kontrolní část jsou:

- Kontrola přesahu zadní karty přes přední s tolerancí menší než 0,4 mm.
- Kontrola přítomnosti HV.
- Rozdělení dobrých a špatných kusů do určených pozic.
- Zpracování dávky 8 kusů v maximálním čase taktu linky, tedy 8,5 sekundy.

Požadavky na balicí část jsou:

- Napočítání správného počtu kusů do jedné krabice.
- Přesun výrobků do krabice určeným způsobem skládání.
- Zpracování dávky 8 kusů v maximálním čase taktu linky, tedy 8,5 sekundy.

### **7.2 Detekce přesahu zadní karty přes přední**

Přesah zadní karty přes přední je viditelný z čelní strany produktu. Tento přesah je nežádoucí, protože ruší vzhled produktu. Přesah se projeví viditelností bílé rubové strany zadní karty a vznikem hrany v místě přechodu. Oba tyto prvky lze detekovat vhodným senzorem. Příklad takto neshodného produktu je na Obrázku 6.





**Obrázek 6:** Neshodný výrobek, přesah zadní karty přes přední

### **7.2.1 Laserovým senzorem profilu**

Hrana vzniklá v místě přechodu má výšku tloušťky přední papírové karty. Ta je 0,4 mm. Tuto hranu lze detekovat laserovým snímačem profilu. Vybral jsem snímač ZG2 od společnosti Omron. Hlavice senzoru je připojena k řídicí jednotce, ta vyhodnocuje nastavené parametry a předává je PLC. Snímač se používá k měření profilu hlavně v automobilovém nebo elektrotechnickém průmyslu. Měřit lze například Vzdálenosti mezi jednotlivými díly karosérie automobilu. Snímač může mít více typů sensorových hlavice v závislosti na šířce snímaného obrazu. Ten je od 3 mm do 70 mm. Při použití hlavice pro maximální šířku snímaného obrazu ZG2-WDS 70 snímač zachytí na šířce 70 mm hranu 6  $\mu\text{m}$  o minimální šířce 111  $\mu\text{m}$ .

#### **Výhody:**

- splnění požadavků detekce přesahu
- velmi přesné a spolehlivé měření
- nezávislé na barvě přední papírové karty (např. bílé Vánoční balení)

### **Nevýhody:**

- vzhledem k maximální šířce snímaného obrazu nutnost použít minimálně dva snímače pro sejmутí hran jednoho produktu, reálně pak tři
- relativně vysoká cena, cca 100 000,- CZK jeden snímač

### **7.2.2 Kamerovým snímačem**

Při detekci kamerou je nutné rozhodnout, jak velkou plochu budeme snímat v jednom obrazu. To je důležité pro výběr vhodného rozlišení. Dalším důležitým faktorem je rozhodnutí, zda budeme snímat nehybný objekt, nebo pohyblivou scénu. To je důležité pro výběr vhodné frekvence snímání. Dalším důležitým rozhodnutím je, zda snímač černobílý nebo barevný. Pro zjištění pouze přesahu postačí černobílý.

Určujícím faktorem, ze kterého musíme v této aplikaci vycházet, je dávka 8 kusů v každém cyklu výrobní linky. Z konstrukce a layoutu celé linky potom vychází i kolik kusů budeme snímat kamerou najednou a tím i požadované parametry kamery. Vzhledem k viditelnosti přesahu pouze z čelní strany a umístění výrobků ve stávající lince čelní stranou dolů, je nutné kameru umístit dolů a produkty snímat zespodu.

### **Snímání jednoho kusu**

Jeden kus má rozměry 127 x 178 mm. Snímaná plocha musí být přibližně o 20 % větší, tedy 152 x 214 mm. Pokud chceme dosáhnout detekce přesahu zadní karty přes přední s tolerancí 0,1 mm, musíme podle teorie pixelové hustoty použít kameru s rozlišením minimálně 1520 x 2140 pixelů. Pro toleranci 0,2 mm to je 760 x 1070 pixelů, pro toleranci 0,4 mm se požadovaná minimální pixelová hustota sníží opět o polovinu na 380 x 535 pixelů.

Průmyslové kamery s rozlišením splňujícím tyto požadavky lze nalézt bez problémů. Nevýhodou je nutnost použití 8 kamer pro statické snímání, 4 kamer pro posun celé dávky v příčném směru, 2 kamer pro posun v podélném směru nebo dávku rozdělit tak, aby všechny kusy prošly nad jedním kamerovým snímačem po sobě.

### **Snímání dvou kusů při směru příčném**

Tato možnost počítá s pohybem dávky 8 kusů ve směru příčném na stávající linku. Tedy ve stejném směru, v jakém pracuje současný podavač hotových výrobků. Pro snímání dvou kusů najednou nám vychází rozměr snímané plochy 304 x 214 mm. Pro toleranci 0,1 mm je tedy minimální požadované rozlišení kamery 3040 x 2140 pixelů. To je pro průmyslové

kamery příliš velké rozlišení a tento způsob je tedy neřešitelný. Maximální rozlišení kamer na trhu je 5 miliónů pixelů, to je 2448 x 2044. Pro toleranci 0,2 mm vychází rozlišení poloviční, 1520 x 1070. Pro toleranci 0,4 mm to je 760 x 535 pixelů.

Snímání dvou kusů najednou při směru kolmém je tedy řešitelné jen pro tolerance 0,2 mm a 0,4 mm. Nutností je použití minimálně 2 kamer pro sejmутí celé dávky.

### **Snímání dvou kusů při směru podélném**

Tato možnost počítá s pohybem dávky 8 kusů ve směru podélném na stávající linku. Tedy ve stejném směru kolmém ke směru, v jakém pracuje současný podavač hotových výrobků. Pro snímání dvou kusů najednou nám vychází rozměr snímané plochy 152 x 428 mm. Pro toleranci 0,1 mm je tedy minimální požadované rozlišení kamery 1520 x 4280 pixelů. Tento způsob je tedy neřešitelný. Pro toleranci 0,2 mm nám vyjde 760 x 2140. Pro toleranci 0,4 mm to je 380 x 1070 pixelů.

Snímání dvou kusů najednou při směru podélném je tedy řešitelné jen pro tolerance 0,2 mm a 0,4 mm. Pro sejmутí celé dávky stačí jedna kamera.

### **Snímání čtyř kusů**

Při snímání 4 kusů najednou má snímaná plocha rozměry 304 x 428 mm. To dává pro dosažení tolerance přesahu 0,1 mm rozlišení 3040 x 4280 pixelů, pro toleranci 0,4 mm rozlišení 1520 x 2140 pixelů a pro toleranci 0,4 mm rozlišení 760 x 1070 pixelů.

Snímání čtyř kusů najednou je řešitelné jen pro tolerance 0,2 mm a 0,4 mm. Nutností je použití 2 kamer při pohybu příčném nebo jedné kamery při pohybu podélném.

#### **Výhody:**

- splnění požadavků detekce přesahu
- jednoduché a intuitivní programování
- další možnosti rozšíření kontrol
- výhodná cena

#### **Nevýhody:**

- oproti laserovému senzoru profilu nižší přesnost

### **7.2.3 Detekce přítomnosti HV v balení**

#### **Indukčním senzorem**

Výrobky v sobě obsahují kov, proto je možné detekovat jejich přítomnost indukčními senzory. Tyto senzory jsou dvoustavové, pracují na principu změny magnetického toku cívky při přítomnosti kovového předmětu ve snímané oblasti.

#### **Výhody:**

- lze umístit do stávajícího podavače
- nízká cena

#### **Nevýhody:**

- možné problémy u výrobků s malým obsahem kovu
- detekuje pouze přítomnost, ne posun nebo vypadnutí výrobku ze správné polohy

#### **Kamerovým snímačem**

Detekce přítomnosti HV kamerou v sobě skrývá jednu nepříjemnost. Důvodem je přítomnost obrázku produktu pod místem umístění produktu. U některých typů produktů, zvláště u tenkých produktů malých rozměrů, je velmi obtížné rozlišit, zda se jedná o podkladový obrázek nebo přítomný produkt. To je problém i při současné optické kontrole operátory. Použití kombinace černobílé kamery a pomocného prvku, např. laserového paprsku, jsem vyloučil z důvodu malé tloušťky některých produktů.

Proto v úvahu připadá pouze řešení barevnou kamerou s 16 bitovou barevnou hloubkou. Ta dokáže rozlišit podtištěný obrázek od skutečného produktu na základě jiné barvy. Obrázek je sice stejný, ale v barvě se odchylkou nepostřehnutelnou lidským okem liší.

