

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Návrh simulačného modelu procesu
skladovania a manipulácie s materiálom
v sklade**

(Diplomová práca)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student	Bc. Peter Števo
studijní program	Logistika
obor	Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Návrh simulačního modelu procesu skladování a manipulace s materiálem ve skladu

Cíl práce:

Navrhnout simulační model procesu skladování a manipulace s materiálem na základě činnosti vybraného reálného skladu. Provést a zhodnotit simulační experimenty.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Charakteristika skladů a skladových operací
2. Analýza současného stavu procesu skladování a manipulace s materiálem
3. Návrh simulačního modelu
4. Simulační experimenty a zhodnocení

Závěr

Rozsah práce: 50 – 60 normostran textu

Seznam odborné literatury:

MÁRTON, Peter, ADAMKO, Norbert: Praktický úvod do modelovania a simulácie. Žilina: 2011. 264 s. ISBN 978-80-554-0387-8.

KOŠTURIAK, Ján, GREGOR, Milan: Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. Žilina. EDIS, 2000. 406 s. ISBN-80-7100-553-3.

MALINDŽÁK, Dušan a kol.: Teória logistiky. Košice: TU, 2007. 251 s. ISBN 978-80-8073-893-8.

BIGOŠ, Peter, KISS, Imrich, RITÓK, Juraj, KASTELOVIČ, Eduard: Materiálové toky a logistika 2: Logistika výrobných a technických systémov. Technická univerzita v Košiciach, 2008. 194 s. ISBN 978-8-055-30130-3.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.

Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2018

Datum odevzdání diplomové práce:

11. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018

doc. Dr. Ing. Oldřich Kodym
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prehlásenie

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 11. 5. 2019

podpis

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu mojej diplomovej práce pánovi prof. Ing. Gabrielovi Fedorkovi, PhD. za cenné rady, jeho odborné usmernenia a potrebnú pomoc, ktorú mi poskytol pri vypracovaní tejto diplomovej práce.

Anotácia

Problematika práce je využitie simulačných metód v podnikovej praxi. Zásoby a simulačné technológie používané pri práci budú vysvetlené ako prvé. Následne je prevedený reálny podnikový sklad materiálu na počítačový simulačný model. Hlavná časť práce je venovaná vykonávaním experimentov na tento model, ktorý rieši skutočné problémy v sklade. V 1. experimente sa pomocou modelu hľadá riešenie skrátiť čakanie nákladných vozov na vykládku. Vykonáva sa séria experimentov, ktoré sú porovnané, a najlepšie riešenie je určené. Ostatné tri pokusy sa zaoberajú hypotetickou alebo budúcou situáciou v sklade a na základe výsledkov simulácie sa navrhuje postup na zvládnutie nadchádzajúcej situácie alebo ako sa na ňu pripraviť.

Kľúčová slová

Simulacia, Simul8, skladovanie, logistika

Annotation

The issue of the work is use of simulation methods in real situation. First part of thesis belongs to explanation of warehouse technologies and simulation techniques used in the work. Follows a transformation of real enterprise warehouse to computer simulation model. The main part is focused on experiments on this model which solves real problems in this warehouse. Target of first experiment is to find solutions to shorten the waiting time of trucks. This is accomplished by series of experiments, which are compared and the best solution is selected. Another three experiments contains future or hypothetical situations in the warehouse. On the basis of the simulation results future steps and preparations are proposed.

Keywords

Simulation, Simul8, Warehousing, logistics

Obsah

Úvod	9
1 Charakteristika skladů a skladových operací.....	10
1.1 Simulácia.....	10
1.2 Skladovanie a sklady.....	11
1.2.1 Všeobecné skladovacie podmienky	11
1.2.2 Charakteristika skladov.....	12
1.2.3 Druhy skladov	13
1.2.4 Presun produktov	15
1.2.5 Uskladnenie tovaru	16
1.2.6 Stratégia skladovania	17
1.2.7 Optimalizácia skladovania	18
1.2.8 Prevádzka skladu	19
1.3 Doprava.....	20
1.4 Preprava.....	20
1.5 Kanban	21
1.6 Manipulačné prostriedky.....	22
1.6.1 Paletový vozík.....	23
1.6.2 Nízkozdvížne vozíky	23
1.6.3 Vysokozdvížne vozíky a retraky.....	24
1.6.4 Vychystávacie vozíky a zakladače	25
1.7 Simul8	26
2 Analýza súčasného stavu procesu skladování a manipulace s materiálem ve vybraném skladu.....	28
2.1 Poloha skladu	28
2.2 Layout skladu	29

3	Návrh simulačného modelu	32
3.1	Simulácia modelu	33
3.2	Experiment	34
3.2.1	Entity modelu	34
3.2.2	Stručný popis modelu	35
4	Simulačné experimenty a zhodnocení	52
4.1	Overenie	52
4.2	Výstupy	52
4.2.1	Vychystávacia plocha	53
4.2.2	Nákladné vozidlo	54
4.2.3	Regál	55
4.2.4	Validácia	56
4.2.5	Experimenty	56
4.2.6	Kombinácia experimentov	74
	Záver	78
	Súpis bibliografických citácií	80
	Zoznam použitých skratiek a značiek	82
	Zoznam ilustrácií a tabuliek	83

Úvod

Vďaka rastúcim možnostiam informačných technológií sa zvyšuje praktické využívanie počítačových simulácií a ich použitie sa dostáva do bežnej praxe podnikov, najmä v pokročilých hospodárskych odvetviach. Táto práca sa zameriava na využitie simulačného modelovania v logistike, presnejšie na riadenie skladu v spoločnosti. Logistika je všeobecne obor, ktorý využíva moderné technológie, vrátane simulácie. Rozsah automotive je jednou z ťahúnov ekonomiky po dobu mnoha rokov. Z automotive pochádza mnoho inovatívnych technológií pre výrobu, a čím ďalej a viac a viac je často ukazovateľ trendu, ktorým sa budú technológie uberať. Táto práca je prepojením metódy počítačovej simulácie a dynamického prostredia podnikového skladovania spoločnosti z oblasti automotive.

Z dôvodu dôveryhodnosti obchodných informácií a know-how nie je uvedené, o ktorú spoločnosť sa jedná, a budú vynechané detailné opisy niektorých procesov, ktoré by mohli ohroziť spoločnosť. Toto obmedzenie nebude mať významný vplyv na prácu ako sú simulácia abstraktov z detailov a všetky dôležité aspekty skutočného systému sú primerane vysvetlené. Simulácia bude zameraná na sklad v hlavnej výrobní hale, bude vytvorená zjednodušená verzia skutočného systému od cesty tovaru nákladnými vagónmi, cez príchod materiálu do skladu, vykládku, balenie, naskladnenie a vyskladnenie, a čiastočne aj preprava výrobkov. Cieľom práce je vytvoriť počítačový simulačný model, ktorý by verne napodoboval realitu a vykonal sériu experimentov na tomto modeli. Očakáva sa, že experimenty prinesú objasnenie budúcich alebo hypotetických situácií. Získané výsledky by mali poskytnúť dostatočné informácie pre správne rozhodovanie v skúmaných problémoch. Situácia bude hodnotená a riešenie prezentované. Všetky návrhy budú vyhodnotené a porovnané, vyberiem najvhodnejší postup a posúdim príspevok simulácie k riešenému problému.

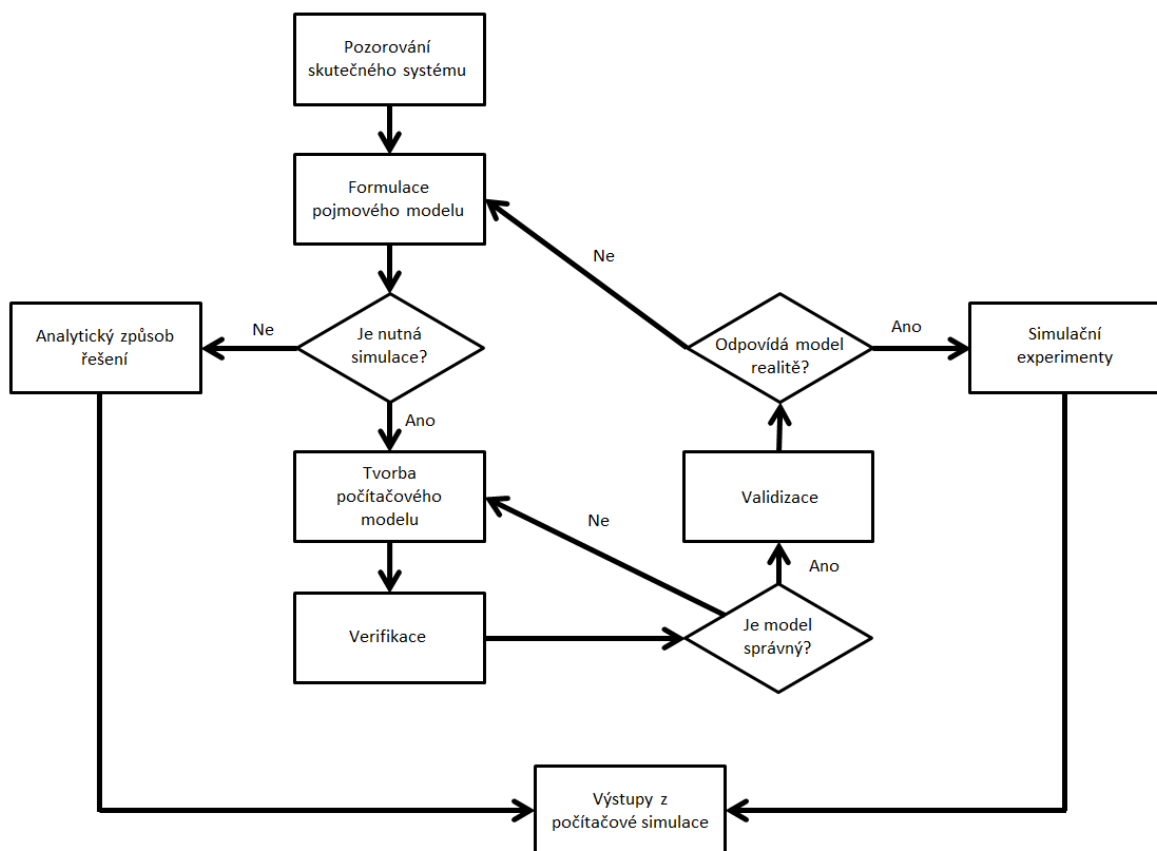
1 Charakteristika skladov a skladových operácií

