

Simulační studie provozu skladu nábytkářského podniku s využitím simulačního programu Witness

Simulation study of warehouse of furniture factory by using
Witness simulation environment

Bc. Petr Šošolík

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr ŠOŠOLÍK**
Osobní číslo: **A09520**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Simulační studie provozu skladu nábytkářského podniku s využitím simulačního programu Witness**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na dané téma.
2. Seznamte se s provozem skladu jednotlivých dílů v nábytkářském podniku. Z reálného provozu sesbírejte, popřípadě experimentálně získejte data pro sestavení modelu tohoto pracoviště.
3. Na základě získaných dat sestavte schéma a strukturu modelu stávajícího provozu a provedte jeho simulaci. Pro modelování a simulaci využijte programového prostředí Witness.
4. Na základě konzultace s pracovníky firmy navrhnete vhodné cílové funkce a plán simulačních experimentů. Tyto experimenty pak realizujte na navrženém modelu. Popište jednotlivé simulační experimenty a provedte analýzu a vyhodnocení výsledků těchto experimentů.
5. Na základě výsledků doporučte úpravy na zefektivnění provozu. Upozorněte na rezervy a úzká místa systému.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Technické výpočty, řídicí technika, simulace | Humusoft [online]. 2010 [cit. 2011-02-04]. WITNESS – simulace podnikových procesů. Dostupné z WWW: [http://www.humusoft.cz/produkty/witness/index.php].**
2. **VAŠEK, Lubomír; VAŠEK, Vladimír. Simulace systémů. 1. vyd. Brno : VUT, 1991. 136 s. ISBN 8021402628.**
3. **HUŠEK, Roman; LAUBER, Josef. Simulační modely. 1. vyd. Praha : SNTL, 1987. 349 s.**
4. **ŠŤASTNÝ, Jiří. Počítačová simulace a informační systémy. 2. vyd. Brno : VUT, 1992. 151 s. ISBN 8021404604.**
5. **ŘEPA, Václav. Podnikové procesy : procesní řízení a modelování. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha : Grada, 2007. 281 s. ISBN 978-80-247-2252-8.**
6. **GÁLA, Libor; POUR, Jan; ŠEDIVÁ, Zuzana. Podniková informatika. 2., přeprac. a aktualiz. vyd. Praha : Grada, 2009. 496 s. ISBN 978-80-247-2615-1.**
7. **KŘIVÝ, Ivan; KINDLER, Evžen. Simulace a modelování. Ostrava : Ostravská univerzita, 2001. 146 s.**
8. **FERENČÍKOVÁ, Mária; BIGOŠ, Peter. Simulácia jako nástroj ne riešenie problémov programom Witness. Transfer inovácií [online]. 2006, 9, [cit. 2011-02-02]. Dostupný z WWW: [http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/9-2006/pdf/68-72.pdf].**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Bronislav Chramcov, Ph.D.

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2011

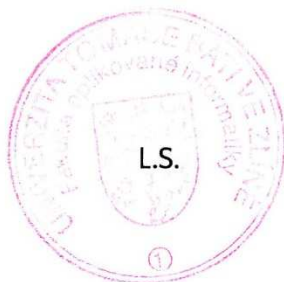
Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2011

Ve Zlíně dne 24. února 2011



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Práce se zabývá simulační studií provozu skladu nábytkářského podniku. Pro tento účel bylo využito simulačního programu Witness. Cílem práce bylo vytvořit model procesů příjmu a naskladnění. Model byl tvořen na základě popisu reálných procesů a sběru dostatečného množství dat přímo z provozu.

Na sestaveném modelu byla hledána úzká místa a následně byly sestaveny a realizovány experimenty za účelem zvýšení průchodnosti procesů. Na základě výsledků provedených experimentů byly navrženy úpravy na zefektivnění provozu.

Klíčová slova: Witness, simulace, proces, model, řízený sklad, simulační model

ABSTRACT

The thesis focuses on simulation study of warehouse operation in a furniture company.

Witness computer simulation program has been used to this goal. The aim of the thesis was to create the model of the receipt processes for the warehouse. Model has been created based on description of real processes and collection of sufficient quantity of data in the real operation.

There have been discovered bottlenecks on the created model. Consequently were compiled and carried out experiments in order to increase the throughput rate of the processes. Based on the results of the experiments were suggested adjustments for increase of effectiveness of the processes.

Keywords: Witness, simulation, process, model, warehouse, controlled warehouse, simulation model

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Bronislavu Chramcovovi, Ph.D. za ochotu, rady a připomínky, kterými mne vedl. Poděkování za vstřícný přístup a spolupráci si zaslouží také všichni pracovníci podniku a především skladu, kde se tento projekt odehrával. Velký dík patří také mé manželce Veronice za trpělivost a podporu během celého mého studia. Všem Vám díky.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY, VYSVĚTLENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	12
1.1 SYSTÉM	12
1.2 STRUKTURA SYSTÉMU	12
1.3 MODEL	13
1.4 MODELOVÁNÍ.....	13
1.5 SIMULACE	14
1.6 SIMULAČNÍ SOFTWARE	15
1.7 NÁHODNÁ ČÍSLA	16
1.8 TEORIE PRAVDĚPODOBNOTI.....	16
2 SIMULAČNÍ PROGRAM WITNESS	18
2.1 SEZNÁMENÍ S PROSTŘEDÍM PROGRAMU WITNESS.....	18
2.2 POPIS ELEMENTŮ PROGRAMU WITNESS	21
2.2.1 Základní fyzické elementy programu Witness.....	21
2.2.2 Základní logické elementy programu Witness.....	23
2.2.3 Základní grafické elementy programu Witness	24
2.3 VSTUPNÍ A VÝSTUPNÍ PRAVIDLA.....	25
2.4 STAVBA MODELU	26
2.4.1 Define	26
2.4.2 Detail	27
2.4.3 Display	27
3 SIMULAČNÍ PROJEKTY	28
4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI	34
6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	35
7 TOK HODNOT	36
8 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	38
8.1 VIZUÁLNÍ ZNAČENÍ SKLADU	38
8.1.1 Paletový štítek	40
8.1.2 Adresa regálové buňky.....	40
8.1.3 Regálový štítek	41
8.2 PROCESY PŘÍJMU A NASKLADNĚNÍ.....	42
8.2.1 Vstup palet do systému	42
8.2.2 Transport palet výtahem.....	43
8.2.3 Příjem palet	44
8.2.4 Roztřídění a přepočítání dílů	45
8.2.5 Odvedení výrobního úkolu.....	47
8.2.6 Přeskládání	48
8.2.7 Naskladnění	50
9 SBĚR A ANALÝZA DAT	51

9.1	ČASY TRÍDĚNÍ A PŘESKLÁDÁVÁNÍ	51
9.1.1	ABC analýza vstupů palet a dílů	51
9.1.2	Přímé měření	52
9.2	PROCENTO TRÍDĚNÍ NA BARVU	53
9.3	PŘÍSLUŠNOST SKLADU	54
9.4	MANIPULAČNÍ ČASY	54
9.5	ČASY ZÁZNAMŮ DO ČTECÍHO ZAŘÍZENÍ	54
9.6	ČAS PŘÍCHODU PALET DO SYSTÉMU	55
10	KONCEPTUÁLNÍ MODEL	56
11	POPIS MODELU A NASTAVENÍ JEDNOTLIVÝCH STROJŮ A PRACOVNÍKŮ	58
11.1	PALETA	58
11.2	VÝTAH	59
11.3	PRACOVNÍŠTĚ TRÍDĚNÍ	61
11.4	PRACOVNÍŠTĚ PŘESKLÁDÁVÁNÍ	63
11.5	PRACOVNÍK VZV	64
11.6	GRAFY A STATISTIKY	65
12	SIMULAČNÍ MODEL STÁVAJÍCÍHO STAVU A JEHO VALIDACE	67
12.1	VÝBĚR REFERENČNÍHO DNE	67
12.2	ANALÝZA VÝSTUPNÍCH DAT SIMULACE REFERENČNÍHO DNE	67
12.2.1	Čas potřebný k naskladnění všech palet	68
12.2.2	Využití pracovníků v rámci pracovní směny	69
12.2.3	Produktivita pracovníků	70
12.3	VALIDACE SIMULAČNÍHO MODELU	71
13	PLÁNOVÁNÍ A REALIZACE SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ	73
13.1	PLÁNOVÁNÍ SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ	73
13.2	EXPERIMENTY PRO ZVÝŠENÍ PRŮTOKU	74
13.2.1	Experiment č. 1 – přidání 1 pracovníka VZV	74
13.3	EXPERIMENTY PRO ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY POSUNEM SMĚN	75
13.3.1	Experiment č. 2 – posunutí začátku pracovní směny všech pracovníků o 30 min (tj. 6:30 – 14:30)	75
13.3.2	Experiment č. 3 – posun začátku směny 1 pracovníka přeskládávání na 11:15	76
13.4	EXPERIMENTY ZALOŽENÉ NA KOMBINACÍCH VÝSLEDKŮ PŘEDCHOZÍCH EXPERIMENTŮ	77
13.4.1	Experiment č. 4 – kombinace posunů směn a navýšení pracovníka VZV	77
13.5	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ	79
14	SHRNUTÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI	81
	ZÁVĚR	82
	CONCLUSION	83
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	85
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	87

SEZNAM OBRÁZKŮ	88
SEZNAM TABULEK.....	90
SEZNAM PŘÍLOH.....	91

ÚVOD

S pojmy jako simulace, simulátor se setkáváme poměrně často. Mnozí z nás už si možná vyzkoušeli simulátor v autoškole nebo jiný sportovní simulátor. Nemůže dojít ke zranění ani poškození či zničení drahého majetku, a to je důvodem proč přece jen raději dovolíme obyčejnému člověku usednout například za volant simulátoru formule 1, než mu dát skutečné auto a očekávat jak to dopadne. Vytvoření takového modelu spolu s jeho provozem je také výrazně méně nákladné než reálný provoz.

U simulací podnikových procesů jde především o možnost vyzkoušet si na modelu podniku, nebo určité jeho části, co by se stalo, pokud například přeuspořádáme výrobní halu a tím zkrátíme materiálový tok, případně přikoupíme další stroj, nebo změníme pracovní dobu. To vše můžeme zcela bezpečně na správně sestaveném modelu simulovat, a neohrozit tak reálný provoz systému. Je třeba si uvědomit, že model je vždy zjednodušením skutečnosti a zachycuje jen ty podstatné děje a vazby modelovaného systému, které chceme zkoumat. Proto je důležité předem vědět, k jakému účelu má model sloužit, aby nedošlo při sestavování k vynechání podstatné skutečnosti (vazby).

V diplomové práci budu zpracovávat simulační studii provozu skladu nábytkářského podniku v simulačním programu Witness. Mým cílem bude doporučit úpravy na zefektivnění provozu a upozornit na rezervy a úzká místa systému. Než se ale k tomuto cíli dostanu, bude třeba udělat mnoho nezbytných kroků zejména analytické povahy jako je pochopení a popsání jednotlivých procesů a sběr dat. Tyto činnosti jsou obvykle velmi náročné na čas a úsilí. Sestavování simulačního modelu potom závisí na praktických zkušenostech jednotlivce, které rostou spolu s počtem ukončených projektů.

V teoretické části popíši základní pojmy a postupy oboru simulace, seznámím čtenáře se simulačním programem Witness a procesem stavby modelu. Praktickou část pak budu věnovat popisu procesů ve skladu nábytkářského podniku, sestavení konceptuálního modelu a následné tvorbě modelu v programu Witness. Po ověření správnosti modelu budu provádět simulace za účelem odhalení slabých míst a navržení opatření pro lepší využití zdrojů. Následně po konzultaci s pracovníky podniku zpracuji plán experimentů a tyto s modelem prověřím. Každý správný experiment musí být vhodně vyhodnocen a okomentován, ani toto nebude v práci chybět.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY, VYSVĚTLENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

Každý obor lidské činnosti má svůj specifický jazyk obsahující výrazy, se kterými je vhodné čtenáře nejdříve seznámit, aby pro něj bylo snadnější pochopení dalšího textu.

1.1 Systém

Pod pojmem systém chápeme skupinu objektů (prvků), které mají mezi sebou navzájem vazby (propojení). Pro systém jsou dále důležité vazby na okolí, například jiný (nadřazený) systém. Vnitřní uspořádání systému nazýváme charakteristikou. Podle závislosti charakteristiky systému na čase pak provádíme základní dělení systémů:

- **Statické** – charakteristika systému je nezávislá na čase;
- **Dynamické** – charakteristika systému se v čase mění.

Simulace se zabývá dynamickými systémy. [1]

1.2 Struktura systému

Počítačový simulační model je tvořen třemi základními prvky:

- **Entity (transakce)** jsou dynamické objekty, které do systému vstupují. Pro vykonání určitých činností vyžadují zdroje, které dočasně obsazují a po svém dokončení systém zase opouštějí. Za entitu lze například považovat klienta banky. Přichází na pobočku, řadí se do fronty a následně blokuje přepážku. Po odbavení odchází z banky. Entita také může v systému měnit svou podobu. Z několika dílů může být kompletován celek, nebo naopak jeden vstupující kus může být rozřezán na několik dílů.
- **Aktivity a procesy** jsou činnosti, které jsou s entitou prováděny během doby, kdy je v systému. Proces je označení pro souhrn vzájemně provázaných činností dále dělitelný na podprocesy a konečně i na detaily zvané aktivity, které jsou dále nedělitelné. Činnosti jsou propojeny spojnicemi ukazujícími logický sled událostí a řídí pohyb entit. Podle potřeby přehledného popisu modelu je vhodné nejdříve popsat procesy a následně, pokud je potřeby vybrané procesy popsat jednotlivými aktivitami.

- **Zdroje** se v modelu nacházejí neustále. Vstupující entita obnovitelné zdroje využívá (obsluha, stroje), případně spotřebovává neobnovitelné zdroje (palivo, náhradní díly). Kapacita je základním atributem popisujícím zdroje, příkladem může být počet přepážek, pracovníků, strojů atd. Při vytížení všech dostupných zdrojů se entity řadí do fronty nebo zásobníku.

[5]

1.3 Model

Model chápeme jako zjednodušený obraz původního systému, kdy zanedbáváme vlastnosti nepodstatné z hlediska našeho dalšího zkoumání. Vždy je pouze přiblížením skutečnosti. Reálný systém bývá obvykle velmi složitý a model mu nemusí odpovídat. Aby se ověřila věrohodnost navrženého modelu, je potřeba provést s modelem ověřovací experimenty. Pokud nám model dává nepřesné, zkreslené výsledky, je třeba provést úpravy a znova otestovat výstupy zda jsou již v požadovaných mezích. [8]

1.4 Modelování

Modelování bývá většinou pojímáno jako transdisciplinární činnost, neboť se na něm mohou podílet poznatky z matematiky a fyziky, teorie systémů, teorie pravděpodobnosti, informatiky, kybernetiky či kognitivních věd, operačního výzkumu a jiných.

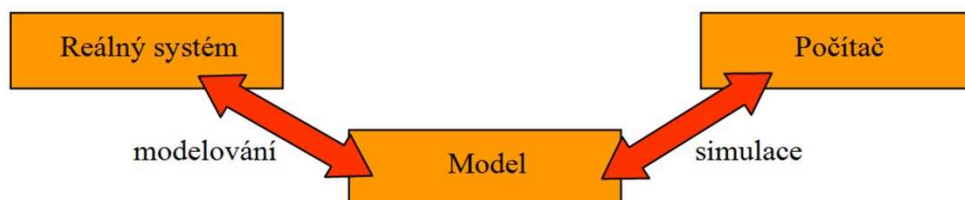
Modelování slouží nejen pro řešení problémů z praxe, ale je určeno i k provádění nejrůznějších výzkumů a experimentů nebo pro simulace societárních jevů. Použití modelů a simulací je vhodné především pro případy, kdy by při experimentu na reálném systému hrozilo poškození majetku či zdraví.

Modelování nedokáže v žádném případě obsáhnout samotnou realitu, nýbrž zjednodušeným pohledem nahlíží na určitou část reálného světa. Pro úspěšné dotvoření a využití modelu je třeba pochopit problém, který chceme zachytit, mít předem specifikovaný cíl a zároveň použít kvalitní zdrojová data. Pomocí některých simulačních programů lze tyto reality částečně popsat a přiblížit je tak studentům, odborníkům i široké veřejnosti.

[8]

1.5 Simulace

Podle otce teorie informace, amerického elektronika a matematika Claude Elwood Shannona, je simulace provádění experimentů s modelem reálného systému za účelem lepšího pochopení chování simulovaného systému. Tuto problematiku můžeme charakterizovat třemi elementy a vztahy mezi nimi, jak je uvedeno na (Obr. 1). [4]



Obr. 1. Schéma vazeb systém – model [4]

Na praktickém příkladu si můžeme ukázat, jaké jsou vazby mezi dříve vysvětlenými pojmy. Jako reálný systém si zvolíme například železnici. Tvorbu modelu - modelování provedeme zjednodušením reálného systému na podstatné elementy (vlaky, vagony, koleje...). Statickým modelem by v tomto případě bylo grafické zobrazení drah a stanic. Dynamickým modelem může být ve velmi zjednodušené formě dětský vláček, případně propracované modelářské kolejiště s mnoha detaily. Softwarový model pak vytvoříme pomocí počítače a vhodného programového vybavení. Simulací nazýváme procesy provádění experimentů s modely za účelem zjištění informací o systému. Můžeme například zkoumat, jak by se systém choval v krizových situacích a neohrozit tím reálný systém.

Simulace je často používána při výcviku civilních a vojenských zaměstnanců. K tomu obvykle dochází v případě, že je příliš drahé, nebo příliš nebezpečné, aby cvičenci používali skutečné zařízení v reálném světě. V takovýchto situacích tráví čas učením se cenných zkušeností v "bezpečném" virtuálním prostředí. Výhodou jsou také chyby, které tento systém při tréninku v bezpečnostně-kritických systémech umožňuje. [9]

Simulace se v praxi velmi často využívá pro plánování nebo optimalizaci výrobních nebo logistických systémů. Jako výhody počítačové simulace se obvykle uvádějí:

- nižší cena než provádění stejných experimentů na skutečném systému (někdy to ani není možné);
- bezpečnost - můžeme zkoumat jak by se systém choval v krizových situacích;

- rychlost simulace - narozdíl od reálného systému kde určitý proces může trvat roky lze se výpočty při počítačové simulaci dostat do potřebného okamžiku mnohem rychleji, případně opačný postup - zpomalení pro detailní zkoumání.

Počítačová simulace nemá jen výhody, jako nevýhody je třeba zmínit:

- validita - sestavený model je třeba řádně prověřit, aby data, které poskytuje, byla správná a vyvozené důsledky nebyly zavádějící;
- náročnost na výpočetní výkon, která je i v současnosti velká. Příkladem může být využívání superpočítačů provádějících výpočty na modelech počasí, zkoumání DNA, chování virů apod.;
- model je třeba udržovat aktuální, změny provedené v reálném systému se musí zpětně odrazit i v modelu.

1.6 Simulační software

Simulační software se rozvíjel v závislosti na vývoji hardwaru, tedy počítačovém vybavení a to především s ohledem na značné množství výpočtů, které je nutné provádět. V současnosti jsou výkony i běžných kancelářských strojů dostatečné pro běh podnikových modelů. [5]

Prvním objektově orientovaným jazykem byl už v roce 1967 simulační jazyk SIMULA. Simulační modely je možné samozřejmě tvořit obecnými programovacími jazyky jako je C++. Výhodou je naprostá volnost struktury modelu, kterou je však nutné celou vytvořit. Je to tedy způsob v současnosti ojedinělý a využívají se především hotové softwarové produkty, u kterých se model sestavuje z předem definovaných grafických objektů. Tyto se vzájemně propojují a nastavují se jim pravidla. Většina simulačních produktů se proto označuje jako vizuální interaktivní modelovací systém a některé z nich zde uvedu. [5]

Jedním z nejstarších simulačních jazyků pro diskrétní simulaci je GPSS/H od společnosti Wolverine Software Corporation. ARENA od firmy Rockwell Automation je grafickým systémem založeným na principech hierarchického modelování, využívá se pro manažerské rozhodování a kontinuální zlepšování kvality. Firma Promodel Corporation nabízí PROMODEL, který je vhodný pro diskrétní simulaci k hodnocení, plánování a projektování výrobních a logistických systémů. Dále stejná společnost nabízí programy s užším zaměřením. MEDMODEL je určený speciálně na oblast zdravotnictví a obsahuje knihovny objektů, které se zde vyskytují. Poskytovatelům zdravotnických služeb

a pojišťovně umožňuje plánovat personál, kapacity a péči orientovanou na pacienta. SERVICEMODEL se zabývá službami. Například v oblasti bankovníctví umožňuje simulovat a optimalizovat fronty, zatížení a uspořádání poboček apod. ProcessSimulator je určen pro uživatele MS Visia. Umožňuje oživit procesní schémata a simulovat chování jednotlivých procesů i jejich vzájemné interakce. [10]

Produktem firmy CACI Product Company je SIMPROCESS pro simulaci podnikových procesů. Integruje v sobě mapování procesů, diskrétní simulaci a kalkulaci nákladů založenou na činnostech. Především pro potřeby simulace podnikových procesů je určen SIMUL8 od stejnojmenné firmy Simul8 Corporation., který nabízí uživateli animaci běhu modelu jako významný nástroj pro kontrolu správnosti modelu a také pro prezentaci výsledků. [5]

Jako poslední simulační software uvádím WITNESS, produkt britské společnosti Laner Group Ltd., kterou na českém trhu zastupuje společnost HUMUSOFT s.r.o. Witness je určen především pro simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů. Doplňující moduly poskytují snadnou obousměrnou výměnu informací s programem Microsoft Visio, propojení s CAD/CAM systémy nebo tvorbu dokumentace. [5] Popisu programu Witness se podrobně věnuji v kapitole 2.

1.7 Náhodná čísla

V simulačních modelech se např. pro vstup dílů do modelu využívají náhodná čísla. Přesněji jde o pseudonáhodná čísla, která jsou získávána z aritmetických generátorů. Pseudonáhodná jsou proto, že k jejich výpočtu se používá předchozí hodnota. Generovaná čísla mají rovnoměrné rozdělení na otevřeném intervalu (0,1), nejčastěji se označují $U(0,1)$, kde písmeno U pochází z anglického označení Uniform. V běžném životě se jistě každý setkal s hrací kostkou, která představuje mechanický generátor se stejnou pravděpodobností, že padne číslo 1 až 6. [5]

1.8 Teorie pravděpodobnosti

Z teorie pravděpodobnosti by bylo vhodné zmínit a objasnit základní pojmy, se kterými simulace pracují.

- **Náhodný pokus** nám představuje například hod kostkou, výsledek není předem dán a pokus lze opakovat.

- **Náhodná veličina** je veličina, jejíž hodnota je dána výsledkem náhodného pokusu, tedy např. hozená šestka na hrací kostce.
- **Rozdělení** je pravidlo, přiřazující každé hodnotě nebo intervalu hodnot pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude této hodnoty nebo hodnoty z tohoto intervalu.
- **Distribuční funkce** náhodné veličiny $F(x)$ přiřazuje každému reálnému číslu pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude hodnoty menší nebo rovné x . Pro každé reálné x platí $0 \leq F(x) \leq 1$ a dále, že distribuční funkce je neklesající.
- **Hustota pravděpodobnosti** spojité náhodné veličiny (označovaná jako P) je funkce určuje pravděpodobnost, že náhodná veličina X bude mít hodnotu z intervalu hodnot x_1, x_2 , $P(x_1 \leq X \leq x_2)$
- **Střední hodnota** $E(x)$ je parametr rozdělení náhodné veličiny, který je definován jako vážený průměr daného rozdělení.
- **Rozptyl** $D(x)$ určuje rozsah hodnot náhodné veličince. Je to střední hodnota čtverců odchylek hodnot náhodné veličiny od její střední hodnoty $E(x)$.
- **Směrodatná odchylka** je odmocninou z rozptylu $D(x)$. Jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot od jejich aritmetického průměru. [4]

2 SIMULAČNÍ PROGRAM WITNESS

Program Witness, vyvíjený britskou společností Lanner Group Ltd. slouží především pro simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů. Využití nachází především v oblasti interaktivní simulace systémů diskrétních událostí, které jsou založeny na organizaci fyzických a logických elementů.

Managementu firem mohou výsledky simulací v programu Witness poskytnout informace o efektivnosti současné výroby, sledování úzkých míst, které brání zvýšení efektivity nebo naopak zobrazit nevyužité zdroje. V konkurenčním prostředí firem je nutné neustále hledat možnosti jak lépe využívat zdroje, aby se výsledku dosáhlo s nižšími náklady. Na základě těchto informací lze v modelu provést úpravy a sledovat jak se změní výstupní data. To vše bez nutnosti přímých zásahů do funkčního systému a bez rizika ohrožení fungujícího systému v případě že pozměněný systém dává horší výsledky než původní.

Simulační software Witness v České republice distribuuje společnost HUMUSOFT s.r.o. se sídlem v Praze. Dostupný je ve variantách Manufacturing Performance Edition, která je určena pro oblast výroby a logistiky a Service and Process Performance Edition pro oblast služeb.

Witness lze doplňujícími moduly propojit a zajistit tak výměnu dat se nástroji jako Microsoft Visio, CAD/CAM systémy nebo provádět dokumentaci modelů či získávat znalosti z rozsáhlých souborů dat.

[11]

2.1 Seznámení s prostředím programu Witness

Pro zdárné sestavení modelu a následné experimentování s ním, je nutné se nejdříve seznámit s prostředím programu Witness, který se skládá z několika dílčích oken. Tato okna je možné zobrazovat, případně skrývat podle aktuální potřeby uživatele. Pro tuto práci je použita verze 3.00 (Build 1378) (Obr. 2), proto i popsané postupy a nastavení budou vztaženy k této verzi.



Obr. 2. Použitá verze programu Witness

Účelem této kapitoly není detailně popsat všechny možnosti a nastavení programu Witness, ale spíše popsat nejčastěji používané funkce a nastavení vazeb mezi prvky sestavovaného modelu. Pro detailní seznámení je potřeba sáhnout po uživatelské příručce případně využít nápovědy a vzorových příkladů přímo v programu.

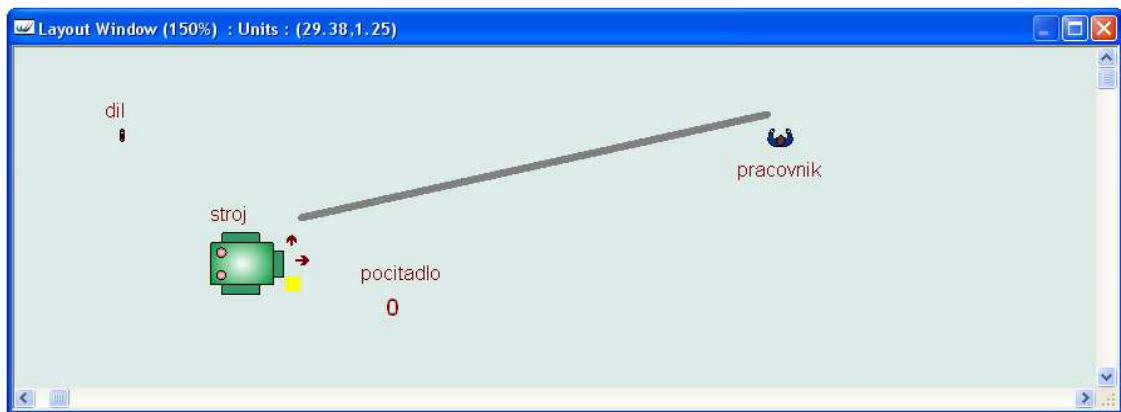
Hlavní menu v horním pruhu (Obr. 3) obsahuje položky File, Edit, View, Model a další. Skrývá se pod nimi veškeré ovládání programu. Dále je tu řada ikon pro rychlý přístup k nastavování. Tak jako v jiných programech i zde je možné použít několik způsobů pro vyvolání dialogového okna nastavování, je na uživateli, který způsob mu vyhovuje.



Obr. 3. Hlavní menu programu Witness

V levé části se nachází svislý pruh, ve kterém se budou vypisovat elementy použité v modelu.

Největší plochu obrazovky zabírá Layout Window, neboli pracovní plocha, na kterou umístíme zvolené elementy a dále s nimi pracujeme (přiřazujeme vstupní a výstupní pravidla a další).



Obr. 4. Pracovní plocha

Výběr elementů se provádí z okna Designer Elements ve spodní části obrazovky (Obr. 5). Zde jsou vytvořeny skupiny základních použitelných prvků, mezi kterými se přepínáme pomocí záložek. Na obrázku níže jsou čtyři základní typy – součást, zásobník, stroj a pracovník.