Vlastnosti kamery a její rozlišení vycházejí z požadavků na detekci přesahu zadní karty přes přední. Detekci obou těchto požadavků lze totiž provést jedním prvkem. Rozdílem oproti samotné detekci přesahu je pouze použití barevné kamery s 16 bitovou barevnou hloubkou. Z principu potřebují barevné kamery na stejné rozlišení trojnásobný počet pixelů než černobílé kamery. Tím jsou složitější a dražší. V důsledku cenové politiky výrobců se ovšem tyto rozdíly stírají a cenový rozdíl mezi barevnou a černobílou kamerou je zanedbatelný.

#### **Výhody:**

- velmi přesné a spolehlivé měření
- spojení s detekcí přesahu a tím i výhodná cena

- detekce správné pozice karty
- další možnosti rozšíření kontrol
- velká variabilita a jednoduché programování

#### **Nevýhody:**

- vyšší cena kamerových systémů oproti indukčním senzorům – ta je ale vykompenzována použitím i pro detekci přesahu

### **7.3 Možnosti při návrhu principu kontrolní části**

Musíme vycházet z napojení na současnou výrobní linku. Každých 8,5 sekundy máme na výstupu matici 8 kusů hotových výrobků. Ty je potřeba z matice vyjmout, přejet s nimi nad kamerovým systémem provádějícím kontrolu a na základě výsledků roztřídit výrobky na dobré a špatné, do předem určených míst. V zásadě máme pouze dvě základní možnosti, jak to udělat. Liší se ve směru pohybu lineárního vedení s dávkou výrobků. První možností je směr příčný, tedy kolmý na otočný stůl a stejný jako u stávající linky. Druhý je směr podélný.

#### **7.3.1 Příčný směr pohybu výrobků**

Při příčném pohybu použijeme dvouosý manipulátor se sadou 8 nezávisle ovládaných přísavek. Stávající podavač se skluzem bude odstraněn. Tento manipulátor najdete nad maticí hotových výrobků na otočném stole. Pohybem ve vertikální ose sjede k výrobkům, přísavkami výrobky zvedne a vrátí se nahoru. Pohybem v horizontální ose nadjede nad vyhodnocovací kamerový systém.

Jako nejvýhodnější kamerový systém pro tuto variantu se jeví sestava 4 barevných kamer Omron FZ-SC s rozlišením 640 x 480 pixelů. Tyto kamery vyhodnotí přesah zadní karty přes přední s tolerancí 0,4 mm a přítomnost HV. Cena za tento kamerový systém je spolu s kontrolérem a objektivy 244 401,- CZK.

Po vyhodnocení parametrů výrobků přejede manipulátor do následující pozice, kde upustí neshodné výrobky do připravené krabice. To je možné díky sadě 8 nezávisle ovládaných přísavek.

Manipulátor se dále přesune do následující pozice, ve které položí shodné výrobky na pásový dopravník. Položí je ve dvou řadách, položení v jedné řadě by zvýšilo časovou náročnost.

Z důvodu nemožnosti zjistit ceny všech potřebných komponent, byla pro tuto variantu vypracována orientační cenová nabídka od společnosti Kovo Staněk. Výsledná nabídková cena za tuto kontrolní část je 717 600,- CZK bez DPH.

**Výhody:**

- jednoduchost

**Nevýhody:**

- nutnost použití 4 kamer a tím vyšší cena kamerového systému
- odhadovaný takt tohoto uspořádání 9 sekund

**7.3.2 Podélný směr pohybu výrobků**

Tento způsob byl vybrán jako optimální, proto je podrobně popsán v kapitole *Popis finální varianty a výběr dodavatele*.

**7.4 Možnosti při návrhu principu balicí části**

Vstupem balicí části je výstup kontrolní části. Na pohyblivém pásu máme tedy souvislý tok shodných výrobků. Tyto výrobky je třeba dostat do krabic. Každý výrobek má určený typ krabice a množství výrobků v krabici. Přehled typů krabic viz Tabulka 4.

**Tabulka 4:** Typy krabic

Typ krabice	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výška [mm]	Počet ks v krabici	Poznámka
54-56-01662	90	138	181	pouze 25	bude zrušeno
54-56-01664	180	130	184	25 nebo 50, podle typu	bude zrušeno
54-56-01668	207	130	184	pouze 25	
54-56-01670	207	264	184	pouze 2x25	
54-56-01674	328	130	187	25 nebo 50, podle typu	
54-56-01676	329	277	181	pouze 2x25	

Z údajů v tabulce je vidět, že některé krabice se pro jeden typ výrobku používají pro balení po 25 kusech, pro jiný po 50 kusech. Typy krabic 54-56-01662 a 54-56-01664 mají rozdílné způsoby plnění, proto je pro automatizaci této části nelze použít. Pro výrobky balené původně do těchto krabic budou využity krabice zbývající, dle dohody se společností Sandisk. Způsob složení výrobků v krabici je na Obrázku 7.



**Obrázek 7:** Způsob balení výrobků do krabice 54-56-01676.

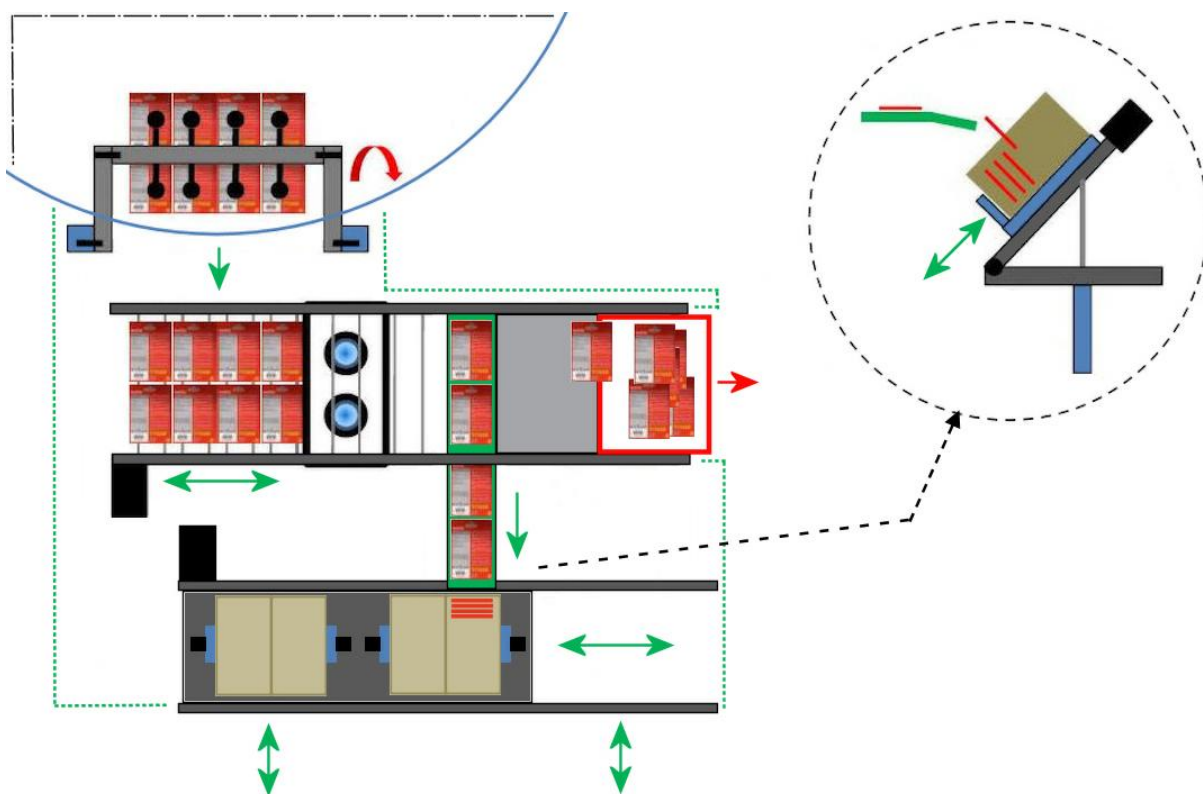
## 8 Popis finální varianty a výběr dodavatele

Jako nejvýhodnější řešení z hlediska funkčnosti a návratnosti vidím komplexní zařízení, tedy automatizovaná kontrolní a balicí část. Proto vybrané technické řešení popíšu jako jeden celek. V následující části práce provedu zhodnocení investice jednak pro automatizovanou kontrolní část a zachování ručního balení, jednak pro komplexní automatizované zařízení.

Zařízení je koncipováno jako automatizované pracoviště s jednou obsluhou. Celé zařízení má vlastní řídicí systém a operátorský panel, je tedy od původní linky relativně snadno odebratelné a nezávislé.

Nové a původní zařízení si navzájem pouze předávají řídicí signály. Ty jsou důležité při nouzovém zastavení z důvodu poruchy nebo stisknutím tlačítka operátorem. Při zastavení stroje Starview nebo kontrolní a balicí linky musí totiž dojít k zastavení nové i staré části linky současně. Řídicí signály slouží i pro synchronizaci kontrolní a balicí části se strojem Starview.

