

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Řízení linky na výrobu jističů**


Praha, 2010

Autor: Vít Růžička

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 26.5.2010

  
\_\_\_\_\_

podpis

## Poděkování

Nejprve bych chtěl poděkovat kolegům, známým a kamarádům, kteří mi vypomohli při usilovné snaze o absolvování studijního oboru Kybernetika a měření. Všechny Vás nedokážu vyjmenovat, ale: Welrybo, Sunny, Dimiku, Kubo, Floaty, Johnny, Lenko, Dave i Vám všem ostatním, děkuji.

Vážím si pomoci a děkuji za věnovaný čas vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Pavlu Burgetovi Ph.D.

Na závěr nejvíce děkuji rodičům, za toleranci a podporu při studiích.

## Anotace

Řízení výrobní linky elektrických jističů bude realizované PLC Simatic od firmy Siemens. Možnosti řídicích zásahů jsou předem definovány v technickém řešení. Snímané stavy se definují až při tvorbě programu. Řídicí program respektuje tlak investora na snížení ceny výrobní linky. To je dosaženo jednoduchým ovládáním a maximálním vytěžením informace ze snímaných stavů.

Začátek práce je věnován názornému popisu řízeného systému. Nejprve je celý řízený systém rozložen do samostatných modulů, jejichž popis uvádí základní funkční principy, požadavky na řídicí program a předpokládané snímané stavy. Postupně je z jednotlivých modulů složen celý řízený systém.

Následující kapitola popisuje vytvoření řídicího programu metodou dekompozice a definování snímaných stavů. Z ovládání jednotlivých modulů systému je postupně složen komplexní řídicí program. Při tvorbě programu je zdůrazněno jeho nasazení do reálné výroby a všechny požadavky z toho vyplývající. Řídicí program má definovány speciální nouzové režimy, pro vyřešení nepředpokládaných stavů a během činnosti jsou pro podporu údržby shromažďována statistická data o využití jednotlivých částí systému.

V závěru práce je popsáno testování vytvořeného řídicího programu na simulátoru PLC. Testování je důležitou součástí tvorby programu, protože zkracuje dobu instalace a oživení systému, čímž výrazně snižuje náklady.

## Annotation

Controlling of circuit-breaker manufacturing line will be realized by PLC Simatic from Siemens Company. Operation signals are defined by technical solution. Input signal are defined during developing of control program. Control program has to respect investor's pressure on low cost solution. This is reached by simple control interface and maximal gaining of information from inputs signals.

Thesis starts by introduction to controlled system. Description of simple modules shows especially technical principle and controlling requirements. Whole controlled system is builded up from simple modules.

Next chapter shows developing of control program by decomposition method and specification of input signals. Complex control program is compose from controlling of simple modules. Control program developing is pointed out the real use. Therefore control program has special modules for non expected situations and during operations of this controlled system are collected process statistic data of using each component.

The thesis ends by description of testing the control program on PLC simulator. The testing is important part of developing control program, because it shorts time needed for program tuning up in construction of system as well as reduce the costs.

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Vít Růžička**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný  
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Řízení linky na výrobu jističů**

Pokyny pro vypracování:


1. Navrhněte a realizujte řízení technologické linky.
2. Připravte sběr provozních statistických údajů.
3. Připravte sady testů a otestujte řízení technologické linky na simulátoru PLC.

Seznam odborné literatury:

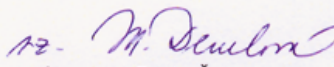
Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Ing. Pavel Burget, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2010/2011

  
prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Boris Šimák, CSc.  
děkan

V Praze dne 10. 2. 2010

# Obsah

<b>Obsah</b>	<b>vii</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>viii</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>ix</b>
<b>Seznam zkratk</b>	<b>x</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Požadavky</b>	<b>2</b>
2.1 Obecné zadání investora . . . . .	2
2.2 Logistické požadavky výroby . . . . .	5
<b>3 Technické řešení</b>	<b>7</b>
3.1 Konstrukční požadavky dopravníku . . . . .	8
3.2 Přechod mezi jednotlivými dopravníky . . . . .	9
3.3 Dělení dopravníků . . . . .	10
3.4 Dopravníkový systém . . . . .	10
3.4.1 Návrátová větev dopravníku . . . . .	12
3.4.2 Dopravník mezi pracovišti SX 12 a SX 13 . . . . .	12
3.4.3 Dopravník mezi pracovišti SX 13 a SX 14 . . . . .	13
3.4.4 Vertikální výhybka . . . . .	14
3.4.5 Skluzavka . . . . .	15
3.4.6 Stoper . . . . .	16
3.5 Popis práce SX 12 . . . . .	18
3.6 Popis práce SX 13 . . . . .	19
3.7 Popis práce SX 14 . . . . .	20

3.8	Doplňující popis . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Programové řešení</b>	<b>22</b>
4.1	Rozdělení linky . . . . .	22
4.2	Část 1 . . . . .	23
4.2.1	FB 3 - obsluha tratí části 1 . . . . .	24
4.2.2	FB 1 - řízení dopravníku . . . . .	25
4.2.3	FB 2 - ovládání pracovišť . . . . .	27
4.3	Část 2 . . . . .	28
4.3.1	FB 9 - řízení části 2 . . . . .	29
4.3.2	FB 4 - řízení zásobníku . . . . .	31
4.3.3	FB 5 - statistika zásobníku . . . . .	34
4.4	Praktické nezbytnosti . . . . .	35
4.4.1	FB 7 - nouzový režim 1 . . . . .	36
4.4.2	FB 8 - nouzový režim 2 . . . . .	37
4.4.3	FC 1 - duplicity . . . . .	39
4.4.4	FB 6 - bezpečnost . . . . .	39
4.5	OB 1 - řízení celé linky . . . . .	42
<b>5</b>	<b>Testování</b>	<b>43</b>
5.1	Inicializace . . . . .	43
5.2	Testovací série části 1 . . . . .	44
5.3	Testovací série části 2 . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Sběr statistických dat</b>	<b>45</b>
6.1	Sběr dat . . . . .	46
6.2	Vyhodnocení dat . . . . .	46
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>47</b>
	<b>Literatura</b>	<b>I</b>
	<b>A Obsah příloženého CD</b>	<b>II</b>



# Seznam obrázků

2.1	Půdorys pracovního prostoru . . . . .	3
2.2	Logistika výroby . . . . .	6
3.1	Dopravník . . . . .	8
3.2	Půdorys řešení . . . . .	11
3.3	Technické řešení, pohled 1 . . . . .	12
3.4	Technické řešení, pohled 2 . . . . .	13
3.5	Výhybka, detail . . . . .	14
3.6	Bokorys skluzavky . . . . .	15
3.7	Bokorys zakončení zásobníku . . . . .	16
3.8	Stoper . . . . .	17
3.9	Pracoviště SX 12 . . . . .	18
3.10	Pracoviště SX 13 . . . . .	19
3.11	Pracoviště SX 14 . . . . .	20
4.1	Část 1 . . . . .	23
4.2	FB 3 . . . . .	24
4.3	FB 1 . . . . .	26
4.4	FB 2 . . . . .	27
4.5	Část 2 . . . . .	29
4.6	FB 9 . . . . .	30
4.7	FB 4 . . . . .	33
4.8	FB 5 . . . . .	34
4.9	FB 7 . . . . .	36
4.10	FB 8 . . . . .	38
4.11	FC 1 . . . . .	39
4.12	FB 6 . . . . .	41
4.13	OB 1 . . . . .	42

# Seznam tabulek

2.1	Výkon práce jednoho pracoviště . . . . .	4
3.1	Výkon práce znásobených pracovišť . . . . .	7

## Seznam zkratk

DB - Data Block, struktura proměnných obvykle vytvořená pro konkrétní FB

DI - digitální vstup řídicího systému (PLC)

DO - digitální výstup řídicího systému (PLC)

E-stop - Emergency stop, nouzové zastavení

FB - Function Blok, funkce používající DB pro ukládání dat

FC - Function

FIFO - First In, First Out

HW - Hardware

L1 - elektrická fáze 1

L2 - elektrická fáze 2

L3 - elektrická fáze 3

MH - moto-hodiny

NZ - nouzový režim

OB - Organizatin Block, programový blok v PLC spuštěný cyklicky

OP - Operační Panel

PLC - Programmable logic controller

SW - Software

# Kapitola 1

## Úvod

Řízení průmyslových procesů pomocí PLC je v současné době standard. Různorodost projektů znesnadňuje tvorbu efektivních univerzálních řídicích programů. Současné PLC jsou výkonné a robustní počítače. Možnosti jejich použití jsou limitovány množstvím informací získaných z pole. Míra řízení dějů v poli zpravidla vyplývá již ze zadání nebo z podstaty technického řešení. Proměnnou při návrhu řešení zůstávají snímané stavy. Při všeobecném tlaku na snížení nákladů je stále více klíčové rozhodnutí, které stavy se budou snímat, jakým způsobem a které informace jsou redundantní a nepodstatné.

K docílení maximální efektivity nasazení PLC při řízení je nezbytný kvalitní program. Nedostatečné vytěžení vstupní informace spolu s kombinací nekomplexního přístupu k projektu znehodnotí celý jinak kvalitně zpracovaný projekt.

Tato práce řeší sestavení seznamu snímaných stavů a následné vytvoření efektivního programu. Hlavním požadavkem jsou minimální náklady, při zachování standardních projekčních řešení.

Práce se nezabývá konkrétní specifikací PLC jednotky, senzorů, tlačítek, sběrnic a způsobem rozvržení elektroinstalace v poli.

# Kapitola 2

## Požadavky

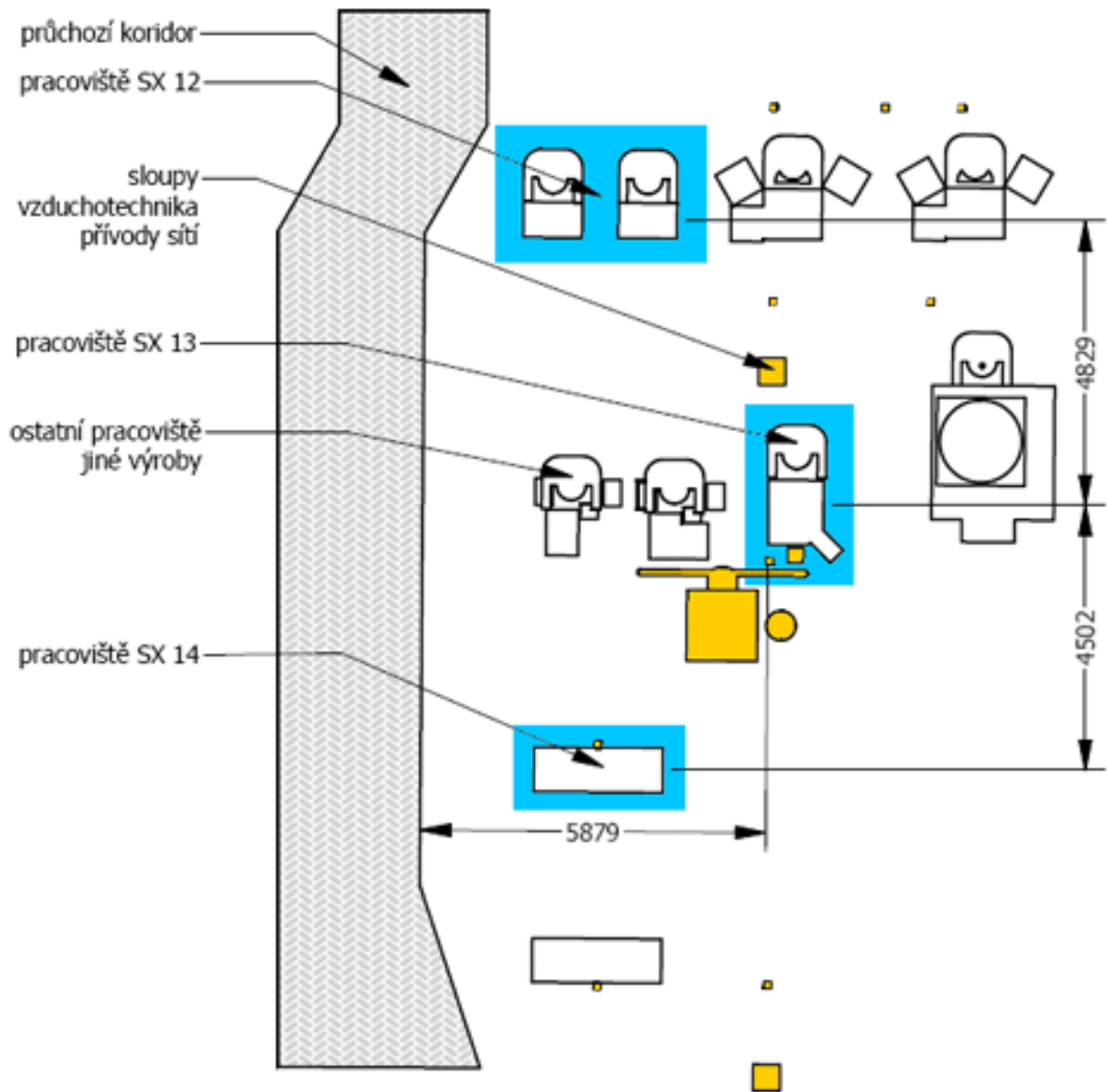
Zadání investora obsahuje základní požadavky na výrobní linku. Cílem je vytvořit automatizované propojení 3 pracovišť při výrobě elektrického jističe. Princip technického řešení nechává investor zcela otevřený, pouze stanovuje objemové výrobní kvóty, které musí navrhované řešení dodržet. Jediným rozhodovacím kritériem mezi návrhy řešení jednotlivých řešitelů oslovených ve výběrovém řízení investora bude cena.

Na zadání odpovídá popis zpracovaného technického řešení. Z podrobně popsaného řešení vyplynou požadavky na řídicí program a seznam snímaných stavů.

Popis samotného řešení je zde omezen pouze na funkční principy a nebude se zabývat technickými detaily, které nemají na řídicí SW PLC požadavky nebo vliv.

### 2.1 Obecné zadání investora

Na obr. 2.1 jsou uvedeny půdorysné dispozice výrobního prostoru. Požadovaný systém *dopravníků* umožní plynulý transport výrobku přes všechna propojená pracoviště. Výrobkem je elektrický jistič ve dvou provedeních, monoblok a trojblok. Systém bude propojovat pracoviště SX 12 složení a snýtování, SX 13 potisk a SX 14 balení.



Obrázek 2.1: Půdorys pracovního prostoru

Zadání uvádí následující spotřebu času práce pro pracoviště při obsazení jedním pracovníkem:

Tabulka 2.1: Výkon práce jednoho pracoviště

pracoviště	monoblok [s/ks]	trojblok [s/ks]
SX 12 - montáž	23,10	37,98
SX 13 - potisk	15,84	15,84
SX 14 - balení	18,66	47,40

Zadání uvádí, že 95% vyráběných jističů bude v provedení trojbloku, zbytek výroby budou monobloky.

Rozdílná spotřeba času při výrobě bude prvotně vyrovnána zvýšením počtu operátorů u vybraných pracovišť a druhotně kumulací výrobku na *dopravníku*. Pro pracoviště SX 12 jsou vhodné 2 operátoři a pro pracoviště SX 14 3 operátoři. Touto násobností dojde k vyrovnání spotřeby času při výrobě s pracovištěm SX 13.

Prostřední pracoviště SX 13 potřebuje během směny přestávku na údržbu výrobního zařízení. Čas, po který je prostřední pracoviště mimo provoz nesmí ovlivnit plynulou činnost zbývajících pracovišť. Systém *dopravníků* musí poskytnout dostatečnou kumulaci výrobků mezi jednotlivými pracovišti, aby nebyla omezena výroba ani při náhodných nebo plánovaných krátkodobých zástavách na jednotlivých pracovištích.

Jako optimální se jeví minimální kapacita zásobníku 2 až 3 hodiny práce mezi jednotlivými pracovišti.