1.1 Simulácia

Simulácia je experimentálna metóda, v ktorej sa nahrádza reálny systém počítačovým modelom. Na takomto modeli je možné vykonať množstvo experimentov, vyhodnotiť ich, poprípade optimalizovať a výsledky aplikovať na reálny systém. Neexistuje iná metóda alebo teória, ktorá by umožňovala experimentovať so zložitým systémom ešte predtým, ako bol uvedený do prevádzky. Neexistuje iný algoritmus, ktorý by umožňoval za niekoľko minút prehrať na počítači zložité procesy, ktoré reálne trvajú rádovo týždne alebo mesiace. Je to ideálny nástroj pre podporu rozhodovania na rozličných úrovniach v podniku.

Simulácia pomáha riešiť problémy z mnohých hľadísk. Každá úloha, projekt, výroba či systém má nejaký nedostatok, úzke miesto, ktoré je treba odstrániť kvôli zlepšeniu efektu.

Schéma 1.1 Postup pri simulácii



Zdroj: vlastné spracovanie.

Schéma 1.1 ukazuje približný proces vytvárania krok za krokom simulačný model. Osobitná pozornosť by sa mala venovať stanoveniu cieľov a zberu údajov a následného overenia. Napríklad Pegden, Shannon a Sadowski (1995) uvádzajú zásadu 40-20-40, čo znamená 40 % času a úsilia určeného na prípravu, 20 % samotného modelu a 40 % analýzy výsledkov, overenia a validácie.

1.2 Skladovanie a sklady

Skladovanie je jedna z najdôležitejších častí logistického systému. Skladovanie rieši zásadné otázky ako: stav zásob, objednávacie cykly, vybavenie skladov a v neposlednom rade rozmiestnenie, usporiadanie a vedenie zásob. Skladovanie je činnosť, pri ktorej ide o držanie vyrobeného produktu pre uspokojenie požiadaviek zákazníka v danom momente. Skladovanie prebieha v objektoch či priestoroch k tomu určených. Avšak vo svete existuje mnoho skladovacích zariadení, od najmodernejších, profesionálne riadených skladov v podnikovej skladovacej miestnosti, garáži, drobné sklady v rámci predajní, či dokonca záhradné kôlne. Z relatívne nevýznamnej oblasti logistického systému podniku sa stala, postupom času, jedna z najviac dôležitých oblastí (Lambert, Ellram a Stock, 2000).

1.2.1 Všeobecné skladovacie podmienky

Všeobecné skladovacie podmienky upravujú práva a povinnosti skladovateľa a ukladateľa, sú uvedené v skladnom liste.

Skladovateľ:

- prevezme veci od zodpovedného pracovníka ukladateľa,
- vyhotoví písomná potvrdenia o prijatí tovaru (príjemku),
- nezodpovedá za škody spôsobené ukladateľom alebo prirodzenou povahou tovaru,
- zodpovedá za škody na skladovanom tovare od prevzatia až po vydanie,
- ručí za množstvo prevzatých obalových jednotiek,
- nezodpovedá za chýbajúce množstvo tovaru,

- môže odstúpiť od zmluvy o skladovaní tovaru, ak ukladateľ zatajil nebezpečnosť tovaru,
- zabezpečí potrebnú manipuláciu s tovarom,
- zabezpečí identifikáciu tovaru,
- vystaví príslušnú dokumentáciu,
- na písomnú žiadosť predloží ukladateľovi písomnú inventúru uskladneného tovaru,
- vedie evidenciu uskladneného tovaru,
- umožní ukladateľovi kontrolu uskladneného tovaru,
- poistí uskladnený tovar podľa požiadavky ukladateľa,
- zodpovedá za riadne vyskladnenie tovaru.

Ukladateľ:

- platí skladné podľa platného cenníka,
- zabezpečí, aby tovar odovzdal a prevzal zodpovedný pracovník,
- prekontroluje tovar pred uložením do skladu,
- v prípade vypovedania zmluvy o skladovaní skladovateľom zabezpečí do 10 dní vypratanie miesta uskladnenia.

1.2.2 Charakteristika skladov

Skladovanie tvorí významný spojovací článok medzi výrobcom a zákazníkom. Má významný podiel na zabezpečení potrebnej úrovne dodávateľského a zákazníckeho servisu pri najnižších nákladoch.

Podniky udržiavajú zásoby v skladoch hlavne pre preklopenie časových rozdielov medzi výrobcom a spotrebiteľom, v snahe o dosiahnutie úspor vo výrobe a pri preprave tovaru, o udržanie si dodávateľského zdroja (využívanie množstevných zľav) a o poskytnutie zákazníkom komplexného sortimentu. Udržovanie zásob podniku umožňuje sa lepšie prispôbovať meniacim sa podmienkam trhu. (Klapita a Ližbetin, 2010)

1.2.3 Druhy skladov

Sklady sa rozdeľujú podľa viacerých hľadísk:

1 podľa hodnotovného procesu:

- vstupné sklady (zásobovacie),
- medzisklady (prekládkové sklady),
- odbytové sklady (distribučné).

2 podľa vlastníctva:

- verejné,
- súkromne,
- zmluvne (variant verejného skladovania).

3 podľa zásobovacej oblasti:

- centrálné,
- lokálne.

4 podľa konštrukčného usporiadania:

- pevné skladové budovy,
- prenosne, provizórne skladové haly,
- otvorené sklady,
- špeciálne sklady – zameriavajú sa na charakteristické vlastnosti skladovaných tovarov (napr. nádrže, silá, bunkre a pod.).

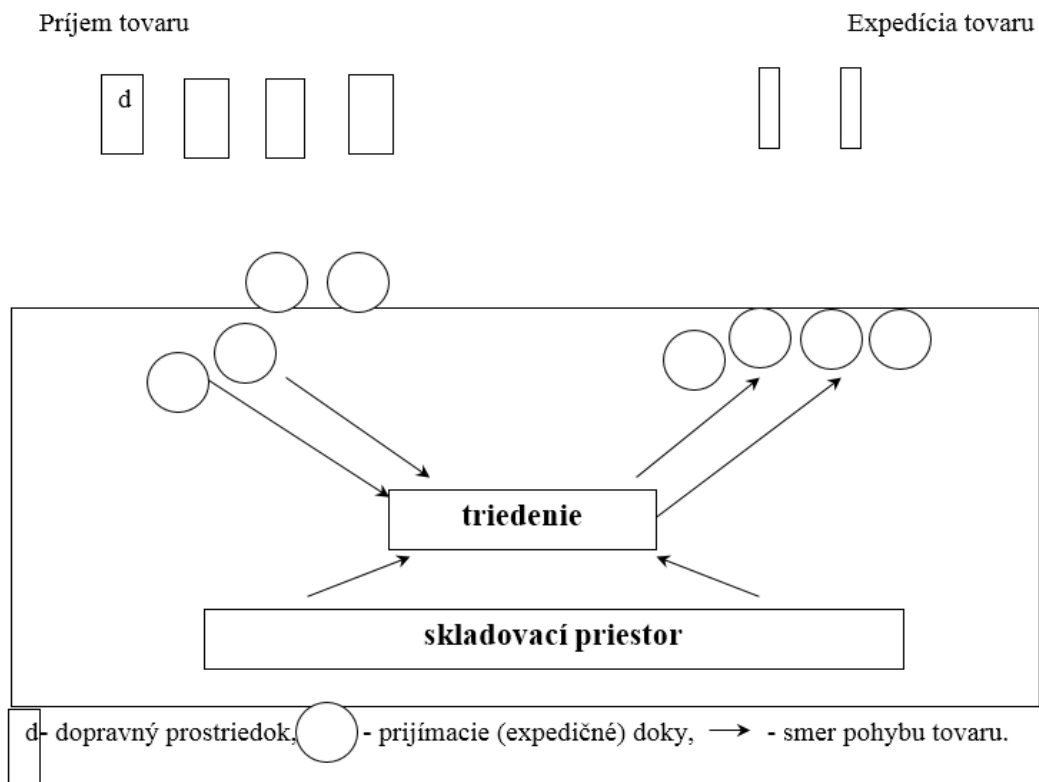
V súčasnosti sa čoraz viac využíva skladový systém CROSS-DOCKING – systém okamžitej prekládky tovaru. Pri tomto systéme sa sklady využívajú ako distribučné zmiešavacie centrum. Tovary sa sem dovážajú vo veľkom množstve, ihneď sa rozdeľujú a v potrebnom množstve sa spoja s inými výrobkami do zásielky určenej pre rovnakého zákazníka. Tovary sa v zásade v skladovacej zóne nezastavia, len sa preskupujú.