Schéma finální navržené varianty je na Obrázku 8.



Obrázek 8: Schéma finální varianty.



## **8.1 Popis funkce**

### **8.1.1 Kontrolní část**

Podavač vyjme dávku 8 kusů z matice na otočném stole. Vyjímání se provádí pomocí přísavky s vakuem. Tyto přísavky mají jeden zdroj vakua, nejsou tedy nezávislé. Výrobky položí na maticový dopravník. Podavač má stejnou funkci jako podavač stávající, je tedy možné upravit i podavač současný.

Maticový dopravník je matice pro 2 x 4 kusy výrobků. Každý výrobek leží v matici na čtyřech kovových trnech. Trny ve střední části matice jsou pevné, jejich délka je 10 mm. Trny na vnější části jsou zásuvné, délky 10 mm. Posuvné trny pro každou pozici v matici jsou ovládané nezávisle elektromagnetem, napojeným na PLC řídicí systém. Ve fázi položení výrobků do matice jsou trny ve vnější poloze. Podpírají tedy výrobek a ten na nich leží. Maticový dopravník je ze dvou stran upevněn do lineárního vedení, které zajišťuje jeho pohyb v podélném směru vůči stávající lince.

Maticový dopravník přejede krokově nad kamerovým systémem. Kamerový systém je sestaven z 2 kamer Omron FZ-SC s rozlišením 640 x 480 pixelů a kamerového kontroléru FZ2-355. Kontrolér je spojen s PLC řídicím systémem. Nad každou z kamer přejede v jednom cyklu jedna řada výrobků, tedy každá kamera zkontroluje 4 kusy. Kamera FZ-SC má rychlost snímání 80 snímků za sekundu. Kamery jsou z důvodu eliminace negativních vlivů vnějšího osvětlení uloženy spolu s osvětlovacím systémem v uzavřeném boxu. Ten je zakrytován ze všech stran kromě horní, zakrytí této strany vytvoří maticový dopravník. Dostaneme tak ideální prostředí bez rušivých vnějších vlivů, tzv. "black box". Kamery jsou umístěny v ideální měřicí vzdálenosti 1 m pod výrobkem. Detekují přítomnost HV a přesah zadní karty přes přední s přesností 0,4 mm. Tyto hodnoty byly potvrzeny zkušebními testy na vzorcích výrobků v laboratořích společnosti Omron.

Maticový dopravník se posune první řadou zkontrolovaných výrobků nad pásový stále jedoucí dopravník. Jeho dráha je kolmá k dráze maticového dopravníku. Tato pozice je umístěna tak, aby se nad ní nacházela první řada maticového dopravníku, zatímco druhá řada je nad kamerovým systémem. Pokud byl výrobek vyhodnocen jako OK, elektromagnety ovládané trny zajedou do vnitřní polohy. Tím výrobek podpírá pouze dvojice trnů ve střední části matice a výrobek propadne na jedoucí pásový dopravník. Elektromagnetické trny ve všech 8 pozicích matice jsou ovládané nezávisle. Proto například po vyhodnocení první dvojice výrobků a výsledku 1 OK, 1 NOK zajedou trny pouze OK výrobku a ten propadne na pásový dopravník. NOK zůstane ve své pozici v matici. Maticový dopravník se postupně posune všemi 4 řadami nad pásový dopravník a upustí na něj shodné výrobky.

Následující pozicí je skluz pro spuštění neshodných výrobků. Tato pozice je umístěna tak, že v jednu chvíli je první řada maticového dopravníku nad skluzem, druhá řada nad pásovým dopravníkem, třetí řada nad kamerovým systémem. Nad skluzem se postupně posune maticový dopravník všemi 4 řadami a uvolněním elektromagnetických trnů v příslušných pozicích na něj spustí neshodné výrobky. Skluzem sjedou neshodné výrobky do připravené krabice, mimo zakázanou oblast stroje. Odsud je na konci zakázky vezme vedoucí linky, nechá vyjmout HV a nechá znovu vyrobit počet kusů potřebný k dokončení zakázky.

Po spuštění výrobků z poslední čtvrté řady na skluz se maticový dopravník vrátí do své výchozí pozice a čeká na novou dávku 8 kusů od podavače. Tím končí kontrolní část, následují kroky balicí části.

### **8.1.2 Balicí část**

Základem balicí části je posuvný mechanismus krabic. Posuvný mechanismus má dvě základní polohy pro krabice plněné v jedné řadě a čtyři polohy pro krabice plněné ve dvou řadách. To je z toho důvodu, že u krabic plněných ve dvou řadách musí stroj po naplnění první řady krabici posunout a naplnit i druhou řadu.

Na posuvném mechanismu je krokový pohon zaručující ideální pozici upínacího zařízení s krabicemi vůči pásovému dopravníku s výrobky. To je důležité při plnění krabice. Pro jednoduchost a snížení ceny se na krokovém pohonu pohybuje celá konstrukce, tedy i právě neplněná krabice. Upínací zařízení má 2 pozice, do kterých obsluha manuálně vkládá prázdné a odkud vyjímá naplněné krabice. Pozice pro krabice mají jednu stěnu pevnou, jednu nastavitelnou. Ta se nastavuje v závislosti na tom, zda pro probíhající zakázku používáme krabice s plněním v jedné nebo ve dvou řadách. Celá krabice je upnuta pro snazší plnění a nerozsypání již naplněných výrobků v úhlu 45 stupňů.

Posuvný mechanismus je v poloze 1. Krabice v upínacím zařízení B je v takové poloze, kdy probíhá její plnění výrobky z dopravníku. Předpokládejme, že se jedná o krabici plněnou v jedné řadě. Krokový pohon posouvá postupně krabici tak, aby se výrobky správně skládaly za sebe. Během plnění jedné krabice, tedy přibližně 25 sekund nebo 50 sekund, operátor složí novou prázdnou krabici a vymění plnou v upínacím zařízení A za připravenou prázdnou. Po naplnění požadovaného počtu kusů do krabice v upínacím zařízení B se posuvný mechanismus posune do polohy 2. Krokový pohon se vrátí do výchozí pozice. Probíhá plnění krabice v upínacím zařízení A.

Počítání správného počtu kusů provádí PLC, ale je i jištěno optickým senzorem na pásovém dopravníku.

Z důvodu taktu linky Starview 8,5 sekundy a potřeby 2 sekund pro přesun posuvného mechanismu krabic, dojde při tomto přesunu na 2 sekundy k zastavení celé linky. Toto přerušení nastane vždy po napočítání 25 nebo 50 shodných kusů, tedy přibližně po každém třetím taktu.

## **8.2 Ovládání a programování**

Kontrolní i balicí část je řízena jedním PLC řídicím systémem s operátorským panelem. Před začátkem každé zakázky vybere vedoucí linky na operátorském panelu jeden z 292 typů výrobků (part numberů), který právě chce vyrábět. Pro každý typ je v kamerovém kontroléru uložen vzor shodného výrobku a definovány detekční nástroje. V dalším kroku vybere operátor typ krabice, do kterého se zakázka balí a zda má být v každé krabici 50 nebo 25 výrobků. Tím je nastavení dokončeno.

Operátorský panel slouží rovněž pro kontrolu celého zařízení a detekci poruchových stavů. Tato část je přístupná údržbě, ne operátorům výroby.

Programování kamerového systému se provádí pomocí PC po síti Ethernet. Díky tomu můžeme programování provádět u linky připojením notebooku, nebo z jednoho počítače kdekoli v firemní síti, centrálně pro všechny linky. Jedná se o jednoduché, uživatelsky přívětivé rozhraní, ve kterém lze přidávat nové produkty, definovat procesní nástroje a oblasti detekce. Můžeme tedy nastavit kontrolu nejen přesahů a přítomnosti HV, ale například i popisků přední papírové karty. Lze tedy kontrolovat, zda určitý typ produktu má správný typ přední papírové karty. Programování provádí vyškolení pracovníci údržby.

## **8.3 Vlastnosti finálního řešení**

V Tabulce 5 a Tabulce 6 uvádím časy jednotlivých operací a parametry výrobní linky po zavedení automatizované kontrolní a balicí části. Změnil se celkový čas operace kontroly a balení, a to z 1,15 sekundy na kus na 1,11 sekundy na kus. To je dáno změnou taktu linky z 8,5 sekundy na 8,24 sekundy a započítáním prostoje 2 sekundy nutným k pohybu posuvného mechanismu. K tomuto prostoji dojde vždy po naplnění krabice a její výměně za prázdnou. Protože se zvýšila složitost zařízení, počítal jsem s faktorem poruchy linky 5 % místo původních 3 %.