Obr. 5. Okno Designer Elements

Řídicí panel ve tvaru úzkého proužku (Obr. 6) se nachází ve zcela dolní části obrazovky. Na tomto panelu provádíme spuštění, zastavení, nebo také krokování běhu simulace. Ikony jsou intuitivní a všeobecně známé např. ze spotřební elektroniky. Plynulost a rychlost pohybu objektů po obrazovce je možné nastavovat pomocí posuvníků. Dále je možné nechat proběhnout simulaci do určitého času velmi zrychleně a nechat si zobrazit až zadaný časový okamžik. Pro tuto funkci je nutné zadat koncový čas a aktivovat ikonu budíku. Zobrazen je také aktuální čas simulace, zadané datum a další ikony (např. pro reporty).



Obr. 6. Řídicí panel

Program Witness samozřejmě nabízí řadu dalších elementů. Dále v práci uvedu pouze, ty které byly při sestavení modelu použity.

2.2 Popis elementů programu Witness

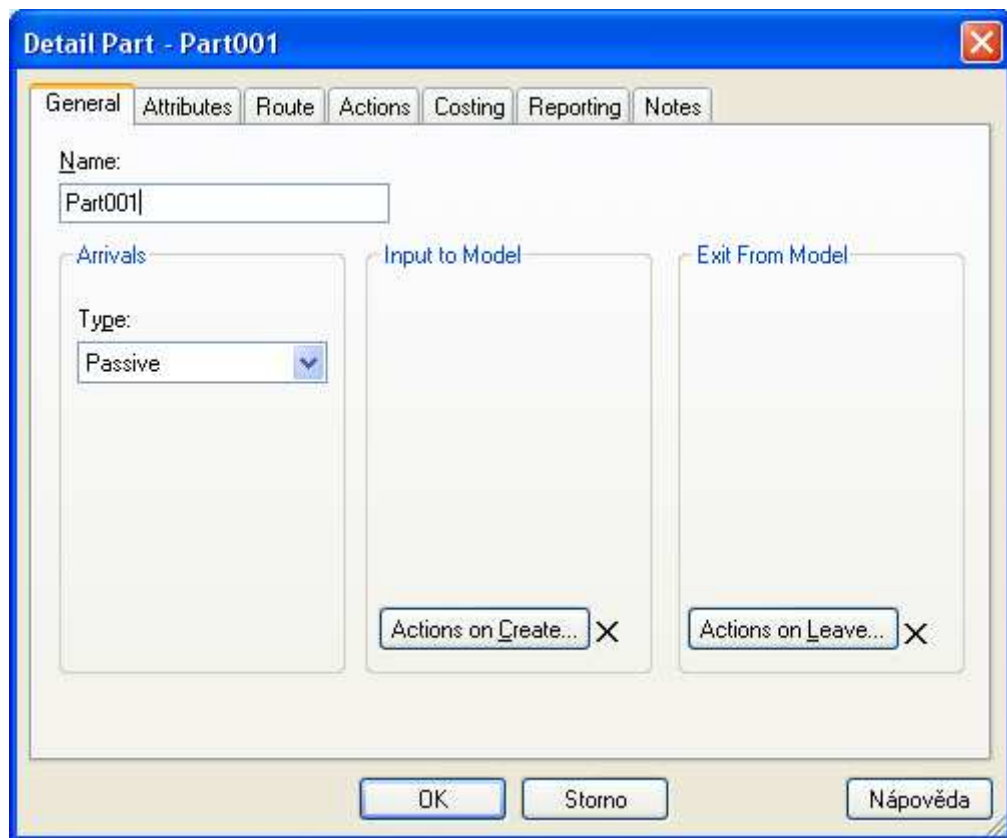
Model se skládá z prvků, které lze podle charakteru použití dělit na tři základní skupiny:

- Fyzické prvky (PART, BUFFER, MACHINE, LABOR, TRACK, VEHICLE, ...);
- Logické prvky (ATTRIBUTE, VARIABLE, SHIFT, ...);
- Grafické (TIMESERIES, PIE CHART, HISTOGRAM, ...). [6]

2.2.1 Základní fyzické elementy programu Witness

PART (součást)

Součásti jsou základními prvky modelu (Obr. 7). Můžeme si je představit jako součástky, které jsou kompletovány v nějaký větší celek, nebo naopak třeba strojem děleny na menší. Mohou to také být klienti pohybující se po modelu banky nebo jako v dále popisovaném modelu budou součásti představovat palety. Součásti lze dělit na pasivní, to jsou takové, které jsou do modelu natahovány z vnějšku a aktivní součásti, které vstupují do modelu o vlastní vůli. [6]

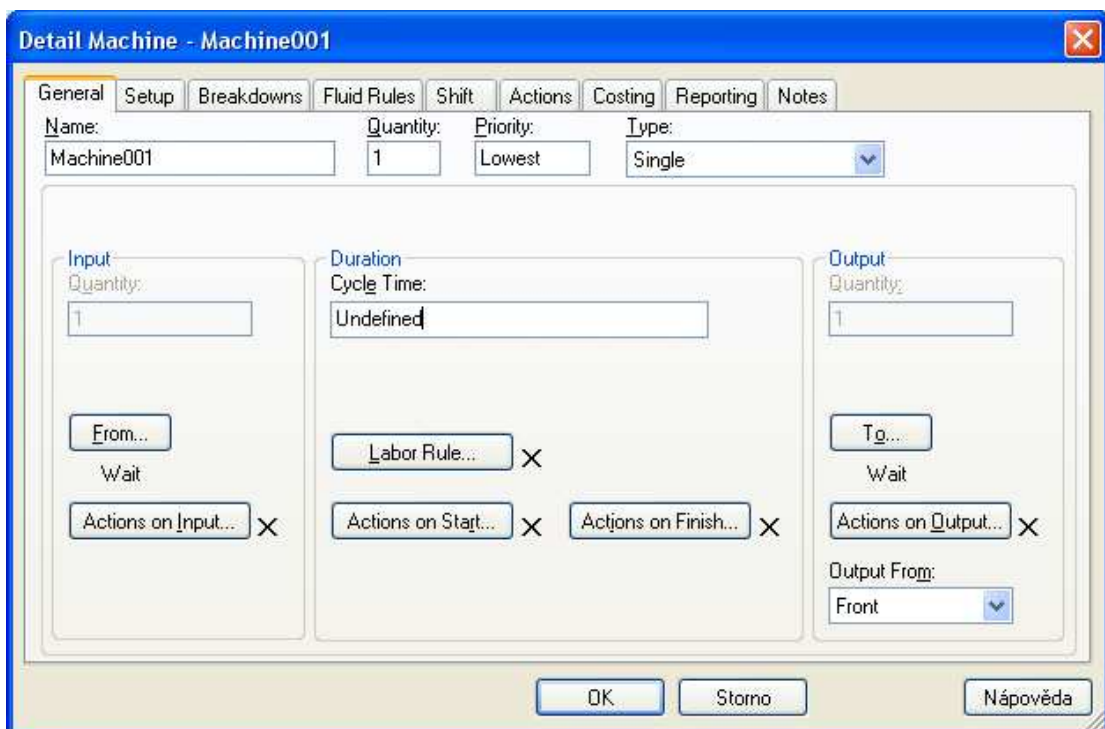


Obr. 7. Ukázka nastavení detailů u prvku PART

MACHINE (stroj)

Stroj představuje v modelu aktivní element, pomocí něhož jsou vykonávány činnosti (Obr. 8). Součást do stroje vstupuje, po definovanou dobu se s ní provádí operace a po skončení stroj opouští. To odkud stroj součásti bere a kam je po zpracování odesílá, řídí vstupní a výstupní pravidla. Stroji také můžeme přiřadit obsluhu, nastavit časy pravděpodobnosti poruchy nebo pracovních směn. Podle pracovního módu dělíme stroje na tyto základní typy:

- Single jedna součást vstupuje a jedna také vystupuje;
- Assembly několik součástí na vstupu je zpracováno na jednu výstupní;
- Batch několik součástí vstupuje a několik součástí vystupuje;
- Production z jedné vstupní součásti je vytvořeno několik výstupních;
- a další (General, Multi Station, Multi Cycle). [6]



Obr. 8. Ukázka nastavení detailů u prvku MACHINE

LABOR (pracovník)

Pracovník představuje pracovní zdroj, obvykle v modelu používaný pro obsluhu stroje. Strojů může obsluhovat i více. Upřednostnění obsluhy důležitějšího stroje se vynucuje nastavením vyšší priority (nižší číslo). Pracovníkovi lze také nastavit pracovní směnu a přestávky. [6]

BUFFER (zásobník)

Zásobník představuje místo, kde se v modelu součásti skladují. Je to pasivní element, který součásti odnikud neodebírá, ani nikam neodesílá. Přístup k součástem v zásobníku lze nastavit na pravidlo LIFO, FIFO, nebo dle priority. Dále se u zásobníku nastavuje maximální kapacita. Program Witness obsahuje ještě také zásobníky s neomezenou kapacitou. Jedním z nich je zásobník označený WORLD, ze kterého se do modelu součásti nabírají. Z modelu vystupující součásti je možné odesílat do zásobníku SHIP. Pro zničené nebo poškozené součásti lze využít výstupní pravidlo pro odeslání do SCRAP. [6]

PATH (cesta)

Cesty umožňují v modelu reálně přemísťovat pracovníky mezi jednotlivými pracovišti po předem definované trase a také s časem, po který se bude pracovník pohybovat od začátku ke konci. [6]

TRACK (dráha)

Dráhy slouží v modelu pro pohyb vozíků. Vozík se pohybuje od konce dráhy na začátek, kde se porovná nastavené pravidlo a provede definovaná akce. U dráhy se nastavuje její délka, rychlost jízdy vozíku, pravidla a časy pro nakládání a vykládání obsahu nebo také počet vozíků, které se mohou po dráze současně pohybovat. [6]

VEHICLE (vozík)

Představuje pohyblivý element pro přepravu součástí. Pohybuje se po definovaných drahách buď automaticky, nebo s obsluhou. Chování vozíku stanovují výše popsané dráhy, bez kterých vozík nemůže fungovat. V nastavení lze zadat kapacitu vozíku a jeho rychlost. [6]

Program Witness obsahuje ještě další elementy než jen ty, které jsem výše zmínil, například speciálně přizpůsobené pro modelování kapalin. Pokud bude mít zvědavý čtenář zájem, může nahlédnout do příručky. [6]

2.2.2 Základní logické elementy programu Witness

Mezi základní logické elementy modelu patří například tyto vybrané:

VARIABLE (proměnná)

Do proměnné můžeme například zaznamenávat počty kusů, které do modelu vstoupily, vystoupily, nebo se právě nacházejí v určitém bodě simulace. Proměnná musí mít nastaven svůj datový typ (integer, real, name, string) a počet zobrazovaných cifer nebo znaků.

FUNCTION (funkce)

Představují předdefinované systémové funkce pro správu logiky. Velmi často používanou statistickou funkcí je např. NPARTS, pro zobrazení počtu kusů. [6]

SHIFT (směna)

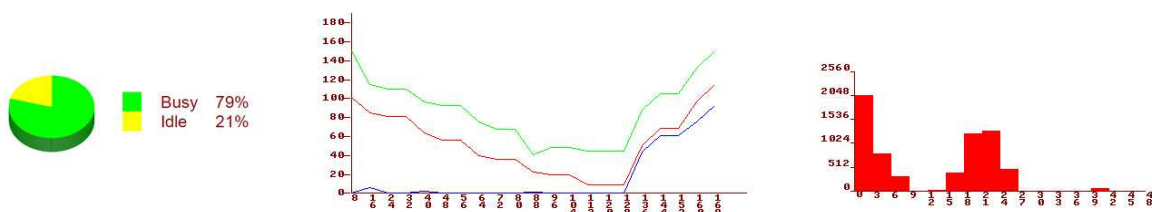
Pomocí směn nastavujeme časy, kdy mají pracovníci, stroje, dráhy, nebo vozíky vykonávat svou činnost. Směna se dělí na menší časové úseky, tzv. sub-shift. Skládáním časů práce (working time), časů odpočinku (rest time) a přesčasů (over time) vznikne časová mapa dne, týdne nebo měsíce, která určí kdy je čas na práci nebo třeba obědová přestávka. [6]

ATTRIBUTES (atributy)

Atributy jsou hodnoty rozšiřující popis elementů. Mohou mít tvar celočíselný, reálný, případně to může být název nebo textový řetězec. Pomocí atributů součástí vstupujících do stroje nastavujeme např. celkový cyklový čas stroje. [6]

2.2.3 Základní grafické elementy programu Witness

Grafické elementy slouží jako vizuální prvky pro snadnější sledování dějů uvnitř modelu (Obr. 9).



Obr. 9. Ukázka koláčového grafu, časové posloupnosti a histogramu

PIE CHARTS (koláčové grafy)

Koláčové grafy jsou používány pro vizualizaci procentuálních rozdělení, např. vytížení stroje. Celý kruh představuje 100 %, který je formou výsečí rozdělen na stavy jako

pracující, čekající nebo porucha. V nastavení se vybírá již dříve definovaný prvek, pro který má být graf vykreslen a také po jakých intervalech má docházet k aktualizaci grafu. [6]

TIMESERIES (časová posloupnost)

Časové posloupnosti se v grafu se vykreslují jako křivky s pravidelnou periodou snímání dat. Po zaplnění grafu daty, dochází k přepisu nejstarších údajů. [6]

HISTOGRAM

Histogram slouží k zobrazení statistického rozložení četnosti u sledované veličiny. [6]

2.3 Vstupní a výstupní pravidla

Vstupní a výstupní pravidla říkají strojům a některým dalším elementům v modelu jak se mají chovat, jak jsou svázány s okolím. Bez pravidel by model jako celek nemohl fungovat. Nastavování vstupních a výstupních pravidel se děje u každého elementu na kartě **DETAIL** po kliknutí na tlačítko **FROM** – vstupní pravidlo a na tlačítko **TO** – výstupní pravidlo. Pro nastavení akcí reagujících na příchod slouží tlačítko **ACTIONS ON INPUT** (např. navýšení počítadla kusů) a obdobně při odchodu součásti **ACTIONS ON OUTPUT** může být provedena akce (např. změna barvy součásti po lakování). Nejčastějšími pravidly jsou:

WAIT (čekat) – čekání na vtažení nebo vytlačení do jiného elementu;

PUSH (tlačit) – výstupní pravidlo pro odesílání součásti, např. na vstup dalšího dostupného elementu;

PULL (táhnout) – vstupní pravidlo pro odebírání součástí z předchozího dostupného elementu;

LEAST (nejméně) – vstupně-výstupní pravidlo pro určení následujícího elementu s nejnižším počtem součástí nebo volné kapacity;

MOST (nejvíce) – vstupně-výstupní pravidlo pro určení následujícího elementu s nejvyšším počtem součástí nebo volné kapacity (opak pravidla **LEAST**);

PERCENT – rozdělení probíhá na základě zadaného procentuálního poměru;

SEQUENCE (pořadí) – cyklické obslužení součástí vstupujících nebo vystupujících z několika elementů;

SELECT (výběr) – pravidlo pro výběr součástí z několika elementů;

MATCH (shoda) – vstupní pravidlo, které má dále rozšíření o /ANY, /ATTRIBUTE a /CONDITION. Obecně se používá u součástí se vzájemnou logickou vazbou;

DESTINATION (cíl) – výst. pravidlo pro dráhu, určuje, kam má být součást odeslána;

BUFFER (zásobník) – přidá na vstup nebo výstup stroje zásobník u dané kapacitě. [6]

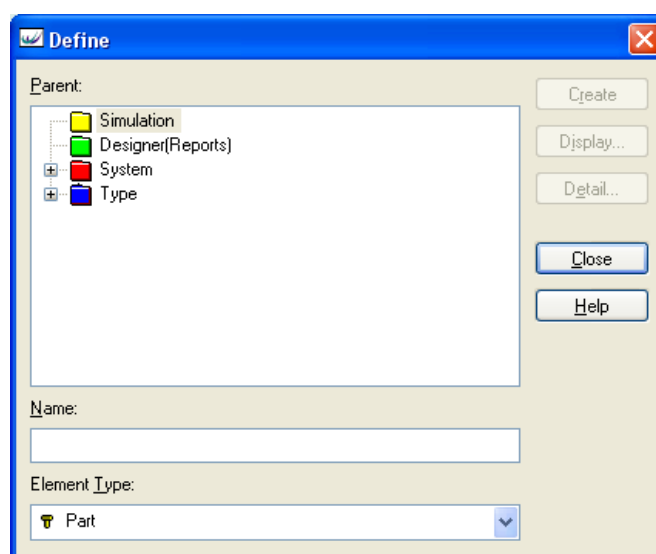
Vstupní a výstupní pravidla lze také skládat, a vytvářet tak složitější podmínky, při jejichž splnění případně nesplnění dojde k vyvolání určité akce. Pro zápis kombinovaných pravidel se nejčastěji používají příkazy IF, ELSEIF, ELSE - provedení příkazu za splnění podmínky. Dalšími příkazy jsou GOTO/LABEL, FOR/NEXT, WHILE/ENDWHILE, RETURN, STOP. [6]

2.4 Stavba modelu

Při vkládání nového elementu do modelu je nejprve nutné vybrat požadovaný typ elementu ze základní nabídky (součást, zásobník, stroj, pracovník) nebo rozšířených nabídek obsahující další typy. Kliknutím na zvolený element dojde k jeho vybrání a dalším kliknutím na pracovní plochu modelu pak k jeho vložení. Každému elementu je nutné nastavit jeho vlastnosti. Nastavení vlastností je rozděleno na tři skupiny, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

2.4.1 Define

S pomocí tohoto menu (Obr. 10) definujeme jména a množství u elementů v modelu



Obr. 10. Ukázka okna Define

použitých. Nějaké reálné činnosti přiřazujeme její simulační obraz. Díky zjednodušení reality v modelu nemusí přesně odpovídat.

2.4.2 Detail

Jde o nejdůležitější nastavení elementu, proto je také menu velmi snadno vyvolatelné dvojklikem myši na ikonu elementu nebo jeho název. V tomto menu provádíme detailní nastavení parametrů elementu a jeho chování v simulaci. Ukázku editačního okna je možné vidět na obrázku (Obr. 7) a (Obr. 8).

2.4.3 Display

Definovanému elementu je možné nastavit grafickou podobu (Obr. 11). Na výběr jsou připravené ikony, případně je možné vytvořit svou vlastní v editoru ikon. Zobrazenému textovému popisu elementu lze měnit velikost, barvu, styly, případně zobrazení vypnout. Barvy i typ ikony může být dále proměnný podle stavu elementu v průběhu simulace.



Obr. 11. Ukázka editačního okna Display

U strojů jsou již předem nadefinovaná barevná vyjádření stavů, ve kterých se stroj nachází, volbou display pak lze například zobrazit legendu (Obr. 12).

Stroj	Barva	Stav
	Bílá	Mimo směnu
	Žlutá	Nečinnost, čekání na díl
	Zelená	Pracuje
	Purpurová	Blokovaný
	Azurová	Nastavení
	Červená	Porucha, oprava

Obr. 12. Základní stavy stroje v programu Witness

3 SIMULAČNÍ PROJEKTY

Simulační projekty oblasti zlepšování podnikových procesů, obvykle procházejí určitými, i když nikoliv přesně danými fázemi. Ačkoliv různí autoři (např. [7], [5]) uvádějí různá dělení projektů na fáze, etapy či kroky, obvykle jde však o obsahově podobná schémata (Obr. 13). A i zde platí, že přeskočení či podcenění určité fáze projektu se na jedné straně může jevit jako časová i finanční úspora, ale na druhé straně obvykle dojde k celkovému zdržení projektu a následným ještě vyšším nákladům. Autor Martin Dlouhý se spoluautory [5] uvádí základní fáze simulačního projektu včetně doporučení pro realizaci:

Fáze 1: Rozpoznání problému a stanovení cílů

Zásadním krokem pro úspěšnost projektu je správná formulace problému. V této fázi se musí jasně definovat:

- vymezení problému, stanovení dosažitelných cílů;
- rozhodnutí, zda bude simulační projekt realizován, a zda je simulace vhodnou metodou;
- stanovení odpovědných osob za projekt. [5]

Fáze 2: Vytvoření konceptuálního modelu

Před zahájením tvorby počítačového modelu v simulačním programu je nutné si vytvořit základní představu o modelovaném systému. Jedná se o tvorbu tzv. konceptuálního modelu, který by měl přinášet odpovědi na otázky:

- „Jaký podnikový systém modelujeme? Kdo jsou zákazníci systému?
- Podle jakých kritérií je hodnocena efektivnost systému?
- Jak podrobná úroveň modelování je nutná?
- Jaké objekty, činnosti a zdroje modelovaný systém zahrnuje?
- Jak požadavky vstupují do systému? Jaká jsou pravidla při obsluze požadavků?
- Jakým způsobem se přidělují omezené zdroje jednotlivým procesům?“ [5]

Fáze 3: Sběr dat

Simulace je obvykle datově velmi náročnou metodou. Problémy nastávají, pokud požadovaná data nejsou k dispozici, zde se musí stanovit rozumné předpoklady o charakteru modelovaných procesů, kterými mohou být názory expertů, nebo porovnávání s podobnými procesy.

Pokud data k dispozici máme, i zde musíme věnovat pozornost tomu, jak byla tato data získána a zda můžeme považovat tato data za vypovídající. [5]

Fáze 4: Tvorba simulačního modelu

Pod tvorbou modelu si můžeme představit proces, kdy provedeme „zakódování“ konceptuálního modelu do jazyka simulačního programu. Tvorba počítačového modelu je takovou první kontrolou konceptuálního modelu, protože nekompromisní přesnost počítačové logiky odhalí i to, co jsme mohli přehlédnout při sestavování konceptuálního modelu. [5]

Fáze 5: Verifikace a validizace modelu

„Verifikací modelu rozumíme ověření toho, zda vytvořený počítačový model je v souladu s původním konceptuálním modelem. Jde o kontrolu správného přepisu představy řešitelského týmu o fungování reálného systému do simulačního programu. Valorizací chápeme ověření toho, zda počítačový model je ve shodě s realitou. Ověřujeme, jestli představa o fungování reálného systému byla správná. Pokud vytváříme model existujícího systému, je nejjednodušším způsobem kontroly srovnání výstupů modelu s reálnými daty.“ [5]

Fáze 6: Provedení experimentů a analýza výsledků

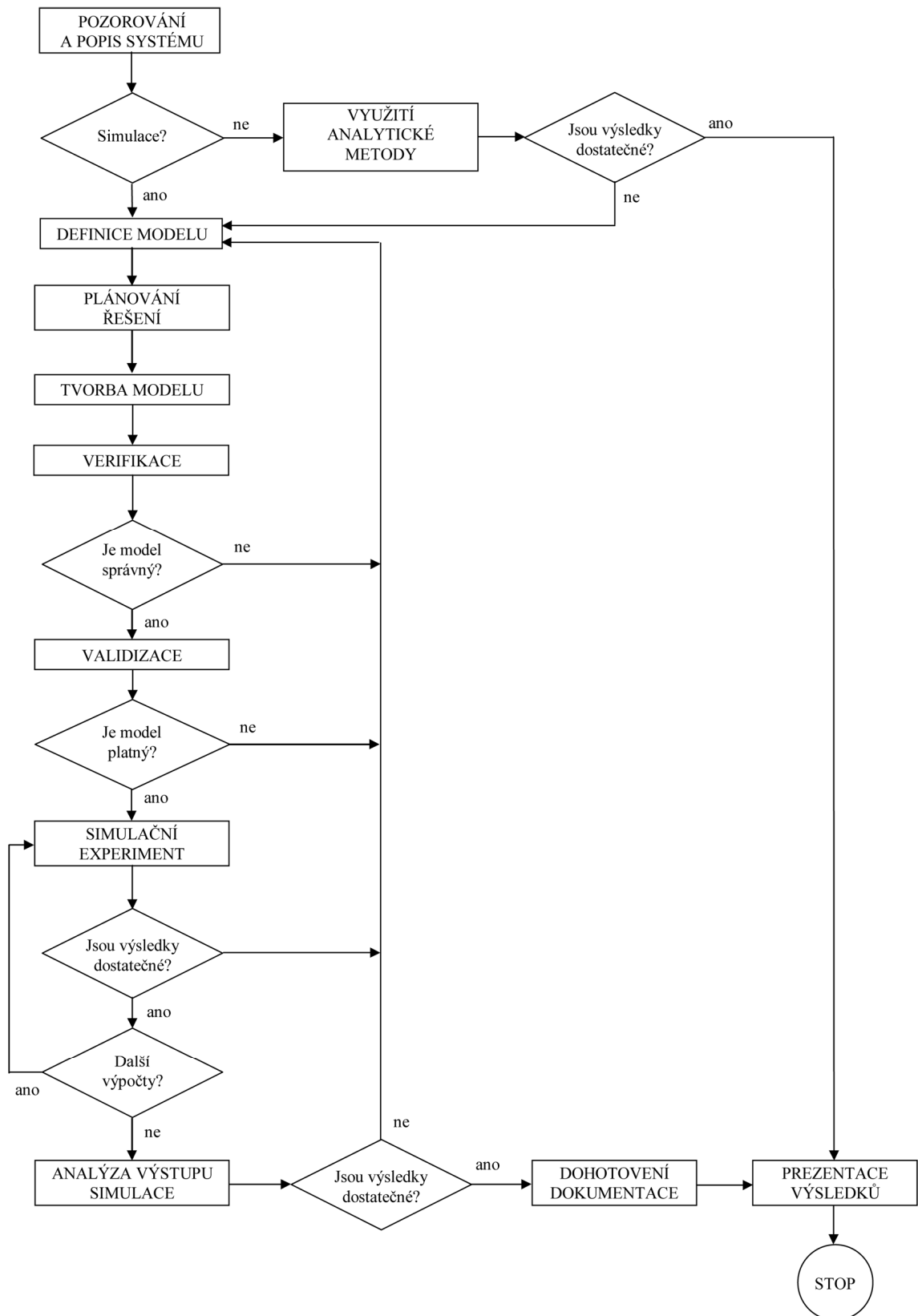
Před samotným provedením experimentů je nutné sestavit plán experimentů. Následuje provedení experimentů a samozřejmostí je také výsledky jimi získané statisticky vyhodnotit. [5]

Fáze 7: Dokumentace modelu

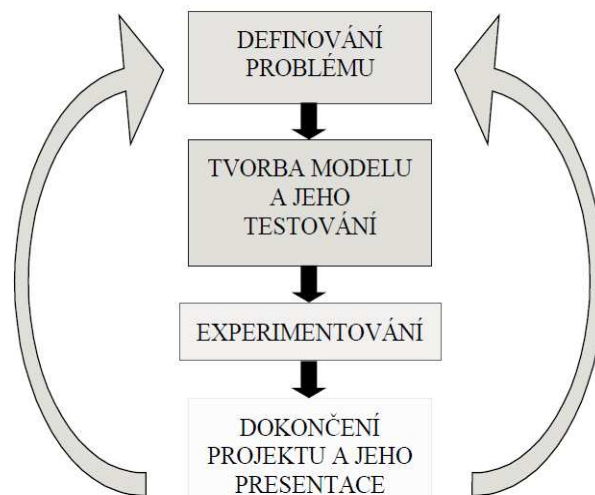
Nezbytnou součástí simulačního projektu je i dokumentace modelu, ve které se popisuje strukturu modelu, vývoj modelu a výsledky experimentů. Bez tohoto popisu by bylo téměř nemožné se v budoucnu k modelu vrátit např. s novým zadáním nebo s požadavkem použití části modelu pro další aplikace. [5]

Fáze 8: Implementace

Při implementaci navrženého řešení je výhodné zapojit řešitele simulačního projektu. Protože neprovázání simulačního projektu s reálnou aplikací v provozu se zvyšuje pravděpodobnost neúspěšné implementace. [5]



Obr. 13. Vývojový diagram simulačního projektu [7]



Obr. 14. Fáze simulačního projektu [7]

Jak je vidět z obrázků (Obr. 13) a (Obr. 14) a výše zmiňovaných fází od autora Dlouhého [5] existuje mnoho přístupů k organizaci simulačního projektu. Rovněž je nutné říci, že každý projekt je zcela jiný, a proto je dodržování určitých principů při organizaci práce tvorby simulačního projektu na místě. Jednak se zvyšuje pravděpodobnost úspěchu, a efektivita práce, ale také se snižuje riziko zbytečných stresových situací.

4 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části jsem svou pozornost zaměřil do tří oblastí. První zahrnovala základní pojmy z oboru simulace a pravděpodobnosti. Zde jsem uvedl jejich definice.