## 2.2 Logistické požadavky výroby

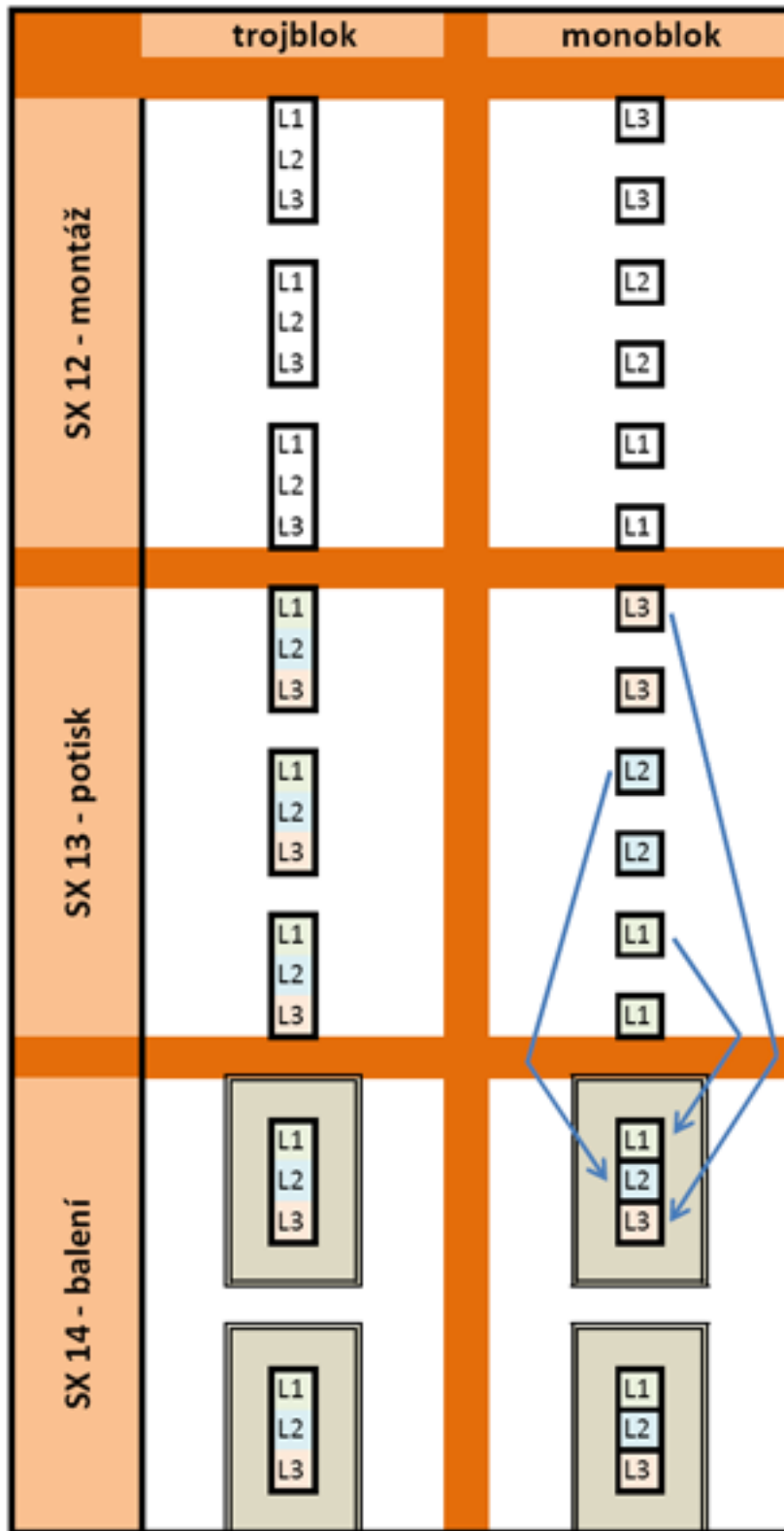
Rozdílné provedení výrobku má rozdílné požadavky na logistiku přepravy v systému. Častěji vyráběné provedení trojblok postupuje přes všechny pracoviště v režimu FIFO.

Doplňkové monoblokové provedení výrobku je na pracovišti SX 12 smontováno v požadovaném množství nejprve v provedení pro L1, poté stejné množství v provedení L2 a nakonec i provedení pro L3. Ve stejném pořadí projdou monobloky potiskem na pracovišti SX 13. Na pracovišti SX 14 jsou monobloky kompletovány do trojic L1+L2+L3 zabaleny. Balení probíhá ve FIFO pořadí tak, aby byla dodržena posloupnost výrobních zakázek, tak jak byly do výroby zadávány. Monobloky pro jednotlivé fáze se vyrábí sériově kvůli principu potisku. Na pracovišti SX 13 je tiskový karuselový poloautomat. Stroj je nastaven na tisknutí jednotlivých popisků a označení pro určitou fázi. Přenastavení stroje na jiný popisek trvá desítky minut. Proto se vyrábí a tiskne v sériích o stejných fázích.

Rozdíl v logistice přepravy výrobku ve dvou provedeních je demonstrován na obr. 2.2.

Požadovaný *dopravníkový* systém musí zajistit výrobu obou provedení. Přechod mezi oběma druhy výroby musí být plynulý a bez nutnosti vyprázdnění linky.





Obrázek 2.2: Logistika výroby

# Kapitola 3

## Technické řešení

Tvar výrobku není vhodný pro samostatný transport po *dopravníku*. Optimální je použít standardizované přepravky investora o rozměrech 200×315×465mm (výška×šířka×délka). V nich jsou výrobky vhodně chráněny při transportu. Investor má přepravek dostatek a používá je ve více aplikacích. Tím odpadají problémy s náhradními přepravkami pro případ zničení a také nevznikají další náklady v projektu. Kapacita přepravky je 10 trojbloků a 30 monobloků.

Hodnoty spotřeby výrobních časů přepočítaných na výrobní dávky při použití přepravek ukazuje tabulka 3.1.

Tabulka 3.1: Výkon práce znásobených pracovišť

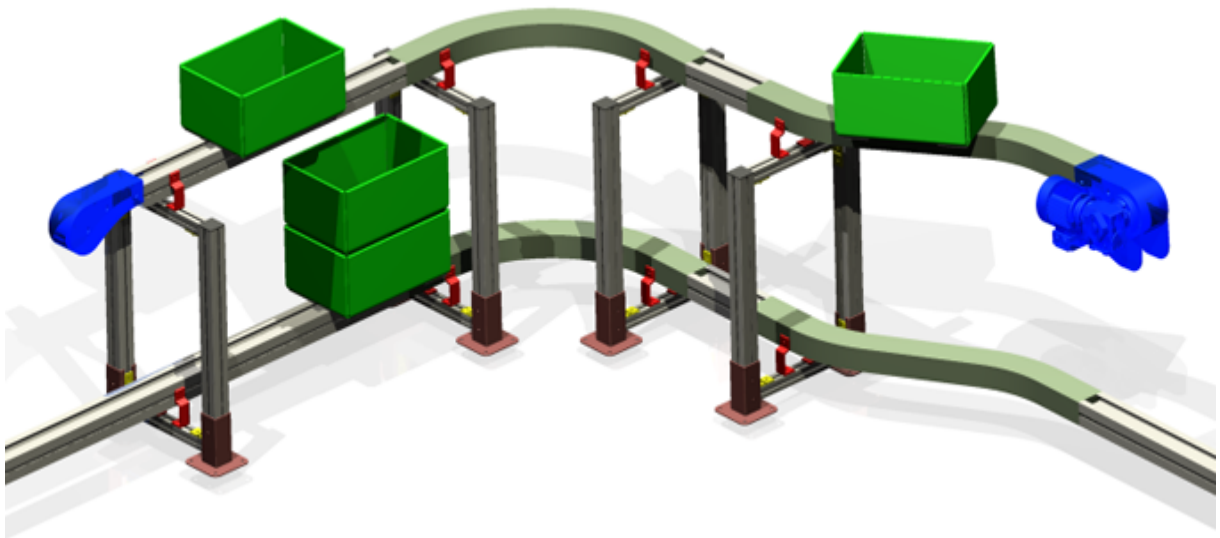
pracoviště	monoblok [s/přepravka]	trojblok [s/přepravka]
2 ×SX 12 - montáž	340	190
1 ×SX 13 - potisk	475	158
3 ×SX 14 - balení	187	158

Kapacita mezioperační kumulace je definována délkou *dopravníku*, který je pro kumulaci vyhrazen. Délka byla z konstrukčních důvodů zvolena 21 metrů, což odpovídá dvou hodinám práce nejrychlejšího pracoviště SX 13.

### 3.1 Konstrukční požadavky dopravníku

*Dopravníky* použité v návrhu řešení jsou modulární systémy s článkovým řetězem, viz. obr. 3.1. *Dopravník* začíná návratovou jednotku, která slouží k vedení řetězu při obrátce ze spodní - návratové - strany *dopravníku* na horní. *Dopravník* končí motorovou jednotkou, která je konstrukčně obdobná návratové jednotce a je vybavena pohonným kolem a hřídelí. Na hřídel je nasunut elektromotor. Ovládání motoru PLC realizuje jednotkou spínání silového výstupu. Zapnutím příslušného DO pro jednotku silového výstupu je motor zapnut do provozních otáček. Rázová vlna při startu zvyšuje opotřebení *dopravníku* a negativně působí na výrobky na *dopravníku*. Pozvolný náběh při startu je řešen doplňkovým HW komponentem slow start. Jednotka slow start je samostatné elektrické zařízení spolupracující s jednotkou silového výstupu. Jednotka slow start je pro řídit SW PLC neviditelná. Systém motor ovládá pouze jedním DO přes jednotku silového výstupu doplněnou komponentem slow start.

Obrázky v této práci jsou použity z návrhu řešení. Přesné rozmístění, délky dílčích *dopravníků* a ani drobný zásah do průchozího koridoru nejsou podstatné. Před případnou realizací bude projekt upraven ve spolupráci s investorem.



Obrázek 3.1: Dopravník

Navrhovaný systém *dopravníků* musí mít schopnost přepravit plné přepravky ve směru výroby a prázdné přepravky v protisměru zpět na začátek výroby. Zároveň dodržet speciální logistické požadavky vyplývající z rozdílných druhů výrobku. Splnění těchto požadavků si nárokuje více jak 80 metrů *dopravníku*.

Z konstrukčních požadavků *dopravníku* není možné provést jeden *dopravník* o celkové požadované délce. Proto je navržený systém sestaven z několika *dopravníků*. Mezi pracovišti SX 12 a SX 13 bude použito 6 *dopravníků*; mezi pracovišti SX 13 a SX 14 5 *dopravníků*; návratová větev 5 *dopravníků*. Počet *dopravníků* stanovuje počet použitých motorů a zároveň počet signálů do řídicího SW PLC potřebných pro jejich řízení. Stanovení přesné topografie a dělení *dopravníků* bude předmětem před-realizačních jednání.

## 3.2 Přechod mezi jednotlivými dopravníky

Jednotlivé *dopravníky* jsou sesazeny v linii za sebou. Výrobky umístěné v přepravce samostatně přejíždí z jednoho *dopravníku* na následující. Vybočení přepravky zamezí boční vedení *dopravníku*. Přechod je možný pouze pokud jsou oba, první i následný *dopravník* v chodu. Na přechodu mezi *dopravníky* není možné kumulovat přepravky. Úseky přechodu jsou z kumulace vyloučeny. Před přechodem musí být přepravky zastaveny a uvolněny na základě pokynů řídicího SW PLC. Zastavení přepravek na *dopravníku* provádí *stoper*, viz. bod 3.4.6.

### 3.3 Dělení dopravníků

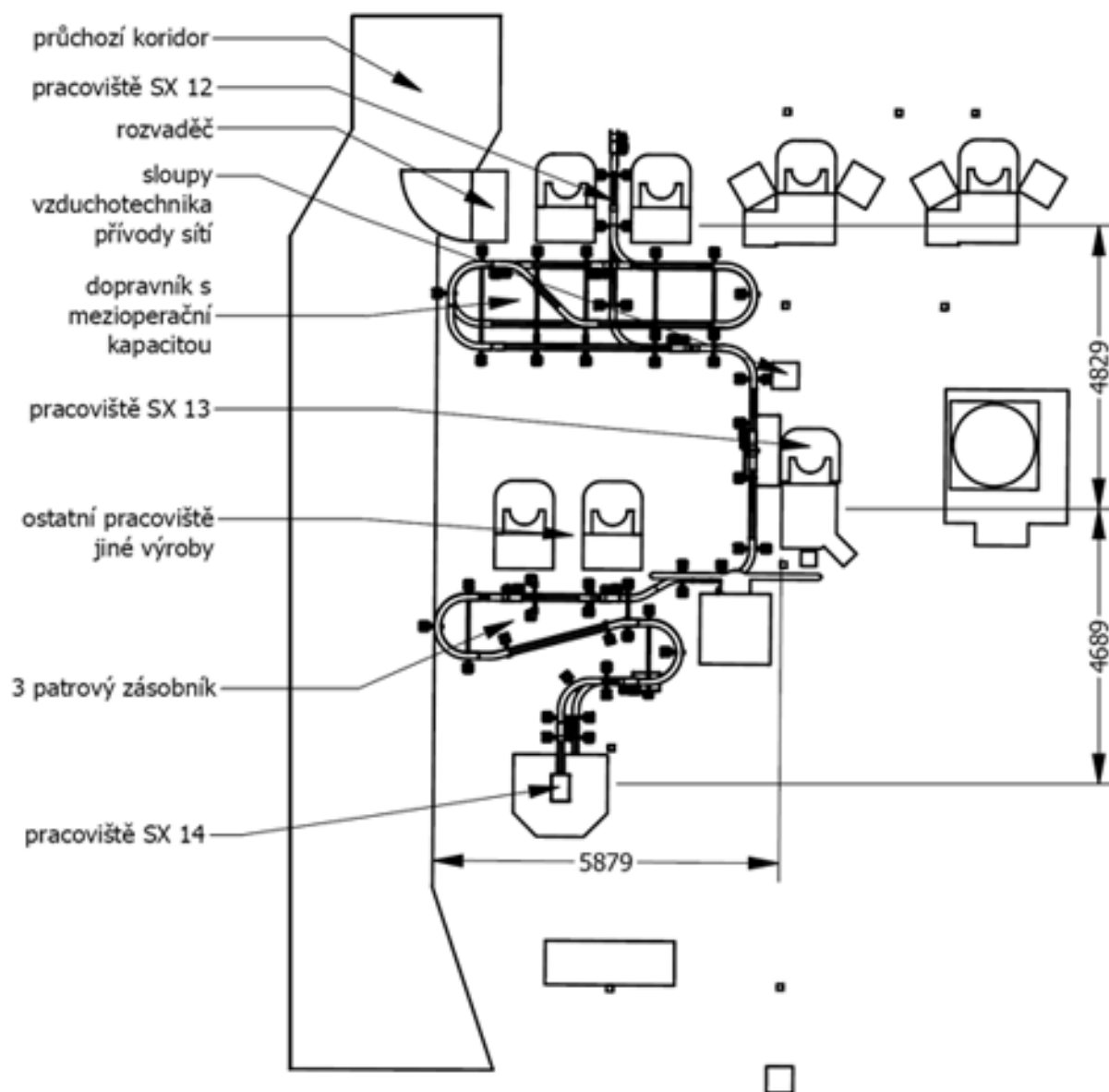
Z technických důvodů je vhodné rozdělit mezioperační kumulaci přepravek na *dopravnících* do menších dávek. Kumulace probíhá zadržením přepravek na stále běžícím *dopravníku*. Přepravky na *dopravníku* prokluzují. Více zadržovaných přepravek v linii za sebou vytváří tlak na první přepravku. Při dosažení kritického tlaku by mohlo dojít k poškození první přepravky a tím i poškození výrobku, což je nepřípustné. V zatáčkách by také vznikala značný boční tlak, který by mohl poškodit boční vedení *dopravníku*.

Navržená topografie *dopravníku* v sobě kombinuje požadavky na dělení *dopravníku* z důvodu maximální délky jednotlivých *dopravníků* s požadavky na dělení mezioperačních kumulací tak, aby místo dělení mezioperační kumulace bylo zároveň využito i pro dělení *dopravníku*. Výsledkem je minimální počet úseků (počet *dopravníků*), což vede k minimalizaci počtu nutných elektromotorů a minimalizaci počtu signálů potřebných pro jejich řízení. Detailní stanovení topografie *dopravníku* bude předmětem kontraktačních jednání s investorem.

### 3.4 Dopravníkový systém

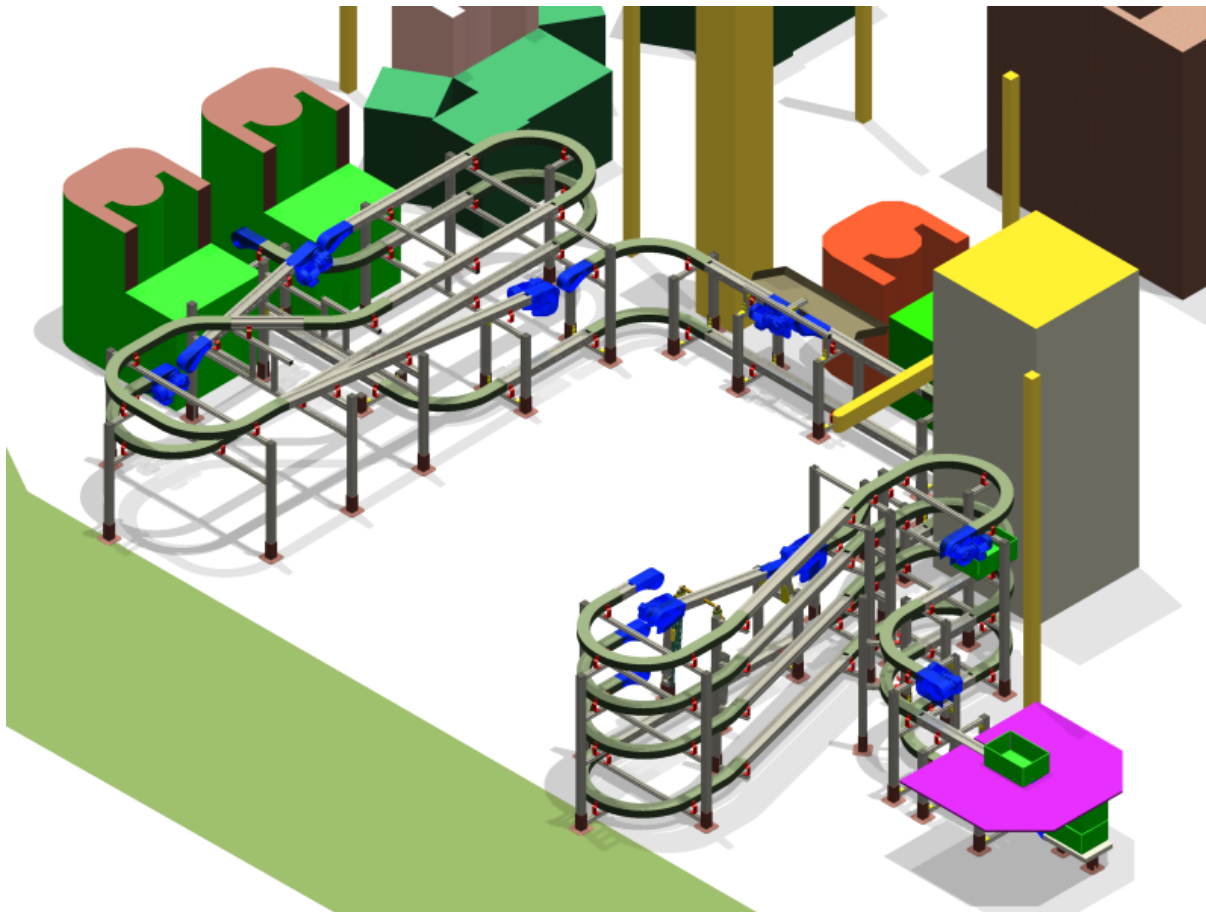
Poskytnutá podlahová plocha investorem vznáší protichůdné požadavky, viz obr. 2.1. Potřebu vyhnout se stávajícím pracovištím ostatní probíhající výroby a potřebu zachování dostatečných přístupových prostor a průchodů. Např. operátor pracoviště SX 13, které provádí potisk, musí během pracovní směny provádět pravidelné čištění tiskových nástrojů, a proto musí mít zachovaný snadný a pokud možno nejkratší přístup k pracovišti určenému pro mytí.