V důsledku těchto změn se zvedla teoretická maximální kapacita linky z 3 130 kusů na 3 243 kusů, efektivní výstup linky za hodinu ale klesl z 2 723 kusů na 2 601 kusů. Došlo také ke snížení počtu operátorů na lince ze 7 na 5 a tím se zvýšil standardní faktor práce z 282,514 kusů na operátora na hodinu na 366,269 kusů na operátora na hodinu.

**Tabulka 5:** Časy jednotlivých operací

Operace	Popis operace	Čas na 1ks [s]	Operátorů na operaci	Čas operace [s]
1	Umístění přední karty	0,63	0	5,04
2	Umístění blisteru	2,00	2	8,00
3	Umístění HV	1,20	2	4,80
4	Umístění zadní karty	0,63	0	5,04
5	Svaření	1,03	0	<b>8,24</b>
6	Vyjmutí a předání na maticový dopravník	0,63	0	5,04
7	Kontrola a balení do krabice	1,11	0	<b>8,88</b>
8	Příprava, umístění a vyjmutí krabice, zalepení, umístění krabice na paletu, nalepení štítků	1,10	1	27,50
Maximální kapacita linky (kusů za hodinu)		<b>3243</b>		

**Tabulka 6:** Parametry výrobní linky

Standardní faktory výkonnosti	
Faktor poruchy linky (%)	5%
Průměrná velikost jedné zakázky (kusů)	6500
Průměrná doba přechodu (minut)	8,5
Únava (%)	10%
Standardní délka směny (hodin)	7,5
Efektivní výstup linky	
Efektivní výstup linky - po zahrnutí faktorů všech výkonnosti (kusů za hodinu)	<b>2 601</b>
Efektivní výstup linky za směnu (kusů za směnu)	<b>19 504</b>
Efektivní takt linky (sekund)	1,384
Skutečný takt linky (sekund)	1,03
Počet operátorů na linku	5,0
Vedoucí linky	1,0
Doplňovač materiálu	0,6
Kontrola kvality	0,2
Příprava	0,2
Tisk štítků	0,1
Celkový počet operátorů	<b>7,1</b>
Standardní faktor práce (kusů na operátora na hodinu) - UPPH	<b>366,269</b>

#### **8.4 Přínosy realizace**

- odstranění reklamací od zákazníka z důvodu špatného počtu výrobků v krabici
- snížení nákladů
- kontrola s lepší přesností a opakovatelností, s jasně definovanými parametry
- odstranění prostojů vzniklých v důsledku chyby, následného přepočítávání a kontroly celé zakázky

#### **8.5 Rizika realizace**

- při náhlém odchodu zákazníka Sandisk nebo změně designu výrobků obtížnější přizpůsobení na novou situaci
- relativní jednoúčelovost celého zařízení

#### **8.6 Další možné výstupy kontrolní části**

Kontrolní kamerový systém umožňuje zaznamenávat široké spektrum informací, které lze využít k dalšímu zpracování. Můžeme tak zaznamenávat, kdy začala výroba určité zakázky, kdy skončila, kolik kusů z celkového počtu bylo neshodných v důsledku přesahu zadní karty, kolik kusů bylo neshodných v důsledku nepřítomnosti HV, jak byly dlouhé prostoje mezi jednotlivými zakázkami.

Tyto data můžeme pomocí PLC posílat po Ethernetu do PC, kde se automaticky uloží ve formátu excelovské tabulky. Můžeme je také odesílat ve výrobě na velkoplošnou obrazovku. Ta by ukazovala aktuální počet vyrobených kusů, aktuální čas a kolik kusů mělo být v tomto čase podle výrobního plánu vyrobeno. Může zobrazovat data ze všech linek najednou a použít je tak k porovnání výkonnosti a motivaci zaměstnanců. Zároveň jsou tato data v reálném čase volně přístupná na podnikové síti. Vedení firmy tak může provádět kontrolu přímo od stolu v kanceláři.

Náklady na zavedení těchto doplňkových výstupů a jejich zpracování jsou v objemu celé investice zanedbatelné a pohybují se v řádu desítek tisíc korun. Mají však neocenitelný přínos a posouvají automatizaci výroby o další úroveň výše.

## **8.7 Výběr dodavatele**

Pro realizaci navrženého technického řešení bylo osloveno několik společností, schopných provést realizaci celého zařízení. Osloveni byli tito dodavatelé:

- **De&Co a Mortech s.r.o.**
- **FCC průmyslové systémy s.r.o**
- **NK Engineering s.r.o.**
- **Deimos s.r.o.**
- **Kovo Staněk s.r.o.**
- **ABB s.r.o.**
- **FPOS kovovýroba s.r.o.**

Z různých důvodů dokázali relevantní nabídku předložit pouze společnosti NK Engineering s.r.o. a Deimos s.r.o. Obě společnosti jsou dodavateli jednoúčelových strojů a zařízení s dlouholetými zkušenostmi a pozitivními referencemi. Společnost Deimos s.r.o. je v této oblasti lídrem trhu. Obě společnosti vypracovaly nabídku se shodným technickým řešením.

Společnost NK Engineering s.r.o nabídla realizaci komplexní kontrolní a balicí linky v ceně 1 291 000,- CZK bez DPH za prototyp a 1 017 500,- CZK bez DPH za každé další zařízení.

Společnosti Deimos s.r.o. nabídla realizaci stejného řešení v ceně 1 975 000,- CZK bez DPH za prototyp a 1 580 000,- CZK za opakovanou dodávku dalších 5 kusů zařízení.

**Na základě nejnižší cenové nabídky a splněních technických předpokladů jako dodavatele technologie proto doporučuji společnost NK Engineering s.r.o.**

### **8.8 Cena finálního řešení od společnosti NK Engineering s.r.o.**

Z důvodu rozdílnosti ceny prototypu a následujících zařízení uvádím celkové průměrné ceny při nákupu celkem 5 kusů zařízení. S touto průměrnou cenou budu počítat i nadále v hodnocení ekonomické návratnosti.

#### **Rozpis ceny kontrolní části:**

Materiál pro sestavu podavače vyjímání výrobků z matice	54 120,- CZK bez DPH
Materiál pro sestavu maticového dopravníku	110 000,- CZK bez DPH
Materiál pro sestavu krytů kamerového systému	19 800,- CZK bez DPH
Materiál pro sestavu kamerového systému	158 730,- CZK bez DPH
Materiál ostatní (rám, kryty)	23 100,- CZK bez DPH
Materiál elektro a řídicí systém v rozvaděči	194 300,- CZK bez DPH
Konstrukce mechanická a elektrická, tvorba software, montáž a odladění, instalace, seřízení, zaškolení obsluhy	102 700,- CZK bez DPH
<b>Cena kontrolní části celkem</b>	<b>662 750,- CZK bez DPH</b>

#### **Rozpis ceny balicí části:**

Materiál pro sestavu přepravy výrobků	149 820,- CZK bez DPH
Materiál pro sestavu balení	157 630,- CZK bez DPH
Konstrukce mechanická a elektrická, tvorba software, montáž a odladění, instalace, seřízení, zaškolení obsluhy	102 030,- CZK bez DPH
<b>Cena balicí části celkem</b>	<b>409 480,- CZK bez DPH</b>

**Cena kontrolní a balicí části celkem** **1 072 200,- CZK bez DPH**

## 9 Zhodnocení ekonomické návratnosti finální varianty

Při zhodnocení ekonomické návratnosti vybraného řešení jsem vycházel z korporátních pravidel zadavatele diplomové práce, společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o. Vzhledem k očekávané životnosti produktu 3 roky se pro hodnocení efektivnosti investic používají pouze statické metody. Základní předpoklady pro výpočet jsou:

- Měsíční náklady na operátora 28 000 Kč měsíčně. Tato částka zahrnuje hrubou mzdu operátora, sociální a zdravotní pojištění, náklady na stravování, oblečení a náklady na práci personálního oddělení.
- Odpisy investic v délce 3 let.
- Při výpočtu neuvažujeme přesčasy. Počítá se s prací 5 dnů v týdnu, 7,5 hodiny denně, 2 směny. Plné vytížení všech linek.
- Očekávaná fyzická doba životnosti linky je 12 let. Náklady na údržbu a opravy jsou během životnosti 70% počáteční ceny. Zůstatková hodnota po skončení doby životnosti je 0 CZK.