O zavedení systému CROSS-DOCKING by mali uvažovať podniky spĺňajúce minimálne dve z nasledujúcich kritérií:

- po prijatí tovaru do skladu je už známe jeho miesto určenia (odberateľ),
- zákazníci sú pripravení tovar ihneď prevziať,
- denne sa expedujú dodávky do menej než 200 lokalít,
- denná kapacita presahuje 2 000 balíkov,
- viac ako 70 % tovaru možno prepravovať na páse,
- podnik prijíma veľké množstvo samostatných položiek,
- prijímaný tovar je už označený (visačkami alebo kódmi),
- niektoré druhy tovarov sú časovo citlivé položky,
- distribučné centrum podniku je vytážené takmer na 100 %.

Schéma 1.2 CROSS-DOCKING

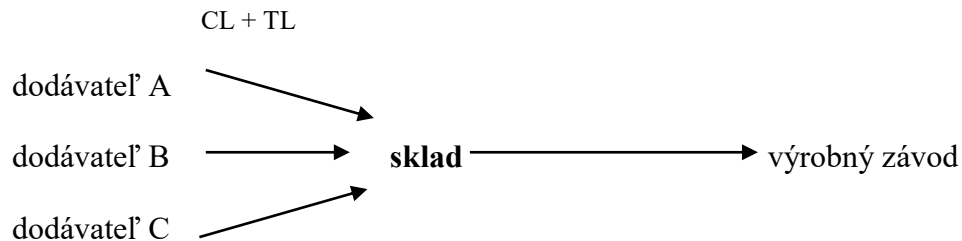
Systém CROSS-DOCKING, keď sa tovar presúva z miesta príjmu cez sklad (kde sa roztriedi) priamo do miesta expedície:



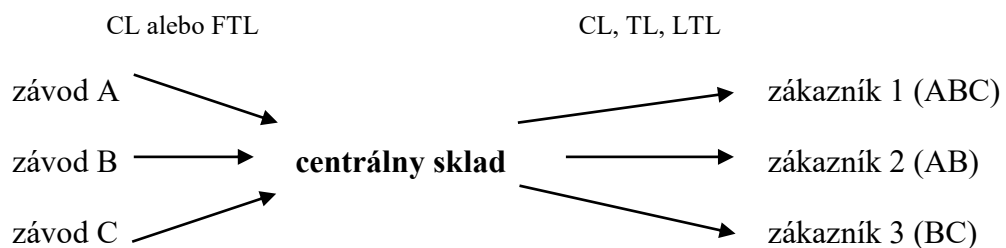
Zdroj: vlastné spracovanie.

Hlavné oblasti použitia skladov:

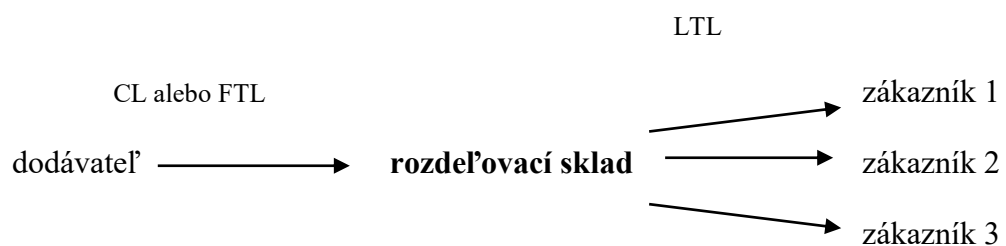
1. podpora výroby (keď podnik odoberá tovar od viacerých dodávateľov na sklad a zo skladu berie tovar do výroby)



2. zmiešavanie výrobkov (hotové výrobky z niekoľkých rôznych prevádzok sa odosielajú do centrálného skladu a tam sa rozdeľujú a kombinujú podľa objednávok jednotlivým zákazníkom)



3. rozdeľovanie do menších zásielok (výrobky od dodávateľa putujú do rozdeľovacieho skladu kde sa rozdeľujú na menšie zásielky podľa objednávky jednotlivých zákazníkov)



1.2.4 Presun produktov

- príjem tovaru na sklad – jeho vyloženie z dopravného prostriedku, kontrola stavu tovaru, aktualizácia skladových záznamov,
- uloženie tovaru – fyzické prevzatie tovaru na sklad, jeho uskladnenie,

- kompletizácia tovaru podľa objednávok,
- prekládka tovaru (pri skladovom systéme cross-docking)
- expedícia tovaru – balenie tovaru, naloženie tovarov roztriedených podľa objednávok na dopravný prostriedok, aktualizácia skladových záznamov.

1.2.5 Uskladnenie tovaru

- prechodné uskladnenie – dopĺňanie základných zásob. (Rozsah prechodného uskladnenia závisí od logistického systému používaného v danom sklade, od dopytu po tovare a od dodacích lehôt.),
- časovo obmedzené uskladnenie – týka sa zásob, ktoré sú nadmerné v porovnaní k potrebám na doplňovanie zásob (napr. špekulatívne, sezónne zásoby a pod.),
- získavanie, spracovanie a prenos informácií o skladovacích činnostiach – informácie sa získavajú zároveň s presunom a uskladnením tovaru, sú dôležité pre riadiacu činnosť manažmentu. Informačný systém skladu poskytuje informácie o stave, pohybe a umiestnení tovaru, príjme a expedícii tovaru, využití skladových priestor, manipulačných zariadeniach, zákazníkoch a zamestnancoch skladu.

Základnou úlohou skladu je zosúladiť rozdielne materiálové toky, sklad teda plní:

- vyrovnávaciu funkciu – pri vzájomne odlišnom materiálovom toku a materiálovej potrebe z hľadiska kvantity alebo času,
- zabezpečovaciu funkciu – vyplýva z nepredvídateľných rizík v rámci výrobného procesu a kolísavých potrieb na trhu,
- kompletizačnú funkciu – pre tvorbu sortimentu v obchode alebo druhov sortimentu podľa objednávok alebo podľa individuálnych potrieb prevádzok,
- špekulačnú funkciu – súvisí s očakávaným zvýšením cien na trhu,
- zošľachtovaciu funkciu – zameriava sa na akostnú zmenu daného sortimentu (napr. kvasenie, zrenie, sušenie a pod.) Tovar a materiál sa môžu skladovať rôznymi spôsobmi, ktoré sa líšia najmä typom materiálu. Táto práca sa obmedzí na prostriedky skladovania tovaru s paletou.

Stohovanie je najjednoduchší spôsob, ako skladovať palety. Stohovanie je proces, kde sa na seba umiestnia viaceré palety, aby sa ušetrilo miesto na pracovnej ploche. To je možno vykonať len na materiáli, ktorý odoláva nákladu, alebo pomocou špeciálnych konštrukcií alebo krabíc. Nevýhodou stohovania je, že kolesový vozík nemôže byť použitý v oboch stohovaniach palety.

Používajú sa sofistikovanejšie spôsoby, ako skladovať palety rôznych regálových systémov. Všeobecne platí, že rack systémy sú vhodnejšie pre uzavreté sklady. Je možné ich postaviť do oveľa vyšších výšok, ako v prípade stohovania, a tak urobiť oveľa lepšie využitie zásob oblasti.

Klasické paletové regály sú najpoužívanejšie pre typ polic. Tu sú zvyčajne umiestnené dve police vedľa seba, takže jedna paleta je vždy prístupná z jednej strany. Tento spôsob skladovania je výhodný v tom, že každá paleta je ľahko prístupná bez pohybu ostatných paliet. Ďalšou výhodou je, že keď si vyberiete paletu, môžete okamžite založiť novú paletu na tom istom mieste. Ďalšou veľkou výhodou je jednoduchá konverzia výšok paletového stojana. Ak sa zmení sortiment inventúr a výška zaskladňovaných paliet, paletový priestor sa ľahko mení. Tento spôsob skladovania je vhodný ak sa má tovar skladovať podľa pravidla FIFO alebo FEFO, pretože každá paleta je prístupná.

1.2.6 Stratégia skladovania

Aby podnik mohol dosiahnuť najnižšie celkové logistické náklady a pri tom si udržal resp. aj zvýšil úroveň logistického servisu, tak si musí zvoliť optimálnu stratégiu skladovania. Stratégiu skladovania môžu ovplyvňovať nasledujúce faktory:

- odvetvie pôsobenia podniku,
- podniková stratégia a postavenie na trhu,
- dostupnosť kapitálu,
- charakter produkovaných výrobkov (charakteristické vlastnosti produktu),
- konkurencia,
- ekonomické podmienky,
- sezónnosť dopytu po výrobkoch,
- použitý výrobný proces,
- použitie prístupu JIT alebo iných logistických technológií.

Snaha o neustále zlepšovanie dodávateľských služieb zvyhodňuje koncentráciu skladovania. Spojenie zásob z niekoľkých skladov s podobným sortimentom umožňuje znížiť celkové zásoby a zvýšiť rýchlosť ich obratu.

Pri centralizácii skladov sa znížením zásob znižujú aj kapitálové a režijné náklady (znížením počtu riadiacich pracovníkov), ale je možný nárast dopravných nákladov a nákladov na manipuláciu.

V rámci skladovacej stratégie vznikajú siete skladov. Každú sieť skladov tvoria tieto faktory:

- a) počet skladov ovplyvňujú náklady spojené so stratou zákazníka, náklady na dopravu, zásoby a skladovanie výrobkov,
- b) veľkosť skladov určuje úroveň zákazníckeho servisu, veľkosť trhu, dopyt po produktoch, množstvo a veľkosť skladovaného tovaru, celkový čas výroby tovaru, používaný manipulačný systém, vnútorné zariadenie skladu a pod.,
- c) umiestnenie skladov pri tom sa podnik môže orientovať na trh, na výrobu alebo priestorové umiestnenie skladu medzi trhom a výrobou.