Omezený půdorys prostoru pro realizaci systému *dopravníků* byl vyřešen rozvržením systému do několika pater. Rozmístění komponent *dopravníkového* systému je na půdorysu obr. 3.2.



Obrázek 3.2: Půdorys řešení

Přehlednější zobrazení podstatných částí je na obr. 3.3. Pro lepší přehlednost nejsou na obr. 3.3 znázorněny pracoviště jiné výroby a rozvaděč.



Obrázek 3.3: Technické řešení, pohled 1

### 3.4.1 Návrátová větev dopravníku

Nejspodnější trať na obr. 3.3 je návratová větev z pracoviště SX 14 k pracovišti SX 12. Zajišťuje přepravu prázdných přepravek zpět na začátek výroby. Přepravky po ní jezdí prázdné, složené do dvojic na sebe. To umožnilo podstatné zkrácení návratové větve *dopravníku*.

### 3.4.2 Dopravník mezi pracovišti SX 12 a SX 13

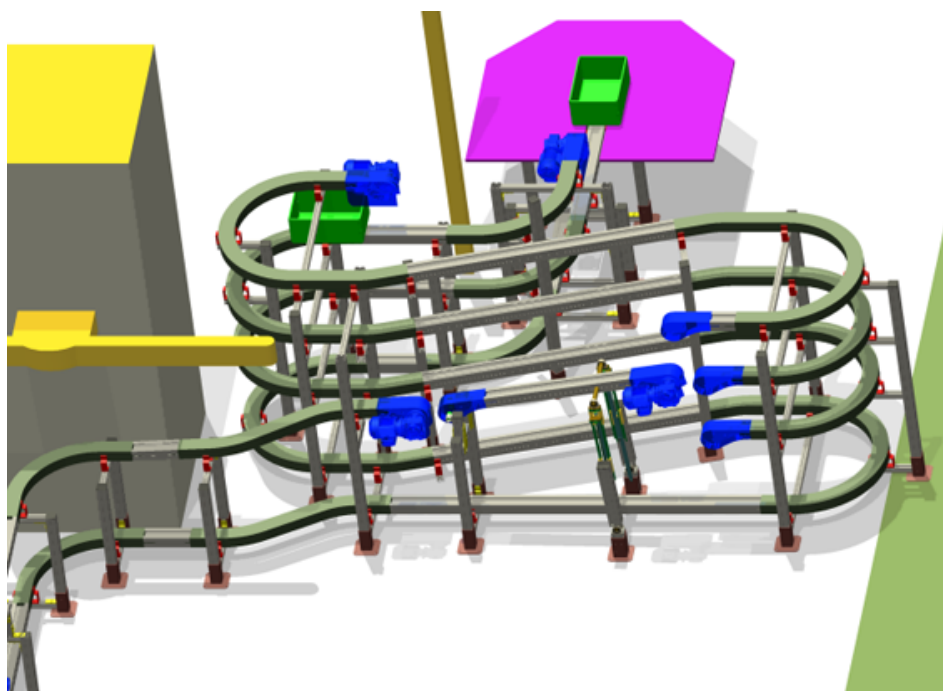
Přenos prázdné přepravky z návratové větve a její položení na začátek *dopravníku* provádí operátor manuálně. *Dopravník* zabezpečuje přepravu FIFO pro obě provedení

výrobku. Mezioperační zásoba požaduje dostatečnou délku *dopravníku*. Naproti tomu půdorysná dispozice neposkytuje dostatečnou podlahovou plochu. Proto je zde kumulace výrobků provedena v patrech nad sebou.

### 3.4.3 Dopravník mezi pracovišti SX 13 a SX 14

Na obr. 3.4 je pohled na *dopravníkový* systém z jiného směru pro ukázkou tratí mezi pracovišti SX 13 a SX14. Nejspodnější trať je již zmiňovaná návratová větev systému. Vrchní 3 patra tvoří prostor pro zásobník. Jeho rozdělení do 3 pater umožňuje respektování logistického požadavku na seskupování výrobků podle jednotlivých fází, při výrobě výrobku v provedení monoblok. Rozdělení toku výrobku do jednotlivých pater provádí vertikální *výhybka*.

Výstup ze zásobníku je proveden sklouznutím krabice na nižší patro, případně na nejnižší patro zásobníku, které je zároveň protaženo až k pracovišti SX 14.



Obrázek 3.4: Technické řešení, pohled 2

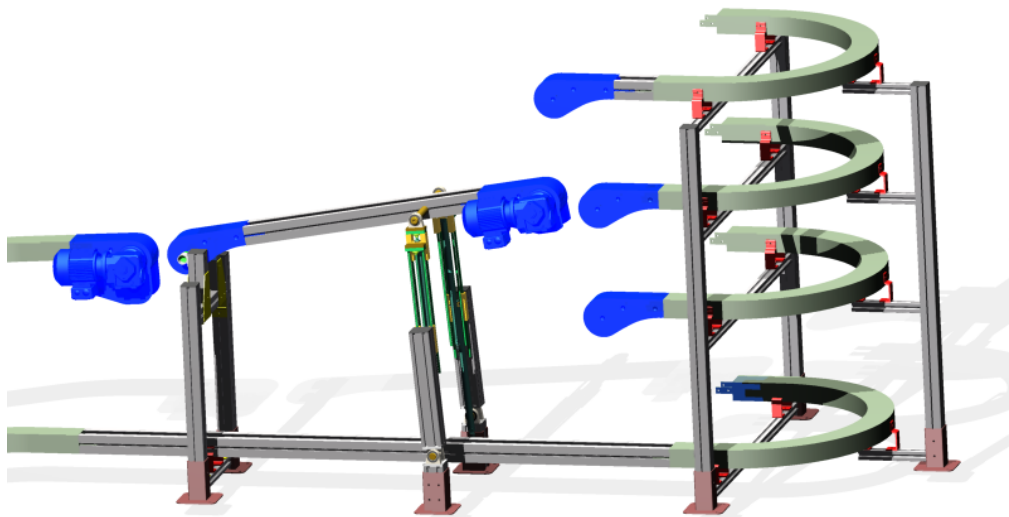


### 3.4.4 Vertikální výhybka

Na obr. 3.5 je detail *výhybky* pro vstup do zásobníku. Přepravky přijíždí z pracoviště SX 13 a podle instrukcí řídicího SW PLC se *výhybka* vertikálně nasměruje do zvoleného patra. *Výhybka* je krátký *dopravník* s jedním koncem pevně ukotveným v otočném čepu a druhým koncem ukotveným na dvou sériově spojených pneumatických válcích. Z konstrukčních důvodů je tato dvojice válců po obou stranách *výhybky*. Kombinací vysunutí jednoho, druhého nebo obou válců, může *výhybka* směřovat do všech tří pater zásobníku. Válce jsou pneumatické, dvojčinné s kontrolou krajní polohy magnetickým dvoustavovým senzorem. Senzor odpoví signálem sepnuto, pokud zaznamená přítomnost pístu pneumatického pohonu. Sensory jsou instalovány do krajních poloh pneumatického válce.

Pro přestavení vertikální *výhybky* je nutno zajistit, aby na *dopravníku* nebyla přítomna žádná přepravka.

Pro fixování polohy při nouzovém zastavení výroby, které je provázeno odpuštěním tlaku z pneumatického systému, jsou válce vybaveny samočinnými pneumatickými zámky, které nemají vliv ani požadavky na řídicí SW PLC.

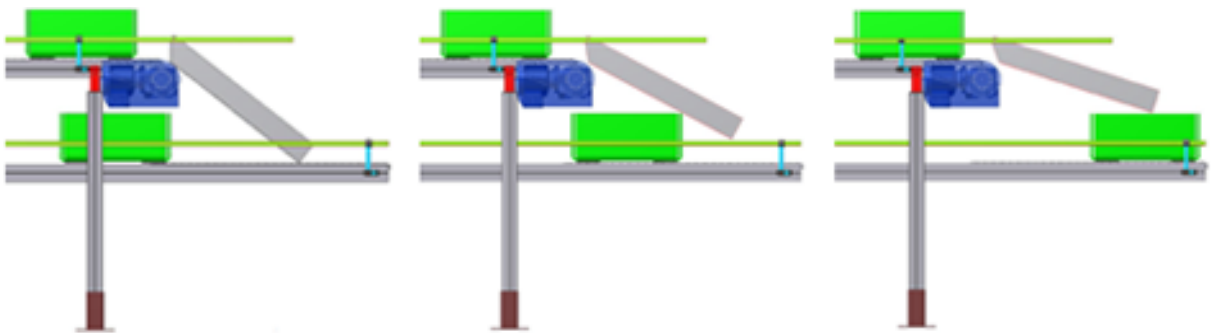


Obrázek 3.5: Výhybka, detail

### 3.4.5 Skluzavka

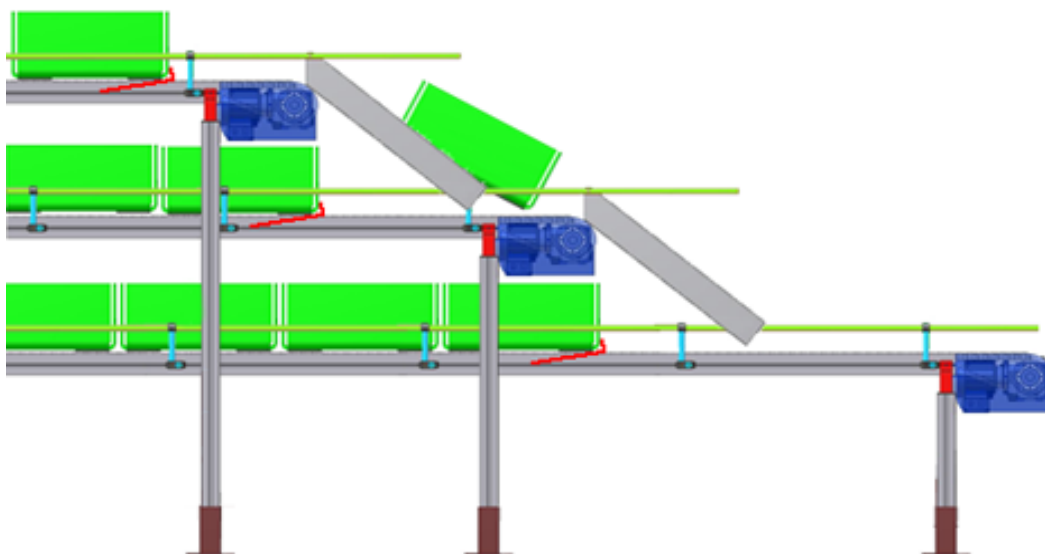
*Skluzavka* z vrchního *dopravníku* o patro níž není na obrázku obr. 3.3 zobrazena, protože funguje pasivně a systém neovlivňuje. Pouze mechanická konstrukce zohledňuje tlak investora na minimalizaci ceny.

Na obr. 3.6 je bokorys dvou *dopravníků*. Vrchní je zakončen *skluzavkou*. Na obrázku nejsou znázorněny *stopery*, které jsou podmínkou správné funkce *skluzavky* a zajišťují, aby se na *skluzavce* nepotkaly přepravky z horního i dolního patra zároveň. Přepravka z horního patra po *skluzavce* sama sklouzne. Při průjezdu přepravky ze spodního patra si přepravka vlastní silou nadzvedne *skluzavku* a pod ní podjede. Výrobky jsou v přepravce zcela ukryty a nevyčnívají. Tím nedojde k mechanickému kontaktu mezi výrobkem a *skluzavkou* a výrobek není ohrožen. Pro funkci *skluzavky* je třeba, aby byly v chodu i nižší *dopravníky* než je patro, ze kterého je vypouštěna přepravka.



Obrázek 3.6: Bokorys skluzavky

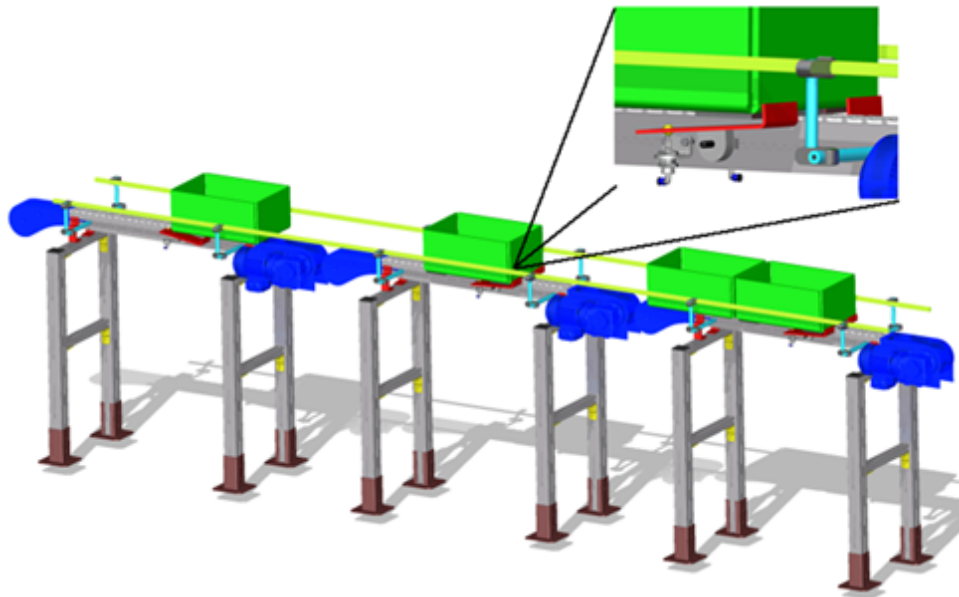
Každé patro zásobníku je samostatným *dopravníkem* s jedním *stoperem* na konci a *skluzavkou*. Spodní *dopravník* již není vybaven *skluzavkou* a je prodloužen až na pracoviště SX 14. *Stoper* na vrchním *dopravníku* je těsně před sklopkou. *Stoper* na prostředním *dopravníku* je umístěn od konce *dopravníku* v dostatečné vzdálenosti, tak aby vznikl schod, na který přepravka z vrchního patra sklouzne a bude pokračovat na *skluzavku* zakončující prostřední patro. Spodní patro zásobníku je protažené k pracovišti SX 14 a slouží k dopravě přepravek na pracoviště. *Stoperem* je oddělena část patra pro kumulaci a část pro dopravu přepravek na balení. Ukázka rozmístění *stoperů* a *skluzavek* je na obr. 3.7.



Obrázek 3.7: Bokorys zakončení zásobníku

### 3.4.6 Stoper

*Stoper*, viz obr. 3.8, provádí zastavení přepravky na *dopravníku* v požadovaném místě. *Stoper* musí udržet více než jednu přepravku a vytvořit kumulaci. Při výpadku nebo při nouzovém zastavení *dopravníku* a odpouštění tlakového vzduchu ze systému musí *stoper* zůstat v poloze zastaveno a nesmí dojít k uvolnění přepravek, aby byl dodržen požadavek investora na logistiku dopravy přepravek. Proto byl v konstrukci *stoperu* použit pneumatický píst jednočinný. *Stoper* uvolní přepravku pouze na základě signálu řídicího SW PLC. Tento příkaz může být vydán pouze, je-li za *stoperem* dostatečné místo pro odjetí přepravky. To je zjišťováno kapacitním dvoustavovým senzorem umístěným do požadované vzdálenosti za *stoperem*. Po vypnutí signálu od řídicího SW PLC se *stoper* bez pomoci tlakového vzduchu vrátí do výchozí polohy zavřeno.