### 9.1 Výpočet návratnosti investice při realizaci pouze kontrolní části

#### 9.1.1 CBA analýza

Tabulka 7: Porovnání přínosů a nákladů (CBA analýza) při realizaci pouze kontrolní části

Druhy přínosů	#	FY2010	FY2010	FY2010	FY2010	Celkem
	jednotek	Q1	Q2	Q3	Q4	
<b>Popis přínosů</b>						
Nahrazení operátorů strojem	2	Očekávaný 151 200 CZK	Očekávaný 151 200 CZK	Očekávaný 151 200 CZK	Očekávaný 151 200 CZK	604 800 CZK
<b>Součet přínosů</b>						
		151 200 CZK	151 200 CZK	151 200 CZK	151 200 CZK	604 800 CZK
<b>Druhy nákladů</b>						
		FY2010	FY2010	FY2010	FY2010	Celkem
		Q1	Q2	Q3	Q4	
<b>Popis nákladů</b>						
Odpisy celkové výše investice		Očekávaný 55 229 CZK	Očekávaný 55 229 CZK	Očekávaný 55 229 CZK	Očekávaný 55 229 CZK	220 917 CZK
Náklady na opravy a údržbu		Očekávaný 9 665 CZK	Očekávaný 9 665 CZK	Očekávaný 9 665 CZK	Očekávaný 9 665 CZK	38 660 CZK
<b>Součet nákladů</b>						
		64 894 CZK	64 894 CZK	64 894 CZK	64 894 CZK	259 577 CZK
<b>Čistý přínos</b>						
		86 306 CZK	86 306 CZK	86 306 CZK	86 306 CZK	345 223 CZK



### 9.1.2 Návratnost investovaného kapitálu

Návratnost investovaného kapitálu (Return on invested capital - ROIC) se podle korporátních pravidel počítá jako poměr čistého zisku a celkové výše investice snížené o odpisy.

$$\text{ROIC} = \frac{\text{čistý přínos}}{\text{počáteční investice} - \text{odpisy}} = \frac{344428}{664780 - 221593} = 78\%$$

V průběhu prvního roku provozu investice se nám tedy navrátí zpět 78% počáteční investice. Pro schválení projektu je třeba návratnost investovaného kapitálu v prvním roce alespoň 100%.

### 9.1.3 Průměrná rentabilita

Průměrná rentabilita (Profitability index) se počítá jako poměr finančních příjmů plynoucích z projektu a počáteční investice.

$$\text{Profitability index} = \frac{\text{čistý přínos} + \text{odpisy}}{\text{počáteční investice}} = \frac{344428 + 221593}{664780} = 85\%$$

### 9.1.4 Doba návratnosti

Doba návratnosti (Investment payback) se počítá jako poměr počáteční investice a finančních příjmů plynoucích z projektu.

$$\text{Investment payback} = \frac{\text{počáteční investice}}{\text{čistý přínos} + \text{odpisy}} = \frac{664780}{344428 + 221593} = 1,174 \text{ roku}$$

Při realizaci pouze kontrolní části tedy projekt nesplňuje podmínku návratnosti do 12 měsíců.

## 9.2 Výpočet návratnosti investice při realizaci kontrolní a balicí části

### 9.2.1 CBA analýza

Tabulka 8: Porovnání přínosů a nákladů (CBA analýza) při realizaci kontrolní a balicí části

Druhy přínosů	# jednotek	FY2010	FY2010	FY2010	FY2010	Celkem
		Q1	Q2	Q3	Q4	
<i>Popis přínosů</i>		Očekávaný	Očekávaný	Očekávaný	Očekávaný	
Nahrazení operátorů strojem	4	302 400 CZK	302 400 CZK	302 400 CZK	302 400 CZK	1 209 600 CZK
Odstranění prostojů ve výrobě						
<b>Součet přínosů</b>		302 400 CZK	302 400 CZK	302 400 CZK	302 400 CZK	1 209 600 CZK
Druhy nákladů		FY2010	FY2010	FY2010	FY2010	Celkem
		Q1	Q2	Q3	Q4	
<i>Popis nákladů</i>		Očekávaný	Očekávaný	Očekávaný	Očekávaný	
Odpisy celkové výše investice		89 522 CZK	89 522 CZK	89 522 CZK	89 522 CZK	358 087 CZK
Náklady na opravy a údržbu		15 666 CZK	15 666 CZK	15 666 CZK	15 666 CZK	62 665 CZK
<b>Součet nákladů</b>		105 188 CZK	105 188 CZK	105 188 CZK	105 188 CZK	420 752 CZK
<b>Čistý přínos</b>		197 212 CZK	197 212 CZK	197 212 CZK	197 212 CZK	788 848 CZK

### 9.2.2 Návratnost investovaného kapitálu

$$\text{ROIC} = \frac{\text{čistý přínos}}{\text{počáteční investice} - \text{odpisy}} = \frac{788848}{1074260 - 358087} = 110\%$$

V průběhu prvního roku provozu investice se nám navrátí zpět 110% počáteční investice.

### 9.2.3 Průměrná rentabilita

$$\text{Profitability index} = \frac{\text{čistý přínos} + \text{odpisy}}{\text{počáteční investice}} = \frac{788848 + 358087}{1074260} = 107\%$$

#### **9.2.4 Doba návratnosti**

$$\text{Investment payback} = \frac{\text{počáteční investice}}{\text{čistý přínos} + \text{odpisy}} = \frac{1074260}{788848 + 358087} = 0,937 \text{ roku}$$

Při realizaci kontrolní a balicí části tedy projekt splňuje podmínku návratnosti do 12 měsíců.

#### **9.3 Zhodnocení**

Porovnáním výsledků hodnocení ekonomické návratnosti obou variant doporučuji zavedení automatizace kontrolní i balicí části.

## 10 Závěr

Diplomová práce s názvem *Návrh automatizované kontroly výrobků na výrobní lince* se zabývá analýzou a návrhem automatizovaného řešení dosud manuálních operací na lince Starview u zadavatele této diplomové práce, společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o.

V teoretické části jsem popsal základní principy a výhody strojového vidění, které je základem automatizované kontroly výrobků. Další nedílnou částí bylo zpracování metod hodnocení ekonomické návratnosti (efektivnosti) investic. Těchto metod je mnoho a dostupná literatura popisuje každou metodu s jistými odlišnostmi. Snažil jsem se proto popsat metody nejčastěji využívané. Není to vyčerpávající popis a zájemce o bližší studium této problematiky bych odkázal na další literaturu.<sup>1</sup> V praxi se tyto metody v různých společnostech liší, jak je vidět i v praktické části této práce.

V praktické části jsem uvedl základní informace o společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o. a stávající výrobní linku Starview pro balení produktů společnosti Sandisk. Analyzoval jsem možnosti automatizace jednotlivých operací na této lince, navrhl možné řešení, jeho výhody, nevýhody a nastínil případné překážky bránící v realizaci. Nejpřespektivnější část, tedy proces kontroly a balení výrobků jsem rozpracoval podrobně. Popsal jsem různé technické možnosti automatizace celého procesu a ve spolupráci s řadou odborných konzultantů navrhl finální technické řešení. Provedl jsem výběrové řízení na dodávku navrženého technického řešení a na základě nejnižší cenové nabídky jsem z oslovených firem vybral vhodného dodavatele technologie, společnost NK Engineering s.r.o. Finální řešení jsem zpracoval ve dvou variantách. Realizace pouze automatizované kontrolní části a zachování manuálního balení do krabic jako varianta první a realizace automatizované kontrolní a balicí části jako varianta druhá. Tyto varianty jsem zhodnotil metodami hodnocení návratnosti investic, používanými ve společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o.

V úvodu této diplomové práce byly vysloveny tři možnosti postupu automatizace linky pro balení produktů Sandisk ve společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o. Úkolem mé práce bylo nejen navrhnout technické řešení, ale i posoudit tyto možnosti a zvolit tu nejvýhodnější.

***Diskuze možnosti 1:*** *Manuální kontrola výrobků a jejich balení do krabic na analyzované lince je optimální a ekonomicky nejvýhodnější, není třeba provádět změny.*

---

<sup>1</sup> Podrobnější informace o hodnocení efektivnosti investic lze najít například v [7].

Tato možnost se v průběhu analýzy ukázala jako nepravdivá. Manuální kontrola výrobků je nepřesná, dochází k nedodržování požadované tolerance přesahu zadní karty přes přední 0,4 mm. V reálu často prochází tolerance 1 mm a vyšší. Po manuální kontrole musí navíc následovat další stupeň kontroly pracovníky TQM, kteří provádí náhodné kontroly. Pokud po skončení zakázky nesedí počty vyrobených a vyskladněných HV, dochází ke kontrole a přepočítávání celé zakázky. Průměrná velikost zakázky je 6500 kusů. Tím vznikají vysoké dodatečné náklady. Údaje o počtu takových chyb a časové vyjádření vzniklých prostojů se bohužel nepodařilo získat, proto nebylo možné vyjádřit finanční náklady. Další možností je zabalení nesprávného počtu kusů do krabice. To lze odhalit pouze dalším stupněm kontroly pracovníkem TQM, vzhledem k malému procentu náhodně kontrolovaných krabic je však pravděpodobnost odhalení chyby velmi nízká. Ve sledovaných měsících (listopad 08 – duben 09) bylo 6 reklamací od zákazníka z důvodu nesprávného počtu kusů v krabici. To je na objem produkce relativně nízké číslo, cílem společnosti by ale měla být nulová chybovost. Dalším faktorem jsou náklady na pracovní sílu. Lze předpokládat, že v budoucnu porostou a tím se bude nevýhodnost diskutované možnosti prohlubovat. Ze všech výše uvedených důvodů proto označuji diskutovanou možnost za nevýhodnou.