S rastom úrovne zákazníckeho servisu a rastom veľkosti trhu resp. počtu trhov, ktoré daný sklad obsluhuje, sa zvyšujú požiadavky na skladovací priestor, aby sa zabezpečilo uskladnenie väčšieho objemu zásob. Pri tom však treba mať na mysli, že vzťah medzi počtom skladov a ich veľkosťou je nepriamo úmerný.

1.2.7 Optimalizácia skladovania

Skladovanie predstavuje významnú zložku logistického procesu podniku, preto je potrebné neustále hľadať spôsoby zlepšenia skladových operácií. Globálnym cieľom optimalizácie skladovania je zlepšiť dodávateľské služby a znížiť náklady. Optimalizáciu môžu ovplyvniť nasledujúce faktory:

- úloha skladu v danom podniku,
- skladované výrobky, ich charakteristika a štruktúra sortimentu,
- výška skladových zásob a objem skladových pohybov,
- materiálový a informačný tok v podniku,
- používaná skladovacia technika,
- prevádzkové a stavebné podmienky.

Push Back – Regálový skladovací systém, ktorý ma reálnu skladovaciu kapacitu 16 plt namiesto 4 plt miest na podlahe.

Obr. 1.1 Regálový systém



Zdroj: Jungheinrich

1.2.8 Prevádzka skladu

V sklade prebieha množstvo skladových operácií, ktoré možno rozdeliť na:

- vstup – príjem tovaru – táto časť má na starosti príjem tovaru od dodávateľov a prípravu na uskladnenie. S tým súvisia také činnosti ako vykládka, identifikácia, označenie a kontrola tovaru, prípadne jeho prebalenie.
- uskladňovanie – bezpečné a ekonomické uloženie dovezeného tovaru na sklade. V tejto fáze sa uskutočňuje príprava expedičného množstva tovarov podľa objednávok, nasledovná kompletizácia tovarov do požadovaných expedičných jednotiek (tovar sa dáva do prepravných obalov, zodpovedajúcich požiadavkám zákazníka).
- výstup tovaru – odovzdanie pripraveného tovaru zákazníkovi, čo je spojené s príjmom tovaru z baliarne, pridelením zásielky správneho prijímateľovi a nakládkou tovaru do príslušného dopravného prostriedku.

1.3 Doprava

Doprava je cieľavedomá organizovaná činnosť, spôsob ktorý zabezpečuje premiestňovanie tovaru, osôb a zvierat dopravnými prostriedkami po dopravných cestách. Uskutočňuje sa v priestore a čase. Možno ju chápať aj ako odvetvie národného hospodárstva, ktoré obstaráva prepravu a uskutočňuje premiestňovanie osôb, zvierat a nákladu. Dopravou sa premiestňuje tovar z miesta ťažby, výroby a distribúcie na miesto spotreby osoby a informácie na miesto určenia. Preprava je výsledný efekt dopravy, premiestnenie z východiskového do cieľového bodu. Proces prepravy by sa nemohol uskutočniť bez ľudského faktoru a technológie prepravy, tzv. know-how. (Hlavoň a kol., 2010)

1.4 Preprava

Preprava, resp. doprava je prostriedok spojenia jednotlivých zariadení logistického systému. Jej riadeniu je venovaná pozornosť v malých i veľkých spoločnostiach, a teda v každom z nich nájdeme pracovníka alebo útvar, ktorý je za dopravu, resp. prepravu zodpovedný.

Pre zabezpečenie dopravných výkonov je možné využívať vlastné prepravné kapacity, alebo si ich zabezpečiť prenájmom formou leasingu. Možno uzatvárať dlhodobé zmluvy so špecializovanou spoločnosťou na zabezpečenie všetkých prepravných služieb, alebo využívať verejných dopravcov, ktorí zabezpečujú dopravu po pevných trasách. (Hlavoň, 2010) Pri výbere typu prepravy je potrebné zobrať do úvahy tri základné kritériá, ktorými sú:

náklady na prepravu – patria sem skutočné platby za prepravu a náklady na udržiavanie zásob v prepravnom systéme,

rýchlosť prepravy – viaže sa na náklady, čím rýchlejšia je doprava, tým vyššie sú náklady, ale na druhej strane je prepravovaná vec kratšiu dobu na ceste (je to výhodné hlavne pri preprave zvierat),

spol'ahlivosť prepravy – ktorá je merateľná napríklad dobou, ktorá je potrebná na prepravu medzi dvoma miestami, napríklad aj krajinami, avšak spol'ahlivejšia doprava je väčšinou aj drahšia.

Je potrebné skonštatovať, že objektom prepravy môžu byť predmety, osoby, informácie, energia a iné. Preprava informácií sa zvyčajne vydeľuje ako samostatný odbor.

Pri výbere vhodného typu dopravy je potrebné vziať do úvahy hlavne dĺžku dopravy, prepravované množstvo, rýchlosť, druh prepravovaného tovaru a náklady na dopravu.

1.5 Kanban

Kanban je tlačný systém pre plánovanie a riadenie materiálového toku. Kanban systém je užitočný pre posielanie informácií od zákazníka k dodávateľovi, ako aj interný systém. Existujú aj systémy s viacerými obvodmi. (Čujan, 2013)

Podstatou systému Kanban je, že zákazník posiela štandardizované informácie o dopyte po tovare dodávateľovi len vtedy, keď dostane tento signál = požiadavku, až potom sa začína vyrábať alebo vychystávať tovar. Tento signál bol tradične navrhnutý formou plastových alebo papierových kariet, teda aj názov Kanban je z japonskej karty.

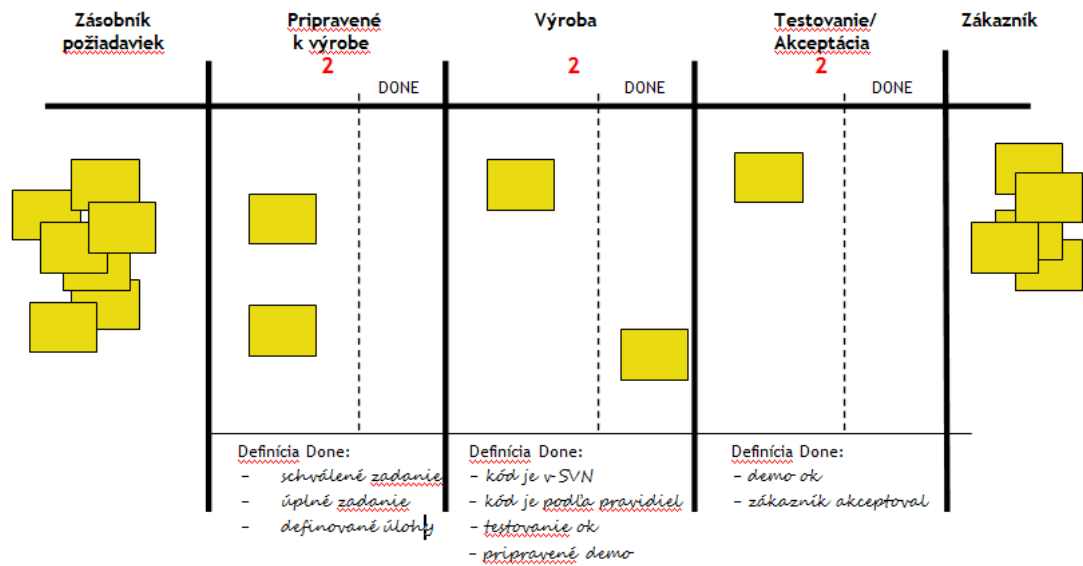
Tento systém nie je stockless. V momente odoslania signálu je potrebné mať dostatočný prísun materiálu na pokrytie prechodného obdobia. Počas tohto obdobia sa musí uviesť čas, po ktorý tovar cestuje dodávateľovi, spracovávať informácie, vyrábať, alebo pripravovať požadovaný materiál na cestu k zákazníkovi. Ak je systém riadený klasickým kartovým systémom, je tiež potrebné zabezpečiť dostatočný počet kariet cirkulujúcich v systéme.

V dnešnej dobe sa často prenáša do formy elektronického Kanban, karty už nie sú fyzicky prevedené na dodávateľa, ale informácie o nich sa prenášajú elektronicky, ale je potrebné zabezpečiť vrátenie debien alebo iných manipulačných jednotiek.

Karty samy o sebe sú slabosť v systéme. Zvyčajne sú stratené alebo poškodené v prevádzke, a tam môžu nastať aj problémy s nesprávnym výpočtom ich počtu v cykle. Preto v posledných rokoch bola prevedená na plne automatizovaný Kanban formulár. Ak sa zásoby materiálu nachádzajú pod určitou prahovou hodnotou, systém odošle dodávateľovi signál, spracuje žiadosť a načíta informácie do systému, kde sú materiály dopĺňané. Takýto systém musí byť podporovaný vysokou presnosťou informácií o zásobe. To možno zabezpečiť častým prepočítaním a odoslaním informácií o vhodnom materiálovom výbere na úrovni dodania materiálovej jednotky. Akýkoľvek rozdiel medzi skutočnou inventarizáciou a informáciami o zásobách v systéme môže viesť k chybnému objednaniu alebo k zhoršeniu chybného doobjednávania ďalšej šarže materiálu.