Obrázek 3.8: Stoper

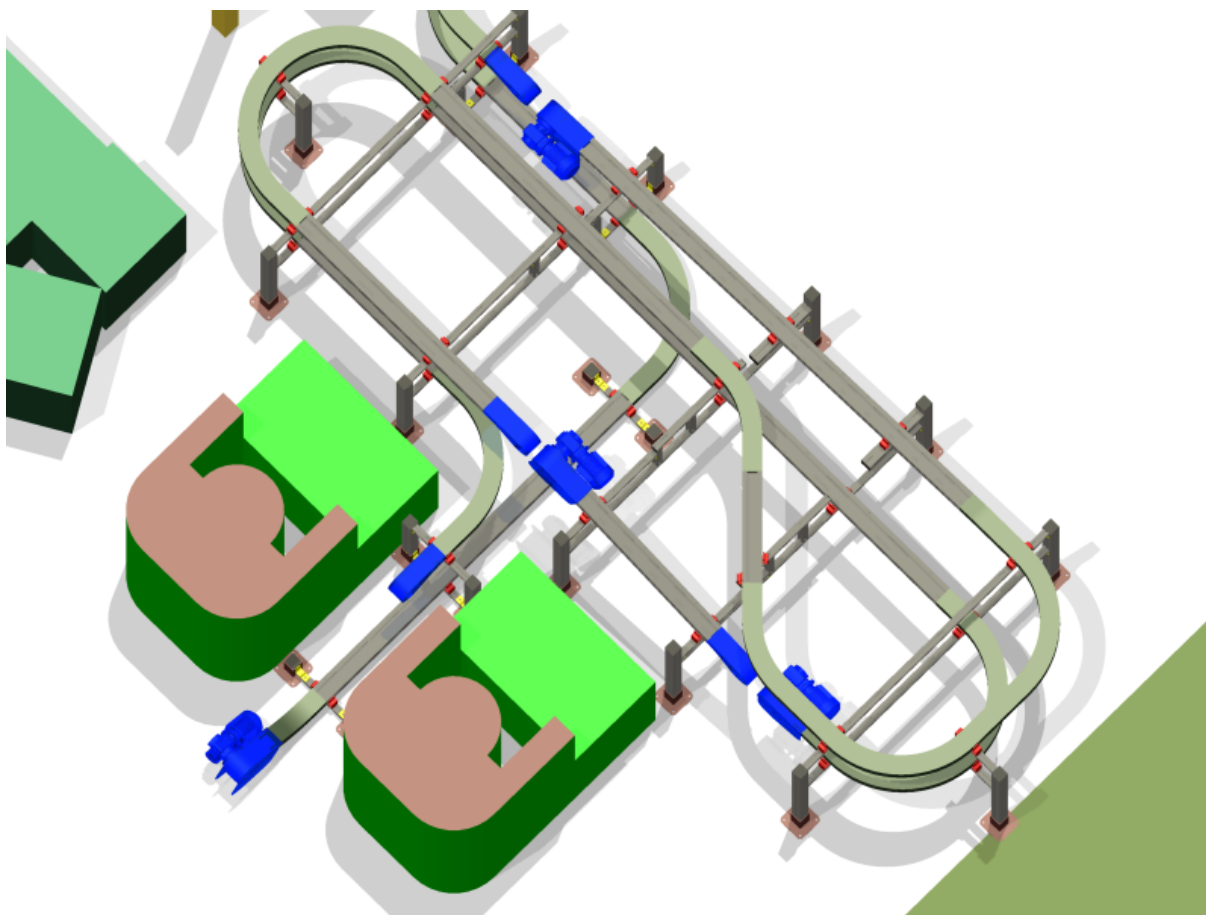
*Stoper* je jednoduché zařízení skládající se z jednočinného pneumatického válce a mechanické kulisy. Použití jednočinného válce snižuje počet DO řídicího SW PLC. V zavřeném, základním, stavu *stoperu* je pneumatický válec v zasunutém stavu a mechanická kulisa zasahuje do průjezdného profilu *dopravníku* a drží přepravku za spodní okraj. Při přechodu do otevřeného stavu se pneumatický píst vysune, mechanická kulisa opustí průjezdný profil *dopravníku* a dojde k uvolnění přepravky. Přechod zpět do zavřeného stavu se provádí zasunutím pneumatického válce, mechanická kulisa opět vstoupí do přepravního prostoru *dopravníku*. Změna stavu *stoperu* se ovládá jedním DO PLC.

Systém *stoperů* je výhodný pro propouštění jedné přepravky. Časovač na otevření *stoperu* zajistí otevření pouze po dobu projetí první poloviny přepravky. Při uzavření *stoperu* dojde k přizvednutí zadní části přepravky, která má hladké dno a přepravka postupně vlivem tahu *dopravníku* a tlakem zadní přepravky z kulisy *stoperu* sklouzne.

Pro požadavky řídicího SW je před *stoperem* umístěno čidlo detekující přítomnost přepravky. Volného místa na následujícím *dopravníku* je detekováno čidlem na počátku *dopravníku*. Obě čidla jsou dvoustavové kapacitní, každé v systému reprezentováno jedním DI.

### 3.5 Popis práce SX 12

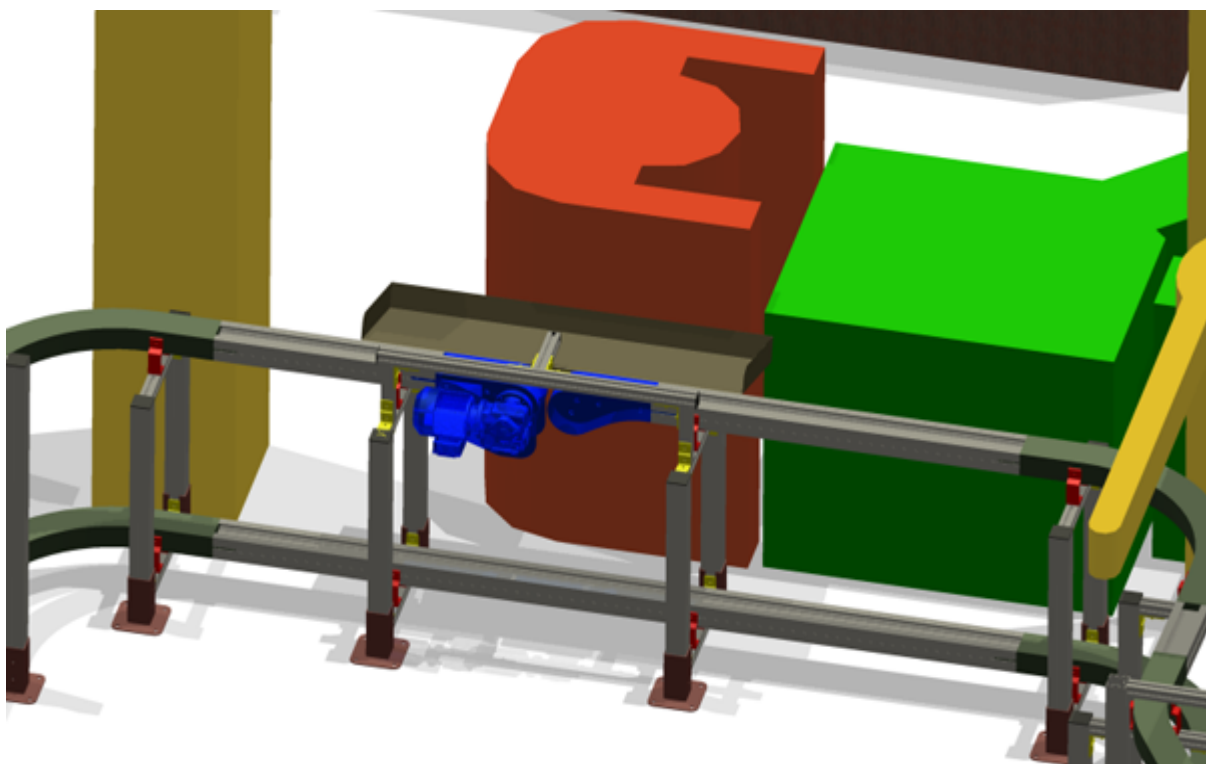
*Dopravníkový* systém u pracovišť SX 12, viz. obr. 3.9, má jeden společný ovládací panel pro 2 operátory. Operátoři stiskem tlačítka přivolají dvojici na sobě položených prázdných přepravek z kumulace prázdných přepravek zadržované na návratové větvi. Prázdnou přepravku manuálně vyzvednou ze spodní návratové větve a umístí ji na podložku před začátkem *dopravníku*. Podložka není na obr. 3.9 zobrazena. Přepravku postupně naplní výrobky. Výrobky naplněnou přepravku manuálně posunou na počátek *dopravníku* a přepravka odjede. Stejným způsobem naplní a odešlou druhou přepravku. Poté opět tlačítkem přivolají následnou dvojici přepravek. Tento postup výroby je stejný pro oba druhy výrobku.



Obrázek 3.9: Pracoviště SX 12

### 3.6 Popis práce SX 13

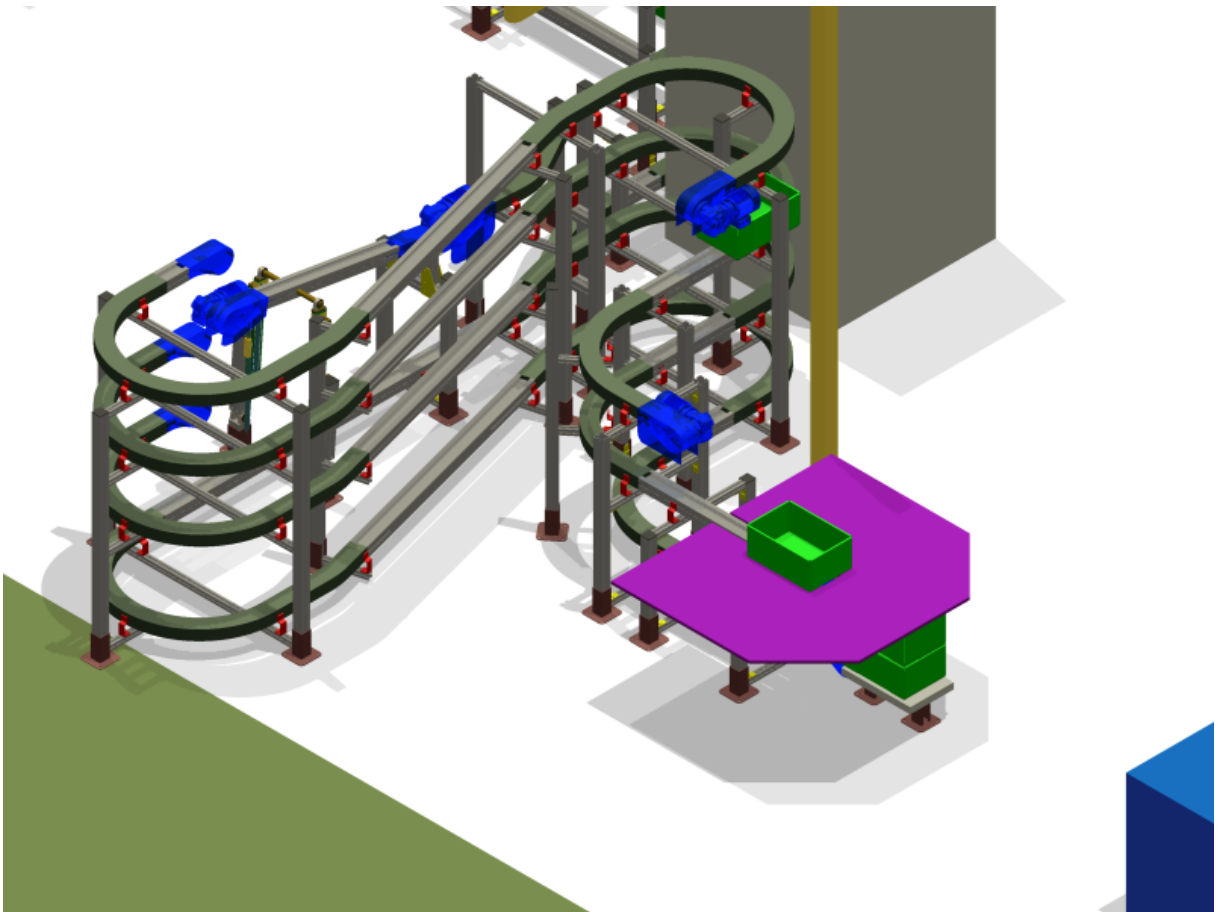
Operátor pracoviště SX 13, viz obr. 3.10, pomocí tlačítka přivolá jednu naplněnou přepravku z mezioperační kumulace. Bočně ji vysune na pracovní polici, která je ergonomicky skloněna. Nepotištěné výrobky odeberá z přepravky, potiskne a vkládá je do předchozí prázdné přepravky. Tím je zabráněno, aby došlo ke smíšení potištěných a nepotištěných výrobků v jedné přepravce. Po naplnění předchozí prázdné přepravky potištěnými výrobky operátor zvolí přepínačem druh výrobku - trojblok, monoblok L1, monoblok L2, monoblok L3 a odešle přepravku do zásobníku.



Obrázek 3.10: Pracoviště SX 13

### 3.7 Popis práce SX 14

Na pracovišti balení, viz obr. 3.11, je jeden společný ovládací panel pro 3 operátory. Zmáčknutím tlačítka libovolný operátor přivolá jednu přepravku z mezioperační kumulace. Z přepravky postupně odebírají všichni 3 operátoři. Vyprázdněnou přepravku manuálně umístí na podložku před začátek návratové větve *dopravníku* a přivolají si následnou přepravku. Po jejím vyprázdnění ji položí na první přepravku a obě posunou na návratovou větev. Toto je pracovní postup pro výrobu výrobku v provedení trojblok. Při zpracování výrobku v provedení monoblok, po přivolání přepravky přijede přepravka v provedení pro fázi L1, operátoři přivolají následnou přepravku v provedení L2 a následně L3. Operátoři si ponechají přepravky na pracovním stole a postupně odebírají výrobky. Výrobky skládají do sestav L1+L2+L3, které zabalí. Vyprázdněné přepravky odešlou stejně jako v předchozím případě.



Obrázek 3.11: Pracoviště SX 14

### 3.8 Doplnující popis

PLC zaznamenává statistická data o *dopravnících* a pneumatických válcích. *Dopravníkům* jsou počítány provozní hodiny motorů. Provozní hodiny nezávisí na zatížení poháněného *dopravníku*. Pneumatickým válcům se zaznamenává počet pohybových cyklů. Pro možnost vyřazení poškozené přepravky systém nekontroluje počet vyjmutých a počet vložených přepravek na jednotlivých pracovištích. Tvorba funkce vyřazování poškozených přepravek není efektivní investicí. K popisu *dopravníkového* systému nezahrnuje detailní popis ani specifikaci standardních komponentů, např.: pneumatické ventily, e-stop tlačítka atd. Kompletní soupis použitých DI a DO je v příloze A.



# Kapitola 4

## Programové řešení

*Dopravníkový* systém je logikou programové obsluhy rozdělen na dvě části. První část je složená ze stejných sériově složených bloků. Druhá část je unikátní.

Dekompozice požadavků na řídicí SW *dopravníkového* systému vyřeší problémy jednotlivých částí procesu. Následným zřetězením a zabalením jednotlivých částí do větších bloků vzniknou funkční pilíře programu.

Pro nasazení do reálné výroby je nutné program přizpůsobit pro neplánované stavy. Linka se může omylem dostat do nepředpokládaného stavu, například špatnou detekcí projetí přepravky. Z každého stavu existuje řešení, jak se dostat zpět do standardního režimu. Tento způsob řešení nestandardních situací nepředpokládá poškození linky např.: výpadek funkce čidla.

K funkčnímu programu je nutné přidat standardní náležitosti např.: inicializace bezpečnostních tlačítek, inicializace pneumatiky atd. Celý program je v příloze A.

### 4.1 Rozdělení linky

Linka je svým charakterem rozdělena na dvě části. První část využívá do série spojených *dopravníků* se *stoperem*. Tato část linky tvoří návratovou větev a trať mezi SX 12 a SX 13. Patrový zásobník a jeho vstupní *dopravníky* tvoří druhou odlišnou strukturu.

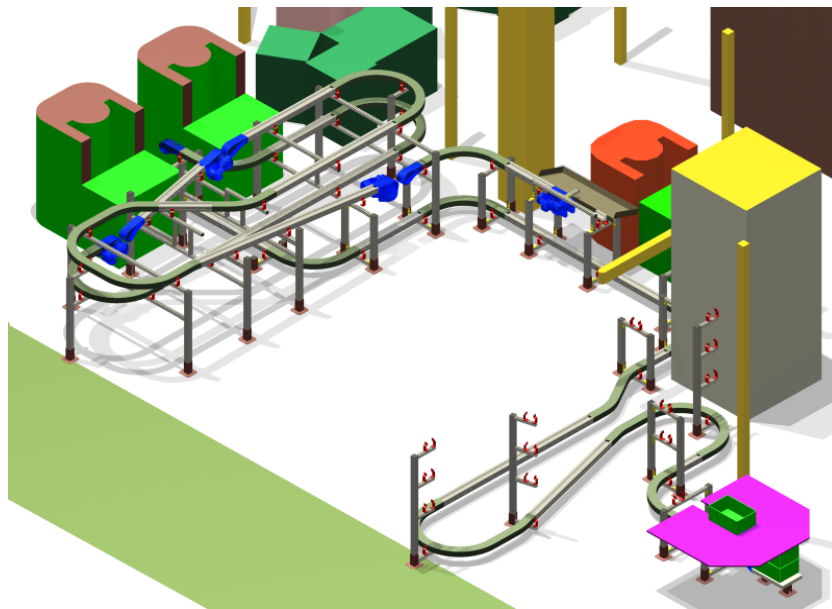
Řízení první části linky se skládá ze zřetězených řízení jednotlivých *dopravníků*. Při zvolení vhodného procesu řízení jednotlivého *dopravníku* je funkční blok univerzální. Malou modifikací na vstupu funkčních bloků lze vyřešit ovládání prvního a posledního *dopravníku* ze série.

## 4.2 Část 1

Dopravníkový systém v části 1, viz. obr. 4.1, jsou dvě série *dopravníků se stopery* viz. obr. 3.8. První série tvořená 5 *dopravníky* je návratová větev. Druhá série 5 *dopravníků se stopery* je trať mezi SX 12 a SX 13. Přepravky prochází oběma sériemi v režimu FIFO.

Návratová větev začíná vkládáním dvojic prázdných přepravek do návratové větve na pracovišti balení SX 14. Přepravky jsou po návratové větvi předávány mezi *dopravníky*, tak aby se veškerá kapacita soustředila před pracovištěm SX 12. Po přivolání prázdné dvojice přepravek na SX 12 dojde k doplnění vzniklého místa na posledním *dopravníku* dvojicí přepravek z předchozího *dopravníku*. Tato reakce postupuje řetězově návratovou větví v protisměru, až na posledním *dopravníku* s prázdnými přepravkami vznikne volné místo.