***Diskuze možnosti 2:*** *Lze najít vhodné automatizované řešení, které splní požadavky na kontrolu výrobků a požadavek návratnosti investice do 12 měsíců. Toto řešení zachová manuální balení produktů do krabic a je ekonomicky výhodnější než možnosti 1 a 3.*

Analýzou této možnosti jsem dospěl k závěru, že lze najít vhodné automatizované řešení kontroly produktů na výrobní lince, při zachování manuálního balení do krabic. Tato možnost však neodstraní možnost zabalení nesprávného počtu výrobků do krabice. Realizací této možnosti dojde k úspoře jedné pracovní síly na každé lince. Vzhledem k ceně kontrolní části a výsledkům hodnocení návratnosti investice je možnost zavedení pouze automatické kontroly výrobků ekonomicky neefektivní. Z uvedených důvodů proto označuji diskutovanou možnost za nevýhodnou.

***Diskuze možnosti 3:*** *Lze najít vhodné plně automatizované řešení, které splní požadavky na kontrolu výrobků, balení výrobků do krabic a návratnosti investice do 12 měsíců. Toto řešení v sobě spojí kontrolu a balení výrobků a je ekonomicky výhodnější než možnosti 1 a 2.*

Tato možnost se ukázala jako nejvýhodnější. Nalezl jsem vhodné automatizované řešení, které splní požadavky na kontrolu a balení produktů. Toto řešení eliminuje všechny negativní jevy diskutované u možnosti 1. Rizikem investice je možnost náhlé ztráty zákazníka

Sandisk a tím složitého hledání uplatnění nové automatizované linky, tato možnost se však po diskuzi s odpovědnými pracovníky společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o. jeví jako nepravděpodobná. Toto řešení má při výši počáteční investice 1 074 260 CZK návratnost 0,937 roku, tedy 11,2 měsíce. V tomto výpočtu nejsou zahrnuty pozitivní efekty vyplývající z eliminace dodatečného přepočítávání při vzniku chyby, možnost snížení počtu náhodných kontrol pracovníky TQM a odstranění zákaznických reklamací. Pro zahrnutí těchto efektů do výpočtu nebyly zadavatelem práce dodána relevantní data a jejich zohlednění ani nebylo požadavkem zadavatele, společnosti ModusLink s.r.o. Při zahrnutí těchto efektů však lze předpokládat další snížení návratnosti investice. U uvedených důvodů hodnotím možnost 3 jako nejvýhodnější.

**Po posouzení všech možností vyslovuji závěr, že nejvýhodnější je možnost plné automatizace kontroly a balení produktů Sandisk na lince Starview a předložené technické řešení doporučuji k realizaci.**

## 11 Seznam použitých zdrojů

- [1] KROUPA, M. Senzory Siemens zdrojem klíčových dat z výroby. *Automa*. 2008, č. 11, s. 46-48.
- [2] BARTÁK, L. Kamera Panasonic zajistí kvalitní výstupní kontrolu. *Automa*. 2009, č.5, s. 43-45.
- [3] HAVLE, O. Strojové vidění 1: Principy a charakteristiky. *Automa*. 2008, č.1, s. 42-45.
- [4] PALATKA, P. Kamerové systémy v průmyslové automatizaci. *Automatizace*. 2005, roč. 48, č. 7 - 8, s. 453. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=771>>.
- [5] NOŽIČKA, L. *Hodnocení efektivnosti investičního projektu*. Brno: Masarykova univerzita, Ekonomicko – správní fakulta, 2007. 80 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Křištof.
- [6] MÁČE, M. *Finanční analýza investičních projektů: Praktické příklady a použití*. 1. vyd. Praha, Grada, 2005. 80 s. ISBN 80-247-1557
- [7] VALACH, J. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 2. přepracované vydání, Praha: Ekopress, 2005. 465 s. ISBN 80-86929-01-9
- [8] VODSTRČIL, M. *Analýza efektivnosti investičního projektu a jeho financování*. Brno: Masarykova univerzita, Ekonomicko – správní fakulta, 2008. 86 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miroslav Sponer, Ph.D.

## **12 Přílohy**

**Příloha A: Organizační struktura společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o.**

**Příloha B: Výkres layoutu výroby pro společnost Sandisk**

**Příloha C: Výkres přední části obalu produktu – 1 z celkem 12 typů**

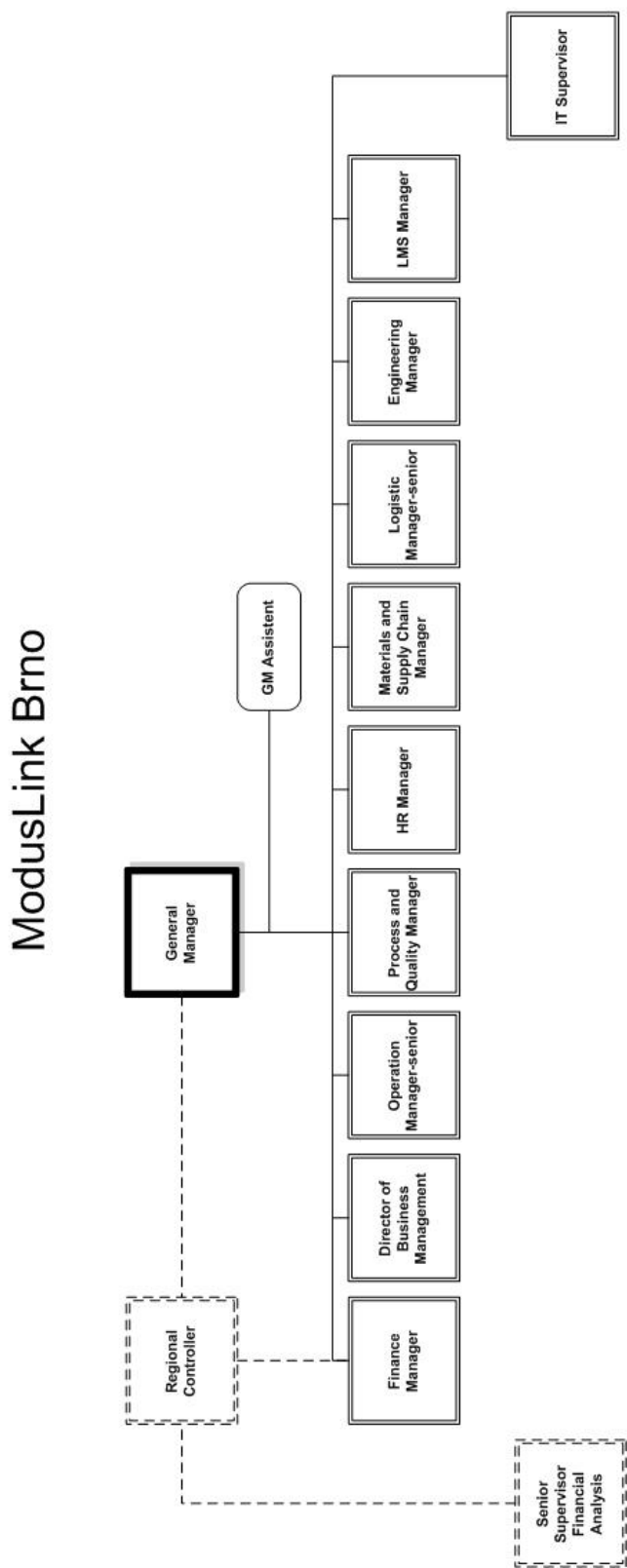
**Příloha D: Výkres zadní části obalu produktu**