Protože program Witness, prostřednictvím kterého budu sestavovat simulační model, není jediným programem pro simulace na trhu, uvedl jsem i další programy s jejich stručným popisem. Některé z těchto programů jsou oborově zaměřeny např. na zdravotnictví.

Ve druhé významné oblasti jsem se věnoval již konkrétně popisu simulačního programu Witness. Bylo velmi důležité nastudovat celkovou filozofii programu a práci s ním. Stěžejním úkolem bylo porozumět problematice zápisu vstupních a výstupních pravidel, akcí na vstupu a na výstupu. Získané poznatky jsem potom shrnul, a popsal jsem jednotlivé stavební prvky modelu a možnosti nastavení vazeb mezi nimi.

Na závěr teoretické části jsem se věnoval organizaci simulačního projektu. Z dostupné literatury jsem studoval fáze simulačního projektu. Pro zpracování praktické části jsem se rozhodl postupovat podle fází simulačního projektu, které popisuje M. Dlouhý s kolektivem [5].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI

Rok 2010 nábytkářská společnost věnovala rekonstrukci meziskladu dílů (SH skladu). Došlo k novému rozložení skladu, změně skladovacích regálů a skladovacích jednotek. Na projekt fyzické přestavby skladu navázala dalším, jehož cílem je zavedení řízeného skladu. Procesy řízeného skladu byly zaváděny na etapy. Základem však bylo změnit organizaci práce a sklad vizualizovat a standardizovat.

První procesy, které se začaly evidovat a řídit prostřednictvím čtecích zařízení byly procesy příjmu dílů a jejich naskladnění. Implementace probíhala na etapy včetně fáze zkušebního provozu. K potřebě simulace procesů dospěl implementační tým v době, kdy byla na konci října 2010 provedena inventura a první načtení položek dle pozic do informačního systému. Od tohoto data začal ostrý provoz procesu řízeného příjmu a základní proces řízeného výdeje.

I přesto, že se provedl zkušební provoz procesu řízeného příjmu a naskladnění, začal se tým příjmových pracovníků potýkat se skutečností, že nebyl schopen vytřídit všechny palety s díly, které ten den přišly do skladu v řádné pracovní směně. Pracovníci byli nuceni proces dokončit na přesčasech či sobotních směnách.

Situace byla neúnosná a pracovníci implementačního týmu museli pracovníkům zavést pravidla a procesy standardizovat. Z této situace vzešel také požadavek společnosti na vytvoření simulační studie těchto nově standardizovaných procesů příjmu a naskladnění. Cíle simulační studie jsou stanoveny následovně:

- ověřit, zda jsou pracovníci schopni při nově organizovaných procesech dokončit proces příjmu a naskladnění u všech palet, které ten den přijdou ve standardní pracovní směně;
- navrhnout opatření, která by zvýšila produktivitu procesů a snížila čas potřebný pro naskladnění všech palet, které ten den přijdou.

Simulační studii jsem se rozhodl řešit postupem, který nastiňuje Dlouhý ve své knize Simulace podnikových procesů [5]. Procesy budu analyzovat přímo v provozu skladu, kde rovněž sesbírám potřebná data pro tvorbu simulačního modelu. Simulační model budu vytvářet v prostředí programu Witness, který mám v rámci svého studia ve škole k dispozici. Validovat a verifikovat model budu s pracovníky společnosti. S nimi budu také sestavovat plán simulačních experimentů a konzultovat výsledky.

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společnost, ve které zpracovávám diplomovou práci, je tradičním výrobcem ohýbaného nábytku z bukového dřeva s více než 150letou historií. V posledních letech se zabývá zejména o výrobu židlí (94 % z celkové produkce) a stolů vycházející z tradice řemeslného umění za současného použití nových trendů v nábytkářském průmyslu, přičemž řadu z nich společnost sama inicializuje.

Produkty společnosti jsou vyváženy do více než 60 zemí světa. Odbyt zahraničního trhu tvoří zhruba 70 % produkce. Novinky v jejich sortimentu každoročně prezentují na prestižních mezinárodních výstavách: Salone del Mobile Milano, IMM Cologne nebo 100% Design London (Obr. 15). Při vývoji nových modelů spolupracují s významnými českými i zahraničními designéry.

Výrobky této společnosti jsou vybavovány hotely, restaurace, kavárny a v neposlední řadě také domácnosti.



Obr. 15. Ukázka oceněného produktu společnosti

7 TOK HODNOT

V této kapitole stručně popíší materiálový tok výroby židlí od vstupu surovin až po výstup hotového výrobku přes expedici k zákazníkovi.

Proces začíná objednáním bukových hranolků u dodavatelů, které jsou přímými denními dodávkami přiváženy a uskladněny ve skladu nábytkových hranolků. Objednávka hranolků je tvořena na základě předběžných odhadů a pohybů hladin ve skladech. V prostoru skladu nábytkových hranolků bukové hranolky přirozeně vysychají na technologicky stanovenou úroveň vlhkosti.

Dle potřeb výroby jsou hranolky z tohoto skladu „vtahovány“ do procesu. Podle dílů, které jsou z nich třeba vyrobit, jsou hranolky sušeny v sušárnách již na přesně definované hodnoty a poté jsou odeslány na strojní přípravu. Zde jsou hranolky operacemi hrubování, krácení, srovnávání atd. připraveny na požadovaný rozměr pro následující proces ohýbání.

Ohýbání je prováděno třemi různými způsoby. Ručním tradičním ohýbáním, kdy jsou napařené hranolky ručně ohýbány a fixovány v pásnicích (tvarovacích přípravcích). Ručně-strojním ohýbáním, ve kterém je při procesu ohýbání použit jednoduchý stroj, ale práce člověka zde opět sehrává důležitou roli. A nakonec strojním ohýbáním, kde jsou hranolky ohýbány prostřednictvím vysokofrekvenčních lisů. Ohyby zafixované v tvárnících jsou sušeny a klimatizovány. Po určité době, která se pohybuje v řádu 1 – 5 týdnů jsou ohyby připraveny pro strojní opracování.

Ohyby jsou skladovány ve skladu SO (surové ohyby). Tento sklad je řízen minimální a maximální úrovní. Kdy se při poklesu hladiny zásoby daného ohybu pod stanovenou hranici vygeneruje objednávka do skladu hranolků.

Ze skladu SO jsou na základě požadavků strojního oddělení vyskladňovány ohyby ke strojnímu opracování, kde se ohyby upravují na přesný rozměr. Za použití operací frézování, kopírování, broušení, ... se z ohybu stává přesný díl.

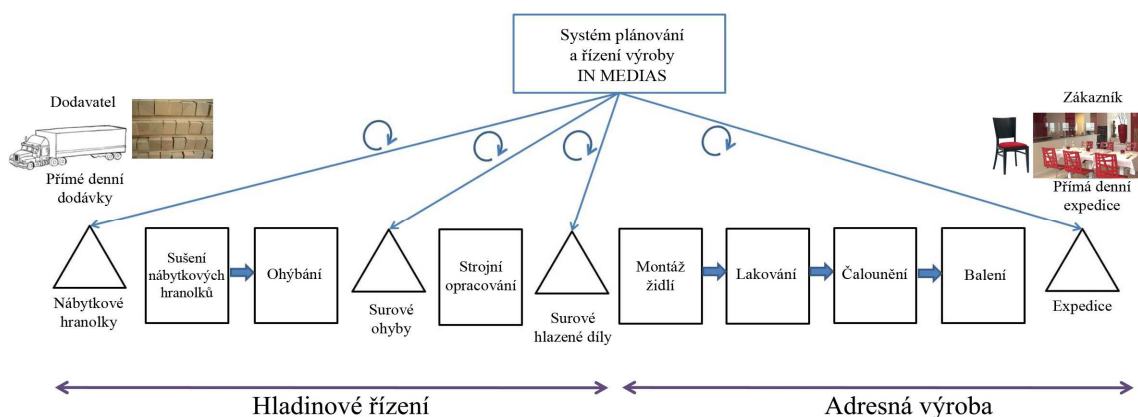
Vyrobené díly jsou ze strojního oddělení dopravovány do skladu SH (surových hlazených dílů). Zde jsou díly přetříděny dle barevného odstínu na světlé a tmavé díly a následně uskladněny. Tento sklad, co se týče zásobování, funguje na stejném principu jako sklad SO. Na základě minimálních a maximálních hladin jsou generovány objednávky (výrobní příkazy) na výrobu dílů.

Na montáž jsou ze skladu SH vyskladňovány díly v setech, ze kterých se vyrábí sedadlové a opěradlové podsestavy. Výroba na montáži je řízena na základě konkrétních požadavků zákazníků. Podle toho, jsou také tyto sety ze skladu SH vyskladňovány. Jednou odchází set na výrobu 1 podsestavy a podruhé na výrobu např. 400 podsestav. Z toho důvodu je nutná flexibilita v celém skladovacím systému (při naskladňování, skladování a vyskladňování dílů).

První operací montáže je moření dílů, kde se díly moří ve speciálních mořicích vanách a získají tak zákazníkem specifikovaný odstín. Po zaschnutí mořidla jsou z dílů smontovány podsestavy (opěradlová, sedadlová), které jsou dále montovány na finální montáži dohromady.

Smontované židle odcházejí po dopravníkovém pásu do lakovny, kde jsou roboty nanášeny 2 vrstvy laku, mezi kterými je židle broušena. Po zaschnutí laku je židle čalouněna dle požadavků zákazníka a následně balena a expedována.

Materiálový tok je rovněž znázorněn prostřednictvím mapy toku hodnot na obrázku uvedeném níže (Obr. 16). Zde jsou patrné jednak jednotlivé klíčové fáze výrobního toku, ale také způsob řízení těchto fází. Hraničním bodem tzv. bodem rozpojení je sklad surových hlazených dílů, ve kterém dochází ke změně způsobu řízení. Potřebné množství dílů ve skladu je hlídáno hladinovým řízením, ale ze skladu se vyskladňuje již přímo na požadavky konkrétních zákazníků tzv. adresně.



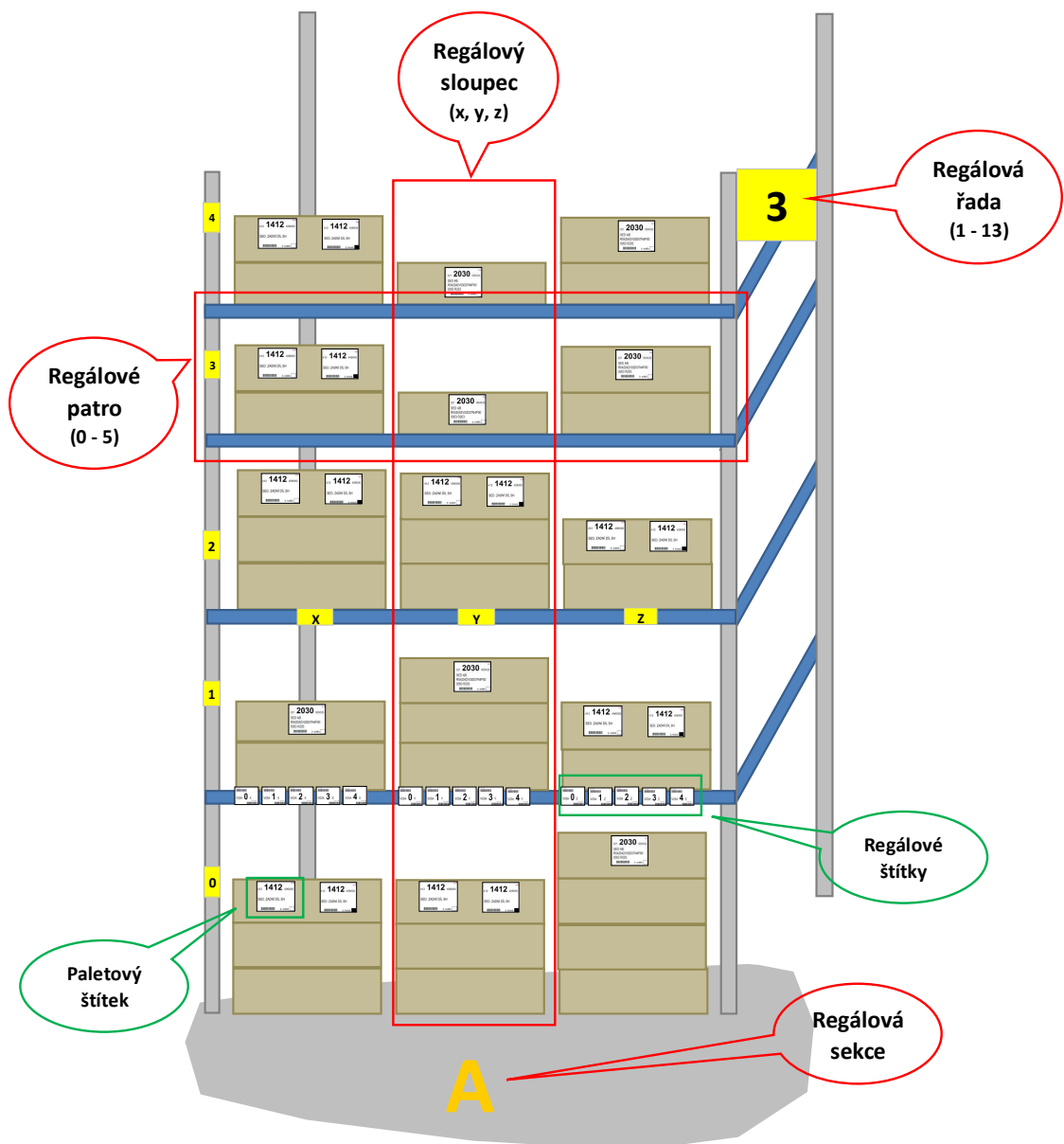
Obr. 16. Mapa toku hodnot

Tento bod rozpojení je pro řízení celé výroby velmi důležitý. Z toho důvodu se také společnost rozhodla bod standardizovat a narovnat zde materiálové a informační toky.

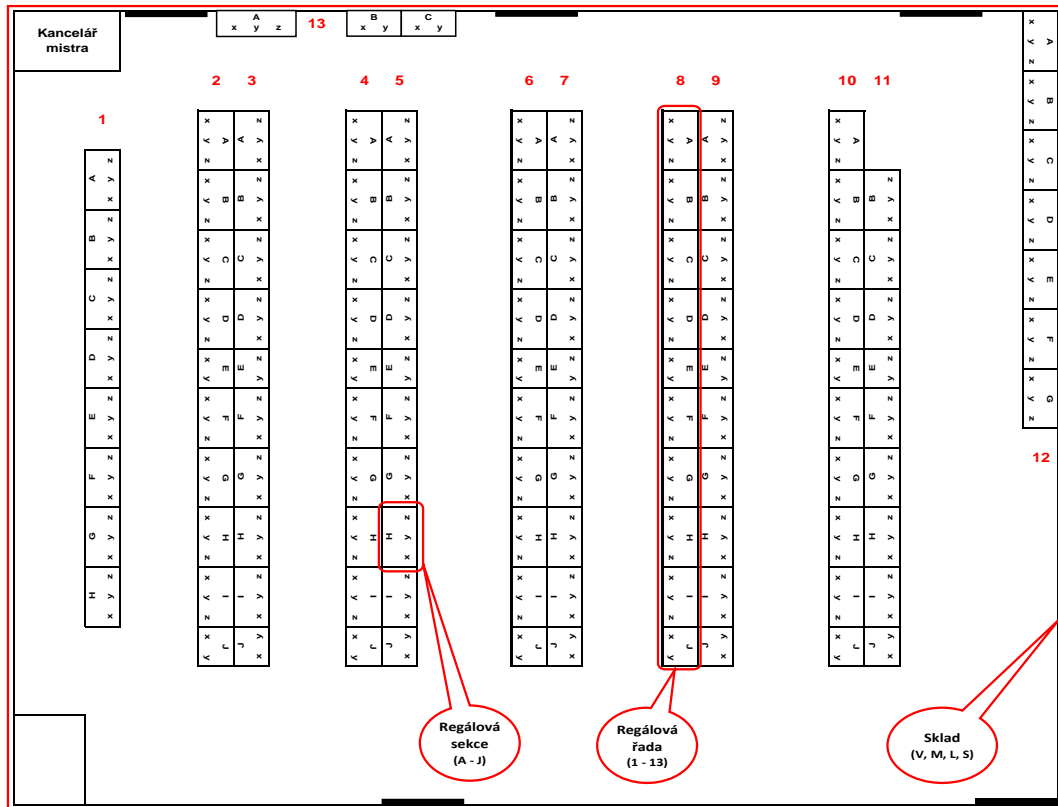
8 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

8.1 Vizuální značení skladu

V souvislosti s implementací řízeného skladu bylo nutné sklad a položky skladu řádně a standardně označit. Namísto původní náhodné a neúplné vizualizace byla každá položka označena štítkem. Rovněž byl vytvořen systém adres jednotlivých úložných míst tzv. mapa skladu. Veškerá pravidla pro vizualizaci skladu byla shrnuta do Standardu vizuálního značení skladu (Obr. 17) a Mapy skladu (Obr. 18).



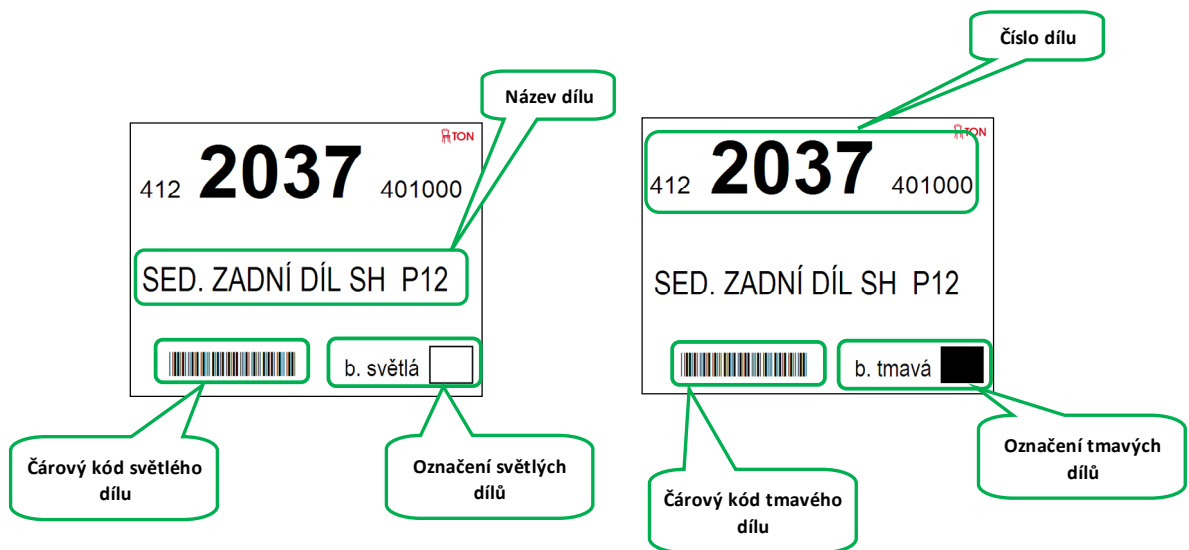
Obr. 17. Vizuální značení skladu [2]



Obr. 18. Mapa skladu V [2]

Mapa skladu zobrazuje rozložení regálových řad v rámci daného skladu (v tomto případě skladu V) a umístění jednotlivých sekcí a regálových sloupců v rámci regálových řad. V rámci simulační studie se budu zabývat zejména procesy prováděnými v hlavním tzv. „velkém“ skladu s označením V. Část produkce však odchází i do vedlejšího skladu tzv. „malého“ skladu s označením M. Standardy vizuálního značení obou skladů jsou shodné.

8.1.1 Paletový štítek



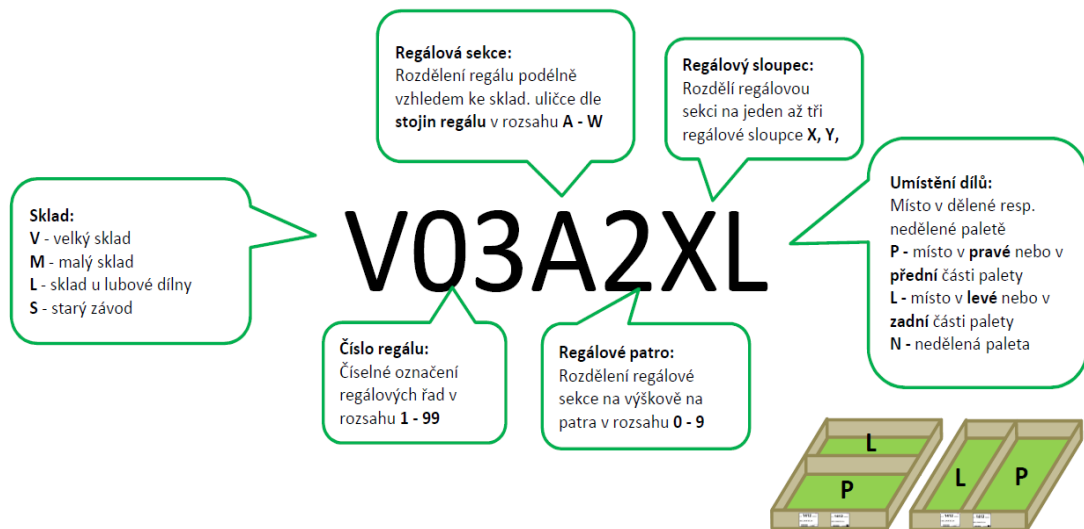
Obr. 19. Paletový štítek [2]

Paletový štítek (Obr. 19) slouží pro označení a načtení skladovaného dílu. Skládá se z označení čísla a názvu dílu, čárového kódu a označení barevnosti vytříděného dílu. Každá paleta uložená ve skladu musí být označena tímto paletovým štítkem. U světlých dílů je použit štítek s označením b. světlá, u tmavých dílů b. tmavá. Pokud se jedná o díl, který se netřídí na barvu, užívá se štítek pro světlé díly.

8.1.2 Adresa regálové buňky

Každá regálová buňka resp. místo v paletě má svou jedinečnou adresu (Obr. 20). Adresa určuje:

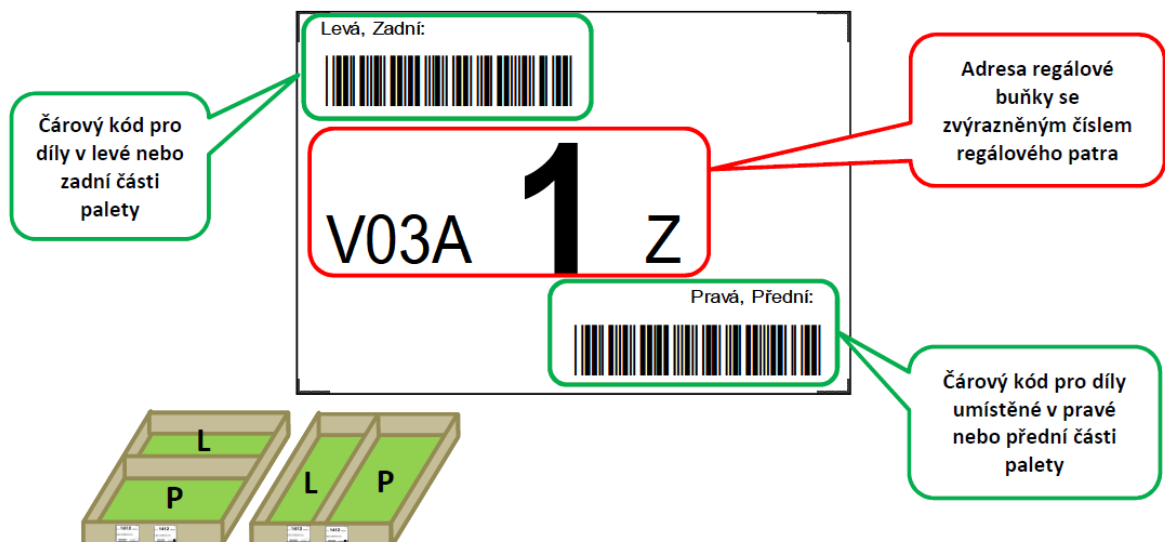
- Sklad;
- Číslo regálu v příslušném skladu;
- Regálová sekce příslušného regálu;
- Regálové patro příslušného regálové sekce;
- Regálový sloupec příslušné sekce;
- Umístění dílů v rámci palety.



Obr. 20. Adresa regálové buňky [2]

8.1.3 Regálový štítek

Regálový štítek (Obr. 21) slouží pro načtení regálové pozice skladovaného dílu. Skládá se ze dvou čárových kódů a adresy regálové buňky. V adrese je zvýrazněna číslice označující regálové patro. Pro každý regálový sloupec je umístěna sada regálových štítků na výškově dosažitelném nosníku regálu. Pokud se jedná o nedělenou paletu, pro načtení regálové pozice skladovaného dílu se sejmou kterýkoli z čárových kódů.



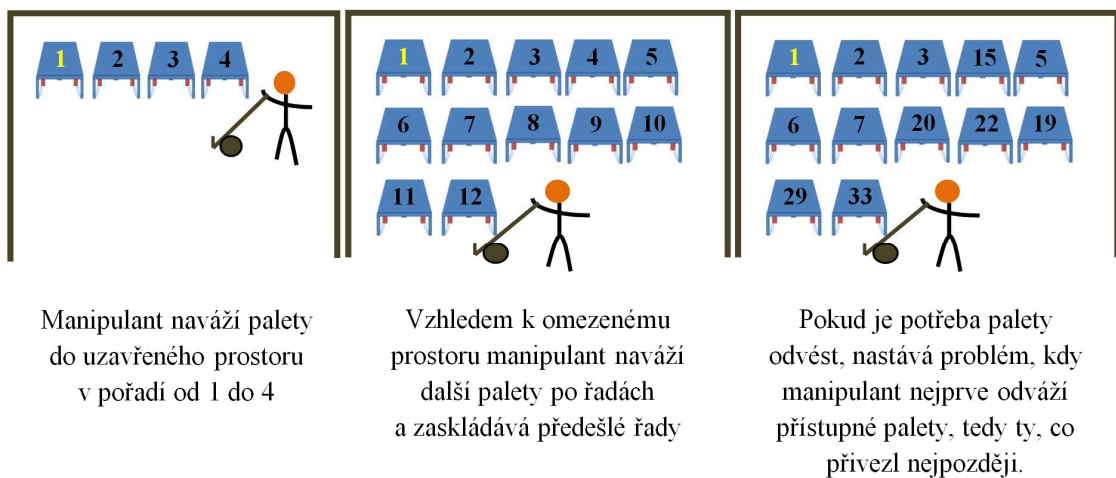
Obr. 21. Regálový štítek [2]

8.2 Procesy příjmu a naskladnění

8.2.1 Vstup palet do systému

Vstup palet do systému začíná na strojním oddělení. Po provedení poslední operace na strojním zpracování pracovník napíše do příslušné kolonky na první straně průvodky výrobního úkolu počet zhotovených kusů. Průvodku položí na sinus paletu se zhotovenými kusy a označí ji zeleným štítkem ODVOZ, na znamení manipulanci, že je na dílech provedena poslední operace a může ji tedy manipulaci odvést do prostoru před výtahem. Vyznačený prostor před výtahem slouží jako shromaždiště dílů, které mají být vyvezeny, přetříděny a následně uskladněny v SH skladu. Prostor a vlastnosti sinus palety zapříčiňují LIFO navážení a odvážení palet. Vymezený prostor před výtahem totiž není opatřen definovaným vstupním a výstupním koridorem. Sinus paleta díky kolečkům na jedné straně a pevným železným stojkám na druhé straně sama osobě neumožňuje posun pouhým tlačáním nebo táhnutím. Při potřebě přesunu palety je nutné nadzvednout stranu se stojkami tažnou tyčí s kolečkem tzv. ojkem.

Nevýhodou principu LIFO v nastíněném příkladu je to, že paleta, která byla manipulací umístěna, jako první odchází mnohdy jako poslední. Často vzniká i ta situace, že aniž by ještě byly odvezeny všechny palety, stále jsou do prostoru naváženy palety další. V takovém případě jsou první palety „uvězněny“ a může se na ně i zapomenout a následně je zdlouhavě dohledávat. Systém navážení a odvážení palet u výtahu je znázorněn na obrázku níže (Obr. 22).