Trasa od SX 12 k SX 13 začíná vkládáním plné přepravky na *dopravník*. Přepravky jsou stejným principem jako na návratové větvi posouvány až před pracoviště SX 13. Na trase je stoupání realizované jedním *dopravníkem* bez *stopery*. Stoupání neslouží ke kumulaci. Motor stoupacího *dopravníku* je řízen chováním motoru následujícího *dopravníku se stoperem*. Toto je programově řešeno v bloku duplicit. Celkový počet *dopravníků* na této trase je 6, ale pouze 5 má na svém konci *stoper*.

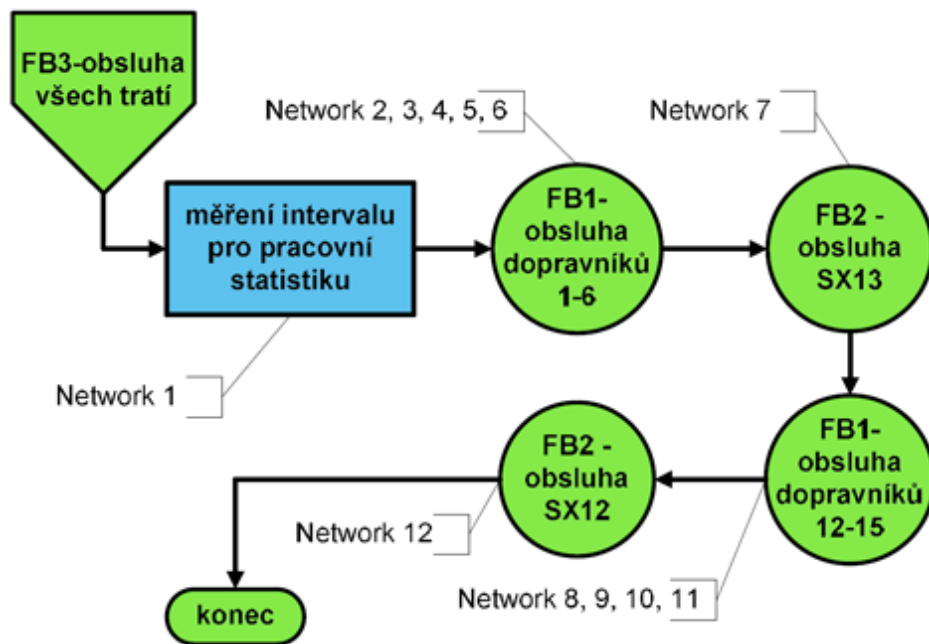


Obrázek 4.1: Část 1

*Dopravníky* v celé části 1 jsou při nepřítomnosti přepravy vypnuté. Vypínání *dopravníků*, kterou jsou zaplněné přepravkami je z technických důvodů nežádoucí. K odtržení přepravy od rozjíždějícího se *dopravníku* je nutná cca. trojnásobná síla, než při udržování zadržené přepravy ve skluzu na pohybujícím se *dopravníku*.

#### 4.2.1 FB 3 - obsluha tratí části 1

Řízení části 1 je realizováno FB 3 na obr. 4.2. V první části podprogramu se modrý blok stará o měření intervalu pro výpočet pracovních statistik - podrobněji viz. dále. Oznámení o uplynutí intervalu se předává vstupní proměnnou volaného podprogramu. Po měření intervalu následuje série volání FB 1 pro obsluhu *dopravníků* se *stopery* na trati mezi SX 12 a SX 13. Řešení FB 1 je popsáno níže v bodu 4.2.2. Po obsluze první dávky *dopravníků* je volán FB 2 pro obsluhu požadavku přivolání přepravy na pracoviště SX 13. Obsah FB 2 je popsán níže v bodu obr. 4.4. Stejným způsobem se obslouží i zbývající *dopravníky* části 1 a pracoviště SX 12.



Obrázek 4.2: FB 3

### 4.2.2 FB 1 - řízení dopravníku

FB 1 na obr. 4.3 obsluhuje jeden *dopravník* se *stoperem* popsaným v bodu 3.4.6. K detekci přepravky na vstupu je použito ovládání *stoperu* předchozího *dopravníku*. Pokud je vydán příkaz k otevření předchozího *stoperu* (vždy pro jednu přepravku), inkrementuje se počet přepravek tohoto *dopravníku*. K inkrementaci počtu přepravek tedy dojde ještě předtím, než přepravka přijede na *dopravník*.

Vstupní *dopravník* nemá předchozí *stoper*. *Stoper* je nahrazen dvoustavovým kapacitním čidlem.

Kontrola přítomnosti přepravky na *dopravníku* ověřuje hodnotu proměnné reprezentující počet přepravek na *dopravníku*. Jeli proměnná větší, než 0 je *dopravník* spuštěn nebo udržován v chodu. Při vypuštění poslední přepravky je *dopravník* zastaven až po uplynutí 10s. Tento interval zajistí správné přejetí přepravky na následující *dopravník*.

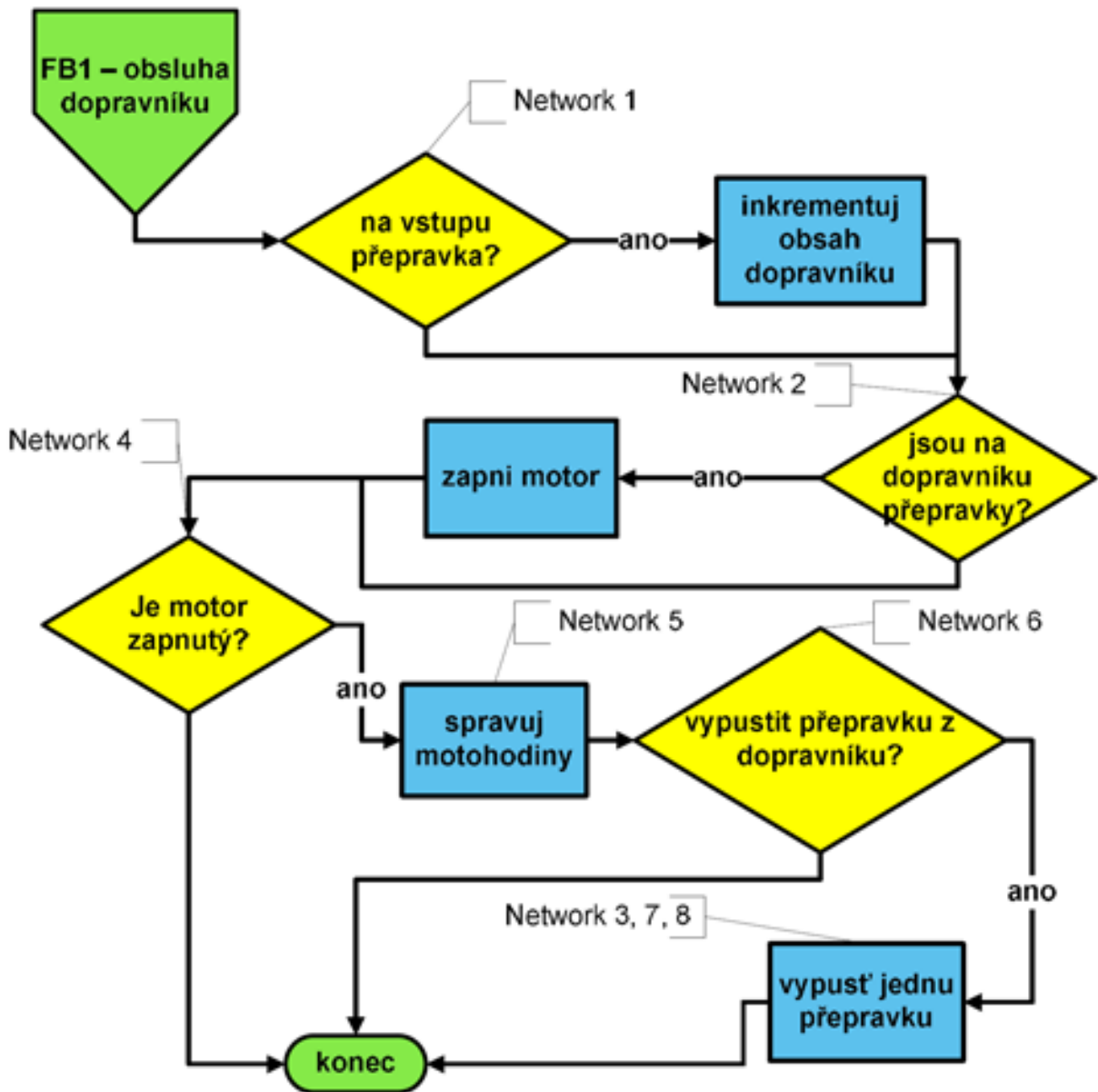
Při příchodu signálu o uplynutí intervalu pro počítání statistik z bloku FB 3 a při zapnutém motoru je inkrementováno číslo reprezentující počet odpracovaných intervalů. Ze známé délky intervalu a počtu zaznamenaných intervalů se vypočítají moto-hodiny *dopravníku*. Celková životnost *dopravníku* je větší než počet intervalů, které mohou být zaznamenány do jedné proměnné. Statistika moto-hodin je rozdělena do dvou proměnných. V první proměnné se ukládají počty odpracovaných intervalů. Pokud první proměnná dosáhne hodnoty odpovídající jednomu dni, je inkrementována druhá proměnná a první proměnná je vynulovaná. Při vyhodnocení pracovních statistik se pracuje s reprezentativní hodnotou počtu odpracovaných dní.

Situace kdy lze vypustit další přepravku musí splnit dvě podmínky. První využije signálu čidla před *stoperem*. Tento signál indikuje pouze přítomnost přepravky a více informací se nevyužívá. Druhá podmínka využívá signál čidla za *stoperem*. Čidlo je na následujícím *dopravníku* umístěno v takové pozici, aby při jeho nulovém signálu bylo na konci následujícího *dopravníku* místo pro jednu přepravku. Vyhodnocuje se, jestli minulá přepravka přes čidlo za *stoperem* projela, tedy přišla náběžná i spádová hrana signálu. Při přítomnosti přepravky před *stoperem* a projetím minulé přepravky, FB 1 vypustí jednu přepravku ze své kumulace a dekrementuje proměnnou počtu přepravek na tomto *dopravníku*.

*Dopravník* přivádějící přepravky na pracoviště je řešen tak, že *stoper* je umístěn cca. 1m před pracovištěm. Při zavolání přepravky je *stoperem* propuštěna jedna přepravka, která přijede k pracovišti po zbytku *dopravníku*

za *stoperem*. V místě kde se přepravka na konci *dopravníku* zastaví o mechanický doraz, je umístěno čidlo, které snímá přítomnost přepravky. Díky tomuto uspořádání může *dopravníky* v sérii i koncový *dopravník* obsluhovat jeden funkční blok FB 1.

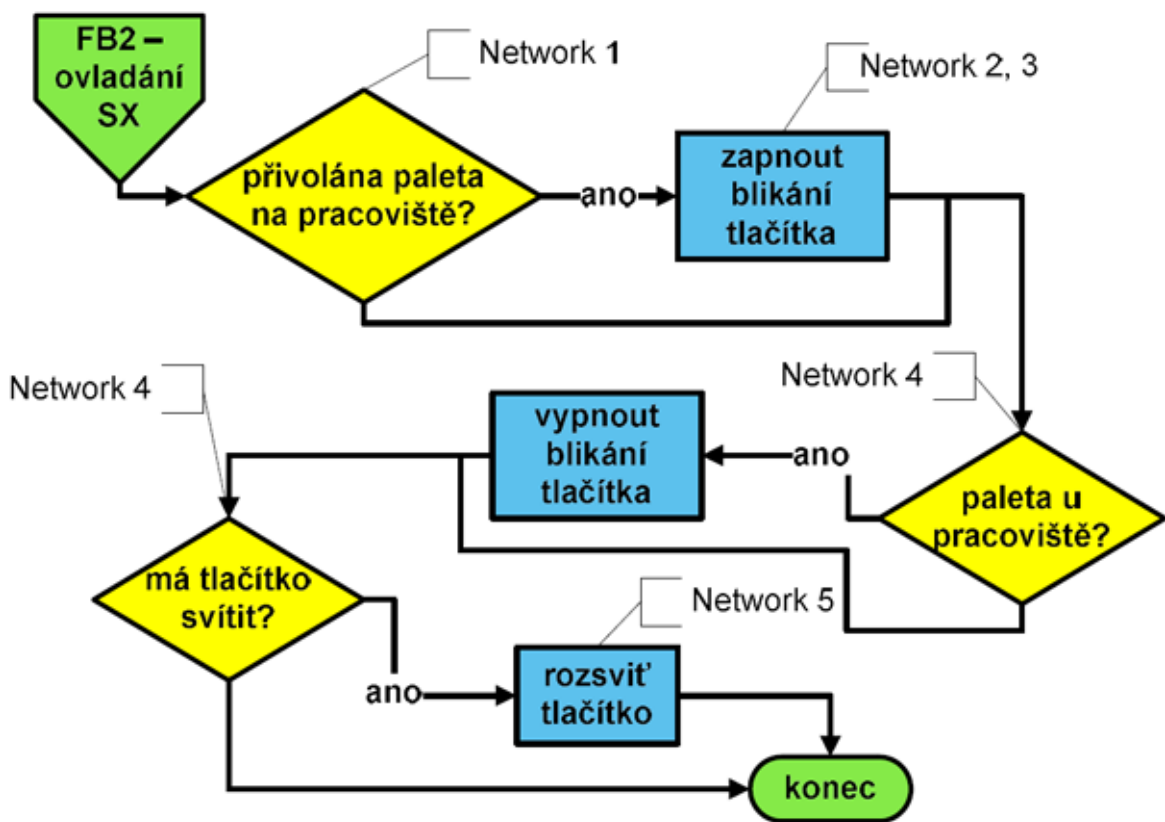
Tento způsob zpracování řízení *dopravníku* se *stoperem* pracuje s přepravkami po jedné, nikdy přes *stoper* neprojde dávka více přepravek naráz.



Obrázek 4.3: FB 1

### 4.2.3 FB 2 - ovládání pracovišť

FB 2 na obr. 4.4 obsluhuje optickou signalizaci v tlačítku přivolání přepravky na pracovištích SX. Světlo nesvítí, pokud již v kapacitě před pracovištěm nejsou přepravky nebo je-li minulá přivolaná přepravka stále na pracovišti. Jeli možné přivolat další přepravku, světlo v tlačítku svítí. Pokud je přivolaná přepravka na cestě mezi *stoperem* a pracovištěm, světlo v tlačítku bliká, tím získá operátor zpětnou optickou vazbu, že jeho pokyn k přivolání přepravky byl PLC přijat a je zpracováván.



Obrázek 4.4: FB 2

### 4.3 Část 2

*Dopravníkový* systém části 2, viz obr. 4.5, začíná u SX 13 přívodním *dopravníkem*, pokračuje *výhybkou* a končí zásobníkem s výstupem k SX 14. Hlavním důvodem unikátní struktury jsou logistické požadavky dvou druhů výrobku, které byly definovány v bodu 2.2.

Vstup přepravky do zásobníku je realizován jedním přívodním *dopravníkem* a *výhybkou*. Přesunutím přepravky z pultu SX 13 na počátek přívodního *dopravníku* jej zapne. Zároveň je uložen stav přepínače volby druhu výroby.

Následujícím *dopravníkem* je *výhybka*. Dopravník *výhybky* je zapnutý, pokud je v zásobníku volné místo a po potvrzení jeho polohy u zvoleného patra zásobníku. Po zajetí přepravky do zásobníku jsou vstupní *dopravník* a *výhybka* zastaveny.

Zásobník pro udržení kontroly nad pořadím přepravek používá funkci FIFO. Funkce FIFO je výrobcem naprogramovaný zásobník proměnných pracujících v režimu FIFO. Do FIFO funkce se v režimu výroby trojbloku píše patro, kam byla přepravka umístěna. V režimu monobloku se zapisuje určená sekvence, která je popsána níže.

Při řazení přepravek do zásobníku má nejnižší patro nejvyšší prioritu. Když není na nejnižším patře místo, zásobník ukládá do prostředního patra. Když není místo v prostředním, zásobník ukládá do nejvyššího. Jakmile je místo v nižším patře uvolněno, zásobník do něj ukládá nové přepravky, nezávisle na naplnění aktuálně zvoleného patra.