Rovnako ako systém JIT, ani Kanban systém nie je určený na jednoduchý presun materiálu zásoby o jeden článok v reťazci. Cieľom je najmä znížiť prebytočné zásoby, skrátiť čas odozvy na dopyt a užšie prepojenie materiálových a informačných tokov.

Schéma 1.3 Kanban



(c) 2010, Michal Vallo, Príklad KANBAN tabule

Zdroj: Vallo, © 2010.

1.6 Manipulačné prostriedky

Manipulačné prostriedky sa používajú na vykonávanie všetkých prác manipulácie s tovarom v sklade. Jedná sa predovšetkým o činnosti naskladnenia, vyskladnenia, zaťaženia, vykladania, pohybu, stohovania atď. Manipulačné prostriedky sú zvyčajne štandardizované pre prácu s konkrétnou manipulačnou jednotkou, najčastejšie paletami. Je rozdelený na motorové a non-motorizované.

Manipulačné prostriedky sú najčastejšie elektricky poháňané, ale vyrábajú sa aj na plynových, alebo naftových jednotkách. Non-motorizované prostriedky manipulácie sú poháňané ľudskou silou, všeobecne majú nižšie náklady na obstaranie a údržbu, ale sú pomalšie a majú nižšiu nosnosť v porovnaní s motorom. Je tiež možné rozdeliť ich v závislosti na tom, či sú na vonkajšie alebo na vnútorné použitie, najmä je dôležitý povrch, po ktorom sa zariadenia pohybujú. Vo vnútorných skladovacích priestoroch je plocha plochá, hladká a pevná, čo zaisťuje hladký pohyb po ňom a nižšie opotrebovanie manipulačných zariadení.

Vhodná voľba správnych manipulačných technológií je kľúčová pre rýchlu a hospodárnu prevádzku skladu. Pri rozhodovaní sa musí vziať do úvahy šírka uličky, povrch skladu, typ manipulačných jednotiek a skladovacia kapacita. (Lambert, Ellram a Stock, 2005)

1.6.1 Paletový vozík

Paletový vozík je základným vybavením každého skladu. Je to non-motorizovaný, ručne riadený vozík a používa sa predovšetkým pre manipuláciu s paletami. Častejšie sa používajú paletové vozíky na interné použitie, t. j. na rovný, hladký a pevný povrch. Majú užitočné zaťaženie asi dve tony a ich najväčšou výhodou je ľahká manipulácia a nízke náklady na prevádzku. Hlavnými nevýhodami paletových vozíkov sú naopak ich neschopnosť používať ich pri stohovaní, nesprávnej manipulácii počas prevádzky a tiež sú nevhodné na diaľkovú prepravu.

Obr. 1.2 Paletový vozík



Zdroj: Jungheinrich

1.6.2 Nízkozdvižné vozíky

Nízkozdvižné vozíky (tiež NZV) sú variantom paletového nákladného vozidla, takže pri ich používaní nie je potrebná žiadna manuálna sila. Sú výrazne rýchlejšie ako paletový vozík a majú tiež vyššiu nosnosť, zvyčajne okolo 3 ton, ale ako paletové vozíky, nie je ich možné použiť pre stohovanie. Tiež sa produkujú varianty pre stojacu alebo sediacu obsluhu, ktoré sú náročnejšie na konštrukciu a nosnosť, ale môže dosiahnuť výrazne vyššiu rýchlosť.

Obr. 1.3 Nízkozdvížené vozíky



Zdroj: Jungheinrich

1.6.3 Vysokozdvížené vozíky a retraky

Vysokozdvížené vozíky (tiež VZV) sú nutnosťou všade, kde sa používajú regálové systémy. Používajú sa na bočné nakladanie, alebo vykladanie nákladných vozňov a stohovanie. Široká škála rôznych variantov je vyrobená v závislosti od toho, či sú určené pre ploché a pevné zásoby, alebo na zemi, ak majú miesto pre prevádzku, nosnosť, výška cesty, alebo možnosť vidlice. Špeciálny prípad vysokozdvížneho vozíka je retrak. Retrak je určený pre vnútorný priestor a manipuláciu v úzkych uličkách, ktorý je prispôsobený jeho kratšiemu dizajnu, ktorý sa dosahuje hlavne tým, že má výsuvnú a často otočnú vidlicu.

Správne stanovenie typu vysokozdvížneho vozíka je rozhodujúce pre dosiahnutie ich vysokej efektivity a produktivity.

Obr. 1.4 Vysokozdvížné vozíky



Zdroj: Jungheinrich

1.6.4 Vychystávacie vozíky a zakladače

Ďalším typom manipulačnej techniky sú zberné vozíky a stackers. Jedná sa o špecializované vysokozdvížné vozíky, ktoré sú určené pre úzke uličky a vysoké regálové systémy. Hlavným dôvodom pre zavedenie tejto techniky je maximalizovať využitie skladovacích priestorov zúžením uličky. Vyskladnenie vozíky sú rozdelené do Man-up a Man-Down. Ak sa kabína prevádzkovateľa pohybuje v rovnakom čase ako vidlica, jedná sa o vyzdvihnutie vozíka Man-Up, keď kabína s prevádzkovateľom je nehnuteľná, je to Man-Down vozík. Man-Down vozíky sú zložitejšie pre stavbu, ale výhodou je, že v prípade, ak je operátor v hornej časti, je ľahšie vidno palety na nakladacom ramene. Z tohto dôvodu, Man-Down vozíky sú zvyčajne vybavené kamerou, ktorá zachytáva nakladacie rameno. Vozík Man-up je tiež veľmi vhodný pre prípady, keď sa celá paleta nevychystáva, ale iba jej časti, ako sú paletové prepravky. Operátor vysunie celú paletu zo stojana, posunie niekoľko manipulačných jednotiek alebo komponentov na/z radu a vracia palety späť.

Obr. 1.5 Zberné regálové vozíky



Zdroj: Jungheinrich

Zberné vozíky sú často postavené presne na šírku uličky a sú tak veľmi náročné na presnosť jazdy. To nie je príliš konzistentné s pozíciou prevádzkovateľa, a to najmä u Man-up vozíkov. Preto boli vyvinuté automatické dopravné systémy, ktoré buď vykonávajú úplne automatickú prepravu, alebo vodič pomáha s bezpečným a presným vedením vozíka. V praxi sa často používajú laserové snímače, ktoré držia vozík správnym smerom a vzdialenosť od možných prekážok. Ďalším často používaným systémom je indukčná čiara, pri ktorej je v podlahe v strede skladovej uličky inštalovaná indukčná čiara, s ktorou môže vozík automaticky držať smer a správnu vzdialenosť od políc. V praxi operátor často určuje len stojan a samotný vozík sa dostane na správne miesto. To možno kombinovať aj s automatickým zdvíhaním kabíny, čo umožňuje, aby vozík dosiahol presne dané miesto palety. Valcové systémy môžu byť použité namiesto indukčnej línie. To je obzvlášť výhodné v systémoch, kde je jeden stohovač v každom jazdnom pruhu. Ak je stohovač cez uličky alebo uličkou vstúpi iné manipulačné zariadenia je lepšie nepoužívať túto trať.

Rozdiel medzi vozíkom zakladacím a vychystávajúcim je, že pri vyskladnení vozík primárne vyberie materiál z políc, zatiaľ čo stohovač dopĺňa celú paletu do políc. Obidva stroje sú podobné v dizajne, takže obe činnosti sú spojené s jedným strojom v praxi.

1.7 Simul8

Praktická časť práce bola vytvorená v programe SIMUL8, preto v tejto časti budem stručne opisovať tento softvér a jeho hlavné princípy. Je to softvér využívajúci dynamickú diskretnu