**Příloha E: Výkres rozložení produktů v matici na lince Starview PHS8 – 1824**

**Příloha F: Interní prezentace projektu**

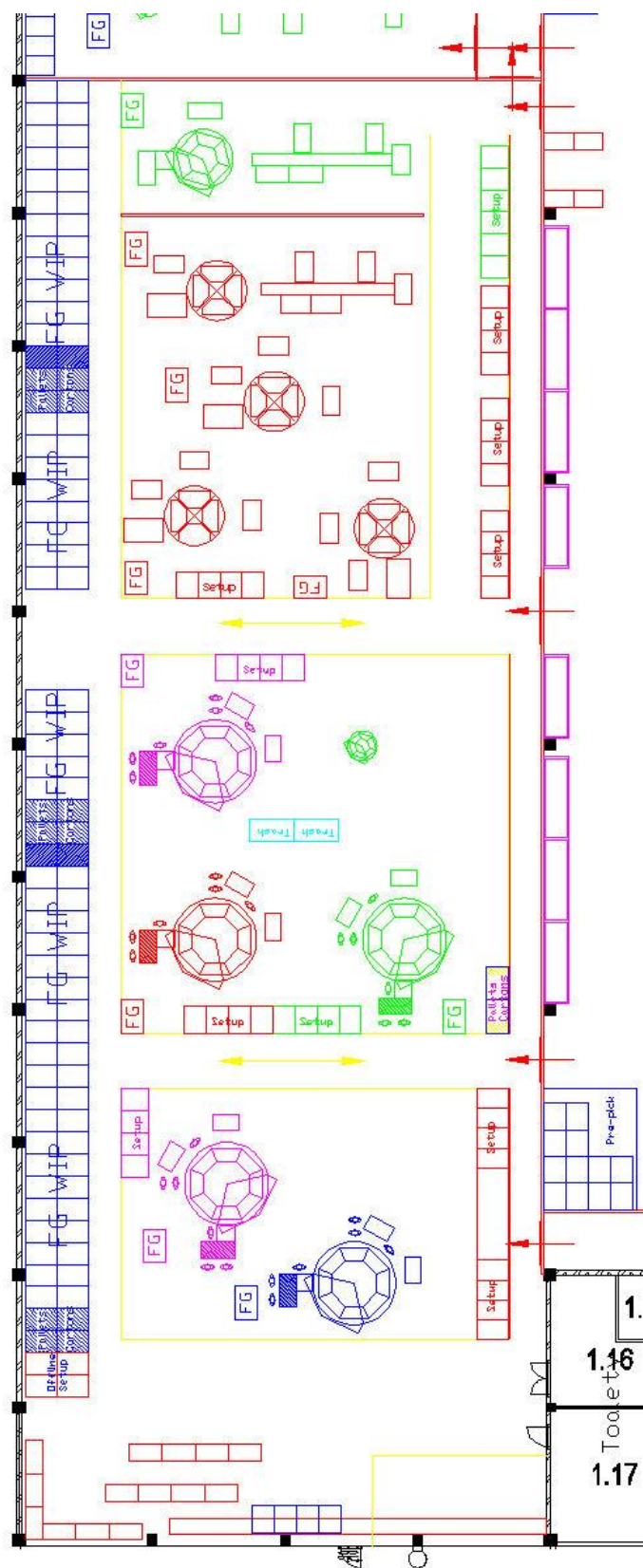


**Příloha A: Organizační struktura společnosti ModusLink Czech Republic s.r.o.**



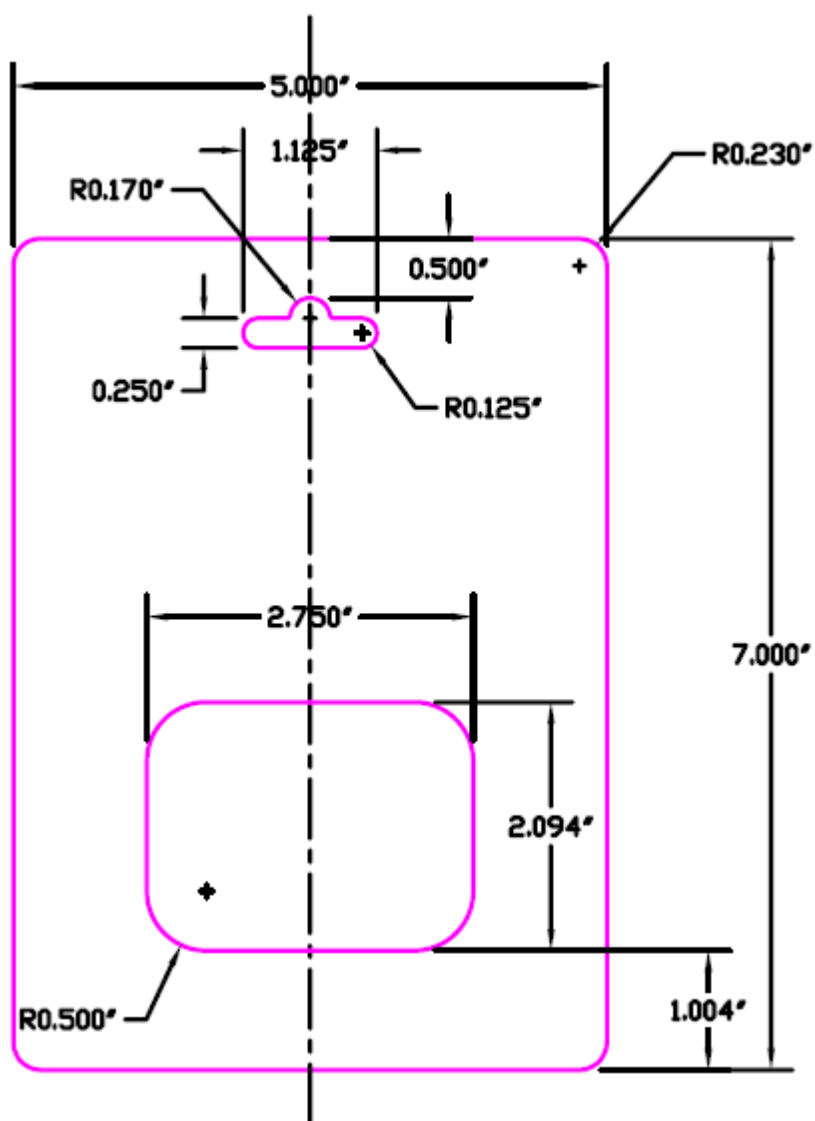
**Zdroj:** ModusLink Czech Republic s.r.o.

**Příloha B: Výkres layoutu výroby pro společnost Sandisk**



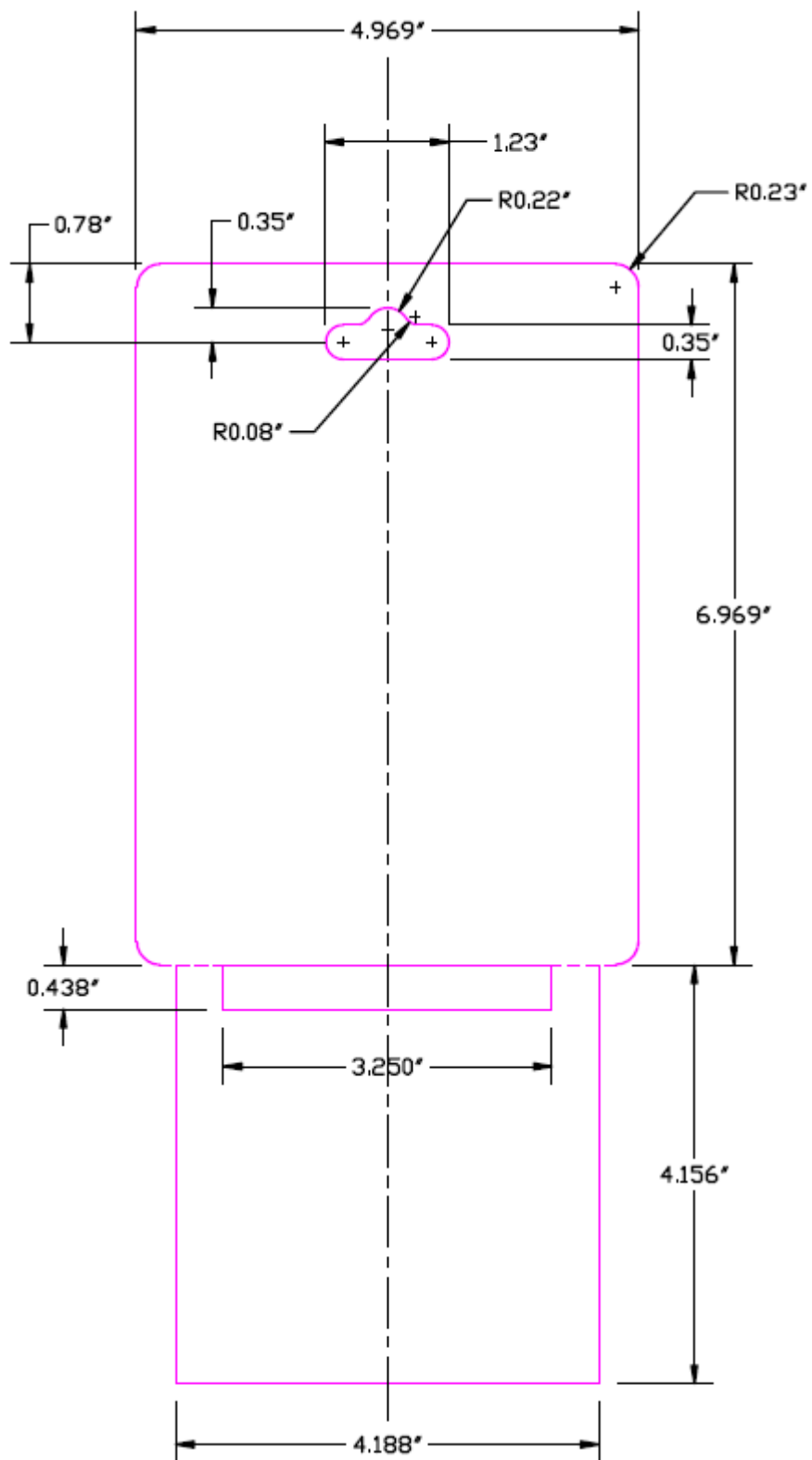
**Zdroj:** ModusLink Czech Republic s.r.o.