Obr. 22. Systém LIFO navážení a odvážení palet u výtahu

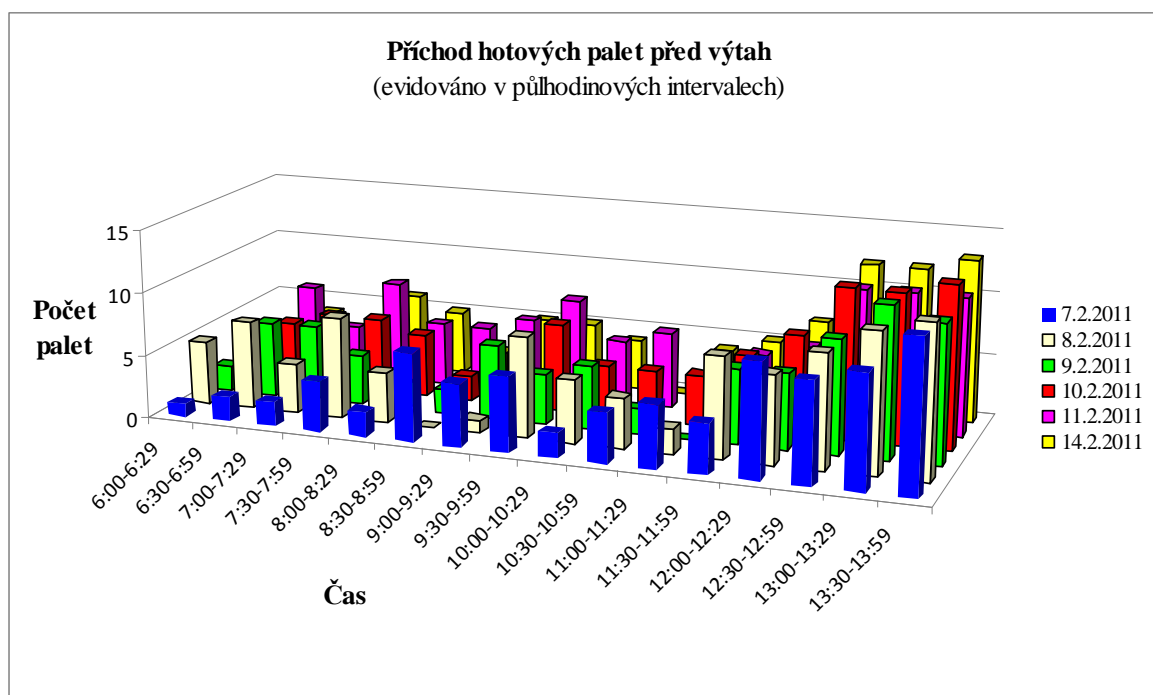
Strojní oddělení pracuje mimo 8 NC strojů na jednu 7,5 hodinovou směnu tj. od 6:00 do 14:00. NC stroje pracují na tři směny. Ráno dělníci začínají pracovat většinou na nových výrobních úkolech a do konce směny se snaží vyexpedovat co nejvíce hotových palet.

Od 8:00 do 8:10 mají zaměstnanci protihlukovou přestávku. Během této přestávky jsou veškeré stroje vypnuty a pracovníci přestávku využívají k oddechu.

Obědová přestávka začíná v 10:45 a končí v 11:15. Většina pracovníků využívá stravování ve zdejší jídelně a z důvodu omezené kapacity jídelny můžeme někdy zaznamenat pozdější příchod pracovníků z přestávky.

Chod strojního oddělení reprezentuje graf příchodu palet s dokončenými díly na shromaždiště před výtah (Obr. 23). Je zde patrný pozvolný náběh, který je brzděn protihlukovou přestávkou a utlumen obědovou přestávkou. Po obědě následuje strmý růst přivezených palet, který svého vrcholu dosahuje před 14. hodinou. Po 14. hodině následuje pád, který není ani tak způsoben odchodem dělníků domů, protože bychom mohli očekávat pozvolný pokles, ale hlavně odchodem ze směny obou manipulantů. Z toho důvodu zůstanou i někdy palety s hotovými díly na místech, kde je zanechali dělníci a jsou dopraveny do prostoru před výtahem následující den ráno.

8.2.2 Transport palet výtahem



Obr. 23. Příchod palet s dokončenými díly před výtah

Výtah je důležitým článkem materiálového toku. Palety s opracovanými díly ze strojního oddělení jsou výtahem přepravovány do meziskladu surových hlazených dílů tzv. SH skladu v 1. patře. Ze skladu jsou díly následně vyskladňovány na konkrétní zakázku do střediska montáže.

Kapacita výtahu jsou 4 sinus palety naložené díly. Výtah není samoobslužný. Pro pohyb výtahu je nutná přítomnost 1 pracovníka tzv. výtažného. Kabinu výtahu nelze ani přivolat z druhého stanoviště.

Sinus palety s díly jsou shromažďovány do prostoru před výtahem, odkud je výtažný naváží do výtahu. Po příjezdu výtahu do meziskladu výtažný postupně vyváží jednotlivé palety. Každou paletu zaeviduje prostřednictvím procesu Příjem palet (kap. 8.2.3) na čtecím zařízení.

8.2.3 Příjem palet

Příjem palet provádí pracovník výtahu u všech dílů přijímaných na SH sklad V i M ihned poté, co paletu s díly vyveze výtahem na plochu SH skladu. Jednotlivé kroky procesu příjmu, tak jak jsou prováděny na čtecím zařízení, jsou uvedeny v tabulce níže (Tab. 1).

Tab. 1. Proces příjmu palet – kroky prováděné čtecím zařízením

Krok, návěstí čtečky	Úkony prováděné pracovníkem	
1. Sejmi kód VÚ:	Z palety vezme pracovník výtahu průvodku výrobního úkolu a světelným paprskem čtečky sejme libovolný čárový kód.	Co
2. Zadej množství:	Zadá množství kusů, které jsou uvedeny na poslední operaci průvodky. Potvrdí tlačítkem ENTER.	Kolik

Po provedení příjmu palet umístí výtažný tuto paletu do fronty práce pro proces třídění a následné odvedení. Jedná se o žluté pole na obrázku (Obr. 24). Pokud mají díly umístěné na paletě lokaci malý sklad. Je paleta dočasně ponechána v prostoru u výtahu, a čeká na své převezení do malého skladu tamním pracovníkem VZV. Procesy třídění, přepočítání, přeskládání a zaskladnění pro díly s touto lokací jsou už pak dále prováděny v malém skladě a do simulačního modelu je nebudu zahrnovat.

8.2.4 Roztřídění a přepočítání dílů

Pracovník třídění provede roztřídění dílů dle barevných odstínů na světlé a tmavé díly a provede kontrolu kvality dílů. Díly postupně dle barevnosti ukládá na palety umístěné v zeleně orámovaných polích (Obr. 24). Po roztřídění dílů pracovnice díly spočítá a počet zapíše do příslušných kolonek Lístků pro odvedení výrobního úkolu, které se nachází na poslední straně průvodky (Příloha P I). Odtrhne lístek pro odvedení tmavých dílů a umístí jej na paletu s vytříděnými tmavými díly a to samé provede s lístkem pro odvedení světlých dílů.



Obr. 24. Pracoviště třídění

Pokud se jedná o netříděný díl (tato informace je uvedena na průvodce), pracovnice provede pouze přepočítání a kontrolu kvality dílů. Množství dobrých kusů uvede na lístek pro odvedení světlých kusů a umístí na paletu k těmto dílům.

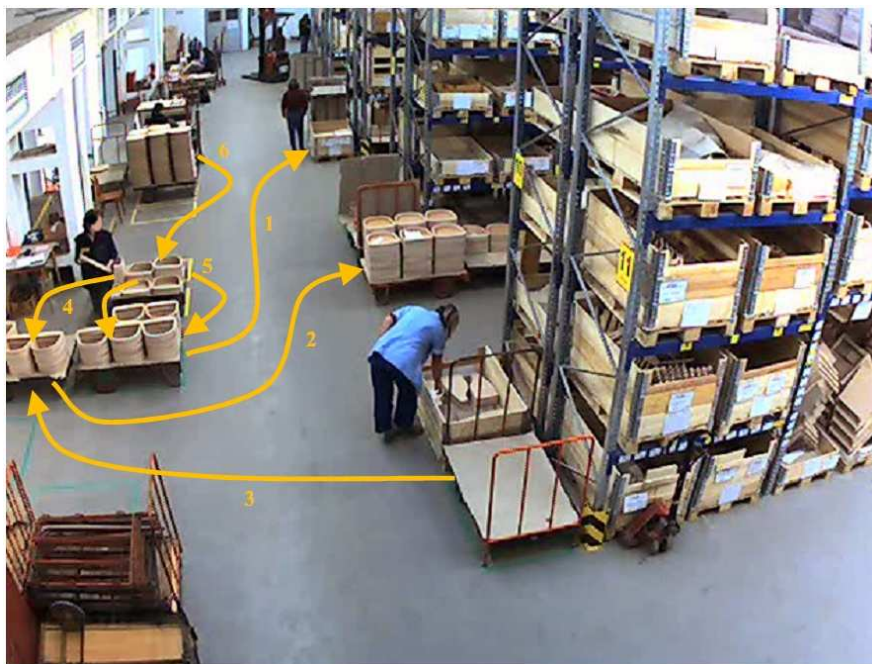
Vytříděné nekvalitní kusy jsou umístěny na odlišnou paletu, která bude následně poslána zpět na strojní oddělení na opravu dílů. Počet nekvalitních kusů je zaznamenán na průvodku a průvodka je připevněna k nekvalitním dílům. Průměrné procento nekvality pro jednotlivé skupiny dílů je uvedeno v souhrnné tabulce v příloze (Příloha P III).

Pracovník třídění odváží palety s vytříděnými kusy na přeskládání do prostoru před regálovými uličkami. Přestavení pracoviště třídění probíhá v krocích, které jsou popsány v tabulce (Tab. 2) a znázorněny v grafickém schématu (Obr. 25) níže.

Tab. 2. Přestavení pracoviště třídění - činnosti

Pořadové č. činnosti	Popis činnosti	Vykonavatel
1.	Paleta s vytříděnými tmavými díly je převezena na jedno z prázdných pracovišť přeskládání.	Pracovnice třídění
2.	Paleta s vytříděnými světlými díly je převezena na další z prázdných pracovišť přeskládání.	Pracovnice třídění
3.	Prázdná sinus paleta po přeskládaných dílech předchozí zakázky je z pracoviště přeskládání přemístěna do zeleného stanoviště pracoviště třídění pro odkládání vytříděných dílů	Pracovnice třídění
4.	Prázdná sinus paleta na pracovišti třídění po dílech ke třídění je ze žlutého stanoviště převezena na zelené stanoviště pro umístění vytříděných dílů.	Pracovnice třídění
5.	Paleta ze žlutého stanoviště, které slouží jako zásobník palety s díly ke třídění je přemístěna do žlutého stanoviště pro aktuální paletu s díly ke třídění.	Pracovnice třídění
6.	Zásobník dílů ke třídění (nyní volné žluté stanoviště) je zaplněno další paletou s díly ke třídění.	Manipulant VZV

Činnosti přesunu palet jsou časově ohodnoceny průměrným časem pohybu pracovníka se sinus paletou. Čas třídění dílů je pro každou skupinu dílů odlišný. Je závislý na náročnosti a velikosti dílu. Časy jsou uvedeny v souhrnné tabulce v příloze (Příloha P III).



Obr. 25. Přestavení pracoviště třídění – grafické schéma

8.2.5 Odvedení výrobního úkolu

Odvedení výrobního úkolu provádí pracovnice třídění ihned po vytřídění a přepočítání kusů prostřednictvím čtecího zařízení. Jednotlivé kroky procesu, tak jak jsou prováděny na čtecím zařízení jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3).

Tab. 3. Proces odvedení výrobního úkolu

Krok, návěstí čtečky	Úkony prováděné pracovníkem	
1. Sejmí kód VÚ:	Z vytříděné (spočítané) palety vezměte lístek pro odvedení VÚ a sejměte čárový kód např. pro světlou barvu	Co
2. Zadej množství/další VÚ:	<p>Existence jedné průvodky: Z lístku pro odvedení zadejte množství světlé barvy a potvrďte tlačítkem ENTER.</p> <p>Existence více průvodek: Pokud existuje více vstupních palet a tím i více průvodek VÚ stejného dílu, sejměte z druhého a případně z dalšího lístku pro odvedení čárový kód pro světlou barvu. Teprve po sejmutí kódu z posledního lístku zadejte celkové množství světlé barvy a potvrďte tlačítkem ENTER.</p>	<p>Kolik</p> <p>Nebo další stejné</p> <p>Co</p>

Po provedení činnosti odvedení, odveze pracovnice palety s vytříděnými díly k regálu, pro přeskládání dílů do regálových palet (Tab. 2).

8.2.6 Přeskládání

Umístění palet s vytříděnými a odvedenými díly na pracoviště přeskládání (tj. zelená pole před jednotlivými regálovými řadami (Obr. 26)) je signál pro manipulantku VZV, aby přivezla regálovou paletu z regálové pozice, do které se budou vytříděné díly přeskládat. Tj. k paletě s např. světlými díly typu 482 *Nožní spoj* manipulantka přiveze regálovou paletu 482 *Nožní spoj - světlá*. Manipulantka VZV sejmutím čárového kódu



Obr. 26. Umístění palet na pracovišti přeskládávání

z lístku průvodky zjistí, o jaký díl se jedná a kde je v rámci skladu uskladněn. Po té se manipulantka s VZV vydá pro potřebnou regálovou paletu. Jakmile se dostane k regálovému sloupci, ve kterém je uložena požadovaná paleta, vyzvedne regálovou paletu z regálové buňky a následuje jízda zpět s regálovou paletou na pracoviště přeskládání.

Jakmile jsou na pracovišti přeskládání obsazeny obě pozice paletami (Sinus paletou s vytříděnými kusy a regálovou (euro) paletou se skladovanými kusy) je to zase signál pro pracovníci přeskládání, že má přichystanou práci a může zahájit činnost přeskládání (Obr. 27).



Obr. 27. Pracoviště přeskládávání – signál pro pracovníci k zahájení činnosti přeskládání

Činností přeskládání se zabývají 2 pracovníci, které obsluhují 8 přeskládávacích pracovišť. Časy přeskládací se liší podle jednotlivých typů dílů a jsou uvedeny v souhrnné tabulce v příloze (Příloha P III). Všechna pracoviště přeskládání jsou obsluhována jedním ručně vedeným vysokozdvizným vozíkem, který je obsluhován jednou pracovnící.

Po přeskládání roztříděných dílů ze sinus palety do regálkové palety zůstane sinus paleta prázdná, a to signalizuje manipulanci VZV, že může regálovou paletu zaskladnit na původní místo (Obr. 28). Prázdnou sinus paletu si pracovníce třídění může přesunout na své pracoviště třídění pro odkládání vyříděných kusů.



Obr. 28. Pracoviště přeskládávání – signál pro manipulantku VZV k naskladnění regálové palety

Před odvezením regálové palety zpět do své regálové pozice provede manipulantka VZV naskladnění nově přiložených dílů na skladovou pozici.

8.2.7 Naskladnění

Činnost provádí manipulantka VZV po přeskládání dílů do regálových palet a odvozu regálové palety do příslušné regálové buňky. Po té, co přiveze regálovou paletu před příslušný regálový sloupec s volnou regálovou pozicí, provede počítačové naskladnění. Tímto úkonem se v počítači provede naskladnění odvedeného množství dílů do adresné regálové buňky. Jednotlivé kroky procesu naskladnění, tak jak jsou prováděny na čtecím zařízení jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4).

Po naskladnění v počítači je potřeba paletu ještě fyzicky umístit do příslušné regálové buňky. Po vyvezení palety do příslušné výšky, založení do regálové pozice a sjetí vozíku s prázdnými vidlemi do základní pozice odjíždí manipulantka VZV na třídící plochu pro další práci.

Tab. 4. Proces naskladnění dílů do adresné regálové buňky

Krok, návěští čtečky	Úkony prováděné pracovníkem	
1. Sejmi kód VÚ:	Z naskladňované palety vezměte lístek pro odvedení VÚ a sejměte čárový kód například pro světlou barvu.	Co
2. Zadej množství sv.:	Z lístku pro odvedení zadejte přírůstek naskladňovaného množství světlé barvy a potvrďte tlačítkem ENTER.	Kolik
3. Sejmi kód cílové buňky:	Podle toho, kde bude cílová pozice naskladňované palety, sejměte příslušný regálový štítek.	Kam

9 SBĚR A ANALÝZA DAT

Při tvorbě simulačního modelu jsou obecně kladeny velké nároky na sběr a analýzu dat. Pro vytvoření validního modelu bylo zapotřebí sesbírat velké množství dat a tato data analyzovat a hodnotit.

Ve velkém skladu je skladováno téměř 1150 druhů dílů, které jsou rozděleny dle podobnosti do 46 typových skupin. V simulační studii budu pracovat právě s těmito typovými skupinami, které se vyznačují charakteristikami: procento třídění na barvu, čas třídění, čas přeskládávání, označení příslušnosti ke skladu.

9.1 Časy třídění a přeskládávání

Časy třídění a přeskládávání jsem stanovoval na základě náměrů přímého pozorování na pracovišti. Vzhledem k tomu, že se jedná o 46 typových skupin a přímé měření všech typů by bylo časově velmi náročné, a některé typy by ve sledovaném období nebyly ani k dispozici, rozhodl jsem se zpracovat ABC analýzu a získání času třídění a přeskládávání přímým měřením jsem aplikoval pouze u položek kategorie A a B. Časy pro položky kategorie C jsem získal na základě porovnávání s podobnými typy a odhadů mistra a pracovníků skladu.

9.1.1 ABC analýza vstupů palet a dílů

ABC analýzu jsem zpracoval z příchodů palet a dílů do skladu za období 1. 11. 2010 až 2. 2. 2011 (Tab. 5). Jelikož se počty příchodů palet a dílů od sebe liší, jsou stanoveny skupiny ABC pro každý tento pohled zvlášť. Jedná se například o případy velký dílů (skořepina), kdy se na paletu vleze 10 dílů a abychom naskladnili 100 kusů, musí přijít do skladu 10 palet. Kdežto kdybychom potřebovali naskladnit 100 kusů malých dílů např. nožní spoj přední, stačila by nám paleta jedna.

Hranice pro rozdělení položek do jednotlivých skupin jsem volil následovně:

- A cca 30 % položek,
- B cca 30 – 80 % položek,
- C cca 80 % - 100 % položek.

Tab. 5. ABC analýza vstupů palet a dílů za období 1. 11. 2010 – 2. 2. 2011

Skupina	Název skupiny	Časy		Palety			Díly		
		Čas třídění (sekund)	Čas přeskládávání (sekund)	Počet palet za období	Podíl množství v procentech	Podíl množství v procentech kumulativně	Součet všech dílů za období	Podíl množství v procentech	Podíl množství v procentech kumulativně
441	Opěradlová noha levá/pravá	3	2	505	12,0%	29,2%	124 296	16,0%	16,0%
442	Přední noha levá/pravá	3	1	292	7,0%	43,7%	120 785	15,6%	31,6%
465	Opěradlový oblouček	3	1	315	7,5%	36,7%	62 528	8,1%	39,7%
415	Sedadlová výtuz	1	1	142	3,4%	82,9%	60750	7,8%	47,5%
485	Nožní spoj přední	5	1	176	4,2%	68,3%	56 564	7,3%	54,8%
419	Skořepina	11	6	723	17,2%	17,2%	53 973	7,0%	61,7%
486	Nožní spoj zadní	5	1	220	5,2%	54,8%	41 652	5,4%	67,1%
451	Opěradlová deska	5	2	246	5,9%	49,5%	37 841	4,9%	72,0%
461	Opěradlová vložka levá/pravá	4	2	96	2,3%	88,5%	33 577	4,3%	76,3%
414	Sedadlový boční díl	5	3	182	4,3%	64,1%	29821	3,8%	80,1%
462	Opěradlová lamela	3	1	42	1,0%	96,6%	22 048	2,8%	83,0%
452	Opěradlová deska vrstv. dřevo	5	2	209	5,0%	59,8%	21 787	2,8%	85,8%
468	Opěradlový prut	3	1	17	0,4%	98,8%	20 762	2,7%	88,5%
413	Sedadlový přední díl	5	2	73	1,7%	92,4%	13153	1,7%	90,2%
487	Nožní spoj 27/644	4	1	88	2,1%	90,6%	11 627	1,5%	91,7%
473	Loketníková područka levá/pravá	7	3	139	3,3%	86,2%	11 185	1,4%	93,1%
412	Sedadlový zadní díl	5	2	69	1,6%	94,0%	10293	1,3%	94,4%
449	Přední podsedstava	3	2	173	4,1%	72,4%	7 971	1,0%	95,5%
466	Opěradlová vložka vodorovná horní	4	2	27	0,6%	97,9%	7 853	1,0%	96,5%
416	Sedadlová překližka	11	4	66	1,6%	95,6%	6766	0,9%	97,3%
439	Opěradlová sestava	11	7	150	3,6%	76,0%	5 204	0,7%	98,0%
483	Nožní spoj boční	5	1	16	0,4%	99,2%	5 090	0,7%	98,7%
448	Podsedstava přední/zadní	12	6	150	3,6%	79,5%	4 307	0,6%	99,2%
484	Nožní spoj	5	1	13	0,3%	99,5%	2 046	0,3%	99,5%
479	Loketníková sestava levá/pravá	4	3	29	0,7%	97,3%	1 248	0,2%	99,7%
438	Opěradlový rámec sestava	10	3	22	0,5%	98,4%	1 058	0,1%	99,8%
469	Opěradlová vložka	4	2	11	0,3%	99,8%	1 051	0,1%	99,9%
446	Noha ke stolu	17	8	3	0,1%	100,0%	382	0,0%	100,0%
478	Loketníková distanční vložka	2	1	1	0,0%	100,0%	100	0,0%	100,0%
472	Loketník levý/pravý	6	3	5	0,1%	99,9%	82	0,0%	100,0%
418	Lišta sed. příčky	3	1	0	0,0%	100,0%	0	0,0%	100,0%
447	Boční podsedstava levá/pravá	10	7	0	0,0%	100,0%	0	0,0%	100,0%
Suma				4200	100%		775 800	100%	

Legenda:

Skupina A

Skupina B

Skupina C

Sjednocením skupin A, B obou pohledů ABC analýzy jsem získal skupiny dílů, u kterých jsem následně časy třídění a přeskládávání zjišťoval metodou přímého měření skupin 441, 442, 465, 415, 485, 419, 486, 451, 461, 414, 452, 449, 439, 448.

9.1.2 Přímé měření

Aby měření bylo spolehlivé, určil jsem pro každou skupinu dílů A, B minimální počet náměrů. Čas spotřebovaný na vykonání operace totiž není konstantní a vždy kolísá kolem střední hodnoty. Čím je větší počet měření a menší kolísavost naměřených časů, tím hodnověrnější je vypočítaná střední hodnota. Po vykonání minimálně pěti náměrů jsem vypočítal potřebný počet měření podle vztahu (1):

$$n = \left(\frac{z \times s}{k \times \bar{X}} \right)^2 \quad (1)$$

Kde: z hodnota podle konfidenčního intervalu; $z = 1,96$ pro 95 %

s směrodatná odchylka

k přípustná chyba v procentech (± 5 %)

\bar{X} aritmetický průměr z měření

[3]

Pro výpočet stanovení počtu náměrů jsem použil Pozorovací list, který pro ukázkou uvádím na obrázku (Obr. 29) níže.

Pozorovací list chromometrůž																		
Operace: Třídění dílů na barvy										Im pozorování: 11.2.2011		Pozorovací list č.: 3						
Provoz: SH sklad										Od: 6:30		Do: 8:15						
Statistická konfidenční interval: 95 %										Z - hodnota		1,96						
Přípustná chyba: 5%																		
P.č.	Název měřeného úkonu	Konečný mezní bod	N	Pořadové čísla náměrů										\bar{x}	s	n _b		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1.	Třídění 419 (vzít z palety, zkontrolovat, odložit)	Z: Uchopení kusu	J	0,17	0,189	0,175	0,188	0,191								0,18	0,01	5
		K: Uchopení dalšího kusu	P	0,17	0,359	0,534	0,722	0,913								5		
2.	Třídění 486 (vzít z palety, zkontrolovat, odložit)	Z: Uchopení kusu	J	0,087	0,072	0,085	0,09	0,081								0,08	0,01	24
		K: Uchopení dalšího kusu	P	0,087	0,159	0,244	0,334	0,415								5		

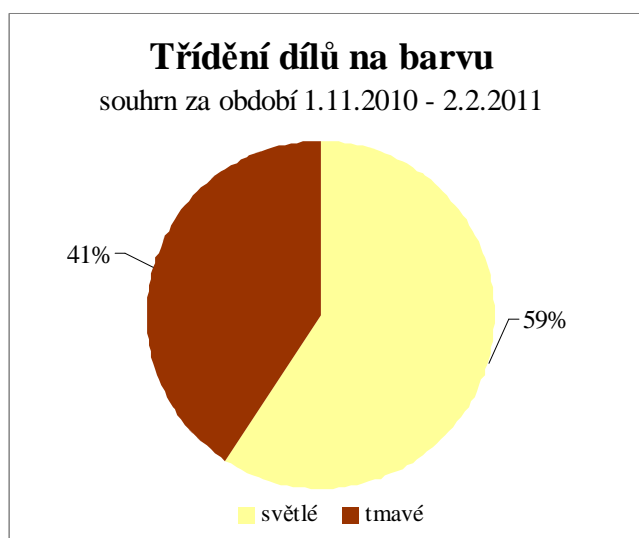
Obr. 29. Pozorovací list pro stanovení počtu pozorování

Po vykonání potřebného počtu náměrů jsem aritmetickým průměrem vypočítal časy operací třídění a přeskládávání, které uvádím v sekundách v tabulce (Tab. 5).

9.2 Procento třídění na barvu

Díl po vstupu do SH skladu je podroben operaci třídění, kde zkušená pracovnice rozdělí díly dle standardu třídění na světlé a tmavé díly. Tato operace se vykonává z toho důvodu, že židle si konečný zákazník může objednat v různé barevnosti od téměř bílé přes přírodní nemořené židle až po velmi tmavé odstíny moření. Zejména pro světlé odstíny je před montáží nutné vybrat a k sobě sladit takové díly, které nemají různé tmavé záběhy nebo nevhodnou kresbu dřeva.

Díky zavedeným prvkům řízeného skladu, které firmě umožňují odepisování výrobního úkolu po jednotlivých barevných skupinách (světlá, tmavá), má firma k dispozici detailní analýzu výtěžnosti daného typu dílu na barvu.



Obr. 30. Třídění dílů na barvu souhrnně za období 1. 11. 2010 – 2. 2. 2011

Souhrnně za období 1. 11. 2010 – 2. 2. 2011 vychází poměr dle grafu (Obr. 30) světlých dílů 59 % a tmavých 41 %. Pro jednotlivé skupiny uvádím poměry světlých a tmavých dílů v tabulce v příloze (Příloha P III).

9.3 Příslušnost skladu

Pro simulaci důležitou charakteristikou je i příslušnost dílu ke skladu. V simulaci budu rozlišovat dva sklady Velký (V) a Malý (M). Rozdělení dílů do těchto skladů je daný a vycházel jsem z informačního systému modulu řízeného skladu společnosti, kde je ke každé položce přiřazen sklad. Příslušnost skladu pro jednotlivé skupiny uvádím v tabulce v příloze (Příloha P III).

9.4 Manipulační časy

Pro sestavení a správné fungování simulačního modelu bylo nutné sesbírat i data manipulace s paletami. Jednalo se o časy:

- navážení palet do výtahu, jízda výtahem, vyvážení palet z výtahu;
- navážení palet do zásobníků před pracoviště třídění;
- přesun vytříděných palet na pracoviště přeskládávání, přesun prázdných palet na pracoviště třídění;
- přivezení a odvezení regálových palet, vyzvednutí a založení palety do regálu.

Tyto časy byly stanoveny aritmetickým průměrem. Počty pozorování vzhledem k vyšším odchylkám mezi jednotlivými náměry jsem stanovil na 30. Zde jsem vycházel z doporučení General Electric Company, která pro operace s délkou cyklového času v rozmezí 2 – 5 minut doporučuje provést 15 náměrů. Pro operace s cyklem minuty 20 náměrů a pro operace s cyklem 1 minutu 30 náměrů [3].

Časy jednotlivých manipulací, uvádím v konceptuálním modelu (kapitola 10).

9.5 Časy záznamů do čtecího zařízení

V rámci řízeného skladu jsou čtecím zařízením podchyceny zásadní kroky procesu příjmu a naskladnění:

- Příjem palet do skladu;
- Odvedení výrobního úkolu;
- Proces naskladnění dílů do adresné regálové buňky.

Tyto časy byly stanoveny přímým měřením dle metodiky uvedené v kapitole 9.1.2 a časy zhotovení jednotlivých záznamů uvádím v konceptuálním modelu (kapitola 10).

9.6 Čas příchodu palet do systému

Časy příchodů palet do systému jsem získal z výstupů modulu řízený sklad informačního systému společnosti pomocí sestavy Historie třídící plochy skladu. Ukázkou sestavy uvádím na obrázku níže (Obr. 31).