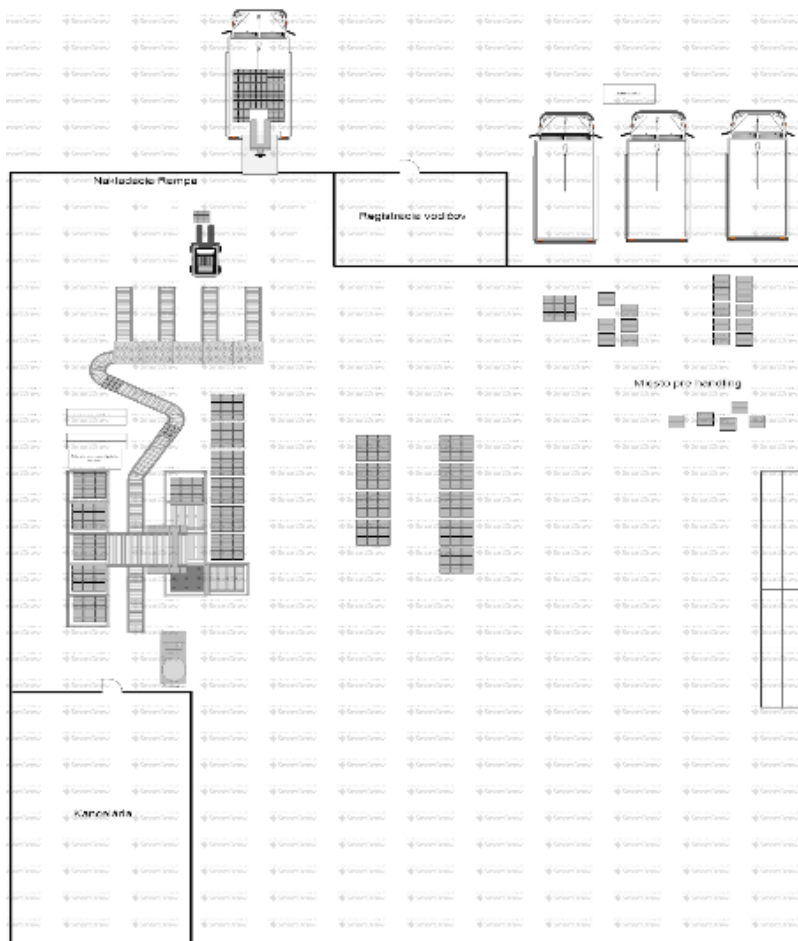
simuláciu, je zameraný predovšetkým na podnikovú simuláciu, výrobu, poskytovanie služieb, dopravu a logistickú simuláciu. Sila softvéru je grafika simulačného behu a grafické výstupy výsledkov. Entita sa nazýva pracovná položka v softvéri SIMUL8 a informácie o ňom môžu byť zahrnuté do funkcie label. Ide o numerické alebo slovné označenie entity, s ktorou môže účtovná jednotka vstúpiť do simulácie, alebo ju získať, štítok sa môže tiež zmeniť v simulácii. Pomocou tejto funkcie sa môže jasne uviesť mnoho rôznych variantov dynamického prvku pod jednou entitou. Jedným z hlavných prvkov simulácie je aktivita, v Simul8 s názvom pracovné centrum. V aktivite môže byť entita označená štítkom, môže byť rozdelená do viacerých entít, alebo naopak viaceré entity môžu byť prepojené s jedným. Aktivita môže mať dobu trvania, čo znamená, že účtovná jednotka sa bude konať tu pre tento čas. Trvanie môže byť buď pevné, alebo môže mať náhodný číselný znak, existuje takmer 20 prednastavených a 9 náhodných divízií. Prostriedok, ktorý je potrebný na vykonanie danej aktivity, sa môže použiť aj v aktivite, alebo môže byť pridaný, alebo opustený prostriedkom na entitu. Simul8 ponúka rôzne možnosti prednastavenia, vrátane Visual Logic, kde sa môže použiť špeciálny programovací jazyk na zabezpečenie vhodného správania objektov alebo zdrojov v zložitejších situáciách, keď predvoľby funkcie nestačí. Osobitným prípadom činnosti je vchod, kde jednotka vstúpi do systému, a Exit, kde entity systém ukončí. Konektor medzi objektmi v systéme sa nazýva Route. Tento konektor určuje kontinuitu činností a trasu, kde sa subjekty presunú. Ak viaceré konektory vedú z jednej aktivity, môžu sa určiť deterministické a stochastické pravidla, podľa ktorých jednotka opustí aktivitu. Prostriedok sa nazýva Resource. Zaujímavou možnosťou je tu zdrojová trasa, ktorá umožňuje nastaviť, ako dlho sa cesta z jednej aktivity do iného zdroja berie, či už jednotlivo alebo pomocou matice všetkých časov jazdy. Môžu sa tiež zoskupiť zdroje do skupín, čo je užitočné v situáciách, keď jediná aktivita môže dosiahnuť viacero rôznych zdrojov rovnakým spôsobom. Posledným základným objektom v Simul8 je front s názvom Storage bin. Ide o objekt, v ktorom sa účtovná jednotka hromadí, ak žiadna z ciest vedúcich z frontu umožní entite pokračovať. To sa zvyčajne vykonáva po fronte, v ktorej je už prítomný maximálny počet entít, alebo činnosť, ktorá spracováva iné entity a nemôže spracovať aktuálnu alebo inú činnosť, ktorá nemá potrebné zdroje k dispozícii.

Ako už bolo uvedené, front môže byť nastavený na limit počtu entít, ktoré je schopný držať. Fronty, ako aj iné objekty, je možné zlúčiť do skupín, ktorým sa môžu priradiť aj horné limity počtu entít v skupinových prvkoch. Front nemá jednoznačnú kapacitu, ale zdieľa kapacitu s niekoľkými ďalšími frontami.

2.2 Layout skladu

Layout, alebo kreslený návrh pre zalomenie tlačoviny mi veľmi jednoducho poukazuje na dlhodobu nevyužitú miesto v skladovom priestore. Je to jasné hneď z prvého pohľadu, keď počet áut preyšuje počet nakladacích/vykladacích rámp.

Obr. 2.2 Layout skladu – aktuálny stav



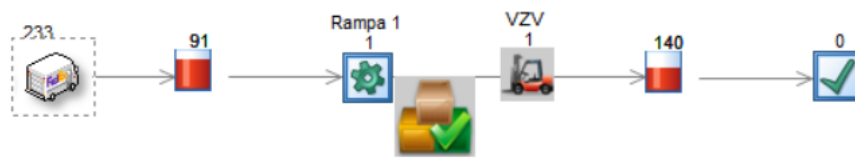
Zdroj: vlastné spracovanie.

Tab. 2.1 Trvanie vykládky jednej palety v závislosti na jednu rampu

Poradové číslo rampy	1	2	3
Doba vykládky /min/1plt	1,81	nepoužíva sa	nepoužíva sa

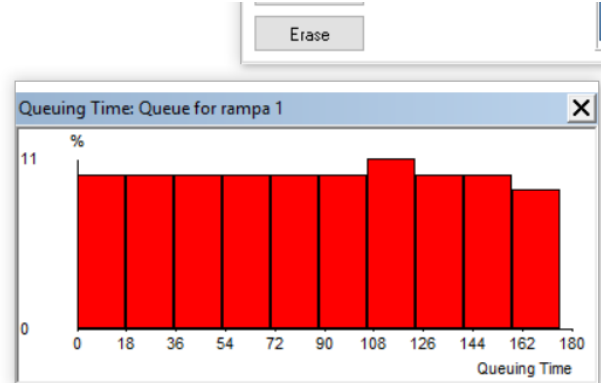
Zdroj: vlastné spracovanie.

Obr. 2.3 Nežiadúci stav na rampe



Work Entry Results	
Parkovisko	OK
Number of work items entered this entry point:	495
Number of work items lost:	262
Number of work items entered remainder of simulation:	233

Storage Bin Results	
Queue for rampa 1	OK
Number of work items in this storage:	
Currently:	99
Minimum:	0.00
Average:	62.69
Maximum:	99.00
Total Entered:	199
Graph	
<input type="checkbox"/>	Sync with other results
<input checked="" type="checkbox"/>	Plot every change
Queuing Time:	
	All Non-Zeros
Minimum:	0.00 1.80
Average:	88.50 89.39



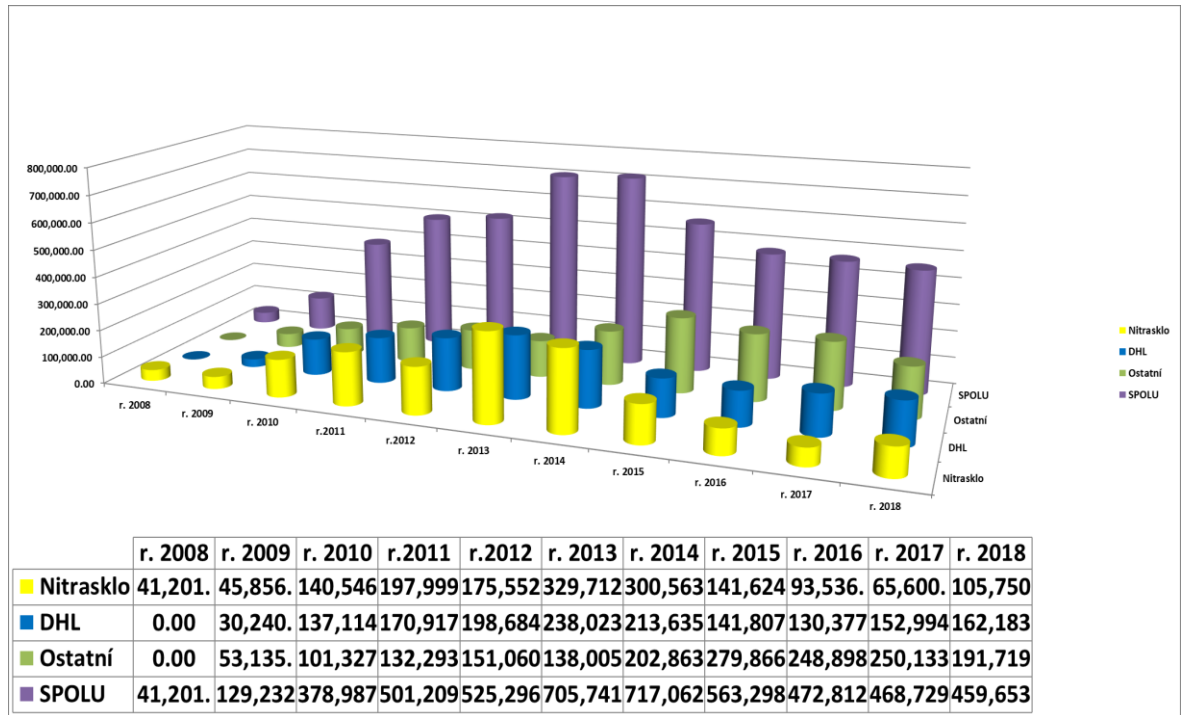
Zdroj: vlastné spracovanie.

Obr. 2.4 Nakladacia rampa – súčasný stav



Zdroj: vlastné spracovanie.