**Příloha C: Výkres přední části obalu produktu – 1 z celkem 12 typů**



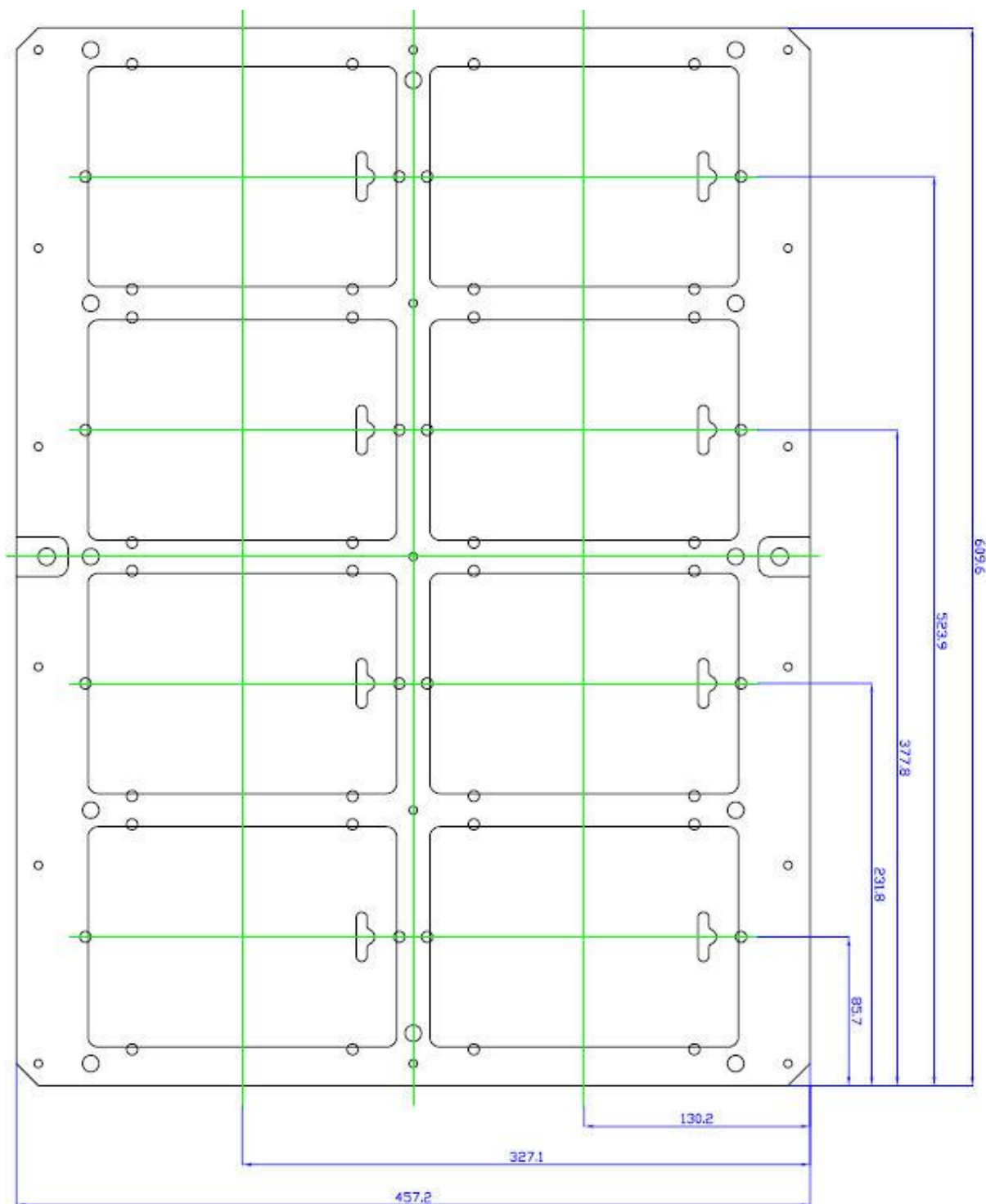
**Zdroj:** ModusLink Czech Republic s.r.o.

## Příloha D: Výkres zadní části obalu produktu



Zdroj: ModusLink Czech Republic s.r.o.

**Příloha E: Výkres rozložení produktů v matici na lince Starview PHS8 – 1824**



**Zdroj:** ModusLink Czech Republic s.r.o.

## Příloha F: Interní prezentace projektu



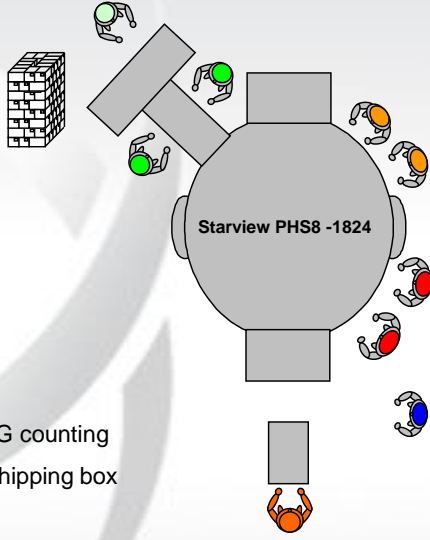
# Sandisk visual check and packing automation

Project Leader: Milan Pelcl  
Champion: Jakub Dostal

MLPR2307\_07



## Current situation

<u>Line output</u>	<u>UPPH</u>	<u>Crew size</u>
3,130	282,5	9.00



**Description**

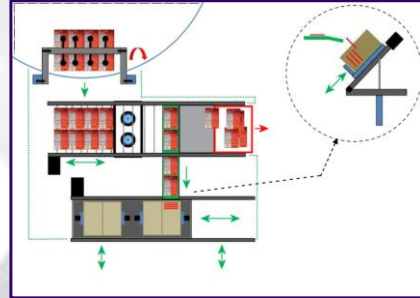
- Weight measuring – inconvenient method for FG counting
- Customers NC, because of missing FG in the shipping box
- Rework because of missing HV
- Maximum precision of Natralock back card overreach is 0.4mm



2 © 2007 Copyright – Internal Use Only MLPR2307\_07

## Scenario 1 – Full automation after welding

Line output	UPPH	Crew size
3,243	366,3	7.00



### Description

- Potential saving of 2 operators per line and shift
- Fully automated visual control (HV and back card overreach)
- Fully automated counting of FG
- Fully automated placing FG to shipping carton
- Minimum chance for human mistake
- Maximum precision of Natralock back card overreach is 0.4 mm
- Some shipping cartons need to be redesigned (same direction of feeding is necessary)
- Price is 55k USD per line



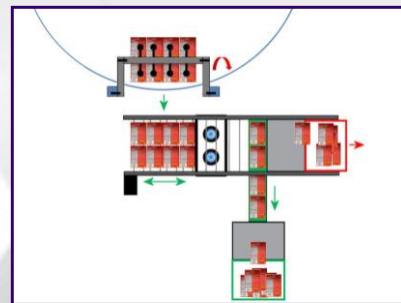
3

© 2007 Copyright – Internal Use Only

MLPR2307\_07

## Scenario 1 – Visual inspection automation

Line output	UPPH	Crew size
3,130	317,4	8.00



### Description

- Potential saving of 1 operator per line and shift
- Fully automated visual control (HV and back card overreach)
- Fully automated counting of FG
- Moderate chance for human mistake
- Maximum precision of Natralock back card overreach is 0.4 mm
- Price is 34k USD per line
- Box feeding is still manual (Shipping carton design will stay the same)



4

© 2007 Copyright – Internal Use Only

MLPR2307\_07

## Overview

Scenario	Line output	UPPH	Crew size
Current	3130	282,5	9
Full automation	3243	366,3	7
Visual inspection automation	3130	317,4	8

Fx rate CZK/USD	19,5
Manhour price [USD]	7,8
Shift pattern	2
Depreciation [years]	3

Scenario	Annual saving	Price of equipment	Months of return
Current	\$ -	\$ -	0,00
Full automation	\$62 030,80	\$ 54 984,62	11,24
Visual inspection automation	\$31 015,00	\$ 33 987,18	14,09

Price of equipment	1 072 200,00 CZK
Price of equipment	662 750,00 CZK