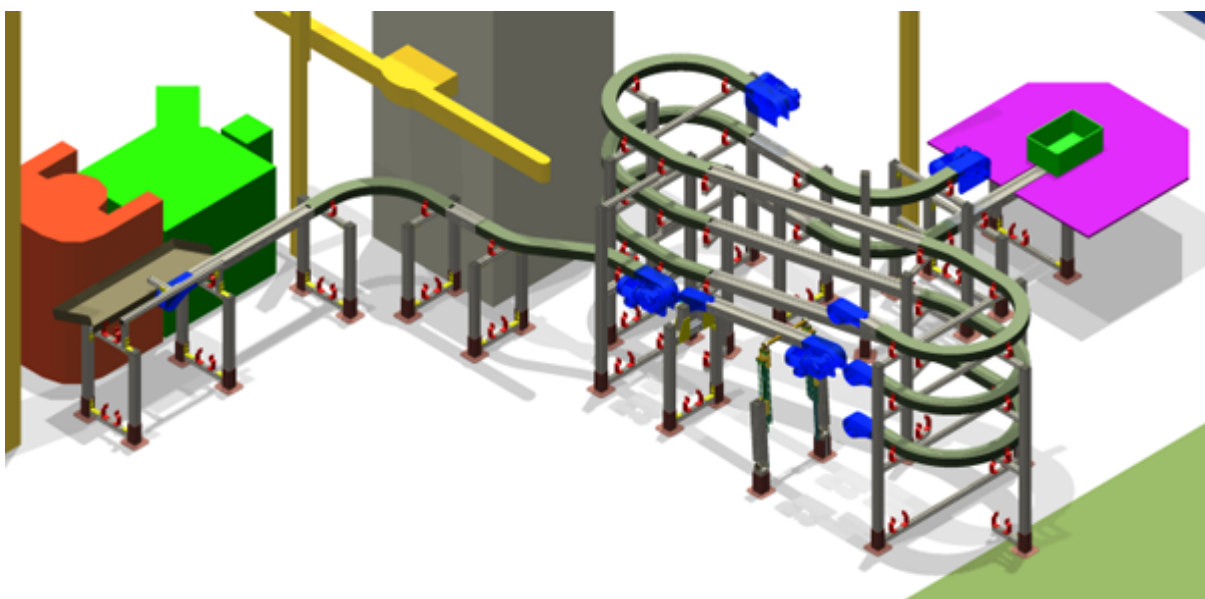
Výroba monobloků má tři podstatné vlastnosti zaručené investorem a jeho plánováním výroby. První vlastností je vždy stejný počet přepravek od každé fáze monobloku L1, L2 a L3. Druhá podstatná vlastnost je nepřeskokování ve výrobě. Nejdříve se vyrobí L1, pak L2 a na konec L3. Poslední vlastností je nepřerušování série. Výroba série monobloků není přerušována výrobou trojbloků.

Každá fáze monobloků je v zásobníku skladována na předem určeném patře. Fáze L1 je skladována na nejnižším patře, L2 na prostředním a L3 na nejvyšším. Toto pořadí se nemění ani zaplněním příslušného patra.

Při vstupu přepravky naplněné monobloky s fází L1 se do funkce FIFO za každou přijatou přepravku přidá sekvence pater 3, 2, 1. Sekvence může být přidána, protože díky vlastnostem vyjmenovaným o odstavec výše budou ve stejném pořadí zaplněna zbývající patra ostatními fázemi monobloku. Při odebírání dřívější výroby ze zásobníku budou spotřebovány všechny předchozí přepravky a na konci jednotlivých pater zásobníku se shodně sejde stejný počet přepravek trojbloků v každém patře.

Při odebírání přepravek ze zásobníku je volba patra určována výstupem z FIFO funkce. Na pracovišti SX 14 je zmáčknuto tlačítko přivolání přepravky a zásobník díky funkci FIFO zjistí z jakého patra má být přepravka odeslána.

Přepínání režimů výroby trojbloků a monobloků je bezproblémové. Při přepnutí mezi druhy výroby dojde k časové prodlevě vlivem nastavování potiskového stroje na SX 13. Prodleva je v řádu desítek minut. Během této přestávky výroby jsou přepravky ze zásobníku zpracovávány na SX 14. Při započatí tisku monobloku fáze L1 je na spodním patře již dostatečná kapacita i v případě původně plně zaplněné trati výrobky trojbloku.



Obrázek 4.5: Část 2

### 4.3.1 FB 9 - řízení části 2

Řízení části 2 (viz. bod 4.3) je obsaženo v bloku FB 9 na obr. 4.6. Na začátku FB 9 modrý blok zajišťuje měření intervalu pro výpočet pracovních statistik, stejným způsobem jako na počátku bloku FB 3, viz. bod 4.2.1. Po měření intervalu následuje série volání FB 1, viz. bod 4.2.2, pro obsluhu *dopravníků* se *stopery* v zásobníku.

Zásobník obsahuje tři samostatné *dopravníky* se *stopery*, každý pro jednotlivé patro. Patro je řízené blokem FB 1 s modifikací počátečního dopravníku, stejným způsobem jak bylo popsáno výše. Detailní řešení počátečního *dopravníku* se *stoperem* bylo popsáno v bodu 3.4.6.

Kontrola zapnutí nouzového režimu 2 rozhoduje o způsobu ovládnání zásobníku.

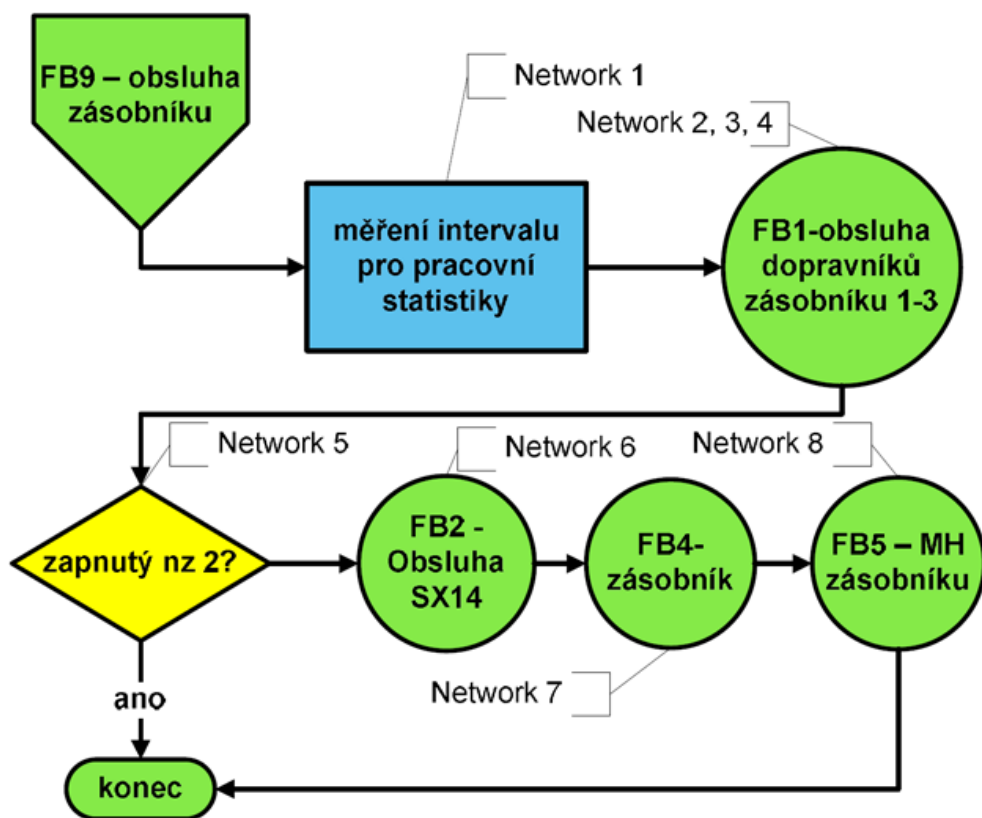


Speciální způsob obsluhy zásobníku v nouzovém režimu 2 je vysvětlen níže v bodu 4.4.2. Při standardním režimu výroby obou druhů výrobků je kontrola negativní a pokračuje obsluha ovládání pracoviště SX 14 blokem FB 2 popsáným dříve v bodu 4.2.3.

Blok volání FB 2 je na vstupu ošetřen přidáním podmínek, které zabezpečují jeho správnou funkci, při ovládání výstupu ze zásobníku. Vstupní podmínky FB 2 zaručují kontrolu kolize s minulou vypuštěnou přepravkou a znemožnění požadavku vypuštění přepravky při prázdném zásobníku. Blok FB 2 zpracovává výstupní parametr indikující požadavek na vypuštění přepravky ze zásobníku, který je předáván následujícímu FB 4.

Volání bloku FB 4 zajistí správnou funkci zásobníku. Blok spravuje celý zásobník a ovládá funkci FIFO. Rozhoduje o nasměrování *výhybky* a posílá požadavky na vypuštění přepravky z jednotlivých pater realizovaných *dopravníky se stopery* obsluhovanými blokem FB 1.

Poslední bod je výpočet pracovních statistik vstupního *dopravníku* a *výhybky*. O pracovní statistiky *dopravníků se stopery* použitými pro patra zásobníku se starají již bloky FB 1, stejným způsobem jako bylo vysvětleno v bodu 4.2.2.



Obrázek 4.6: FB 9

### 4.3.2 FB 4 - řízení zásobníku

Kontrola přepravky na vstupu se realizuje detekcí náběžné hrany čidla umístěného mezi pracovním pultem SX 13 a *dopravníkem*. Při přesouvání přepravky je čidlo zastíněno a *dopravník* zapnut. Při vložení přepravky je uložen stav přepínače volby výroby.

Konstrukce programu je uzpůsobena pro vkládání přepravek jednotlivě. Po vložení přepravky je provedena kontrola stavu zásobníku a rozhodnuto o patře přijetí další přepravky.

Při zapnutém motoru vstupního *dopravníku* je detekce náběžné hrany z čidla na přechodu mezi pultem a *dopravníkem* vyhodnocena jako pokus o vložení další přepravky do zásobníku. Bez dokončení vkládání předchozí přepravky je *dopravník* zastaven až do vyjmutí právě vložené přepravky. Detekce vyjmutí přepravky je realizována spádovou hranou čidla mezi pultem a *dopravníkem*, poté se *dopravník* znovu rozjede.

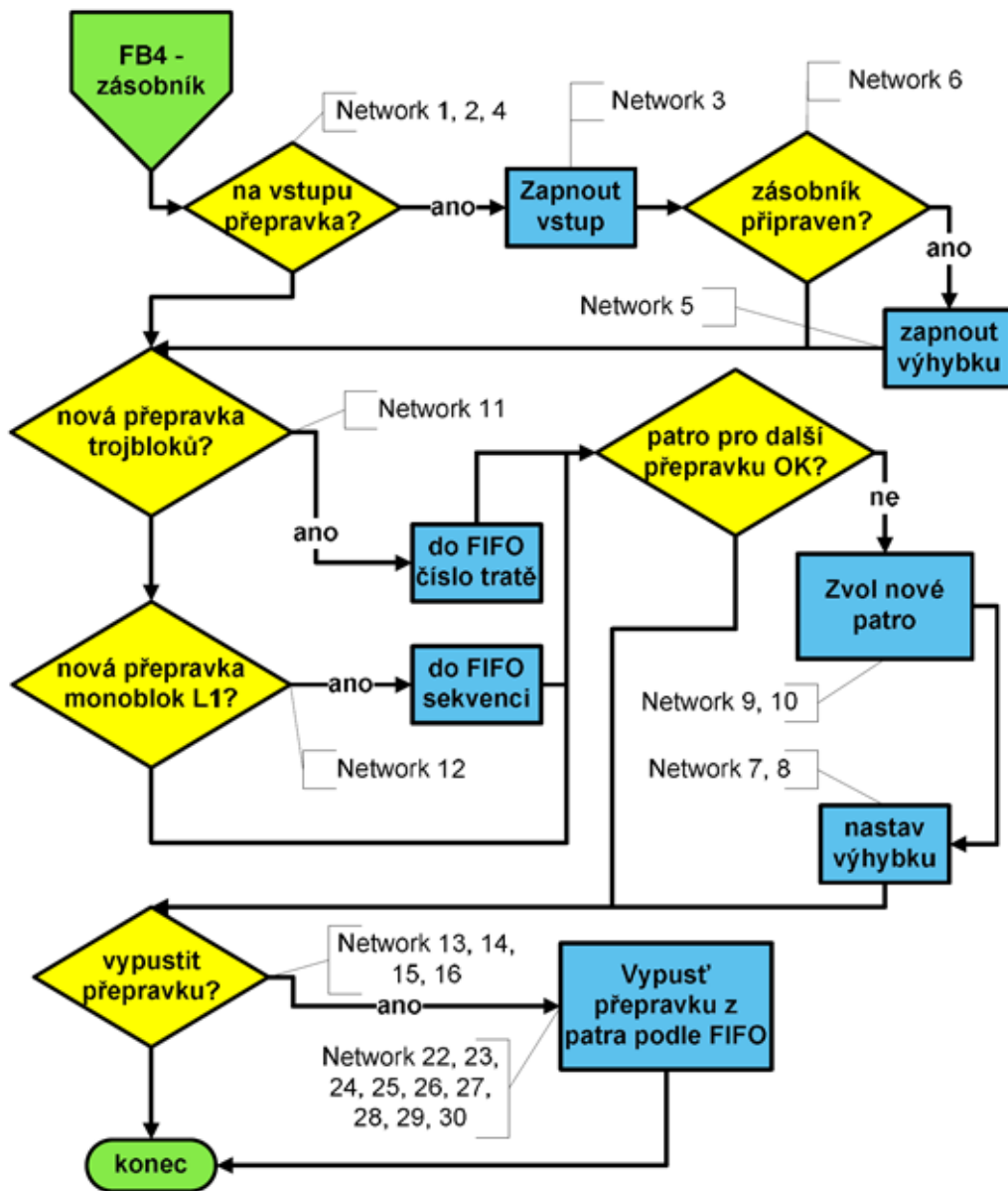
Po zapnutí vstupního *dopravníku* se zkontroluje připravenost zásobníku. Poloha výhybky a volné místo ve zvoleném patře. Při pozitivním výsledku kontroly, je zapnut motor *dopravníku* *výhybky* a vkládaná přepravka přejede ze vstupního *dopravníku* na *výhybku*, která přepravku dopraví do zvoleného patra zásobníku.

Detekce nové přepravky v zásobníku je rozdělena kritériem vyhodnocení uložené proměnné polohy přepínače výroby. Pokud uložená proměnná indikuje výrobu trojbloku, je do FIFO zásobníku přidáno číslo patra, z jehož vstupního čidla byla detekována náběžná hrana. Pokud je v uložené proměnné režim výroby monobloku fáze L1 je do FIFO zapsána sekvence třech pater z důvodu popsaných v bodu 4.3.

Vložením čísla patra do FIFO se vypne vstupní *dopravník* a *výhybka*. Zkontroluje se připravenost zásobníku na další přepravku. Při režimu výroby trojbloku si řídicí program vybere nejnižší volné patro zásobníku. Při výrobě monobloku jsou pevně zvolena patra, kam patří jednotlivé fáze monobloku. Informace o výrobě fází monobloku je poskytnuta přepínačem druhů výroby na pracovišti SX 13. Po vyhodnocení těchto požadavků je *výhybka* namířena na zvolené patro nebo ponechána ve stávající poloze.

Vypuštění přepravky ze zásobníku je řízeno vstupním parametrem tohoto bloku. Detekce požadavku na vypuštění přepravky je nejdříve zkontrolována platnost požadavku, protože požadavek přetrvává v systému několik skenů řídicího programu PLC. Sken je jeden průchod celým programem PLC definovaným později v bodu 4.5.

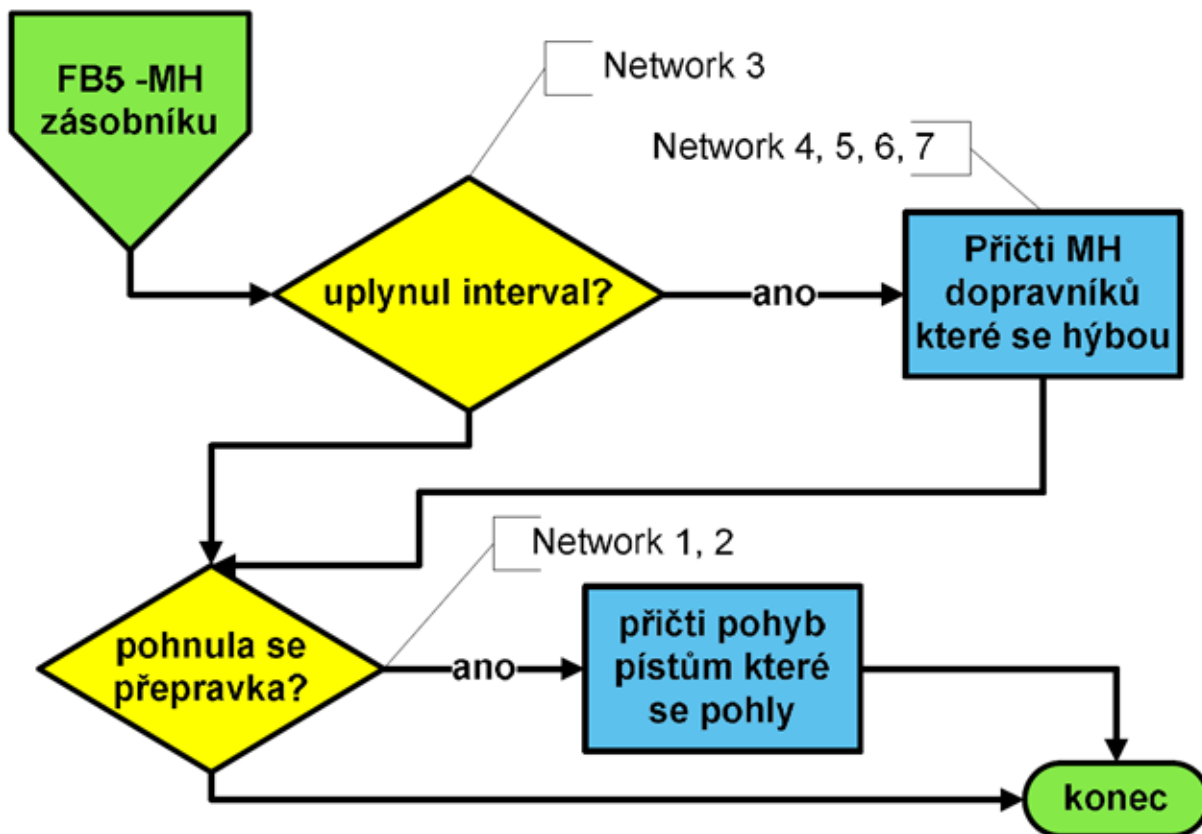
Pokud je požadavek platný, je z funkce FIFO vyžádáno číslo *dopravníku* patra, ze kterého se vypustí přepravka. Nižším *dopravníkům*, než je vybrané patro se inkrementuje obsah. Dočasnou inkrementací obsahu je preventivně ošetřena možnost, že by byly nižší *dopravníky* prázdné, vypnuté a přepravka by nebyla dopravena k SX 14. Vysvětlení viz. obr. 3.6. Zvolenému *dopravníku* funkcí FIFO je na vstupní parametry příslušného ovládacího FB, viz. bod 4.2.2, odeslána kombinace vedoucí k vypuštění přepravky. Následně je detekováno dojetí přepravky na pracoviště. Po jejím dojetí jsou pozměněné obsahy nižších *dopravníků* vráceny do původních hodnot.