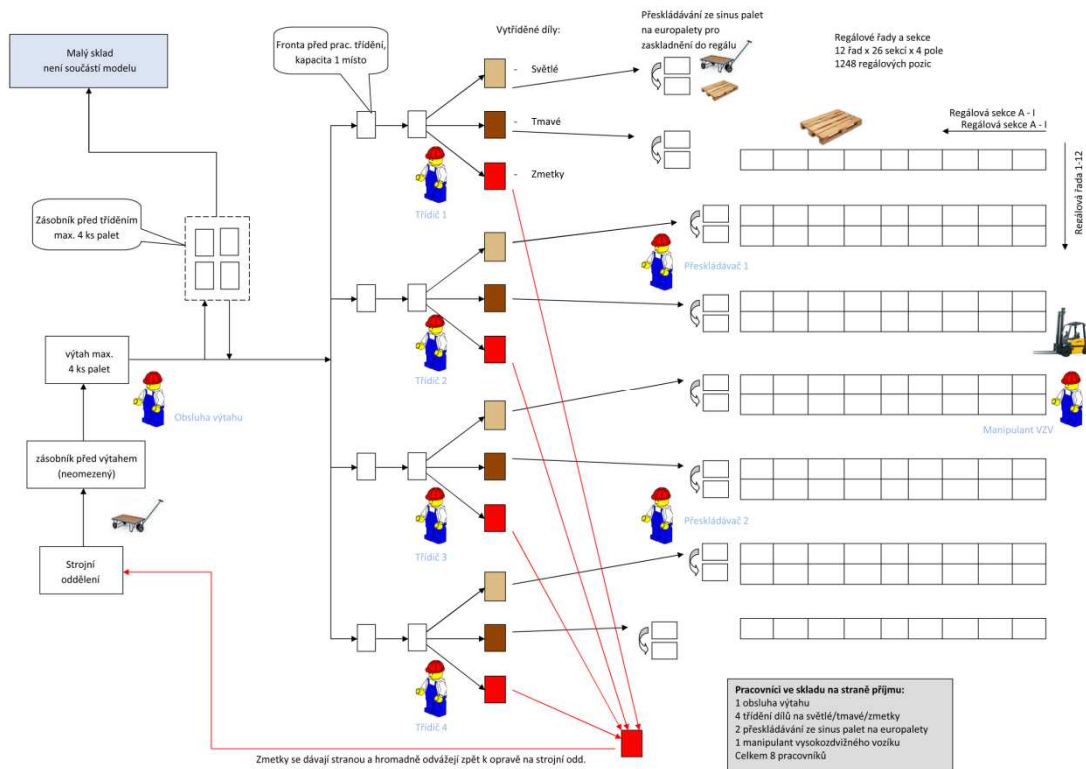
Skladová karta		Třídící plocha						
číslo	popis	MJ	výrobní úkol	množství	čas příjmu	datum	čas	autor
487	1644 401000 NOŽNÍ SPOJ 27/644 SH	KS	H14202/201101/ 22	137	10.01.11 07:47	10.01.11	07:47	TomZ
487	1014 401000 NOŽNÍ SPOJ SUR HL 27/14	KS	H14202/201049/ 47	244	10.01.11 07:50	10.01.11	07:50	TomZ
485	1454 401000 NOŽNÍ SPOJ PŘEDNÍ S HL	KS	H14208/201101/ 19	400	10.01.11 07:58	10.01.11	07:58	TomZ
483	1454 401000 NOŽNÍ SPOJ BOČNÍ S HL LEVÝ	KS	H14208/201101/ 7	400	10.01.11 07:58	10.01.11	07:58	TomZ
485	1190 411000 SPOJ.PŘIČKA PŘEDNÍ SH	KS	H14208/201101/ 39	1 587	10.01.11 08:00	10.01.11	08:00	TomZ
431	1132 401000 OPĚRADLO SH	KS	H14202/201050/ 36	3	10.01.11 08:01	10.01.11	08:01	TomZ
431	6030 401000 OPĚRADLO SUR.HL.	KS	H14202/201101/ 29	50	10.01.11 08:02	10.01.11	08:02	TomZ
441	1030 411000 OPĚR. NOHA SH	KS	H14204/201101/ 80	240	10.01.11 08:15	10.01.11	08:15	TomZ
414	1412 402000 SED. BOČNÍ DÍL PRAVÝ SH	KS	H14208/201101/ 27	15	10.01.11 08:23	10.01.11	08:23	TomZ
414	1454 412000 SED. BOČNÍ DÍL PRAVÝ SH (NOVÝ)	KS	H14208/201101/ 33	14	10.01.11 08:23	10.01.11	08:23	TomZ
413	2709 401000 SED.PŘEDNÍ DÍL SH. ČEPOVANÝ	KS	H14208/201101/ 23	3	10.01.11 08:24	10.01.11	08:24	TomZ

Obr. 31. Příklad příchodu palet do systému [2]

Jak už jsem zmiňoval v kapitole 9.1, v simulaci se nezabývám jednotlivými díly, ale typovými skupinami dílů, proto bylo nutné ještě díly zařadit do jednotlivých typových skupin.

10 KONCEPTUÁLNÍ MODEL

Po detailní analýze procesu příjmu a naskladnění bylo nutné vytvořit základní schéma prvků a vazeb budoucího počítačového modelu tzv. konceptuální model (Obr. 32). Ve větším rozlišení uvádím obrázek konceptuálního modelu v příloze (Příloha P II).



Obr. 32. Konceptuální model

Jak je patrné z konceptuálního modelu na obrázku (Obr. 32), o chod skladu na straně příjmu a naskladnění se stará 8 pracovníků.

Obsluha výtahu

Tuto činnost obstarává jeden pracovník, jehož úkolem je zásobit pracoviště třídění paletami, které mají být tříděny. Jeden pracovní cyklus se skládá z dílčích kroků:

- jízda výtahem do přízemí pro naložení palet 40 s;
- chůze pro paletu 17 s;
- navezení palety do výtahu 17 s (pokud je před výtahem více palet, tento krok opakuje až do zaplnění výtahu 4 paletami);
- jízda výtahu do skladu 40 s;
- vyvezení palety z výtahu 17 s;
- zaznamenání příchodu každé palety čtecím zařízením 12 s;

- převoz palety na pracoviště třídění 19 s;
- návrat do prostoru výtahu 12 s.

Některé z příchozích palet jsou určeny pro malý sklad, tyto dává výtažný po vyvezení z výtahu stranou a dále se o ně stará manipulát malého skladu.

Pracoviště třídění

V reálném skladu, tedy i v konceptuálním modelu jsou 4 pracoviště třídění, každé obsluhuje jeden pracovník a jeho hlavním úkolem je třídít díly na světlé a tmavé kusy. Pracovní cyklus procesu třídění závisí na konkrétním typu a množství kusů na tříděné paletě (Příloha P III). Po vytřídění pobíhá přesun vytřízených palet na pracoviště přeskládávání. Přesun jedné palety trvá 24 s.

Pracoviště přeskládávání

Až doposud se s díly manipulovalo na tzv. sinus paletách, které nejsou pro uložení do regálu nevhodné. V prostoru skladu se nachází celkem 8 pracovišť přeskládávání, které obsluhují dva pracovníci pohybující se mezi nimi. Čas přeskládání dílů na regálovou euro paletu je dán opět konkrétním typem a množstvím kusů na paletě (Příloha P III).

Manipulát VZV

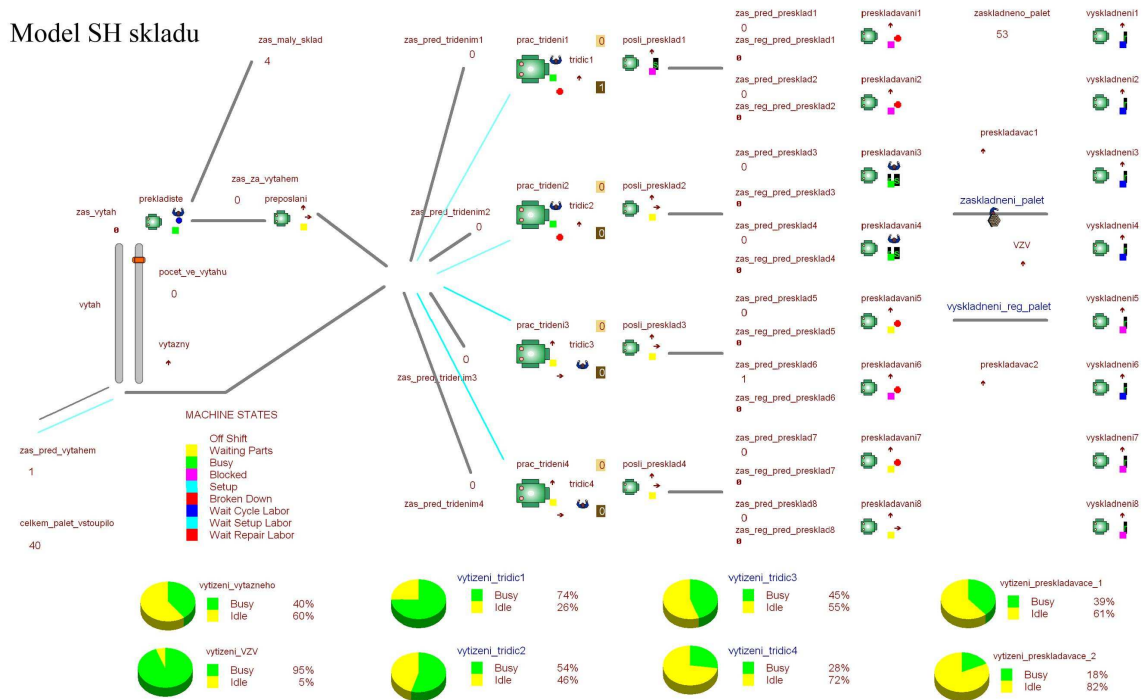
Obsluha vysokozdvížného vozíku přiváží na pracovišti třídění regálovou paletu odpovídajícího typu. Po přeskládání zajišťuje opětovné naskladnění euro palety do regálu. Ve skladu je tento pracovník jeden a níže uvádím časy jednotlivých úkonů:

- zjištění čtecím zařízením, kde se nachází potřebná paleta 6 s;
- jízda pro regálovou paletu 36 s;
- vyzvednutí palety z regálové pozice 25 s;
- přepravu palety na pracoviště třídění 40 s.
- provedení naskladnění nového počtu dílů na paletě čtecím zařízením 20 s;
- přeprava palety k regálu 40 s;
- naskladnění palety do regálové pozice 30 s;
- návrat na pracoviště třídění pro nový úkol 36 s.

Celkový čas vyskladnění regálové palety je 107 s a její uložení zpět do regálové pozice trvá 126 s.

11 POPIS MODELU A NASTAVENÍ JEDNOTLIVÝCH STROJŮ A PRACOVNÍKŮ

Model se skládá ze zásobníků, cest, drah, vozíku, strojů a pracovníků, kteří tyto stroje obsluhují, tak jak je vidět na obrázku níže (Obr. 33). Zobrazení výsledného simulačního modelu ve větším rozlišení uvádím v příloze (Příloha P V).



Obr. 33. Výsledný simulační model procesů příjmu a naskladnění

Aby v procesech byl řád, musí být stanoveny mezi elementy vazby, neboli vstupní a výstupní pravidla. Ačkoliv lze v prostoru skladu za stroje považovat pouze vysokozdvížený vozík a výtah, je použito strojů více, protože v programu Witness nelze samotným pracovníkům přidělit činnost. Pracovník tedy obsluhuje stroj a tím vykonává svou práci. Pracovníků je ve skladu celkem osm, jeden výtazný, čtyři pracovníci třídění, dva přeskládávání a jeden obsluhující vysokozdvížený vozík. Podrobněji budou popsány jejich funkce dále v textu.

11.1 Paleta

Paleta nám v modelu představuje pasivní element PART (součást), který si s sebou během pohybu v modelu nese atributové informace. Načítání atributů je provedeno pomocí funkce READ FILE z externího souboru typu PAR. Jde o textový soubor vytvořený např. v Notepadu, důležité je pouze aby data v souboru byla v určité formě

tabulky se sloupci oddělenými tabulátory. Jak je patrné z obrázku (Obr. 34), soubor obsahuje informace o typu dílu, počtu palet (ten je v tomto případě vždy 1), čase příchodu do modelu, množství kusů na paletě, číselném vyjádření poměru třídění na světlé a tmavé díly, označení skladu a dále časy potřebné pro vytřídění dílů a přeskládání. Všechny časy jsou uvedeny v sekundách. Časy příchodů palet jsou v absolutním formátu s tím, že čas 0 představuje začátek pracovní směny v 6 hodin ráno.

Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda				
s485	1	300	ks=60	proc_sv=64	proc_tm=36	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s485	1	360	ks=173	proc_sv=64	proc_tm=36	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s485	1	480	ks=270	proc_sv=64	proc_tm=36	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s442	1	1080	ks=909	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s442	1	1140	ks=854	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s412	1	1260	ks=109	proc_sv=61	proc_tm=39	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s452	1	1320	ks=50	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s486	1	2280	ks=397	proc_sv=57	proc_tm=43	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s451	1	2400	ks=111	proc_sv=49	proc_tm=51	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s461	1	2580	ks=12	proc_sv=65	proc_tm=35	sklad=1	trideni=4	preskladani=2
s452	1	2640	ks=11	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s419	1	2820	ks=10	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s419	1	3960	ks=27	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s431	1	4140	ks=50	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s441	1	4200	ks=450	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s419	1	4680	ks=25	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s419	1	4800	ks=24	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s462	1	4860	ks=15	proc_sv=73	proc_tm=27	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s419	1	4980	ks=25	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s452	1	5580	ks=200	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s464	1	5700	ks=302	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s442	1	6060	ks=97	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s419	1	6240	ks=25	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s449	1	6360	ks=60	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2

Obr. 34. Ukázka atributu palety načítaná ze souboru PAR

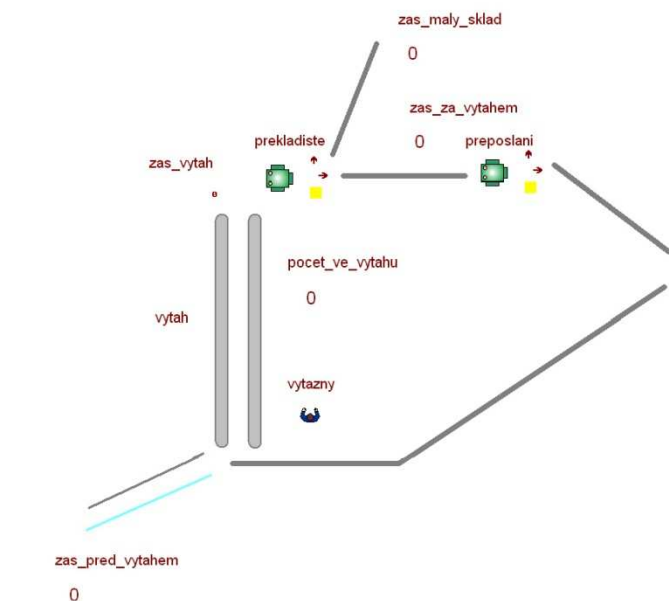
Od tohoto okamžiku jsou všechny časy zapsány a například čtvrtý uvedený čas 1080 převedený na 18 minut představuje skutečný čas 6:18 hodin. Označení skladu slouží k rozlišení palet. Číslo 1 označuje modelovaný velký sklad, 2 je pro malý sklad. Palety je takto třeba rozlišit, protože mají společnou cestu výtahem z přízemí do poschodí a podílí se tak na celkovém vytížení výtahového. Data jsou v souboru oddělena tabulátory a v modelu se zapisují jako atributy. Výpis celého souboru je příloze (Příloha P IV).

11.2 Výtah

Výtah v modelu představují dvě dráhy TRACK (jedna pro směr pohybu nahoru, druhá pro jízdu dolů) po kterých se pohybuje vozík VEHICLE představující kabinu výtahu. Délka dráhy, nebo-li čas jízdy výtahu, je nastavena na 40 sekund. Pro nakládku i vykládku jsou nastaveny další cesty PATH. To z toho důvodu, aby proces nakládání i vykládání co nejvíce odpovídal skutečnosti (Obr. 35).

Výtažný se po těchto cestách pohybuje vždy s jednou paletou, stejně jako v reálném případě probíhá manipulace postupně po jedné paletě. Příkaz pro plnění je zadán v tomto tvaru:

PULL from zas_pred_vytahem With vytazny Using Path



Obr. 35. Pracoviště VÝTAH v simulačním modelu

Dále je výtažný spojen s drahami výtahu funkcí `AttachLabor`, která po nakládku zajistí, aby vykonal pohyb po definované dráze v kabině. V horní stanici je pracovník uvolněn z výtahu funkcí `DetachLabor`. Bylo třeba vyřešit problém postupného vyvážení palet z výtahu, které standardně v programu Witness provádí Unloading pravidlo. Toto bylo ale nevyhovující, protože vyložení všech dílů ve vozíku proběhne najednou. Z důvodu postupné manipulace s paletami jsem proto vložil zásobník, do kterého je obsah kabiny přesunut. Za tento zásobník jsem dal fiktivní stroj typu single nazvaný Prekladiste. Jedinou jeho funkcí je oddělit palety, které mají být převezeny do malého skladu (mají atribut `sklad=2`). Tyto se nám dále v modelu nebudou vyskytovat. Stroj Prekladiste obsluhuje výtažný a má nastaveno toto výstupní pravidlo:

```
IF sklad = 1
    PUSH to zas_za_vytahem With vytazny Using Path
ELSE
    PUSH to zas_maly_sklad With vytazny Using Path
END
```

Pohyb palet po dráze k zásobníku představuje vyvážení palet z výtahu. Tato činnost byla průměrně oceněna 17 sekundami. Po vyvezení palet následuje pracovní operace se čtečkou čárových kódů, která zaznamená do informačního systému, že je již paleta v prostoru skladu. Práce se čtečkou zabere průměrně 12 sekund. Dále následuje postupný přesun palet na pracoviště třídění, respektive do zásobníku před pracovištěm třídění. Tento zásobník má kapacitu jedna paleta. Přesun se opět děje po cestě a v průměru zabere

výtažnému 19 sekund. Protože jsou zásobníky v programu Witness brány jako pasivní elementy, bylo nutné pro přesun mezi nimi (zásobník za výtahem a zásobník přes pracovištěm třídění) vložit nějaký aktivní člen, který palety „rozpohybuje“. Zvolil jsem základní single stroj nazvaný Preposlani, také obsluhovaný výtažným. Aby byly díly rovnoměrně distribuovány mezi čtyři pracoviště třídění, nastavil jsem u stroje Preposlani toto výstupní pravidlo:

```
LEAST PARTS
prac_trideni1 With vytazny Using Path,
prac_trideni2 With vytazny Using Path,
prac_trideni3 With vytazny Using Path,
prac_trideni4 With vytazny Using Path,
zas_pred_tridenim1 With vytazny Using Path,
zas_pred_tridenim2 With vytazny Using Path,
zas_pred_tridenim3 With vytazny Using Path,
zas_pred_tridenim4 With vytazny Using Path
```

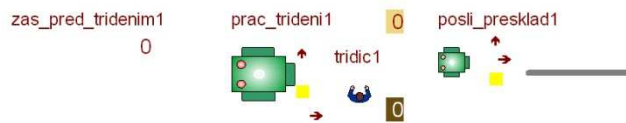
Pracoviště třídění je posledním bodem kam se v modelu obsluha výtahu dostane. Pokud došlo během jedné jízdy výtahu k vyvezení více palet, vrací se pro tyto palety a provádí jejich postupný přesun ke třídění. Pokud již nemá žádné další palety k přesunutí, vrací se k výtahu, kde čeká na příchod nových palet. Tímto se jeden pracovní cyklus výtažného uzavírá. V celém modelu bylo právě vybalancování nastavení pravidel a zvolených elementů pro sestavení výtahu nejpracnější a časově nejnáročnější akcí. Přestože jsem měl velkou snahu o zachycení společného pohybu výtažného spolu s kabinou směrem dolů, nebyla tato snaha plně úspěšná. Docházelo k různě nelogickému pohybu tohoto pracovníka mezi elementy. Jako konečnou a nejvěrněji kopírující reálnou situaci jsem proto zvolil pohyb výtažného do přízemí po cestě, která mu způsobí časové prodlení jako by jel výtahem. Jde jen o vizuální odlišnost, která na model nemá vliv.

V reálném skladu má obsluha výtahu dále za úkol odvážet případně zjištěné vadné kusy zpátky na opravu na strojní oddělení. Protože však díly podléhají důkladné kontrole při výstupu ze strojního oddělení, dostane se do prostoru skladu méně než 0,5 % vadných dílů a tato činnost probíhá jen 1 x denně. Z tohoto důvodu není tato činnost modelována.

11.3 Pracoviště třídění

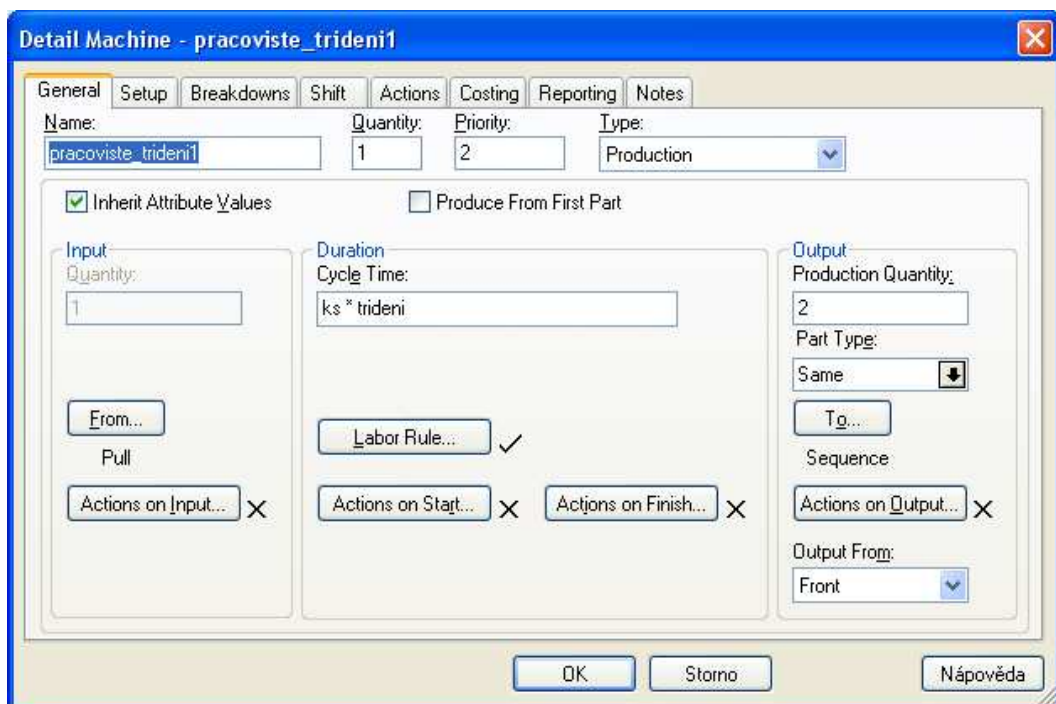
Jde o pracovní místo v modelu, kde jsou kusy z příchozí palety přebírány a tříděny na světlé a tmavé kusy. Třídění se provádí na základě barevnosti a drobných vad materiálu, kterým se, jak již bylo dříve uvedeno, nelze v dřevařském podniku vyhnout. Pracovník třídění, zvaný také třídič, bere jednotlivé kusy a po zhodnocení je ukládá buď na paletu označenou jako světlé kusy nebo na paletu pro tmavé kusy. Z jedné vstupující palety tedy

vytříděním dílů vzniknou dvě palety výstupní, které dále pokračují v pohybu modelem. Stále se jedná o sinus palety.



Obr. 36. Pracoviště TRÍDĚNÍ v simulačním modelu

V modelu jsem pracoviště třídění vytvořil jako stroj Production (Obr. 36). Stroj si bere palety z jednopaletového zásobníku na vstupu a po zpracování je odesílá na výstup. Délka pracovního cyklu je, jak je patrné z obrázku (Obr. 37), součinem počtu kusů na konkrétní paletě a času potřebného pro třídění jednoho kusu daného, aktuálně tříděného typu. Obě tyto informace má paleta nastaveny jako atributy. Dále je z obrázku (Obr. 37) patrné vybrání volby Inherit Attribute Values, která zajistí, že u výstupních palet zůstanou zachovány atributy (tzv. dědění atributů). Tato volba je velmi důležitá pro správné další fungování modelu, především pak pracoviště přeskládávání.



Obr. 37. Detail nastavení stroje pracoviště třídění

Výstupní pravidlo jsem nastavil takto:

```
SEQUENCE /Wait zasobnik_svetle1#(1),
zasobnik_tmavel#(1),
SCRAP#(1)
```

Dochází k odesílání výstupních palet do zásobníků pro světlé a tmavé díly. Ze zásobníků jsou dále palety přesunuty pracovníkem třídění do zásobníku před pracovištěm přeskládávání. Opět jde o přesun dílů mezi dvěma zásobníky, který není v programu Witness možný a bylo tedy nutné vložit pomocný stroj. Tento je typu Single a má označení Posli_presklad. Výstupní pravidlo ukládá pracovníkovi, aby k přesunu použil cestu, po které se bude pohybovat průměrně 24 sekund. Tato pracoviště jsou v modelu čtyři, nastavení je u všech stejné. V celém modelu je tato činnost nejvíce odborná a vyžaduje velmi dobré znalosti jednotlivých typů dílů. Modelování tohoto pracoviště formou spojení elementu Labor a Machine můžeme snadno oddělit činnosti práce a manipulace.

11.4 Pracoviště přeskládávání

Na tomto pracovním stanovišti dochází k přeskládávání již vytříděných dílů. Vstupujícími prvky jsou z předchozího pracoviště vystupující světlé a tmavé sinus palety. Tyto palety jsou pro naskladnění do skladovacích pozic v regálech nevhodné a díly je proto nutné přeskládat na euro palety. Proces probíhá v několika krocích. K příchozí vytříděné paletě je třeba přivést ze skladovacího regálu euro paletu, která je označena stejným typem a barevností dílů. Tuto činnost provádí manipulát vysokozdvizného vozíku (VZV). Jakmile dojde ke spárování obou typů palet, může pracovník přeskládávání odebírat díly ze sinus palety a ukládat je na euro paletu. Po kompletním přeskládání je europaleta opět naskladněna na svou původní pozici do regálu. V modelu je těchto přeskládávacích pracovišť osm, umístěná jsou v čelech regálů (Obr. 38). Přeskládávání provádějí dva pracovníci, kteří mezi pracovišti přecházejí.



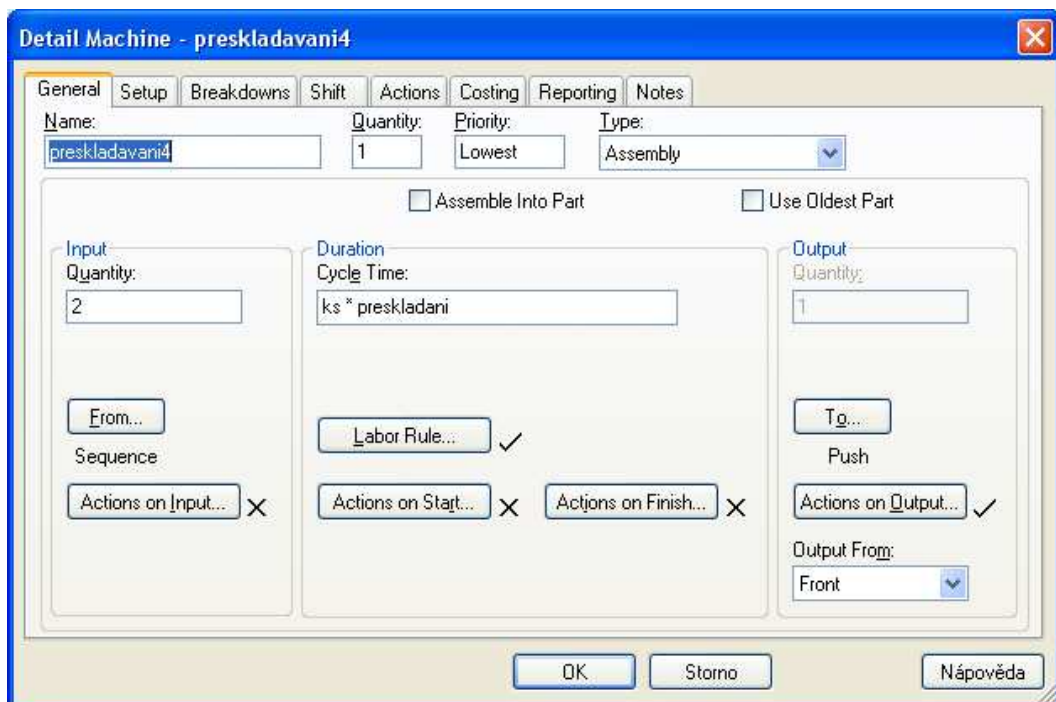
Obr. 38. Pracoviště PŘESKLÁDÁVÁNÍ v simulačním modelu

Pro vytvoření pracoviště v modelu jsem zvolil stroj Assembly s takto nastaveným vstupním pravidlem

```
SEQUENCE /Wait zas_pred_presklad1#(1),
zas_reg_pred_presklad1#(1)
```

Stroj tedy pracuje, až pokud má obě vstupní palety. Cyklový čas stroje je dán součinem počtem kusů na paletě a času potřebného pro přeskládání jednoho kusu. Výstupní

pravidlo ukládá výstupní euro paletě vykonat pohyb po cestě definované průměrným časem pro naskladnění pracovníkem VZV.