Graf 2.1 Tržby skladu jednotlivých klientov



Zdroj: Vlastné spracovanie

3 Návrh simulačného modelu

Cieľom je vyložiť do skladu až 99 ks paliet za hodinu. Dôvodom tohto 200% nárastu je eliminovať čas strávený na vykládke, a zároveň vybudovať push back regálový skladový systém kvôli využitiu skladovej plochy tak, aby v sklade mohli vykladať dva VZV vozíky naraz. Export zo skladu sa realizuje vždy piaty posledný pracovný deň v týždni, keď zásielky sú exportované do prepravných jednotiek.

V tejto kapitole navrhujem, aby pre odstránenie časového sklzu pri vykladaní boli dobudované ďalšie dve nakladacie/vykladacie rampy, ktoré budú mať funkciu vykladať/nakladať aj plachtové dodávky, nakoľko tieto dopravné prostriedky nemajú rampovú výšku nakladacieho priestoru navrhujem teleso rampy s hydraulickým telesom, ktoré sa umožňuje nastaviť na výšku plachtovej dodávky čo je zhruba 0 – 80 cm od vozovky. Takto vysunuté hydraulické teleso zo skladového priestoru sa následne nadvihne a vojde do nakladacieho priestoru vozidla zo zadnej časti. Nakoľko tieto plachtové vozidlá môžu byť doteraz vyložené iba z boku tak tento proces naberá na časovom rozhraní, kedy musí VZV opustiť skladový priestor a vyložiť prepravnú jednotku mimo nakladacej rampy. To znamená aj ďalšie náklady ako sú opotrebenie pneumatík keďže mimo skladu nie je upravený povrch pre pohyb VZV.

Obr. 3.1 Navrhovaná nakladacia rampa

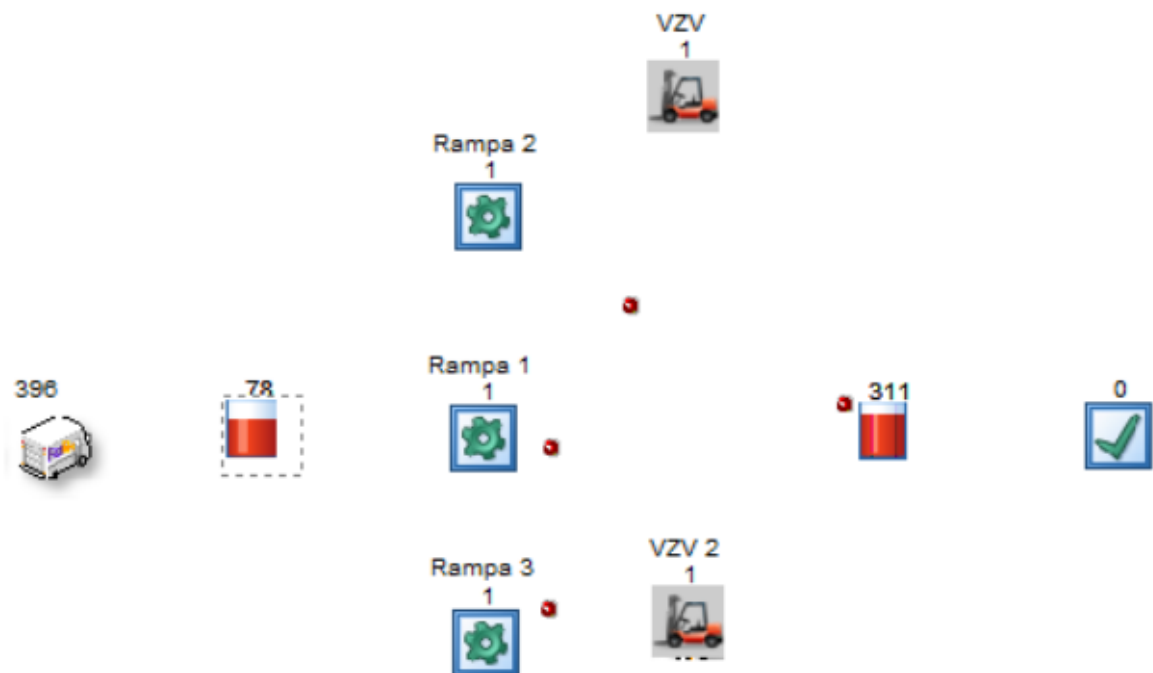


Zdroj: google.sk

3.1 Simulácia modelu

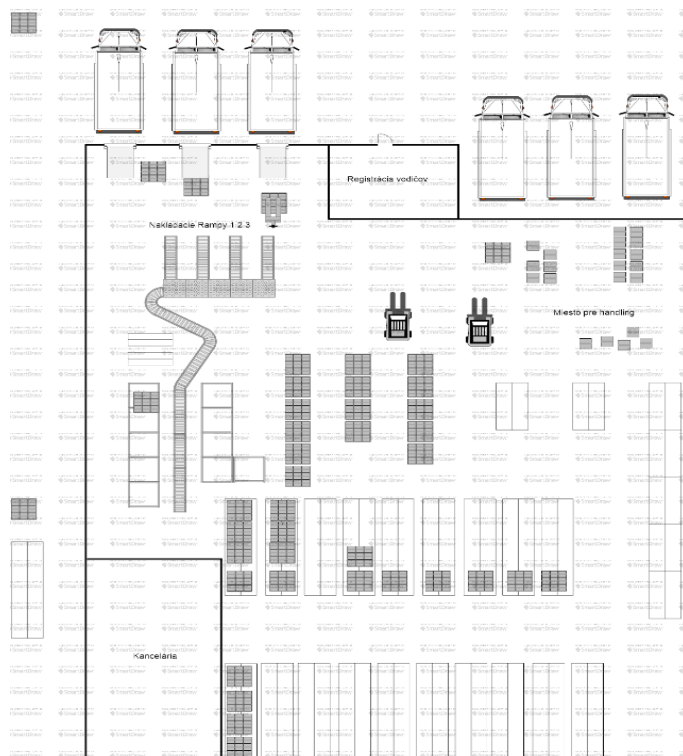
V simulačnom modeli sa vyskytuje iba jedna entita, ktorá sa rozdeľuje do troch pracovných miest workpoint rámp. V simulácii bol použitý jeden label. Pri vstupe tovaru na rampu v intenzite 33 paliet cez jednu rampu mi vyhovuje stav, ktorý som chcel nasimulovať, a to tak že vykládky áut rozdelím na tri vykladacie rampy. Tým pádom som získal čas handling s cargom v priestoroch skladu, napríklad aj na možné váženie, lablovanie, alebo vizuálnu kontrolu zásielok. Takto skontrolované zásielky môžu pokračovať v prevoze VZV do push back regálového systému na miesto určenia v náhodnom poradí keďže sú už pri vstupe umiestnené lable na tovar QR kódom. Takto nascanovaná zásielka má už svoje dáta v počítačovom softvéri. Tento systém nesie dáta o zásielke ako je dátum vyzdvihnutia, informácia o váhe, názov odosielateľa, číslo AWB, bill of lading, počet kusov v zásielke ako aj názov príjemcu v prípade spätnej kontroly manuálnej náhrady automatizácie, čiže pracovníka v sklade. Pri vstupe do skladu má každá manipulovaná zásielka označenie, v ktorom zakladacom regáli sa nachádza v prípade vyskladnenia na konci týždňa do consol truckov, ktoré ďalej vezú zásielku do miesta určenia.

Obr. 3.2 Simulácia inovácie



Zdroj: vlastné spracovanie.

Obr. 3.3 Layout skladu s tromi rampami



Zdroj: vlastné spracovanie.

3.2 Experiment

V tejto podkapitole vysvetlím všetky procesy reálneho systému, ktoré významne ovplyvňujú priebeh a výsledky skúmaných javov. Budem sledovať skladové procesy od príjmu tovaru cez uskladnenie až po vychystanie tovaru do výroby.

3.2.1 Entity modelu

V simulačnom modeli sa vyskytuje iba jedna entita, ktorá mení formu pomocou labelov. V simulácii boli použité tri labely:

Typ – Určuje, o aký typ entity sa jedná. Naberá hodnotu 0 pre nákladný voz, 2 pre paletu a 3 pre výrobok.

JIT – Tento label je relevantný pre typ entity palety a nákladného vozu. Určuje, či je paleta privezená v režime JIT (hodnota labelu = 2) alebo v klasickom režime (hodnota labelu = 1).

Regal – Tento label je relevantný iba pre typ entity paleta. Označuje, či je paleta určená k zaskladneniu do horného pickovacieho regálu (hodnota labelu = 2), alebo do dolného pickovacieho regálu (hodnota labelu = 0).