Obrázek 4.7: FB 4

### 4.3.3 FB 5 - statistika zásobníku

Správa pracovních statistik je realizována stejným principem, jako bylo popsáno v 4.2.2. Spravované dopravníky jsou vstupní dopravník z SX 13 a *výhybka*. *Výhybce* jsou zaznamenávány počty pohybů pneumatických válců směřujících *výhybku* do zvoleného patra.



Obrázek 4.8: FB 5

## 4.4 Praktické nezbytnosti

V předchozích bodech byly popsány bloky programu pro ideální stav v poli. Tento oddíl je věnovaný metodám obsluhy *dopravníkového* systému v neočekávaných situacích. Může dojít k poškození čidla, vyjmutí přepravky s poškozenými výrobky nebo vzniku falešného signálu při detekci přepravky. Možnosti vybočení z ideálního stavu v poli jsou nepředvídatelné.

Řešení nouzových režimů respektuje logické rozdělení linky na nouzový režim 1 pro část 1, definovanou v bodu 4.2 a nouzový režim 2 pro část 2 definovanou v bodu 4.3.

Nouzové režimy jsou pohodlným způsobem vyřešení kolize, kdy fyzický stav *dopravníkového* systému neodpovídá stavu proměnných v paměti PLC. Nouzové režimy nejsou řešením pro provoz poškozeného *dopravníkového* systému. Nouzové režimy slouží k dokončení výrobní směny. Oba režimy jsou navrhnuty pro dokončení výroby a při nejbližší příležitosti vyprázdněné linky musí být deaktivovány.

Z pohledu obsluhy bude označen tento stav za Manuální provoz. Z pohledu řídicího SW PLC se však jedná o nouzový stav, který je nutný pro vyřešení kolizního stavu na *dopravnících*, kdy by kolize mezi vstupními a výstupními signály způsobila neprůchodnost výrobní linky. Použití manuálního režimu přenáší část rozhodovací pravomoce řízení linky na operátory a slouží k vyprázdnění výrobní linky, tedy uvedení linky do výchozího stavu. Tím je možno přepnout zpět do standardního režimu a nastavit výchozí parametry a vyřešit kolizní stav. Aktivování nouzového režimu je možné samostatně pro část 1 nebo pro část 2 výrobní linky.

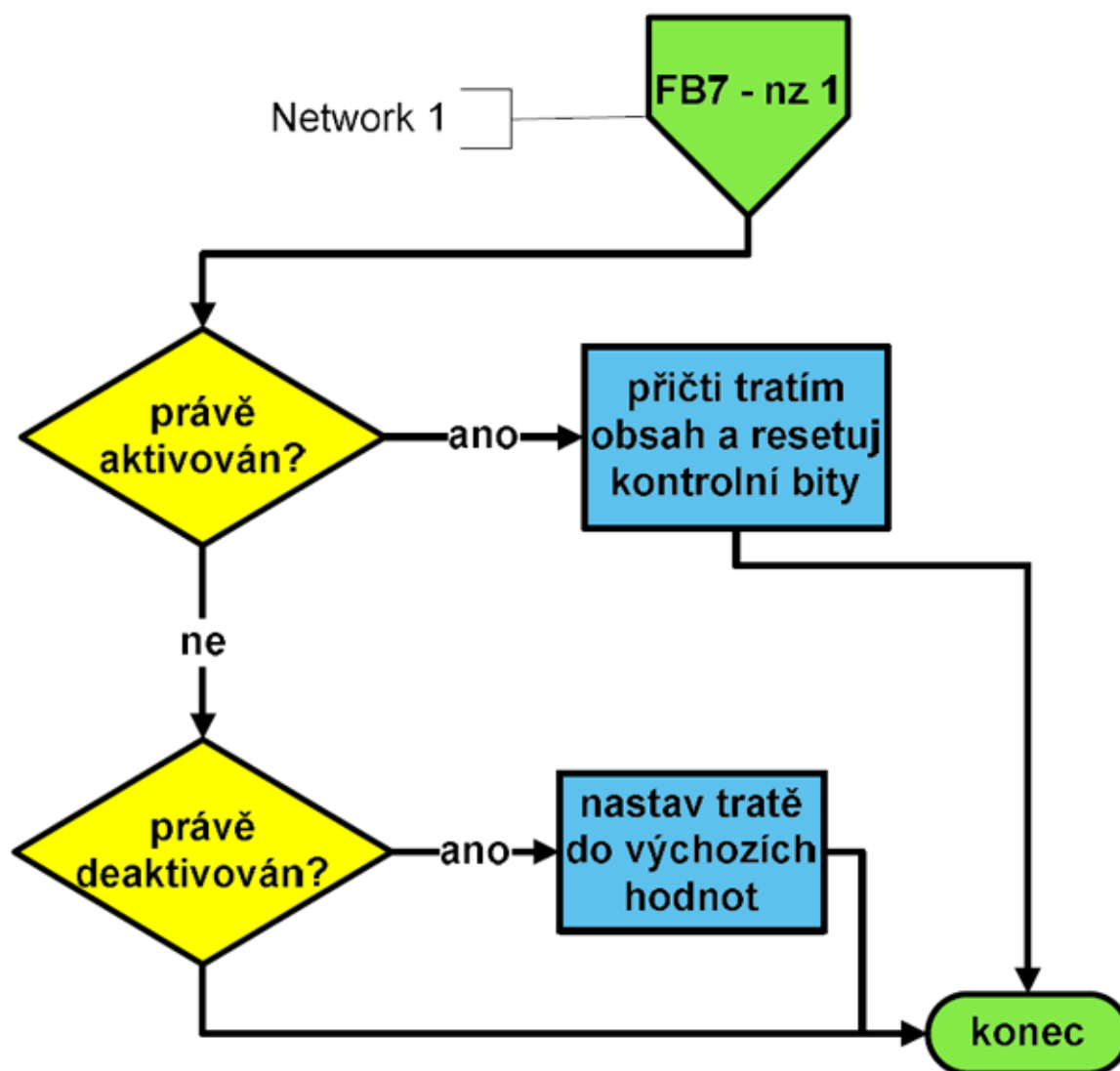
#### 4.4.1 FB 7 - nouzový režim 1

Tento režim nechává řízení části jedna na původních blocích, pouze vhodnými změnami proměnných způsobí průchodnost části 1. Způsob obsluhy se nemění.

Při aktivaci režimu jsou resetovány kontrolní bity projetí u *dopravníků* části 1. Resetují se kontrolní bity přivolání přepravy na pracoviště SX 12 a SX 13. Všem *dopravníkům* jsou nastaveny obsahy do nereálně vysokých čísel.

Při vypnutí nouzového režimu je do změněných proměnných nahrán výchozí stav.

Část 1 *dopravníkového* systému je ve výchozím stavu, když jsou všechny přepravy prázdné a na konci návratové větve. Trať mezi SX 12 a SX 13 je volná.



Obrázek 4.9: FB 7

#### 4.4.2 FB 8 - nouzový režim 2

Nouzový režim 2 přebírá podstatnou část obsluhy místo standardních bloků části 2 z bodu 4.3. Způsob obsluhy operátory je drobně pozměněn.

Při aktivaci režimu dojde k přičtení obsahu třem *dopravníků* se *stopery* tvořící zásobník. Obsluha těchto tratí je analogicky s nouzovým režimem 1 ponechána původním blokům FB 1.

Při deaktivaci je předpokládán prázdný zásobník. Obsahy tratí se vynulují a řízení je předáno zpět původní blokům popsaným v bodu 4.3.

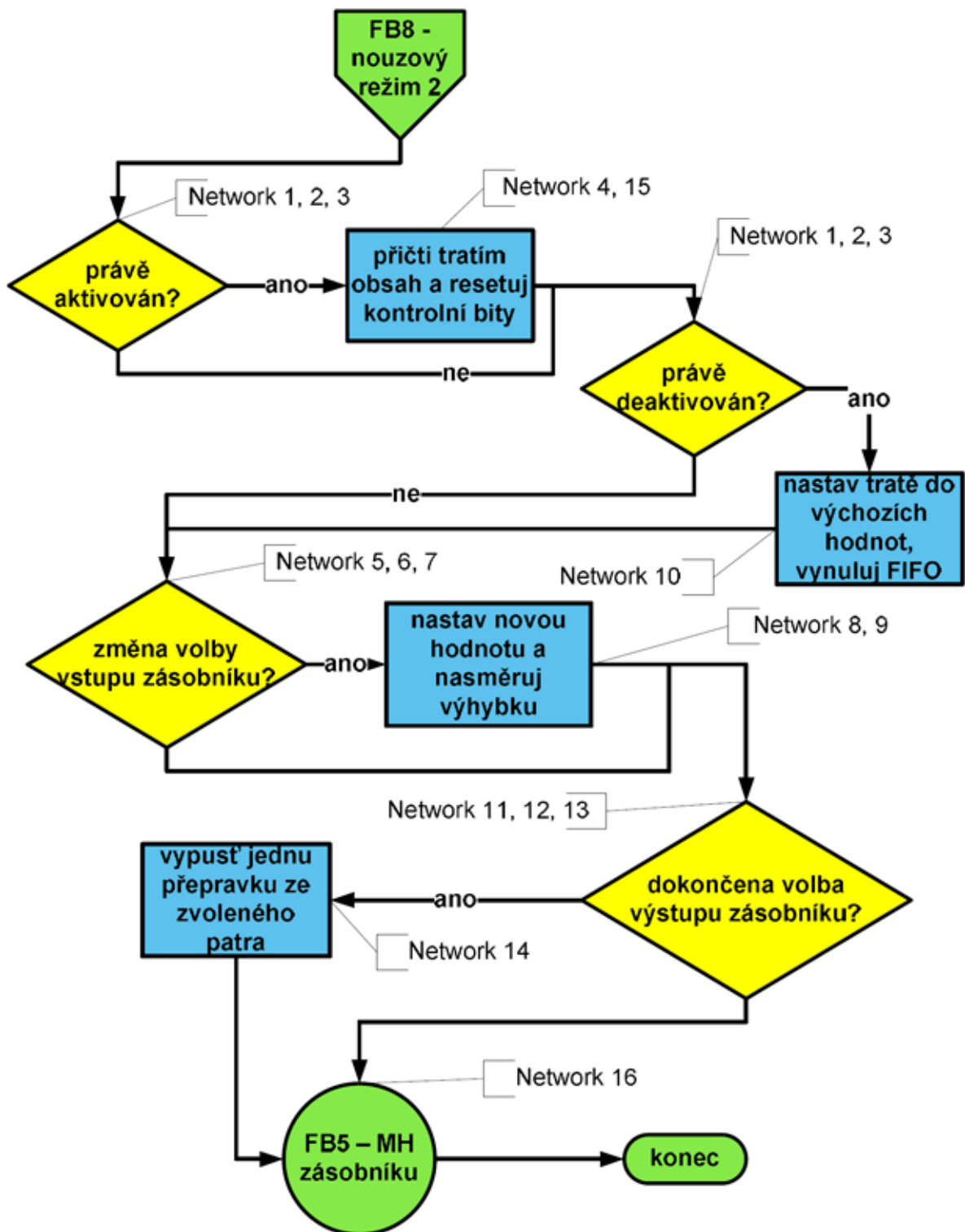
Volbu vstupního patra zásobníku provádí operátor přepínačem výroby druhů na SX 13. Nastavení výhybky do zvoleného patra se děje přepnutím na příslušnou fázi výrobku. Patro 1 je nastaveno při volbě výroby monobloku fáze L1, patro 2 při volbě L2 a patro 3 při volbě L3. Nastavení výroby neodpovídá skutečně vyráběným druhům výrobku, bylo pouze využito podobnosti označení fází a pater zásobníku.

Kontrola zaplnění jednotlivých pater a rozhodnutí o vstupním patře je přeneseno na operátora pracoviště SX 13. Pohyb *výhybky* se provádí bez kontroly přítomnosti přepravky na mostu. Zodpovědnost je opět přenesena na operátora pracoviště SX 13. Ze svého pracoviště má na vstup zásobníku dobrý rozhled a je schopen pohledem vyhodnotit situaci pro správné rozhodnutí.

Ovládání výstupu zásobníku se provádí stiskem tlačítka na pracovišti SX 14. Po prvním stisku tlačítka žádejícího přepravku se začne odpočítávat interval, v jehož průběhu se počet stisků tlačítka sčítá. Po skončení intervalu je volba patra dokončena. Pokud počet zmáčknutí odpovídá patře zásobníku, je ze zvoleného patra vypuštěna přepravka. Pokud přepravka v patře zvoleného zásobníku není, nic se nestane a volba patra může být provedena znovu.

Na konci funkčního bloku nouzového režimu 2 je zajištěn výpočet pracovních statistik stejným způsobem jako na konci 4.2.2.



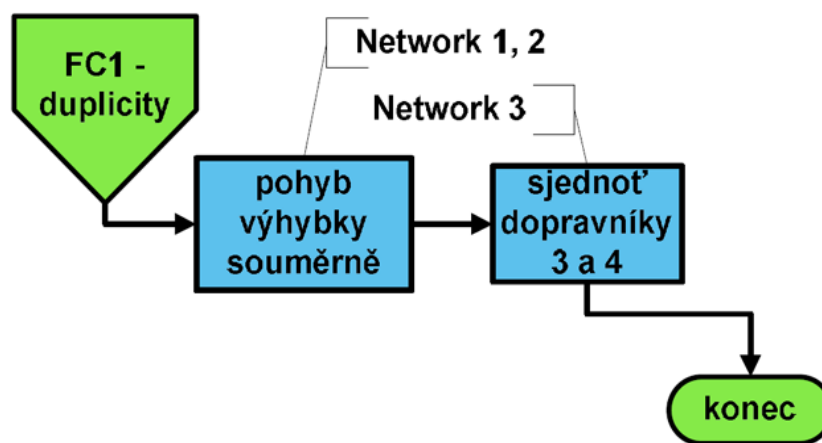


Obrázek 4.10: FB 8

### 4.4.3 FC 1 - duplicity

Podprogram řeší duplicitní chování prvků, jejichž řízením se nezabývají příslušné FB. První je ovládání *výhybky*, viz. bod 3.4.4. Program části 2 ovládá pouze jednu polovinu pneumatických válců *výhybky*, viz. bod 3.4.4 a předpokládá kopírování chování druhou polovinou. V praxi je toho docíleno zapojením přívodu tlakového vzduchu pro ovládání více pneumatických válců do stejného pneumatického ventilu.

U *dopravníků* je nutné, aby řízení chodu motoru *dopravníku* stoupání na trase SX 12 k SX 13, kopíroval řízení chodu motoru následujícího *dopravníku* se *stoperem*.



Obrázek 4.11: FC 1

### 4.4.4 FB 6 - bezpečnost

Blok bezpečnosti zajišťuje kontrolu E-stopů, pneumatického systému a zapnutí nouzových režimů.

E-Stop tlačítka jsou bezpečnostní tlačítka určená pro okamžité nouzové vypnutí *dopravníkového* systému v případě ohrožení. V souladu s bezpečnostními předpisy je tlačítko E-stop rozpínací. Stiskem tlačítka dojde k rozpojení kontaktů.

Po aktivaci tlačítka E-stop dojde k okamžitému zastavení chodu motorů všech *dopravníků*, uzavření přívodu stlačeného vzduchu do pneumatického systému a odpuštění tlakového vzduchu z pneumatického systému. U *dopravníků* není nutno řešit tzv. doběh. Prakticky dojde k jejich zastavení okamžitě.