Obr. 39. Detailní nastavení stroje Preskladavani

11.5 Pracovník VZV

Vysokozdvíhový vozík (VZV) slouží v reálném skladu k manipulaci s euro paletami. Manipulant přiváží z regálové pozice na pracoviště přeskládávání euro paletu se stejným označením, jako má sinus paleta čekající na přeskládání. Po přeskládání odváží euro paletu zpět na svou původní pozici v regálu. V modelu je tento pracovník jeden, a protože v programu Witness je možné použít pracovníka pouze přiřazeného k určitému stroji, vytvořil jsem stroj Vyskladneni, ke kterému je tento pracovník přiřazen. Stroj Vyskladneni je v modelu celkem 8krát, a každému z osmi pracovišť přeskládávání odpovídá jeden. Při výskytu vyříděné sinus palety v zásobníku před pracovištěm třídění dojde k vyslání požadavku na odpovídající euro paletu. Stroj Vyskladneni zde má opět jen funkci aktivního elementu se schopností odesílat díly do zásobníku tímto výstupním pravidlem:

```
IF NPARTS (zas_pred_presklad1) = 1
    PUSH to zas_reg_pred_presklad1 With VZV Using Path
ELSE
    Wait
ENDIF
```


Fyzicky pak přesun provádí už manipulanta VZV po jedné univerzální dráze vyskladneni_reg_palet, která má nastavenou délku odpovídající času 107 sekund. Tento čas byl získán jako průměr časů přímého měření v reálném skladu.

Po přeskládání dílů na euro paletu dojde k vyslání požadavku na manipulanta VZV a odvezení euro palety do regálu k zaskladnění. Tato činnost je nastavena jako výstupní pravidlo stroje preskladavani ve tvaru:

PUSH to zaskladneni_palet With VZV Using Path

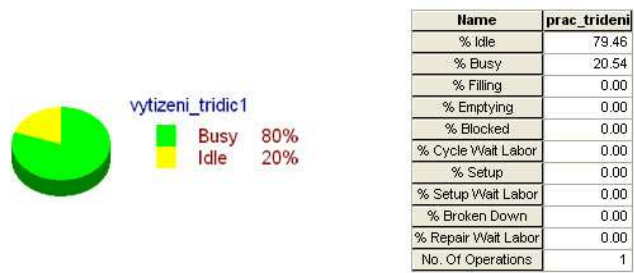


Obr. 40. Pracoviště VZV v simulačním modelu

Všechny palety se pohybují k cíli modelu, neboli virtuálnímu zaskladnění po stejné dráze, která má nastavenou délku na 126 sekund (průměr časů přímého měření). Čas je delší z důvodu větší náročnosti paletu do regálové pozice založit, než ji z regálu vyjmout. Zjednodušení ve formě jednotných drah pro vyskladňování a zaskladňování regálových euro palet je provedeno v souladu s koncepcí celého modelu a jeho funkčnost neovlivňují (Obr. 40).

11.6 Grafy a statistiky

Pro průběžné sledování vytížení jednotlivých pracovníků během simulace jsem zvolil koláčové grafy, které jsou velmi přehledné díky grafické prezentaci výsledků. Při zastavení simulačního běhu je možné zobrazit detailnější statistiku kliknutím na vybraný element pravým tlačítkem a zvolením nabídky Statistics. Ukázky obou možností prezentace dat uvádím na obrázku níže (Obr. 41).



Obr. 41. Ukázka zobrazení grafu a statistiky v simulačním modelu

12 SIMULAČNÍ MODEL STÁVAJÍCÍHO STAVU A JEHO VALIDACE

Sestavený simulační model jsem testoval se 6 sadami vstupních dat, které odpovídají 6 konkrétním pracovním dnům. Tyto dny byly označeny pracovníky skladu za průměrné bez výskytu abnormálních stavů a poruch.

12.1 Výběr referenčního dne

Vstupní data za jednotlivé dny byla opakovaně poskytnuta modelu, a v tabulce (Tab. 6) jsou uvedeny hodnoty časů potřebných pro zpracování potřebného množství kusů na paletách. Na základě srovnání výsledných časů potřebných k naskladnění poslední palety v jednotlivých dnech jsem vybral jeden den, který budu při simulačních experimentech považovat za referenční. Zvolil jsem den 7. 2. 2011 z důvodu jeho nejvyšší časové náročnosti, která je dána kombinací počtu kusů daného druhu na paletách a jejich časů třídění a přeskládávání. Vstupní data pro tento den uvádím v příloze (Příloha P IV).

Tab. 6. Srovnání výsledných časů potřebných k naskladnění poslední palety

	Čas naskladnění poslední palety	Počty palet		
		Vstupujících do modelu	Odeslaných do skladu M	Roztříděných a naskladněných ve skladu V
7.2.2011	10:48	95	18	154
8.2.2011	10:41	95	19	152
9.2.2011	10:17	83	14	138
10.2.2011	10:22	98	19	140
11.2.2011	10:42	101	21	160
14.2.2011	10:34	89	16	146

12.2 Analýza výstupních dat simulace referenčního dne

V této kapitole budu analyzovat výstupní data simulace referenčního dne 7. 2. 2011. Dále stanovím hodnotící kritéria, podle kterých budu hodnotit výsledky jednotlivých simulačních experimentů.

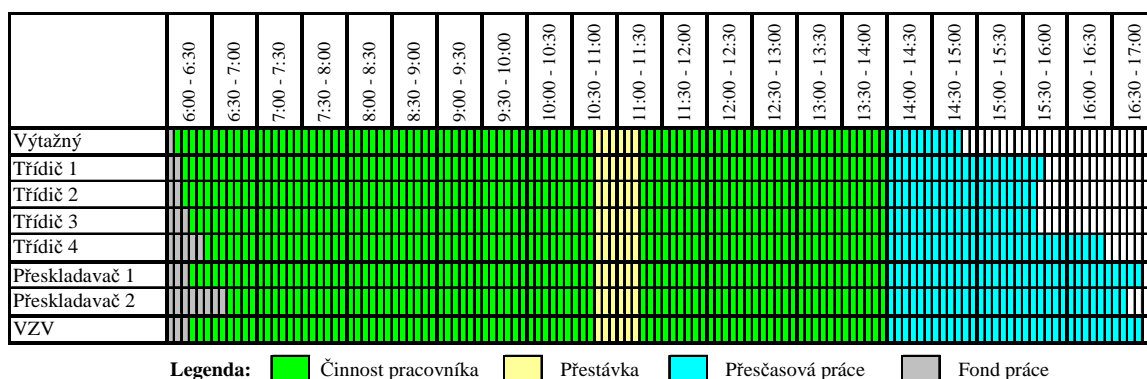
Při hodnocení simulačního běhu se na výsledky budu dívat z pohledu:

- Celkového času potřebného k naskladnění všech palet (čas naskladnění poslední palety);

- Využití pracovníků v rámci pracovní směny (čas čekání / čas pracovního využití)
Čas pracovního využití budu dále dělit na čas práce (tj. čas třídění nebo přeskládávání) a čas manipulace;
- Produktivita pracovníků (čas využití zdroje / disponibilita zdroje).

12.2.1 Čas potřebný k naskladnění všech palet

Poslední paleta byla naskladněna v čase 10:48:00 od začátku simulačního běhu. Čas 0:00:00 odpovídá reálnému času zahájení pracovní směny 6:00:00.



Obr. 42. Průběh práce jednotlivých pracovníků (simulace dne 7.2.2011)

Obrázek (Obr. 42) znázorňuje zapojení jednotlivých pracovníků v rámci pracovní směny. Běžná 7,5hodinová pracovní směna končí ve 14:00:00. Do této doby se však nepodařilo naskladnit všechny palety a z toho důvodu je po druhé hodině znázorněna pracovníkům přesčasová práce. Přesčasová práce u všech pracovníků činí 16:16:10 hodin, což je průměrně více než 2 hodiny na pracovníka.

V tabulce (Tab. 7) uvádím přesné časy zahájení a ukončení práce jednotlivých pracovníků.

Tab. 7. Zahájení a ukončení práce jednotlivých pracovníků (simulace dne 7. 2. 2011)

	Začátek práce	Konec práce
Výtazný	0:05:00	8:50:10
Třídě 1	0:07:10	9:42:50
Třídě 2	0:09:40	9:36:10
Třídě 3	0:12:10	9:31:20
Třídě 4	0:23:20	10:22:10
Přeskladač 1	0:15:10	10:46:30
Přeskladač 2	0:37:00	10:39:00
VZV	0:12:30	10:48:00

12.2.2 Využití pracovníků v rámci pracovní směny

Činnost pracovníků rozlišuji na čas čekání a čas práce.

Čas čekání uvádím v rozdělení na:

- čas **čekání v průběhu pracovní činnosti**, kdy se jedná např. o čekání na materiál, čekání na uvolnění výstupního zásobníku, čekání na přivezení regálové palety pro přeskládání dílů, atd.;
- čas **čekání pracovníka** do konce simulačního běhu **po ukončení vykonávání** své svěřené **činnosti**.

Čas práce rozděluji na:

- čas práce, při které pracovník třídí nebo přeskládává díly;
- čas manipulace, kdy pracovník manipuluje s paletami, nebo přechází mezi pracovišti. (U pracovníků výtažný a VZV budu jejich pracovní činnost vykazovat v kategorii manipulace.)

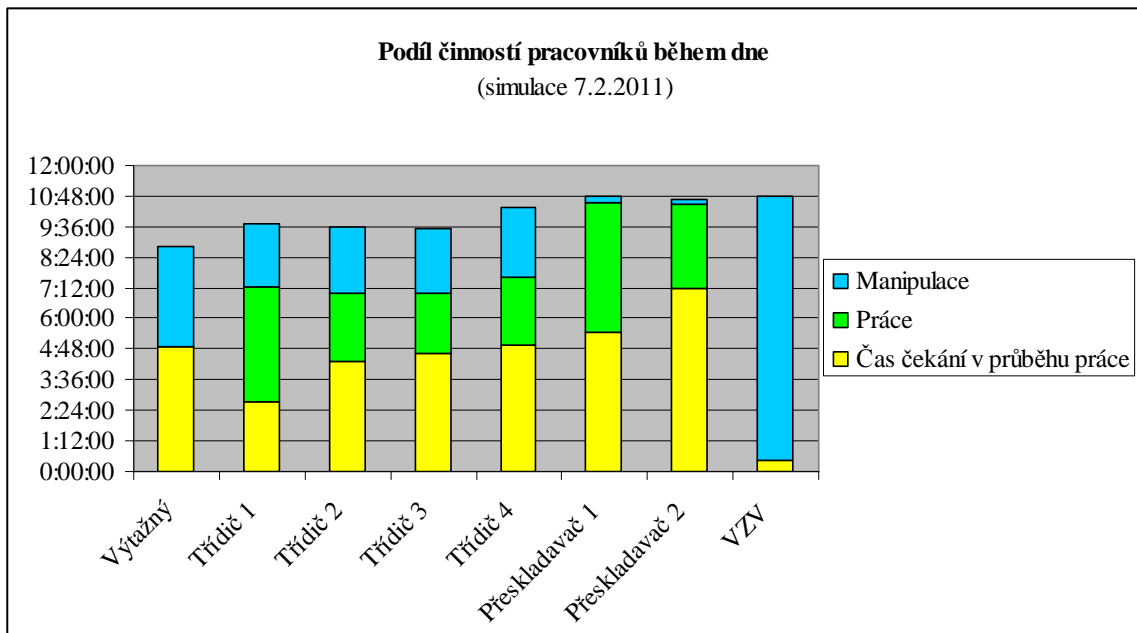
Tabulka (Tab. 8) znázorňuje rozdělení činností jednotlivých pracovníků do výše zmiňovaných kategorií. Pro přehlednost uvádím graf (Obr. 43), kde jsou kategorie barevně odlišeny. Čas čekání po ukončení práce do konce simulačního běhu zde není barevně vyznačen.

Tab. 8. Struktura činností jednotlivých pracovníků v průběhu dne (simulace dne 7.2.2011)

Pracovník	Délka simulace	Čekání			Pracovní vytížení		
		Čas čekání celkem	Čekání po skončení práce	Čekání v průběhu práce	Čas pracovního vytížení celkem	Práce (třídění, přeskládávání)	Manipulace
Výtažný	10:48:00	6:49:55	1:57:50	4:52:05	3:58:05		3:58:05
Třídíč 1	10:48:00	3:50:41	1:05:10	2:45:31	6:57:19	4:29:53	2:27:26
Třídíč 2	10:48:00	5:29:50	1:11:50	4:18:00	5:18:10	2:42:37	2:35:33
Třídíč 3	10:48:00	5:55:18	1:16:40	4:38:38	4:52:42	2:18:46	2:33:56
Třídíč 4	10:48:00	5:21:28	0:25:50	4:55:38	5:26:32	2:41:44	2:44:48
Přeskládavač 1	10:48:00	5:30:37	0:01:30	5:29:07	5:17:23	5:02:41	0:14:42
Přeskládavač 2	10:48:00	7:19:25	0:09:00	7:10:25	3:28:35	3:18:56	0:09:40
VZV	10:48:00	0:27:40	0:00:00	0:27:40	10:20:20		10:20:20

Mohu shrnout, že čas práce 6pracovníků je celkem 20:34:36 a manipulace zabírá 25:04:29. Čas čekání v průběhu práce činí v sumě za všechny pracovníky 34:37:04, což je 43 % času do ukončení práce každého pracovníka (tj. bez čekání do konce simulačního běhu). Těchto 34 a půl hodiny je čas, který mohou pracovníci využít lepší organizací k práci a naskladnit poslední paletu dříve. Stanovení opatření, která povedou ke zvýšení

využití pracovníků resp. zvýšení jejich produktivity, bude předmětem kapitoly 13 Plánování a realizace simulačních experimentů.



Obr. 43. Graf činností pracovníků během dne (simulace dne 7. 2. 2011)

12.2.3 Produktivita pracovníků

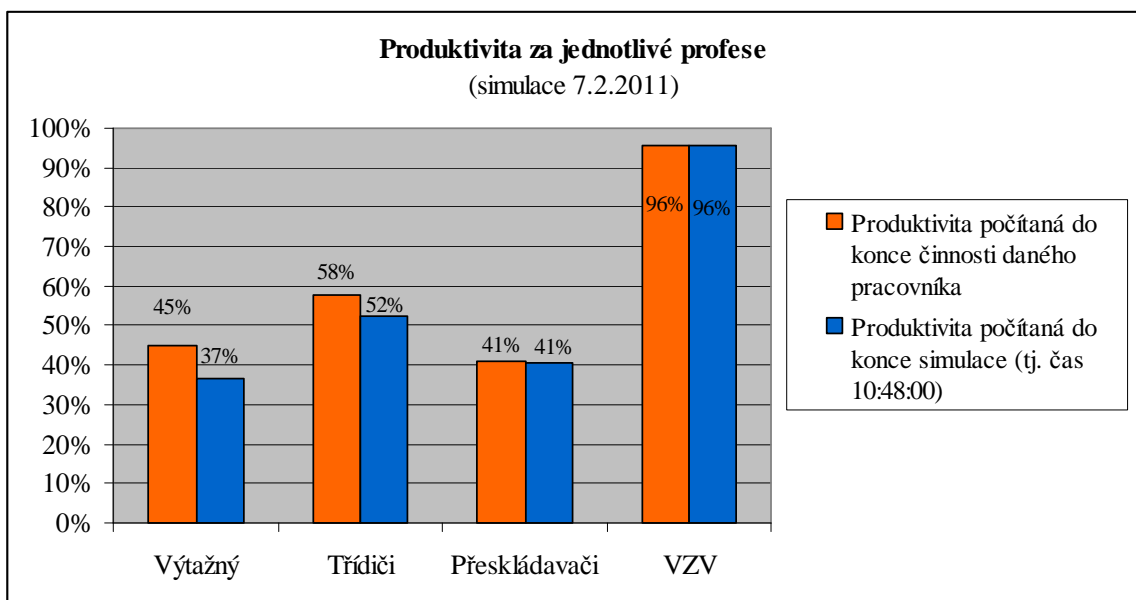
Produktivitu počítám podle obecného vzorce výstup / vstup. Kde za výstup považuji odvedenou práci včetně manipulace a za vstup disponibilní kapacitu zdroje (tj. čas, na který si „najíímám“ pracovníka).

Tab. 9. Produktivita jednotlivých pracovníků (simulace dne 7. 2. 2011)

	Čas ukončení práce	Pracovní vyřízení		Produktivita počítaná	
		práce	manipulace	do konce činnosti daného pracovníka	do konce simulace (tj. čas 10:48:00)
Výtažný	8:50:10		3:58:05	45%	37%
Třídíč 1	9:42:50	4:29:53	2:27:26	72%	64%
Třídíč 2	9:36:10	2:42:37	2:35:33	55%	49%
Třídíč 3	9:31:20	2:18:46	2:33:56	51%	45%
Třídíč 4	10:22:10	2:41:44	2:44:48	52%	50%
Přeskladač 1	10:46:30	5:02:41	0:14:42	49%	49%
Přeskladač 2	10:39:00	3:18:56	0:09:40	33%	32%
VZV	10:48:00		10:20:20	96%	96%

Vzhledem k tomu, že všichni pracovníci zahájili směnu v 6:00:00 a zůstali na pracovišti i na přesčasovou práci, tak aby vše zvládli v daný den naskladnit, počítal jsem disponibilitu zdroje pro dvě varianty (Tab. 9). První variantou je produktivita počítaná do konce činnosti daného pracovníka. Druhou variantou je produktivita počítaná do konce simulačního běhu tj. čas 10:48:00.

Pokud se podíváme na jednotlivé profese procesu příjmu a naskladnění dílů (Obr. 44) zjistíme, že nejvytíženějším je pracovník VZV s 96% produktivitou. Z toho lze usuzovat, že se může jednat o úzké místo procesu. Zda je tomu tak, a jakým způsobem by se dal zvýšit průtok procesu, to budu zjišťovat v kapitole 13 plánování a realizace simulačních experimentů.



Obr. 44. Graf produktivity v součtu za jednotlivé profese (simulace dne 7. 2. 2011)

12.3 Validace simulačního modelu

V této kapitole provedu porovnání výsledků výpočtu simulačního modelu s daty získanými z provozu pro referenční den 7. 2. 2011 a náhodně zvolený den 9. 2. 2011. Pro porovnání jsem zvolil takové údaje, které v rámci rozsáhlosti a rozmanitosti reálných procesů a simulačního modelu mohu korektně porovnat. Jsou to: čas vyvezení první palety, čas vyvezení poslední palety a čas naskladnění první a poslední palety.

Porovnání uvádím v tabulce (Tab. 10) níže. Při porovnání času vyvezení jsem zjistil, že k vyvezení první palety dochází ve skutečnosti o 5 – 7 minut později než se děje v simulačním běhu. Při analýze této situace přímo v provozu jsem zjistil, že výtěžný

nezačíná pracovat ihned po příchodu na směnu, ale provádí činnosti jako je krátký rozhovor s pracovníky, vyzvednutí a zapnutí čtecího zařízení, přichystání pomůcek na pracovní stůl.

Čas naskladnění první palety už potom odpovídá potřebnému času na vytřídění a přeskládání. Samozřejmě je zde vidět posun způsobený již zmiňovaným pozdějším vyvezením první palety výtahem. Pracovníci provedli činnosti při zahájení směny v době, kdy čekali na práci, takže když přijela první paleta na třídění, již byli připraveni pracovat.

Čas vyvezení poslední palety je dán časy příchodů palet do systému. V reálném provozu si výtazný vždy hlídal, aby pracovník třídění nečekal z důvodu nedostatku práce. Takže, když výtazný viděl, že pracovníci mají co třídít, mohl se delší dobu zdržet dole na strojním oddělení a věnovat delší čas organizaci a navázení palet do výtahu. Z toho důvodu jsou časy vyvezení pozdější, než ukazují výsledky simulačního běhu (samozřejmě je zde zase patrný posun, který způsobilo pozdější zahájení práce výtazného).

V čase naskladnění poslední palety by se však už data ze simulačních běhů a skutečnost měly potkat. Vzhledem k vysoké náročnosti simulace na data je velmi dobrý výsledek, pokud se porovnávané časy liší v řádu ± 10 minut (pokud opět odečteme zpoždění při vyvezení první palety).

Tab. 10. Porovnání výsledků simulačního modelu se skutečností

Den	Způsob získání výsledků	První paleta		Poslední paleta	
		Čas vyvezení	Čas naskladnění	Čas vyvezení	Čas naskladnění
7.2.2011	Simulace	6:07	6:19	14:07	16:48
	Skutečnost	6:12	6:31	14:49	16:52
9.2.2011	Simulace	6:05	6:52	13:51	16:17
	Skutečnost	6:13	6:59	14:33	16:35

Rozhovorem s vedoucí skladu a pracovníky jsem konzultoval výsledky simulačních běhů prezentované v předchozí kapitole 12.2. Vedoucí mi potvrdila pozvolný náběh práce jednotlivých profesí procesu příjmu a naskladnění, a rovněž zdůraznila, že díky zvýšenému příchodu palet do systému před koncem pracovní směny ve 14 hodin nejsou pracovníci skladu bez přesčasových hodin schopni denní produkci přetřídít a naskladnit. Pracovníci rovněž potvrzovali skutečnost, že v ranních hodinách jsou nevytížení a odpoledne potom nestíhají.

13 PLÁNOVÁNÍ A REALIZACE SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ

Cílem této kapitoly bude prostřednictvím realizace experimentů se simulačním modelem nalézt odpovědi na následující otázky:

- Jakým způsobem zajistit, aby všechny palety vyrobené strojním oddělením byly tentýž den kontinuálně přetříděny a naskladněny v co nejkratším čase při snížení a nejlépe odstranění přesčasové práce.
- Jaký je optimální počet pracovníků na jednotlivých pozicích procesu příjmu a naskladnění.

13.1 Plánování simulačních experimentů

Při provádění experimentů se budu orientovat na dvě oblasti: zvýšení průtoku a zvýšení produktivity celého procesu příjmu a naskladnění. Následně budu hledat variantu, při které bude při největším průtoku zapotřebí co nejméně zdrojů.

Budu hledat odpovědi na otázky:

Průtok

- Který z článků je úzkým místem procesu příjmu a naskladnění?
- Jakým způsobem můžeme zvýšit kapacitu úzkého místa?
- Co se stane, když zvýšíme kapacitu úzkého místa?

Hodnotícím kritériem bude celkový čas simulace tj. čas naskladnění poslední palety.

Produktivita, využití pracovníků v průběhu pracovní směny

- Co se stane když, posuneme příchody pracovníků podle jejich potřeby v procesu?
- Jak se tyto posuny promítnou v produktivitě jednotlivých pracovníků (čas využití zdroje / disponibilita zdroje).

Hodnotícím kritériem bude výpočet produktivity.

Výsledky simulačních experimentů budu porovnávat s výsledky simulačního běhu referenčního dne 7. 2. 2011, které uvádím v příloze (Příloha P VI), a vzájemně mezi jednotlivými experimenty. Tabulky s podrobnými výsledky experimentů budu z důvodu jejich rozsáhlosti a v zájmu zachování celkové přehlednosti práce uvádět v přílohách na konci práce. Laskavému čtenáři se za obtíže s listováním předem omlouvám.

13.2 Experimenty pro zvýšení průtoku

Dle grafu vytížení jednotlivých pracovníků skladu (Obr. 44) se jako úzkým místem jeví pracovník VZV, který provádí přípravu regálových palet pro přeskládávání a po operaci přeskládání jejich opětovné naskladnění do regálu. Z toho důvodu budu pro potřebu zvýšení průtoku modelu testovat variantu zdvojení pracovníka VZV.

13.2.1 Experiment č. 1 – přidání 1 pracovníka VZV

Výsledky simulačního experimentu, ve kterém jsem zvýšil kapacitu úzkého místa přidáním dalšího pracovníka VZV, jsou uvedeny v příloze (Příloha P VII). Porovnání výsledků s referenčním dnem uvádím v tabulce níže (Tab. 11).

Tab. 11. Porovnání výsledků experimentu č. 1 s referenčním dnem

	Referenční den 6:00 - 14:00	Experiment č. 1 6:00 - 14:00	Rozdíl R - Ex1
Čas zaskladnění poslední palety	10:48:00	9:26:50	-1:21:10
Produktivita *	56,9%	57,2%	0,4%
Produktivita do konce simulace	52,8%	54,0%	1,1%
Množství přesčasové práce celkem *	16:16:10	8:14:20	-8:01:50
Množství přesčasové práce do konce simulace	22:24:00	13:01:30	-9:22:30
Počet pracovníků	8	9	1

Produktivita obou pracovníků VZV je 55 %*, tudíž se úzké místo přesunulo na další článek procesu a to pracovníky třídění, kteří teď mají průměrné vytížení 66 %*. Možnost navýšení počtu třídících míst však z důvodu celkové velikosti skladu a fyzického rozložení pracovišť třídění není možná. Tudíž ani nebudu testovat možnost, co se stane, když zvýšíme kapacitu třídění přidáním jednoho pracovníka.

Navýšením o jednoho pracovníka VZV se podařilo snížit celkový čas simulace o 1:21:10. Celková produktivita procesu příjmu a naskladnění zůstala velmi podobná. Množství

* Počítáno do konce činnosti jednotlivých pracovníků. Nezahrnuje čas zbývající do okamžiku naskladnění poslední palety a tedy ukončení práce posledního pracovníka.

přesčasové práce se snížilo o 8 hodin*. Je tedy na zvážení, jak je zkrácení času naskladnění všech palet pro podnik klíčové, a zda se vyplatí investice do dalšího vysokozdvizného vozíku a zaškoleného pracovníka.

13.3 Experimenty pro zvýšení produktivity posunem směn

Při rozboru výstupů simulačního běhu referenčního dne (kap. 12.2.2) jsem poukazoval na nerovnoměrné vytížení pracovníků v rámci pracovního dne. Ze simulace bylo patrné slabší vytížení pracovníků v dopoledních hodinách a naopak od 11 hodiny se vyskytovaly zvýšené nároky na kapacitu pracovníků. Tento stav je dán rozdílnou frekvencí příchodů jednotlivých palet do systému (Obr. 23). Z tohoto důvodu se budu zabývat experimenty s posunem pracovních směn.

13.3.1 Experiment č. 2 – posunutí začátku pracovní směny všech pracovníků o 30 min (tj. 6:30 – 14:30)

V rámci experimentu č. 2 posunu začátek pracovní směny všech pracovníků procesu příjmu a naskladnění o 30 minut (tj. na čas 6:30 – 14:30). Výchozí myšlenkou pro tento experiment je snaha o zvýšení vytížení pracovníků hned od začátku směny tím, že zásobník před výtahem již bude zaplněn a následující palety budou přicházet v kratších intervalech.

Výsledky experimentu č. 2 uvádím v příloze (Příloha P VIII) a porovnání s referenčním dnem v tabulce (Tab. 12). Celkový čas simulace se prodloužil o 46 minut, avšak čas potřebný pro naskladnění všech palet se navýšil jen o 16 minut (směna začala oproti referenčnímu dnu o 30 minut později). Došlo k tomu z důvodu, že pracovník VZV, který byl i v referenčním dnu úzkým místem, byl koncentrovanějším požadavkem na operace s regálovou paletou ještě více vytížen. Jeho vytížení se zvýšilo o 2 % tedy na celkových 98 %. Vytížení všech pracovníků je uvedeno v příloze (Příloha P VIII).