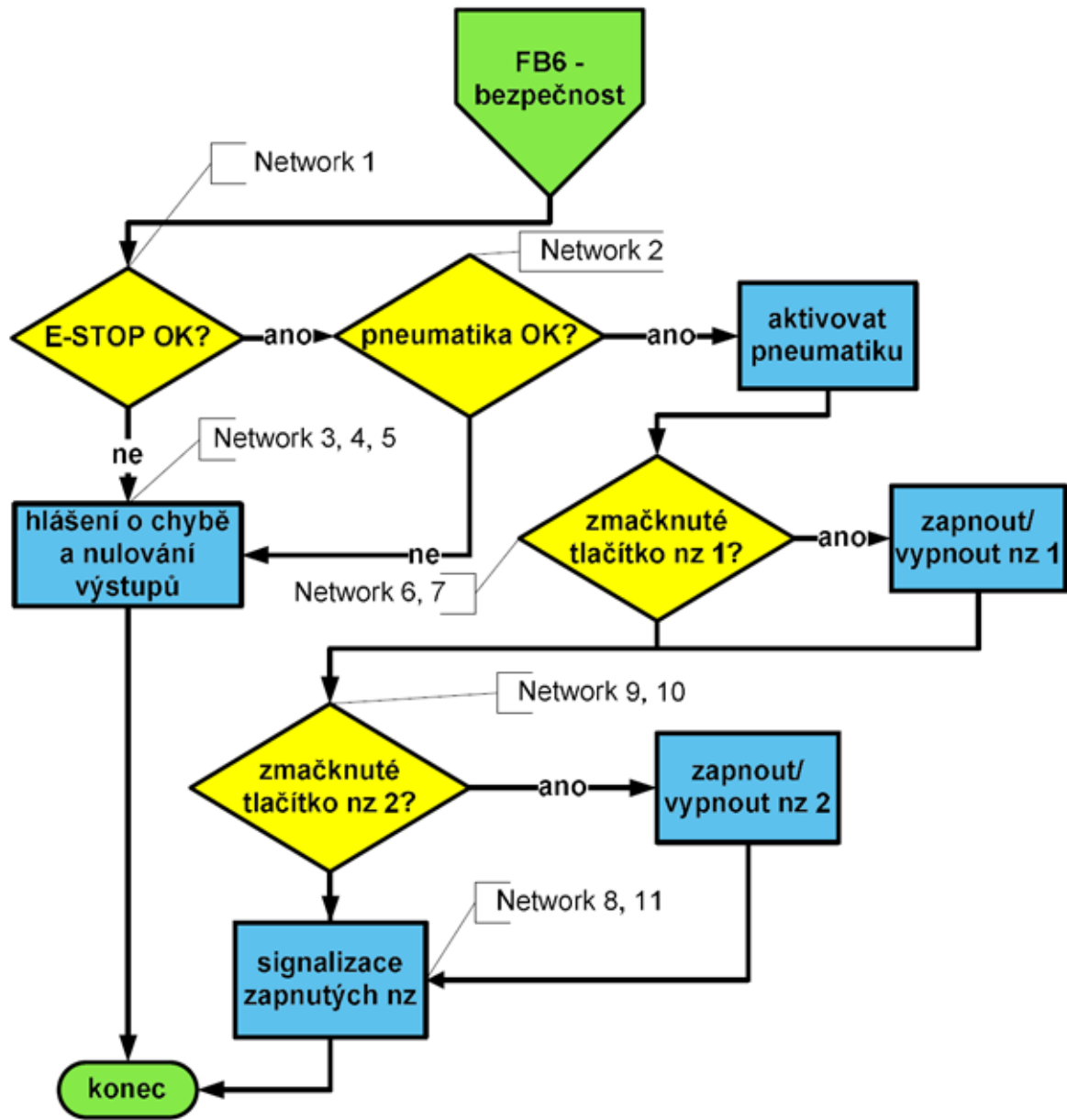
Konstrukcí *stoperů* je zajištěno, že zůstanou v pracovní poloze uzavřeno a nedojde k pohybu přepravek. Tím nedojde ke kolizi vstupních a výstupních signálů.

Poloha *výhybky* je fixována pneumatickými zámky. Ty jsou ovládány přítomností pracovního tlakového vzduchu v systému. Při jeho odpuštění se mechanicky uzavřou pracovní prostory pneumatických válců ovládajících pohyb vertikální *výhybky* a *výhybka* zůstane fixována v pracovní poloze.

Při spuštění systému je nutno provést kontrolní procedury pro ověření celkového stavu systému. Nejprve je nutno ověřit, zda všechna E-stop tlačítka jsou v neaktivním stavu. Pokud ano, pokračuje blok FB6 kontrolou správného tlaku v pneumatickém systému. Kontrolu provádí průběžně dvoustavové pneumatické čidlo instalované na lokální úpravě vzduchu.

Tato kontrola probíhá průběžně. Pokud nejsou podmínky splněny je vyhlášena příslušná chyba a všechny aktivní výstupy jsou vynulovány. Konkrétní procedura opětovného spuštění po aktivaci E-stop tlačítka musí zohlednit lokální bezpečnostní předpisy investora. Její detailní specifikace bude předmětem kontraktačních jednání.

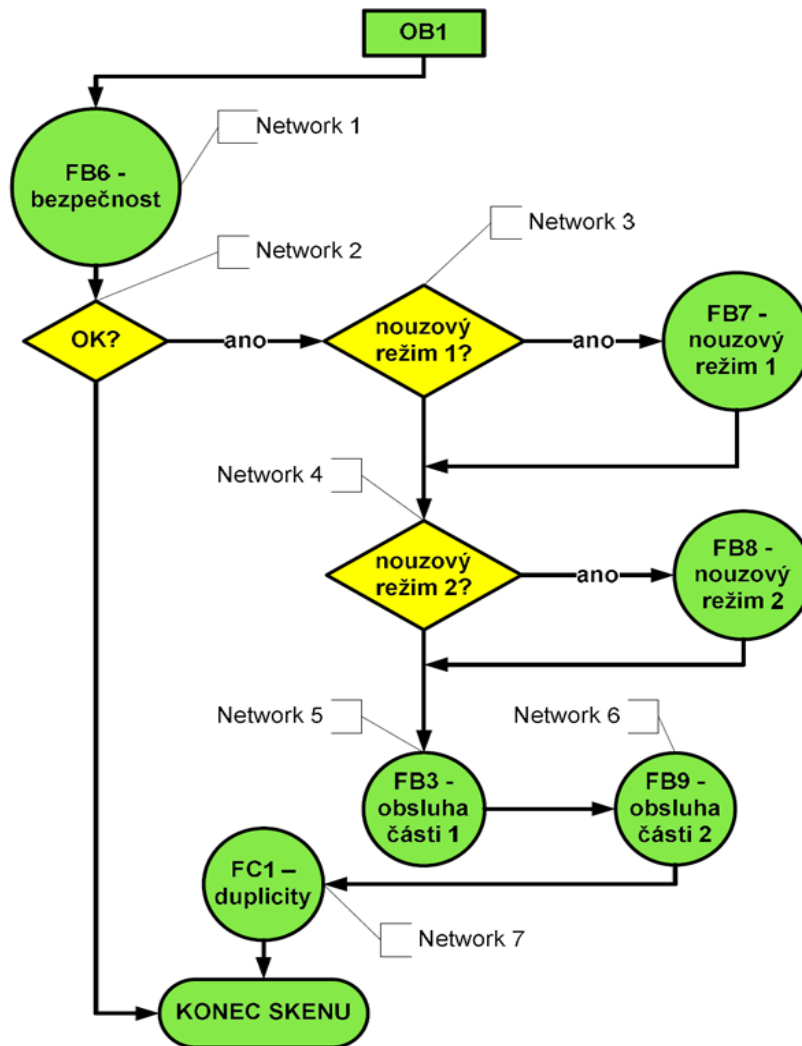
Proběhne-li bezpečnostní kontrola v pořádku, pokračuje se ve vyhodnocení nouzových režimů a podle zvoleného režimu bude aktivován provoz. Pro aktivaci NZ je nutné držet stisknuté příslušné tlačítko nouzového režimu 5 sekund, pro jeho deaktivaci 10 sekund. Tento blok zajišťuje následnou signalizaci zvolených nouzových režimů.



Obrázek 4.12: FB 6

## 4.5 OB 1 - řízení celé linky

Na obr. 4.13 je schéma složených výše popsaných FB. Prvním FB je bezpečnost, viz. bod 4.4.4, který výstupními proměnnými určuje další chod programu. Při zjištění aktivních bezpečnostních prvků (aktivovaná E-stop tlačítka) je přeskočeno ovládání zbylých FB a sken je ukončen. Pokud je zajištěna bezpečnost, program pokračuje ve zjištění, jestli je aktivovaný nouzový režim 1. Aktivaci nouzových režimů zpracovává výstupními proměnnými blok FB 6. Pokud je aktivován nouzový režim 1, volá se FB7, viz. bod 4.4.1. Pokud je aktivovaný nouzový režim 2, volá se FB 8, viz. bod 4.4.2. Následuje obsluha části 1, viz. bod 4.2 a části 2, viz. bod 4.3. Před dokončením skenu je volán blok duplicit, viz. bod 4.4.3.



Obrázek 4.13: OB 1

# Kapitola 5

## Testování

Možnost ověření funkčnosti připravovaného programu je výrazným zefektivněním tvorby projektu. Testování odhalí chyby a umožní ověření zvoleného postupu ještě před spuštěním programu na PLC. Tento postup výrazně snižuje projektové náklady a zkracuje dobu realizace.

Testování proběhlo v programu PLCsim. Program simuluje PLC a ručním ovládáním DI a kontrolou DO je realizována kontrola funkce naprogramovaného řídicího SW pro PLC.

Vysoká variabilita testovaných reakcí *dopravníkového* systému nebyla vyčerpána. V následujících bodech jsou uvedeny testovací série třech základních reakcí systému. První je určená pro nastavení *dopravníkového* systému do výchozího stavu. Druhá série pro testování část 1, viz. bod 4.2 a třetí pro část 2, viz. bod 4.3.

### 5.1 Inicializace

Během inicializace je popsán způsob využití nouzových režimů, pro uvedení *dopravníkového* systému do výchozího stavu. Nejdříve se správně aktivují bezpečnostní prvky a následně se postupně aktivují a deaktivují nouzové režimy. Detailní popis sekvencí je v příloze A.

## 5.2 Testovací série části 1

Na výchozí stav linky navazuje zpracování jednoho páru přepravek v části 1. První část obsahuje přivolání přepravky z návratové větve. V druhé části jsou naplněné přepravky odeslány z pracoviště SX 12 a přivolány na pracoviště SX 13.

V této sérii jsou dokumentovány pouze změny výstupů podstatných pro popisovanou situaci.

## 5.3 Testovací série části 2

Při testovací sérii části 2 je předpokládán výchozí stav zásobníku. Do zásobníku jsou vloženy 2 trojbloky, pak 1 přepravka L1, 1 přepravka L2, 1 přepravka L3 a na konec 1 trojblok. Po vložení do zásobníku jsou přepravky vyžádány na pracoviště SX 14. Test ukazuje schopnost přechodu mezi dvěma druhy výroby.

# Kapitola 6

## Sběr statistických dat

Možnost vyhodnocení statistických dat o chodu systému je logickým požadavkem investora. Pro řízení tohoto *dopravníkového* systému není počítáno se zapojením do centrálního řídicího a monitorovacího systému investora.

Sběr statistických dat na tomto *dopravníkovém* systému není podmíněn žádnými regulacemi, při jeho selhání nemůže dojít k ohrožení lidských životů, přímým hmotným škodám, nebo k ohrožení okolního prostředí. Selhání *dopravníkového* systému je z mechanické podstaty možné a při zanedbání servisu dosti pravděpodobné. Servis není komplikovaný, ale např. servisní výměny pneumatických prvků probíhají v dlouhých časových intervalech, v řádu milionů pracovních cyklů, a tak zanedbání údržby jednoho pneumatického válce, v ceně stovek korun, může způsobit zastavení výrobního procesu s průtokem stovek tisíců korun za směnu.

*Dopravníkový* systém je technickou podstatou modulární, to umožňuje držet omezený počet univerzálních náhradních dílů. V *dopravníkovém* systému se vyskytují 2 druhy čidel, 2 druhy pneumatických válců, 1 druh řetězu a 1 druh elektromotoru atd. Držení náhradních dílů skladem není finančně nákladné a případná oprava může být vyřešena v řádu desítek minut. Přesto je tato situace nežádoucí, protože k jejímu předejití postačí správná údržba podpořená informacemi na základě sběru statistických dat.

Ztráta způsobená prostojem výroby je výrazně vyšší než provedení servisní výměny komponentů v požadovaných provozních intervalech. Systém upozorní investora na potřebu provedení servisních zásahů, ale běh zařízení neomezí. Konečné rozhodnutí je ponecháno na volbě investora.

Vyhodnocení statistických dat neslouží jako náhrada za pravidelné údržby, ale jako její podpora. Pracovník údržby bude znát míru používání jednotlivých součástí a může svou činnost zaměřit na nejexponovanější součásti *dopravníkového* systému.



## 6.1 Sběr dat

Sběr statistických dat je prováděn kontinuálně během chodu programu. Statistická data zajišťují jednotlivé funkční bloky, tak jak bylo výše popsáno. Pro jednodušší vyhodnocení je vytvořen FB 10, který statistická data od jednotlivých *dopravníků* překopíruje do jednoho datového bloku.

Blok FB 10 má tři vstupní parametry. První je počet dnů, po kterém je potřeba provést kontrolu motorů, druhé dva jsou počty pohybů pneumatických válců po kterých je nutná výměna. Oba tyto parametry budou zvoleny podle určení výrobců konkrétních komponentů. Při shromažďování dat je prováděna kontrola porovnáním se vstupními parametry. Pokud některý *dopravník*, nebo pneumatický válec přesáhl kontrolní parametr, je to indikováno výstupní proměnnou bloku FB 10.

## 6.2 Vyhodnocení dat

Způsob kontroly statistik nebyl zatím investorem určen a bude předmětem kontraktačních jednání. Můžou být využity dva způsoby. V prvním případě je na rozvaděči umístěn OP, který zobrazí informace o opotřebení jednotlivých součástí. Druhý způsob je stažení dat přímo z PLC na notebook pracovníka obsluhy.

Druhý způsob je v této aplikaci výhodnější, protože OP by nemělo jiné využití a byly by to zbytečné náklady. Způsob získávání a vyhodnocení statistických dat o provozu systému pomocí připojení notebooku k PLC je demonstrován v bakalářské práci mého kolegy [4].

# Kapitola 7

## Závěr

Prvním úkolem bylo navrhnout a realizovat řízení výrobní linky. Práce začíná prezentací výrobní linky. Z popsaných jednoduchých modulárních komponent je ukázáno složení celého systému výrobní linky. Popis jednotlivých bloků je uzpůsobený potřebám tvorby programů. Technická stránka řešení je nastíněna pouze okrajově. Důraz je kladen na popis způsobu řízení a požadavků na řídicí program PLC.

Z popsaného technického řešení, požadovaných funkcí a nabídky snímaných stavů je vytvářen program. Tvorba programu se řídí podle základního modelu dekompozice objektů. Linka byla rozebrána na základní bloky, jejichž řízení obstarají jednoduché FB.

Tvorba programu ukázala na možnosti zmenšení tabulky snímaných stavů např.: bylo během tvorby programu rozhodnuto nepoužívat kontrolu stavu *stoperů*. Tato informace se ukázala jako nepotřebná. PLC by vzniklý problém zaznamenalo, ale nemělo by s určeným technickým řešením možnosti problém blíže analyzovat a vyřešit. Došlo by k zavolání správce zařízení. Při absenci detekce chyby *stoperu*, dojde po krátké době k odhalení této chyby operátory pracovišť. Opět dojde k zavolání správce zařízení. *Stoper* bude opraven a linka uvedena do výchozího stavu připravenými nouzovými režimy práce.

Jednotlivé FB jsou postupně skládány až do vzniku hlavního programu OB 1, který zajišťuje řízení celé výrobní linky.

Spolehlivost výrobní linky lze zaručit dobrým návrhem řešení a kvalitním servisem. Druhým úkolem bylo připravit sběr provozních statistických dat. Statistiky obsahují informace o provozu výrobní linky a budou použity pro podporu kvalitního servisu. Jsou zaznamenávány moto-hodiny jednotlivých *dopravníků* a počet cyklů pneumatických válců. Tyto informace umožní sestavení plánu pravidelné údržby a snížení prostojů ve výrobě. Samotný sběr dat byl vyřešen a popsán souběžně s tvorbou řídicího programu. Pro přehlednost zpracování statistických dat byl do PLC doplněn FB, který data přehledně shromáždí a vyhodnotí.

Pro ověření funkčnosti naprogramovaného řešení byly vytvořeny a použity základní sady testů pro simulátor PLC. Příprava sad testů a testování výrobní linky na simulátoru PLC bylo třetím bodem zadání. Výsledky testování potvrzují funkčnost programu a testovací sady jsou přiloženy spolu s hotovým programem.

Program je celkově kvalitně předpřipraven pro jednoduché nasazení. Program je třeba doplnit o ovládání duplicitních zařízení, upravit pro reálné zapojení vstupů a výstupů a odladit funkčnost na reálném modelu. Počet duplicitních zařízení vzejde z před-realizačního jednání s investorem např. signalizace nouzových stavů. Zapojení vstupů a výstupů bude vyřešeno při projektovém řízení na elektroinstalaci. Závěrečné ladění programu na reálném modelu bylo do značné míry ulehčeno testy na simulátoru PLC ověřující funkčnost vytvořených schémat. Při reálném nasazení bude nejpracnější správné nastavení intervalů časovačů pro ovládání stoperů, které musí vycházet z konkrétního reálného prostředí a není možné je teoreticky dostatečně přesně odhadnout.

# Literatura

- [1] Berger, Hans. *Automating with STEP 7 in STL and SCL*. Erlangen: Publicis Corporate Publishing., 2005, ISBN 3-89578-243-2.
- [2] Berger, Hans. *Automating with SIMATIC*. Erlangen : Publicis Corporate Publishing, 2003. ISBN 3-89578-223-8.
- [3] Siemens. *Working with STEP 7 V5.0 : Getting started*. [online]. [s.l.] : [s.n.], 01/2005 [cit. 2010-04-22].  
Dostupné z WWW:<[http://support.automation.siemens.com/WW/lisapi.dll/csfetch/5581793/SCL\\_e.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=5579700&forcedownload=true](http://support.automation.siemens.com/WW/lisapi.dll/csfetch/5581793/SCL_e.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=5579700&forcedownload=true)>.
- [4] ŠTEFFL, David. *Monitorování provozu mostového jeřábu*. Praha, 2010. 53 s. Bakalářská práce. ČVUT FEL.

# Příloha A

## Obsah přiloženého CD

Součástí této bakalářské práce je přiložené CD obsahující elektronickou verzi textu této bakalářské práce ve formátu .pdf, programové řešení v STEP7 CZE a testovací sekvence.

- Adresář **Dokumentace** - vlastní text této bakalářské práce ve formátu .pdf
- Adresář **Source** - projekt programu
- Adresář **Test** - testovací sekvence programu
- Adresář **DIDO** - seznam DIDO