Celková produktivita procesu se navýšila o procento. Vyrovnaly se procentuelní poměry ve vytížení jednotlivých třídičů. Usuzuji, že důvodem je právě plynulejší zásobování výtahným. Avšak poměry využití přeskládávačů se prakticky nezměnily, protože jsou závislí na činnosti pracovníka VZV, který je v obou dvou případech značně vytížen. Množství potřebné přesčasové práce se zvýšilo o 1:46:40* tedy na 18 hodin*.

Tab. 12. Porovnání výsledků experimentu č. 2 s referenčním dnem

	Referenční den 6:00 - 14:00	Experiment č. 2 6:30 - 14:30	Rozdíl R - Ex2
Čas naskladnění poslední palety	10:48:00	11:34:00	0:46:00
Délka pracovního času	10:48:00	11:04:00	0:16:00
Produktivita *	56,9%	58,1%	1,2%
Produktivita do konce simulace	52,8%	53,9%	1,1%
Množství přesčasové práce celkem *	16:16:10	18:02:50	1:46:40
Množství přesčasové práce do konce simulace	22:24:00	24:32:00	2:08:00
Počet pracovníků	8	8	0

* Počítáno do konce činnosti jednotlivých pracovníků. Nezahrnuje čas zbývající do okamžiku naskladnění poslední palety a tedy ukončení práce posledního pracovníka.

13.3.2 Experiment č. 3 – posun začátku směny 1 pracovníka přeskládávání na 11:15

Protože z výsledků referenčního dne vyplynulo, že pracovníci přeskládávání mají nízké vytížení, pokusím se v dalším experimentu zvýšit jejich produktivitu posunutím začátku pracovní směny jednoho přeskládáváče na čas 11:15. Tento čas je shodný s návratem ostatních pracovníků z obědové přestávky.

Podrobné výsledky tohoto experimentu uvádím v příloze (Příloha P IX). Souhrnné výsledky experimentu v porovnání s výsledky simulace referenčního dne předkládám v tabulce (Tab. 13).

Výsledky experimentu přinášejí zjištění, že ačkoliv jsem posunul příchod jednoho z pracovníků přeskládávání o 5:15, nemělo to zásadní vliv na prodloužení doby naskladnění poslední palety. Ta byla prodloužena pouze o 90 sekund. Díky tomu bylo potřeba k vykonání stejné činnosti méně zdrojů a došlo k navýšení produktivity celého procesu příjmu a naskladnění o 3,8 %*, celkově tedy na 60,7 %*. Ze stejného důvodu se také snížilo množství přesčasové práce o necelé 3 hodiny*.

Tab. 13. Porovnání výsledků experimentu č. 3 s referenčním dnem

	Referenční den 6:00 - 14:00	Experiment č. 3 6:00 - 14:00	Rozdíl R - Ex3
Čas naskladnění poslední palety	10:48:00	10:49:30	0:01:30
Délka pracovního času	10:48:00	10:49:30	0:01:30
Produktivita *	56,9%	60,7%	3,8%
Produktivita do konce simulace	52,8%	55,8%	3,0%
Množství přesčasové práce celkem *	16:16:10	13:18:30	-2:57:40
Množství přesčasové práce do konce simulace	22:24:00	19:46:30	-2:37:30
Počet pracovníků	8	7,5	-0,5

* Počítáno do konce činnosti jednotlivých pracovníků. Nezahrnuje čas zbývající do okamžiku naskladnění poslední palety a tedy ukončení práce posledního pracovníka.

13.4 Experimenty založené na kombinacích výsledků předchozích experimentů

Vykonáním experimentů 1 – 3 jsem zjistil následující fakta, která bych rád promítl do dalšího experimentu č. 4:

- Úzkým místem je pracovník VZV, přidáním dalšího pracovníka VZV dokážeme snížit čas potřebný pro naskladnění poslední palety a množství přesčasové práce.
- Posunutím směn dokážeme zvýšit produktivitu práce. Bez současného posílení průtoku na úzkém místě (tj. operace s regálovou paletou) však narůstá čas potřebný pro naskladnění poslední palety a množství potřebné přesčasové práce.
- Účelným posunutím směn u pracovníků s nízkým využitím dokážeme bez extrémního navýšení času potřebného pro naskladnění poslední palety zvýšit produktivitu a současně snížit množství přesčasové práce.

13.4.1 Experiment č. 4 – kombinace posunů směn a navýšení pracovníka VZV

Dle úvahy v kapitole (kap. 13.4) budu experiment č. 4 provádět s nastavením posunu směn a posílením procesu navýšením pracovníka VZV. Jednotlivá nastavení uvádím v tabulce níže (Tab. 14).

Tab. 14. Nastavení posunu směn testované v experimentu č. 4

	Začátek směny	Konec směny	Délka pracovní směny
Výtažný	6:30	14:30	8:00
Třídíč 1	6:30	14:30	8:00
Třídíč 2	6:30	14:30	8:00
Třídíč 3	7:00	15:00	8:00
Třídíč 4	7:00	15:00	8:00
Přeskladavač 1	6:30	14:30	8:00
Přeskladavač 2	11:15	15:15	4:00
VZV 1	6:30	14:30	8:00
VZV 2	11:15	15:15	4:00

Výsledky experimentu č. 4, podrobně uvedené v příloze (Příloha P X) a souhrnně v tabulce (Tab. 15), potvrdily mé závěry, které zmiňuji v úvodu kapitoly (kap. 13.4). Úzké místo jsem od 11:15 posílil dalším pracovníkem VZV, který je procesu přidělen na poloviční úvazek. Toto stačí pro pokrytí zvýšeného přísunu palet, k němuž dochází ke konci pracovní směny. Opatřením se podařilo snížit čas naskladnění poslední palety o 13 % tj. na 9 hodin 27 minut, což je 15:27 reálného času. Vzhledem k tomu, že začátek směny je pro pracovníky posunut nejdříve na 6:30, délka simulačního běhu je potom 8 hodin 57 minut, a oproti výsledkům referenčního dne se zkrátila o 17 %.

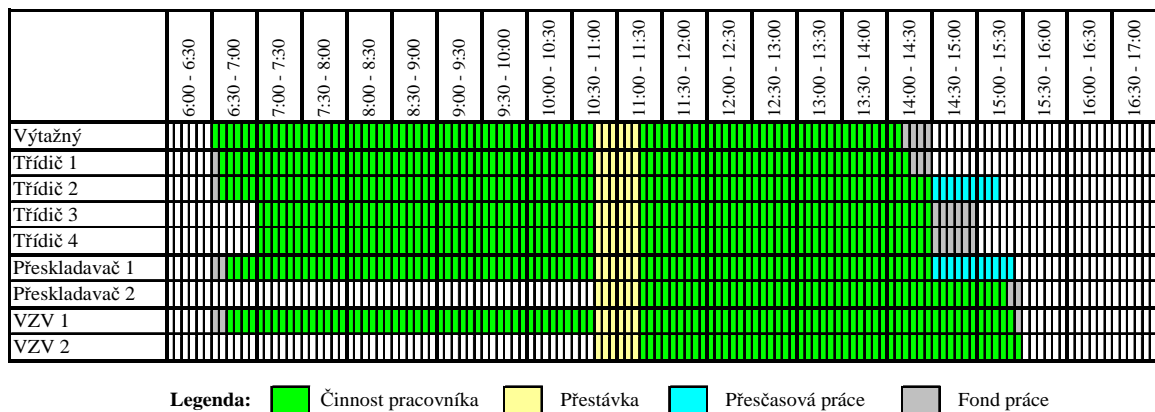
Tab. 15. Porovnání výsledků experimentu č. 4 s referenčním dnem

	Referenční den 6:00 - 14:00	Experiment č. 4 Různě	Rozdíl R - Ex4	Rozdíl v % Rozdíl / R
Čas zaskladnění poslední palety	10:48:00	9:27:00	-1:21:00	-13%
Délka pracovního času	10:48:00	8:57:00	-1:51:00	-17%
Produktivita *	56,9%	67,5%	10,6%	18,7%
Produktivita do konce simulace	52,8%	63,2%	10,4%	19,7%
Množství přesčasové práce celkem *	16:16:10	2:48:00	-13:28:10	-83%
Množství přesčasové práce do konce simulace	22:24:00	6:03:00	-16:21:00	-73%
Počet pracovníků	8	8	0	0%

* Počítáno do konce činnosti jednotlivých pracovníků. Nezahrnuje čas zbývající do okamžiku naskladnění poslední palety a tedy ukončení práce posledního pracovníka.

Posunutím začátku směn u pracovníků třídění o další půlhodinu a pracovníka přeskládávání o více než pět hodin, se nám podařilo zvýšit produktivitu systému bez současného navýšení doby potřebné pro naskladnění všech palet. Produktivita* se oproti

referenčnímu dnu zvýšila o 18,7 %. Současně jsem tímto opatřením snížil množství přesčasové práce* o 83 %. Celkový počet pracovníků zůstal na původní hodnotě 8 lidí díky tomu, že druhý pracovník přeskládávání je na tuto činnost přiřazen také pouze na 4 hodiny.



Obr. 45. Průběh práce jednotlivých pracovníků - experiment č. 4

I přesto, že nebylo zcela dosaženo cíle odstranit přesčasovou práci, lze tento experiment považovat za úspěšný. Pokud budeme analyzovat množství přesčasové práce jednotlivých pracovních pozic (Obr. 45), zjistíme, že lepším rozložením pracovních sil ke konci simulace by bylo možné množství této přesčasové práce ještě více snížit. Zde záleží na rozumném přidělování práce výtažným, a týmovém chování pracovníků při vzájemné výpomoci na konci pracovní směny.

S vedoucí skladu jsem navržené řešení zapojení pracovníka přeskládávání a VZV až od 11:15 konzultoval, a tuto alternativu přivítala. Na zbývající pracovní čas (tj. 3,5 hodiny) je zapojí do procesu výdeje, který je naopak přetížen v ranních a dopoledních hodinách z důvodu vychystávání dílů na montáž.

13.5 Shrnutí výsledků simulačních experimentů

V úvodu kapitoly 13 jsem si dal za cíl nalézt prostřednictvím realizace simulačních experimentů odpovědi na otázky týkající se optimálního počtu pracovníků a produktivity procesu příjmu a naskladnění. Zde bych chtěl sumarizovat poznatky a formulovat odpovědi na tyto otázky.

Způsob, kterým zajistit, aby všechny palety vyrobené na strojním oddělení byly tentýž den kontinuálně přetříděny a naskladněny vidím v posunu směn jednotlivých pracovníků a posílení pracovní pozice VZV v době od 11:15 do konce pracovní směny. To dokazují

výsledky experimentu č. 4. Posunutím směn dojde i ke zvýšení produktivity, což bylo rovněž demonstrováno při experimentu č. 4. Souhrnné výsledky produktivity za jednotlivé experimenty uvádím v tabulce (Tab. 16).

Tab. 16. Souhrnná tabulka výsledků produktivity počítané do konce činnosti daného pracovníka

	Referenční den 6:00 - 14:00	Experiment č. 1 6:00 - 14:00	Experiment č. 2 6:30 - 14:30	Experiment č. 3 6:00 - 14:00	Experiment č. 4 Různě
Výtažný	45%	49%	44%	45%	50%
Třídič 1	72%	80%	60%	73%	78%
Třídič 2	55%	68%	57%	51%	73%
Třídič 3	51%	64%	67%	52%	67%
Třídič 4	52%	49%	52%	56%	72%
Přeskladavač 1	49%	51%	51%	55%	70%
Přeskladavač 2	33%	43%	33%	49%	61%
VZV 1	96%	55%	98%	95%	68%
VZV 2		55%			68%
Průměr	57%	57%	58%	61%	68%

Optimální počet pracovníků ve skladu je 8, avšak pracovníci Přeskládavač 4 a VZV 2 jsou zaměstnáni v tomto procesu pouze na 4 hodiny denně.

Délka nejkratšího simulačního běhu, při kterém byly všechny palety přijaty, přetříděny, přeskládány a naskladněny je 8:57. Tohoto času se podařilo opět dosáhnout při podmínkách experimentu č. 4. Souhrnně jsou výsledky jednotlivých experimentů uvedeny v tabulce v příloze (Příloha P XI).

Množství přesčasové práce bylo sníženo o 83 %, ale stále zde zůstává cca 1:30 hodin. Zde si však myslím, že lepší organizací práce ke konci pracovní směny, kterou v simulačním modelu nejsem schopen až tak dobře postihnout, by se potřeba přesčasové práce dala dále snížit.

14 SHRNU TÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Úvodem praktické části jsem představil tradiční český nábytkářský podnik a hlavní důvody, pro které byla vytvářena simulační studie skladu. Uvedl jsem nově nastavené vizuální standardy celého skladu, stejně jako dílčích štítků pro automatizované snímání čtečkou čárových kódů. Podrobně jsem popsal všechny operace, které ve skladu na straně příjmu a naskladnění probíhají (tj. přes příjem palet, roztřídění, přepočítání, odvedení výrobního úkolu, přeskládání až po naskladnění do regálové pozice). Důležitou roli při tvorbě modelu hraje sběr a vyhodnocení dat. Díly jsem nejdříve rozdělil do skupin podle podobnosti a podrobil ABC analýze pro následné měření délky pracovních operací. Dále bylo nutné pro potřeby modelu získat časy manipulace. Na základě popisu pracovišť a probíhajících procesů jsem sestavil konceptuální model doplněný již o potřebné časy operací.

Po praktickém seznámení s programem Witness jsem v tomto programu sestavil simulační model skladu nábytkářského podniku. Následně provedenou validací jsem ověřil správnost tohoto modelu. Výsledky referenčního dne poukázaly na nerovnoměrné využití pracovní doby jednotlivých pracovních pozic ve skladu, na dlouhou dobu potřebnou k naskladnění všech dílů v rámci téhož dne, a na nutnost přesčasové práce. Po analýze úzkých míst a konzultaci s pracovníky podniku jsem sestavil plán simulačních experimentů s vytvořeným model za účelem zkrátit celkovou dobu potřebnou pro naskladnění všech dílů přicházejících v jeden den, zvýšení produktivity jednotlivých pracovníků a snížení množství přesčasové práce.

Provedl jsem čtyři experimenty, z toho 3 byly založeny na posílení úzkých míst přidáním pracovní síly a posunu začátku pracovní směny. Na základě výsledků předchozích experimentů jsem navrhnul a provedl poslední čtvrtý experiment, který kombinuje výhody předchozích. Data získaná čtvrtým experimentem potvrdila správnost navržených změn. Došlo k výraznému snížení doby potřebné pro naskladnění všech dílů, snížení přesčasové práce a vybalancování pracovního vytížení se současným zvýšením produktivity jednotlivých pracovníků. Prováděné experimenty jsem nejdříve představil a po jejich provedení jsem získané informace zapsal do tabulek a okomentoval. Podrobné výsledky jsou uvedeny v přílohách (Příloha P VI - Příloha P XI) a souhrnné zhodnocení v kapitole 13.5.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vypracování simulační studie provozu skladu nábytkářského podniku s využitím simulačního programu Witness. Přičemž jsem se orientoval zejména na procesy příjmu a naskladnění dílů do zmiňovaného skladu, který slouží jako mezisklad a je bodem rozpojení.

Simulační studie navazuje na projekt řízeného skladu, který podnik v těchto procesech realizoval. Po zavedení se potýkal s problémem efektivního využití pracovníků v rámci pracovní směny, a dlouhé doby potřebné pro přetřídění a naskladnění všech dílů, které ten den vyprodukoval předchozí výrobní proces.

Úkolem simulační studie bylo ověřit, zda jsou pracovníci schopni při nově organizovaných procesech dokončit naskladnění všech položek ve standardní pracovní době bez nutnosti přesčasových hodin. Následně pomocí experimentů s modelem formulovat doporučení, která by zvýšila produktivitu procesů a snížila čas potřebný pro naskladnění.

Simulační studii jsem zpracovával podle postupu dle autora [5]. Stěžejní fází bylo analyzovat proces pro vytvoření konceptuálního modelu a sesbírat potřebná data z provozu, jako byly vstupující položky a jejich charakteristiky, a délky jednotlivých činností vykonávaných pracovníky. Navazovalo vytvoření simulačního modelu v prostředí simulačního programu Witness, kterému předcházelo rozsáhlé studium filozofie programu a práce s ním. Sestavený model byl validován a prohlášen za správně sestavený. Výsledky referenčního dne potvrdily nízkou produktivitu pracovníků a jejich nerovnoměrné vytížení v rámci pracovního dne, včetně nutné přesčasové práce.

Na základě provedených experimentů s modelem jsem navrhl opatření vedoucí k odstranění úzkého místa, a tedy zkrácení celkové doby potřebné k naskladnění všech položek o 1 hod 21 min. Díky opatření spočívající v rozdílném nástupu jednotlivých pracovních pozic do procesu jsem snížil množství přesčasové práce o 83 % a zvýšil produktivitu pracovníků celkem o 18,7 %.

Závěrem bych rád uvedl, že sestavený model je potřeba v budoucnu dále udržovat aktuální, aby kopíroval změny reálného systému. Další vývoj modelu by se mohl ubírat směrem simulace procesu výdeje položek na konkrétní zakázky. Je potřeba si však uvědomit, že procesy by měly být standardizovány.

CONCLUSION

The aim of the thesis was to create a simulation study of the warehouse operation in a furniture company with usage of the simulation computer program Witness. I have focused mainly on processes of receipt of the parts into the warehouse, which is used as temporary warehouse and is point of disconnection.

Simulation study ties together the project of controlled warehouse, which has been implemented in these processes by the company. After installation has been discovered problem of efficient utilization of workers within their working shift and long time needed for resorting and intake of all parts, which have been produced by the previous production process.

The aim of the simulation study was to verify if workers are able to complete the intake of all parts within standard working hours. Subsequently by the help of experiments with the model formulate recommendation which would increase the productivity of processes and put down the time needed for intake into the warehouse.

Simulation study has been run as per procedure of author [5]. The fundamental phase was to analyze the process of creation of conceptual model and collection of necessary data from the operation, as entering items and their characteristics, and duration of individual activities performed by the workers. Consequently creation of simulation model within the setting of simulation program Witness which followed extensive study of the program philosophy and work with the program. Created model has been validated and declared as correctly built-up. Results of the reference day confirmed low productivity of workers and their unequal workload within the working day including the need for overtime work.

Based on the performed experiments with the model I have suggested arrangement leading to elimination of bottleneck, and therefore shortening the total time needed for intake of all parts by 1 hour and 21 minutes. Thanks to the arrangement consisting in different start of various working positions into the process I have decreased the amount of overtime work by 83% and increased the productivity of workers in total by 18.7%.

Last I would like to bring forward the fact that created model needs to be kept actual in the future in order to copy the changes of the real system. Further development of the model could proceed in the direction of simulation of the process of stock release for

concrete orders. It is however important to remember that the processes need to be normalized.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VAŠEK, Lubomír; VAŠEK, Vladimír. *Simulace systémů*. 1. vyd. Brno: VUT, 1991. 136 s. ISBN 8021402628
- [2] Firemní dokumentace
- [3] KYSEL', Marek; KOŠTURIÁK, Ján; DEBNÁR, Peter. *Ako efektívne mapovať hodnotový tok v podniku?*. 1. vydání. Žilina : IPA Slovakia, 2004. 66 s.
- [4] HUŠEK, Roman; LAUBER, Josef. *Simulační modely*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987. 349 s.
- [5] DLOUHÝ, Martin. *Simulace podnikových procesů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2007. 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.
- [6] *Katedra oděvnictví* [online]. 2009 [cit. 2011-05-06]. Simulace ve Witnessu. Dostupné z WWW:
<http://www.kod.tul.cz/ucebni_materialy/PSI/WITNESS/texty/default.htm>.
- [7] *Katedra oděvnictví* [online]. 2009 [cit. 2011-05-06]. Simulace ve Witnessu. Dostupné z WWW:
<http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Psi/prednasky_2007/prednaska_1_PSI.pdf>.
- [8] *Wikipedie* [online]. 2009 [cit. 2011-05-06]. Vědecké modelování. Dostupné z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Bdeck%C3%A9_modelov%C3%A1n%C3%AD>.
- [9] *Wikipedie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-06]. Simulace. Dostupné z WWW:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Simulace>>.
- [10] *Proverbs* [online]. 2010 [cit. 2011-05-06]. Simulační software. Dostupné z WWW: <<http://www.proverbs.cz/sluzby/simulacni-software/>>.
- [11] *Humusoft* [online]. 2011 [cit. 2011-05-06]. WITNESS - simulace podnikových procesů. Dostupné z WWW: <<http://www.humusoft.cz/produkty/witness/>>.
- [12] DANĚK, Jan; PLEVNÝ, Miroslav. *Výrobní a logistické systémy*. 1. vyd. Plzeň : Západočeská univerzita, 2005. 212 s. ISBN 80-7043-416-3.
- [13] SEGER, Jan; HINDLS, Richard. *Statistické metody v tržním hospodářství*. 1. vyd. Praha : Victoria Publishing, 1995. 435 s. ISBN 8071870587.

- [14] GÁLA, Libor; POUR, Jan; ŠEDIVÁ, Zuzana. *Podniková informatika. 2.*,
přeprac. a aktualiz. vyd. Praha : Grada, 2009. 496 s. ISBN 978-80-247-2615-1.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Ex1 - 4	Experiment č. 1 - 4
FIFO	First in first out (první dovnitř první ven)
LIFO	Last in first out (poslední dovnitř první ven)
M	Sklad surových hlazených dílů část M („malý“ sklad)
NC stroj	Číslicově řízený soustruh s digitálním odečtem pohybu souřadnic nástroje
Ojko (oj)	Tažná tyč s kolečkem sloužící pro posun sinus palety
R	Referenční den
SH	Surový hlazený
SH sklad	Sklad surových hlazených dílů
Sinus paleta (plošina)	Prostředek pro hromadnou přepravu dílů se dvěma kolečky na jedné straně a pevnými podpěrami na straně druhé, pro manipulaci je zapotřebí oj
V	Sklad surových hlazených dílů část V („velký“ sklad)
VÚ	Výrobní úkol
VZV	Vysokozdvíhový vozík
*	Počítáno do konce činnosti jednotlivých pracovníků. Nezahrnuje čas zbývající do okamžiku naskladnění poslední palety a tedy ukončení práce posledního pracovníka.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma vazeb systém – model [4]</i>	14
<i>Obr. 2. Použitá verze programu Witness</i>	19
<i>Obr. 3. Hlavní menu programu Witness</i>	19
<i>Obr. 4. Pracovní plocha</i>	20
<i>Obr. 5. Okno Designer Elements</i>	20
<i>Obr. 6. Řídící panel</i>	20
<i>Obr. 7. Ukázka nastavení detailů u prvku PART</i>	21
<i>Obr. 8. Ukázka nastavení detailů u prvku MACHINE</i>	22
<i>Obr. 9. Ukázka koláčového grafu, časové posloupnosti a histogramu</i>	24
<i>Obr. 10. Ukázka okna Define</i>	26
<i>Obr. 11. Ukázka editačního okna Display</i>	27
<i>Obr. 12. Základní stavy stroje v programu Witness</i>	27
<i>Obr. 13. Vývojový diagram simulačního projektu [7]</i>	30
<i>Obr. 14. Fáze simulačního projektu [7]</i>	31
<i>Obr. 15. Ukázka oceněného produktu společnosti</i>	35
<i>Obr. 16. Mapa toku hodnot</i>	37
<i>Obr. 17. Vizualní značení skladu [2]</i>	38
<i>Obr. 18. Mapa skladu V [2]</i>	39
<i>Obr. 19. Paletový štítek [2]</i>	40
<i>Obr. 20. Adresa regálové buňky [2]</i>	41
<i>Obr. 21. Regálový štítek [2]</i>	41
<i>Obr. 22. Systém LIFO navážení a odvážení palet u výtahu</i>	42
<i>Obr. 23. Příklad palet s dokončenými díly před výtah</i>	43
<i>Obr. 24. Pracoviště třídění</i>	45
<i>Obr. 25. Přestavení pracoviště třídění – grafické schéma</i>	47
<i>Obr. 26. Umístění palet na pracovišti přeskládávání</i>	48
<i>Obr. 27. Pracoviště přeskládávání – signál pro pracovníci k zahájení činnosti přeskládání</i>	49
<i>Obr. 28. Pracoviště přeskládání – signál pro manipulantku VZV k naskladnění regálové palety</i>	49
<i>Obr. 29. Pozorovací list pro stanovení počtu pozorování</i>	53
<i>Obr. 30. Třídění dílů na barvu souhrnně za období 1. 11. 2010 – 2. 2. 2011</i>	53

<i>Obr. 31. Příklad palet do systému [2]</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 32. Konceptuální model.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 33. Výsledný simulační model procesů příjmu a naskladnění.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 34. Ukázka atributu palety načítaná ze souboru PAR.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 35. Pracoviště VÝTAH v simulačním modelu.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 36. Pracoviště TRÍDĚNÍ v simulačním modelu.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 37. Detail nastavení stroje pracoviště třídění</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 38. Pracoviště PŘESKLÁDÁVÁNÍ v simulačním modelu</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 39. Detailní nastavení stroje Preskladavani</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 40. Pracoviště VZV v simulačním modelu.....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 41. Ukázka zobrazení grafu a statistiky v simulačním modelu.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 42. Průběh práce jednotlivých pracovníků (simulace dne 7.2.2011).....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 43. Graf činností pracovníků během dne (simulace dne 7. 2. 2011).....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 44. Graf produktivity v součtu za jednotlivé profese (simulace dne 7. 2. 2011).....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 45. Průběh práce jednotlivých pracovníků - experiment č. 4.....</i>	<i>79</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Proces příjmu palet – kroky prováděné čtecím zařízením.....</i>	44
<i>Tab. 2. Přestavení pracoviště třídění - činnosti.....</i>	46
<i>Tab. 3. Proces odvedení výrobního úkolu.....</i>	47
<i>Tab. 4. Proces naskladnění dílů do adresné regálové buňky</i>	50
<i>Tab. 5. ABC analýza vstupů palet a dílů za období 1. 11. 2010 – 2. 2. 2011.....</i>	52
<i>Tab. 6. Srovnání výsledných časů simulace.....</i>	67
<i>Tab. 7. Zahájení a ukončení práce jednotlivých pracovníků (simulace dne 7. 2. 2011).....</i>	68
<i>Tab. 8. Struktura činností jednotlivých pracovníků v průběhu dne (simulace dne 7.2.2011).....</i>	69
<i>Tab. 9. Produktivita jednotlivých pracovníků (simulace dne 7. 2. 2011).....</i>	70
<i>Tab. 10. Porovnání výsledků simulačního modelu se skutečností</i>	72
<i>Tab. 11. Porovnání výsledků experimentu č. 1 s referenčním dnem</i>	74
<i>Tab. 12. Porovnání výsledků experimentu č. 2 s referenčním dnem</i>	76
<i>Tab. 13. Porovnání výsledků experimentu č. 3 s referenčním dnem</i>	77
<i>Tab. 14. Nastavení posunu směn testované v experimentu č. 4.....</i>	78
<i>Tab. 15. Porovnání výsledků experimentu č. 4 s referenčním dnem</i>	78
<i>Tab. 16. Souhrnná tabulka výsledků produktivity počítané do konce činnosti daného pracovníka</i>	80

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Průvodka výrobního příkazu

Příloha P II: Konceptuální model

Příloha P III: Výchozí data pro simulaci

Příloha P IV: Atributy vstupujících položek - 7. 2. 2011

Příloha P V: Simulační model procesu příjmu a naskladnění

Příloha P VI: Výsledky simulace referenčního dne

Příloha P VII: Výsledky simulačního experimentu č. 1

Příloha P VIII: Výsledky simulačního experimentu č. 2

Příloha P IX: Výsledky simulačního experimentu č. 3

Příloha P X: Výsledky simulačního experimentu č. 4

Příloha P XI: Souhrnná tabulka výsledků jednotlivých experimentů

PŘÍLOHA PI: PRŮVODKA VÝROBNÍHO PŘÍKAZU

Průvodka výrobního úkolu							
Sest.č.29/vyr.úkoly		číslo				H14201/201115/44	
Skladové číslo		Popis				MJ	Výrobní dávka
448 1700 401000		PODSESTAVA PŘEDNÍ SH (PN+SPD)				KS	140
Plánované zahájení		Plánované ukončení		Zadal	Datum zadání	Druh	
12.4.2011		22.4.2011		Příjmení Jméno	11.4.2011 6:51:37	HF	
Datum	Odvedl Jméno	Datum	Kontroloval Jméno	Předal Jméno	Datum	Převzal Jméno	
Pof.č.	Dilna/Pracoviště/Operace/Vstupující komponenta			Pl. trvání [min]	NC program	Vyrobené ks	Datum

Lístek pro odvedení výrobního úkolu, 1.Oprava neshodných dílů

- Množství zadávané do opravy:

- Množství vyříděné po opravě **b. SVĚTLÁ**




36983058

Lístek pro odvedení výrobního úkolu č. H14201/201115/44 1.Oprava neshodných dílů

Skladové číslo | Popis

448 1700 401000 PODSESTAVA PŘEDNÍ SH (PN+SPD)

- Množství vyříděné po opravě **b. TMAVÁ**




36983059

Lístek pro odvedení výrobního úkolu č. H14201/201115/44

Skladové číslo | Popis

448 1700 401000 PODSESTAVA PŘEDNÍ SH (PN+SPD)

- Množství vyříděné **b. SVĚTLÁ**




36983058

Lístek pro odvedení výrobního úkolu č. H14201/201115/44

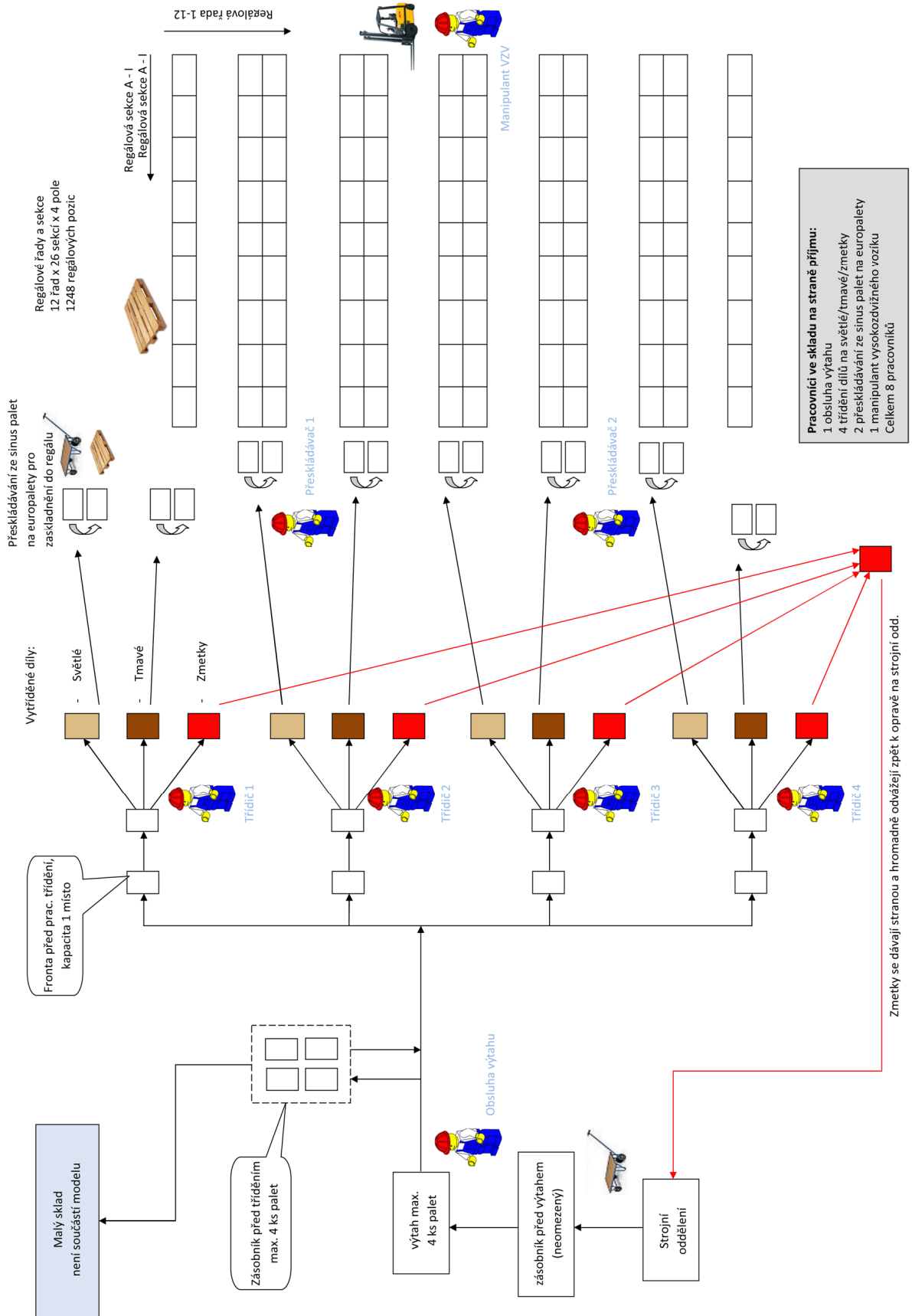
Skladové číslo | Popis

448 1700 401000 PODSESTAVA PŘEDNÍ SH (PN+SPD)

- Množství vyříděné **b. TMAVÁ**



PŘÍLOHA P II: KONCEPTUÁLNÍ MODEL



PŘÍLOHA P III: VÝCHOZÍ DATA PRO SIMULACI

Skupina	Název	Tříděné / netříděné	Procento světých dílů	Procento tmavých dílů	Sklad	Průměrný čas třídění (sekund)	Průměrný čas přeskládávání (sekund)	Procento zmetků
412	Sedadlový zadní díl	T	61	39	V	5	2	-0,65%
413	Sedadlový přední díl	T	57	43	V	5	2	-0,50%
414	Sedadlový boční díl	T	58	42	V	5	3	-0,54%
415	Sedadlová výztuž	N	0	100	V	1	1	0,00%
416	Sedadlová překližka	T	32	68	V	11	4	-0,78%
418	Lišta sed. příčky	N	0	100	V	3	1	0,00%
419	Skořepina	T	47	53	V	11	6	-1,70%
428	Lub stolu				M			
429	Háček věšáku SH				M			
430	Ramínko SH				M			
431	Opěradlo SH				M			
434	Boční díl SH				M			
435	Opěr. příčka SH, čepovaná s drážkou				M			
437	Opěradlový vrch SH				M			
438	Opěradlový rámek sestava	T	44	56	V	10	3	-0,09%
439	Opěradlová sestava	T	53	47	V	11	7	-2,34%
441	Opěradlová noha levá/pravá	T	56	44	V	3	2	-0,38%
442	Přední noha levá/pravá	T	54	46	V	3	1	-0,25%
446	Noha ke stolu	T	89	11	V	17	8	-0,79%
447	Boční podsestava levá/pravá	T	49	51	V	10	7	0,00%
448	Podsestava přední/zadní	T	51	49	V	12	6	-1,81%
449	Přední podsestava	T	60	40	V	3	2	-0,36%
451	Opěradlová deska	T	49	51	V	5	2	-0,61%
452	Opěradlová deska vrstv. dřevo	T	45	55	V	5	2	-1,09%
461	Opěradlová vložka levá/pravá	T	65	35	V	4	2	-0,30%
462	Opěradlová lamela	T	73	27	V	3	1	-0,18%
463	Opěradlová vložka				M			
464	Opěradlová vložka vějíř				M			
465	Opěradlový oblouček	T	60	40	V	3	1	-0,53%
466	Opěradlová vložka vodorovná horní	T	72	28	V	4	2	-0,61%
468	Opěradlový prut	T	75	25	V	3	1	-0,06%
469	Opěradlová vložka	T	31	69	V	4	2	-0,67%
471	Loketník levý/pravý				M			
472	Loketník levý/pravý	T	44	56	V	6	3	-30,49%
473	Loketníková područka levá/pravá	T	62	38	V	7	3	-1,38%
474	Loketníková podpěra				M			
478	Loketníková distanční vložka	N	0	100	V	2	1	0,00%
479	Loketníková sestava levá/pravá	T	56	44	V	4	3	-2,56%
481	Nožní spoj kruh				M			
482	Nožní spoj				M			
483	Nožní spoj boční	T	64	36	V	5	1	-0,12%
484	Nožní spoj	T	72	28	V	5	1	-1,08%
485	Nožní spoj přední	T	64	36	V	5	1	-0,29%
486	Nožní spoj zadní	T	57	43	V	5	1	-0,79%
487	Nožní spoj 27/644	N	0	100	V	4	1	-1,14%
488	Postranní spoj k sedadlu				M			

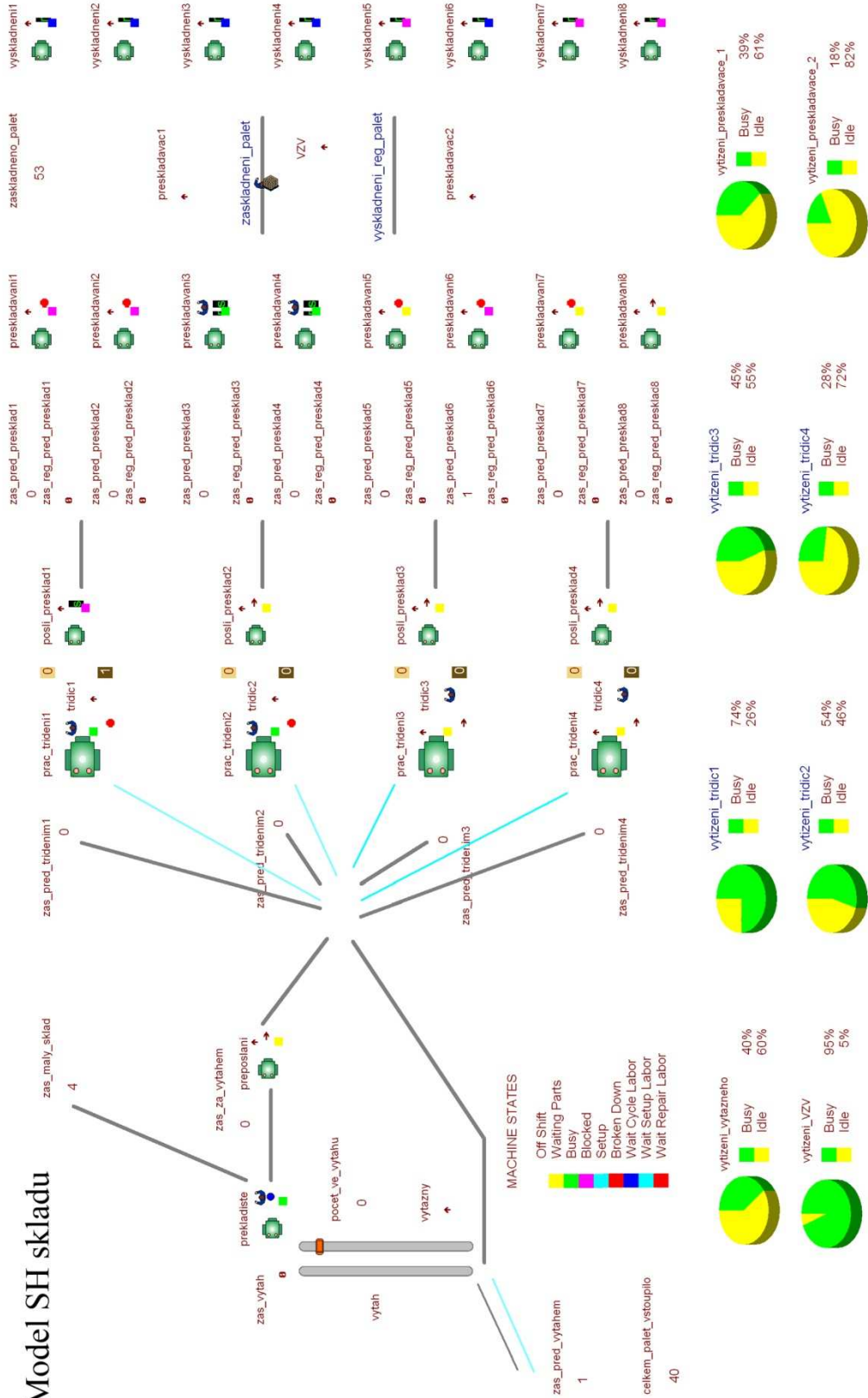
PŘÍLOHA P IV: ATRIBUTY VSTUPUJÍCÍCH POLOŽEK - 7. 2. 2011

vstupni_data.par

s485	1	300	ks=60	proc_sv=64	proc_tm=36	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s485	1	360	ks=173	proc_sv=64	proc_tm=36	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s485	1	480	ks=270	proc_sv=64	proc_tm=36	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s442	1	1080	ks=909	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s442	1	1140	ks=854	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s412	1	1260	ks=109	proc_sv=61	proc_tm=39	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s452	1	1320	ks=50	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s486	1	2280	ks=397	proc_sv=57	proc_tm=43	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s451	1	2400	ks=111	proc_sv=49	proc_tm=51	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s461	1	2580	ks=12	proc_sv=65	proc_tm=35	sklad=1	trideni=4	preskladani=2
s452	1	2640	ks=11	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s419	1	2820	ks=10	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s419	1	3960	ks=27	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s431	1	4140	ks=50	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s441	1	4200	ks=450	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s419	1	4680	ks=25	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s419	1	4800	ks=24	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s462	1	4860	ks=15	proc_sv=73	proc_tm=27	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s419	1	4980	ks=25	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s452	1	5580	ks=200	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s464	1	5700	ks=302	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s442	1	6060	ks=97	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s419	1	6240	ks=25	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s449	1	6360	ks=60	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s486	1	7080	ks=287	proc_sv=57	proc_tm=43	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s437	1	7200	ks=111	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s486	1	7680	ks=189	proc_sv=57	proc_tm=43	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s414	1	7740	ks=201	proc_sv=58	proc_tm=42	sklad=1	trideni=5	preskladani=3
s419	1	10920	ks=105	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s462	1	12000	ks=610	proc_sv=73	proc_tm=27	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s451	1	12120	ks=67	proc_sv=49	proc_tm=51	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s451	1	12180	ks=52	proc_sv=49	proc_tm=51	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s463	1	12240	ks=146	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s449	1	12600	ks=60	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s441	1	12780	ks=257	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s441	1	13260	ks=683	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s452	1	13380	ks=19	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s441	1	14400	ks=587	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s442	1	15240	ks=1514	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s419	1	15360	ks=90	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s465	1	15420	ks=416	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s441	1	15540	ks=350	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s414	1	15960	ks=169	proc_sv=58	proc_tm=42	sklad=1	trideni=5	preskladani=3
s414	1	16080	ks=197	proc_sv=58	proc_tm=42	sklad=1	trideni=5	preskladani=3
s419	1	16260	ks=150	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s428	1	16320	ks=30	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s437	1	18840	ks=68	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s431	1	19080	ks=35	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s449	1	19560	ks=60	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s485	1	19680	ks=1857	proc_sv=64	proc_tm=36	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s431	1	19860	ks=35	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s439	1	19920	ks=56	proc_sv=53	proc_tm=47	sklad=1	trideni=11	preskladani=7
s449	1	20340	ks=60	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s431	1	20460	ks=50	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s472	1	20580	ks=34	proc_sv=44	proc_tm=56	sklad=1	trideni=6	preskladani=3
s431	1	20640	ks=54	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s462	1	21720	ks=610	proc_sv=73	proc_tm=27	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s419	1	21840	ks=48	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s412	1	22020	ks=48	proc_sv=61	proc_tm=39	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s452	1	22380	ks=265	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s465	1	22440	ks=107	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s452	1	22500	ks=183	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s451	1	22680	ks=270	proc_sv=49	proc_tm=51	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s449	1	23220	ks=60	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s452	1	23340	ks=110	proc_sv=45	proc_tm=55	sklad=1	trideni=5	preskladani=2
s481	1	23400	ks=64	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s484	1	23580	ks=41	proc_sv=72	proc_tm=28	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s484	1	23640	ks=40	proc_sv=72	proc_tm=28	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s486	1	24300	ks=290	proc_sv=57	proc_tm=43	sklad=1	trideni=5	preskladani=1
s449	1	24420	ks=33	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s481	1	24480	ks=34	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s488	1	24540	ks=500	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s419	1	24600	ks=140	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s419	1	24660	ks=56	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s441	1	24900	ks=273	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s441	1	25200	ks=100	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s419	1	25260	ks=33	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s449	1	25500	ks=26	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s419	1	25680	ks=100	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s465	1	25800	ks=200	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s431	1	25920	ks=50	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s487	1	26040	ks=142	proc_sv=61	proc_tm=39	sklad=1	trideni=4	preskladani=1
s442	1	26280	ks=1381	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s439	1	26640	ks=30	proc_sv=53	proc_tm=47	sklad=1	trideni=11	preskladani=7
s431	1	26700	ks=50	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s441	1	26820	ks=320	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s481	1	27060	ks=255	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s482	1	27120	ks=487	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s431	1	27240	ks=51	proc_sv=0	proc_tm=0	sklad=2	trideni=0	preskladani=0
s442	1	27300	ks=600	proc_sv=54	proc_tm=46	sklad=1	trideni=3	preskladani=1
s441	1	27600	ks=200	proc_sv=56	proc_tm=44	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s439	1	27720	ks=30	proc_sv=53	proc_tm=47	sklad=1	trideni=11	preskladani=7
s449	1	27780	ks=60	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=2
s419	1	27960	ks=160	proc_sv=47	proc_tm=53	sklad=1	trideni=11	preskladani=6
s465	1	28140	ks=200	proc_sv=60	proc_tm=40	sklad=1	trideni=3	preskladani=1

PŘÍLOHA P V: SIMULAČNÍ MODEL PROCESU PŘÍJMU A NASKLADNĚNÍ

Model SH skladu



PŘÍLOHA P VI: VÝSLEDKY SIMULACE REFERENČNÍHO DNE

Výsledky simulace referenčního dne 7. 2. 2011

	Začátek práce	Konec práce	Délka simulace	Pracovní vyřízení		Čekání			Produktivita počítaná		
				Čas pracovního vyřízení celkem	Práce (třídění, přeskládávání)	Manipulace	celkem	po skončení práce	v průběhu práce	do konce činnosti daného pracovníka	do konce simulace (tj. čas 10:48:00)
Výtažný	0:05:00	8:50:10	10:48:00	3:58:05		3:58:05	6:49:55	1:57:50	4:52:05	45%	37%
Tříděč 1	0:07:10	9:42:50	10:48:00	6:57:19	4:29:53	2:27:26	3:50:41	1:05:10	2:45:31	72%	64%
Tříděč 2	0:09:40	9:36:10	10:48:00	5:18:10	2:42:37	2:35:33	5:29:50	1:11:50	4:18:00	55%	49%
Tříděč 3	0:12:10	9:31:20	10:48:00	4:52:42	2:18:46	2:33:56	5:55:18	1:16:40	4:38:38	51%	45%
Tříděč 4	0:23:20	10:22:10	10:48:00	5:26:32	2:41:44	2:44:48	5:21:28	0:25:50	4:55:38	52%	50%
Přeskládavač 1	0:15:10	10:46:30	10:48:00	5:17:23	5:02:41	0:14:42	5:30:37	0:01:30	5:29:07	49%	49%
Přeskládavač 2	0:37:00	10:39:00	10:48:00	3:28:35	3:18:56	0:09:40	7:19:25	0:09:00	7:10:25	33%	32%
VZV 1	0:12:30	10:48:00	10:48:00	10:20:20		10:20:20	0:27:40	0:00:00	0:27:40	96%	96%

PŘÍLOHA P VII: VÝSLEDKY SIMULAČNÍHO EXPERIMENTU Č. 1

Experiment č. 1 – navýšení o 1 pracovníka VZV

	Začátek práce	Konec práce	Délka simulace	Pracovní vytížení			Čekání			Produktivita počítaná	
				Čas pracovního vytížení celkem	Práce (řízení, přeskládávání)	Manipulace	celkem	po skončení práce	v průběhu práce	do konce činnosti daného pracovníka	do konce simulace (tj. čas 9:26:50)
Výtažný	0:05:00	7:57:40	9:26:50	3:54:37		3:54:37	5:32:13	1:31:37	4:00:36	49%	41%
Tříděč 1	0:07:10	9:17:50	9:26:50	7:27:51	5:23:48	2:04:03	1:58:59	0:09:32	1:49:27	80%	79%
Tříděč 2	0:09:40	8:19:40	9:26:50	5:41:21	3:34:51	2:06:30	3:45:29	1:09:50	2:35:39	68%	60%
Tříděč 3	0:12:10	8:37:20	9:26:50	5:30:38	3:14:29	2:16:09	3:56:12	0:51:24	3:04:47	64%	58%
Tříděč 4	0:23:20	8:17:20	9:26:50	4:03:55	1:52:24	2:11:31	5:22:55	1:11:28	4:11:27	49%	43%
Přeskladač 1	0:14:30	9:24:40	9:26:50	4:46:18	4:31:10	0:15:08	4:40:32	0:02:19	4:38:13	51%	51%
Přeskladač 2	0:15:00	9:24:10	9:26:50	4:03:10	3:50:19	0:12:51	5:23:40	0:02:46	5:20:54	43%	43%
VZV 1	0:12:30	9:26:30	9:26:50	5:12:57		5:12:57	4:13:53	0:00:09	4:13:44	55%	55%
VZV 2	0:13:10	9:26:50	9:26:50	5:12:57		5:12:57	4:13:53	0:00:00	4:13:53	55%	55%

PŘÍLOHA P VIII: VÝSLEDKY SIMULAČNÍHO EXPERIMENTU Č. 2

Experiment č. 2 – posun pracovní směny o 30 min (6:30 - 14:30)

	Začátek práce	Konec práce	Délka simulace	Pracovní vytížení			Čekání			Produktivita počítaná	
				Čas pracovního vytížení celkem	Práce (třídění, přeskládávání)	Manipulace	celkem	po skončení práce	v průběhu práce	do konce činnosti daného pracovníka	do konce simulace (j. čas 11:34:00)
Výřezný	0:30:00	9:26:30	11:34:00	3:55:31		3:55:31	7:09:21	2:13:05	4:56:15	44%	34%
Tříděč 1	0:32:10	10:53:10	11:34:00	6:12:18	3:00:07	3:12:11	4:51:42	0:43:14	4:08:27	60%	54%
Tříděč 2	0:35:50	10:39:40	11:34:00	5:49:28	2:48:24	3:01:03	5:14:32	0:57:26	4:17:06	57%	50%
Tříděč 3	0:37:00	10:19:10	11:34:00	6:31:50	3:41:02	2:50:48	4:32:10	1:19:49	3:12:22	67%	56%
Tříděč 4	0:39:20	10:21:10	11:34:00	5:08:42	2:17:57	2:50:44	5:55:18	1:16:34	4:38:44	52%	44%
Přeskládavač 1	0:39:30	11:29:30	11:34:00	5:38:22	4:54:30	0:43:53	5:25:38	0:04:07	5:21:30	51%	49%
Přeskládavač 2	0:59:50	11:19:40	11:34:00	3:33:05	3:05:27	0:27:38	7:30:55	0:14:48	7:16:07	33%	31%
VZV 1	0:37:30	11:34:00	11:34:00	10:53:07		10:53:07	0:13:33	0:00:00	0:13:33	98%	94%

PŘÍLOHA P IX: VÝSLEDKY SIMULAČNÍHO EXPERIMENTU Č. 3

Experiment č. 3 – posun začátku pracovní směny přeskládače na 11:15 (ostatní 6:00 - 14:00) (pracovník přeskládávání se zapojuje v čase návratu ostatních pracovníků z obědové přestávky)

	Začátek práce	Konec práce	Délka simulace	Pracovní vyžití		Čekání			Produktivita počítaná		
				Čas pracovního vyžití celkem	Práce (třídění, přeskládávání)	Manipulace	celkem	po skončení práce	v průběhu práce	do konce činnosti daného pracovníka	do konce simulace (tj. čas 10:49:30)
Výiažný	0:05:00	8:45:50	10:49:30	3:56:37		3:56:37	6:52:53	2:06:12	4:46:41	45%	36%
Třídě 1	0:07:10	9:34:50	10:49:30	6:57:22	4:33:48	2:23:34	3:52:08	1:17:13	2:34:55	73%	64%
Třídě 2	0:09:40	9:43:40	10:49:30	4:59:02	2:21:52	2:37:10	5:50:28	1:07:24	4:43:05	51%	46%
Třídě 3	0:12:10	10:11:40	10:49:30	5:17:32	2:32:39	2:44:54	5:31:58	0:38:44	4:53:14	52%	49%
Třídě 4	0:23:20	9:28:10	10:49:30	5:20:59	2:51:13	2:29:46	5:28:31	1:23:31	4:05:00	56%	49%
Přeskládač 1	0:14:30	10:44:50	10:49:30	5:54:06	5:42:52	0:11:14	4:55:24	0:04:46	4:50:38	55%	55%
Přeskládač 2	5:15:00	10:47:20	10:49:30	2:43:52	2:38:40	0:05:12	2:50:38	0:02:10	2:48:28	49%	25%
VZV 1	0:12:30	10:49:30	10:49:30	10:14:37		10:14:37	0:34:53	0:00:00	0:34:53	95%	95%

PŘÍLOHA P X: VÝSLEDKY SIMULAČNÍHO EXPERIMENTU Č. 4

Experiment č. 4 – kombinace posunů směn a navýšení pracovníka VZV

	Začátek pracovní směny	Konec pracovní směny	Začátek práce	Konec práce	Délka simulace	Pracovní vytížení			Čekání			Produktivita počítaná	
						Čas pracovního vytížení celkem	Práce (třídění, přeskládávání)	Manipulace	celkem	po skončení práce	v průběhu práce	do konce činnosti daného pracovníka	do konce simulace (tj. čas 9:27:00)
Výtažný	0:30:00	8:30:00	0:30:00	8:08:10	9:27:00	3:50:51		3:50:51	5:06:51	1:21:12	3:45:39	50%	43%
Třidič 1	0:30:00	8:30:00	0:32:20	8:13:10	9:27:00	6:02:06	3:57:28	2:04:38	2:54:54	1:16:56	1:37:58	78%	67%
Třidič 2	0:30:00	8:30:00	0:36:00	9:14:30	9:27:00	6:23:09	4:03:52	2:19:16	2:33:51	0:12:55	2:20:56	73%	71%
Třidič 3	1:00:00	9:00:00	1:00:00	8:30:10	9:27:00	5:00:42	2:40:45	2:19:57	3:26:18	0:59:16	2:27:01	67%	59%
Třidič 4	1:00:00	9:00:00	1:00:00	8:29:00	9:27:00	5:23:22	3:11:47	2:11:35	3:03:38	1:00:39	2:02:59	72%	64%
Přeskládavač 1	0:30:00	8:30:00	0:39:30	9:25:00	9:27:00	6:13:45	5:39:53	0:33:52	2:43:15	0:02:03	2:41:12	70%	70%
Přeskládavač 2	5:15:00	9:15:00	5:15:00	9:17:00	9:27:00	2:28:44	2:15:15	0:13:29	1:43:16	0:09:54	1:33:22	61%	59%
VZV 1	0:30:00	8:30:00	0:37:30	9:24:30	9:27:00	6:03:59		6:03:59	2:07:06	0:00:36	2:06:31	68%	68%
VZV 2	5:15:00	9:15:00	5:15:00	9:27:00	9:27:00	2:50:48		2:50:48	0:59:39	0:00:00	0:59:39	68%	68%

PŘÍLOHA P XI: SOUHRNNÁ TABULKA VÝLEDKŮ JEDNOTLIVÝCH EXPERIMENTŮ

Souhrnná tabulka výsledků jednotlivých experimentů

	Referenční den 6:00 - 14:00	Experiment č. 1 6:00 - 14:00	Experiment č. 2 6:30 - 14:30	Experiment č. 3 6:00 - 14:00	Experiment č. 4 Různě	Rozdíl R - Ex1	Rozdíl R - Ex2	Rozdíl R - Ex3	Rozdíl R - Ex4	Rozdíl v % Rozdíl / R
Čas zaskladnění poslední palety	10:48:00	9:26:50	11:34:00	10:49:30	9:27:00	-1:21:10	0:46:00	0:01:30	-1:21:00	-13%
Délka pracovního času	10:48:00	9:26:50	11:04:00	10:49:30	8:57:00	-1:21:10	0:16:00	0:01:30	-1:51:00	-17%
Produktivita *	56,9%	57,2%	58,1%	60,7%	67,5%	0,4%	1,2%	3,8%	10,6%	18,7%
Produktivita do konce simulace	52,8%	54,0%	53,9%	55,8%	63,2%	1,1%	1,1%	3,0%	10,4%	19,7%
Množství přesčasové práce celkem *	16:16:10	8:14:20	18:02:50	13:18:30	2:48:00	-8:01:50	1:46:40	-2:57:40	-13:28:10	-83%
Množství přesčasové práce do konce simulace	22:24:00	13:01:30	24:32:00	19:46:30	6:03:00	-9:22:30	2:08:00	-2:37:30	-16:21:00	-73%
Počet pracovníků	8	9	8	7,5	8	1	0	-0,5	0	0%

* Počítáno do konce činnosti jednotlivých pracovníků. Nezahrnuje čas zbývající do okamžiku naskladnění poslední palety a tedy ukončení práce posledního pracovníka.