3.2.2 Stručný popis modelu

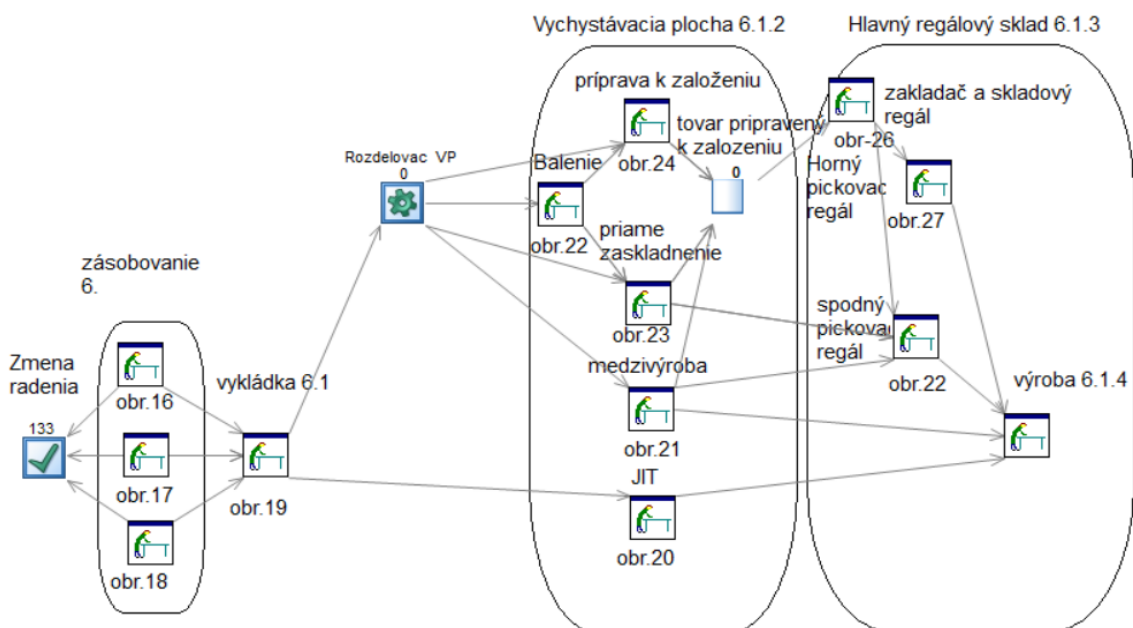
Model sa bude zaoberať úložnými priestormi v Sklade. Dodávka sa uskutočňuje z dvoch interných skladov a s externými dodávkami. Následne sa tovar vyloží v oblasti vychystávacej plochy (ďalej aj VP), kde sa tovar obaluje a odkiaľ sa palety prepravujú priamo do výroby (JIT), do medziproduktu priamo do skladu alebo do regálového skladu. Nasleduje naskladnenie do hlavného stojana skladu, ktorý obsahuje dve podlažia pick-up miest a úložný stojan. Odtiaľ sú výrobky umiestnené na čelo pre výrobu.

Všetky kontinuity možno ľahko chápať z obrázku 3.4, ktorý je získaný zo simulačného modelu.

V ďalších častiach textu sa všetky čiastkové subsystemy vysvetlia postupne a na obrázkoch 3.5 – 3.16 sa ich schéma postupne zobrazí zo simulačného modelu.

Naskladnenie do hlavného stojana skladu, ktorý obsahuje dve podlažia; pick-up miesta a úložný stojan. Odtiaľ sú výrobky na čele pre výrobu.

Obr. 3.4 Štruktúra simulačného modelu

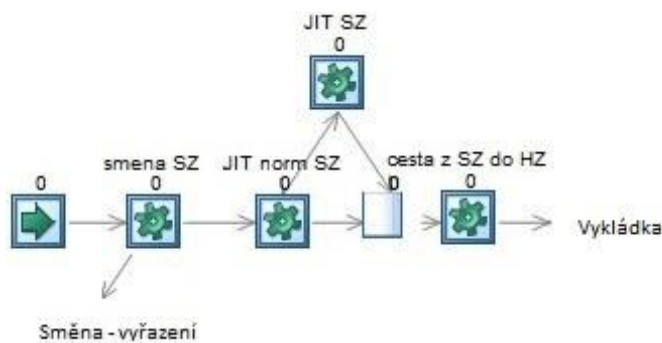


Zdroj: vlastné spracovanie.

Zásobovanie

Dodávka skladu alebo výroby sa vykonáva interne zo starého závodu a z externého skladu a samozrejme aj externe. Príchod nákladných vozňov nie je náhodný, pracovníci skladu sa snažia prísť tak, že operácia bude plynulá. Preto bol stanovený pevný interval v modeli, po ktorom nový kamión príde po dlhej dobe. Dodávka je od 6:00 do 15:00 hodín. Na zabezpečenie tohto, bol vytvorený špeciálny posun v modeli, a pre každú z troch dodávok, činnosť 22 je označená štítkom, buď 2 pre položky v režime JIT, alebo 1 pre klasický režim.

Obr. 3.5 Štruktúra simulačného modelu zásobovanie zo starého závodu

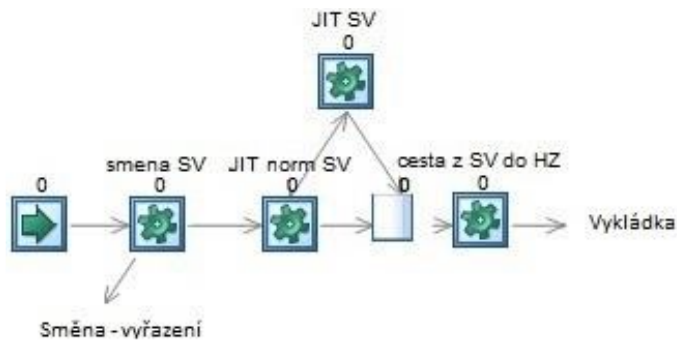


Zdroj: vlastné spracovanie.

Starý závod sa nachádza asi 7 km od hlavnej výrobnéj haly. Časť výroby sa nachádza tu, najmä práca s veľkými časťami. Odtiaľ sa tovar prepravuje do hlavnej výrobnéj haly. Nákladné vozidlo sa odosiela každé dve hodiny. V JIT a JIS režime 75 % z materiálu a zvyšných 25 % ide v klasickom režime. Na tento sklad tiež prichádzajú nedokončené výrobky z výrobnéj linky, ako bude vysvetlené nižšie v práci. Cesta nákladného vozidla trvá približne 35 minút.

Zásobovanie z externého skladu

Zásobovanie z externého skladu - simulačný model

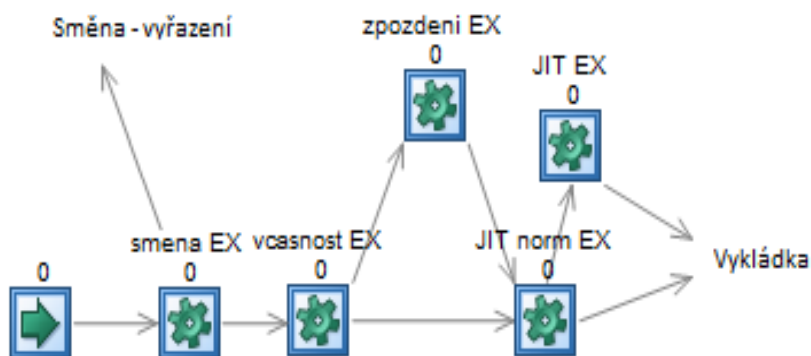


Zdroj: vlastné spracovanie.

Externý sklad sa špecializuje na skladovanie veľkých a vysoko hmotnostných dielov. Produkty sú pripravené pre režim JIS, ktorý premáva do hlavnej výrobnjej haly v závodnej doprave. Sklad sa nachádza asi 20 km od hlavnej výrobnjej haly. Kamión je v intervale každé 2,5 hodiny, a cesta trvá približne 50 minút. 90 % produktov sa odchyľuje v režime JIT, 10 % v klasickom režime.

Zásobovanie externými dodávateľmi

Obr. 3.6 Zásobovanie externými dodávateľmi – simulačný model



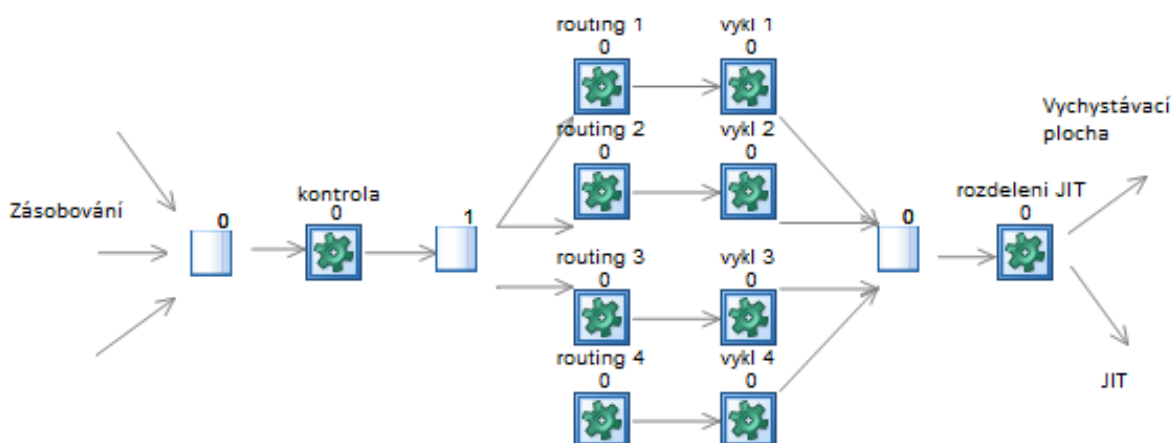
Zdroj: vlastné spracovanie.

Každú pol hodinu je naplánovaná dodávka z externého skladu tak, ako v predchádzajúcich prípadoch, pevne je stanovený termín príchodu; pre nový objekt je nastavený v systéme. Môžu však existovať oneskorenia. Toto je zabezpečené prostredníctvom dvoch fiktívnych činností včasnosť EX, ktoré zabezpečujú, že približne 10 % nákladných vozňov má meškanie a činnosť oneskorená EX, ktorá určí, koľko tohto oneskorenia bude. Zo skúseností a údajov zhromaždených pri oneskoreniach sa zistilo, že oneskorenie má približnú normálnu distribúciu s priemernou hodnotou 30 a disperziou 10. V režime JIT sa externému dodávateľovi dodáva približne 10 % tovaru a 90 % je dodávané v klasickom režime.

Vykládka

V sklade je jeden príjem materiálu pre všetky nákladné vozidlá zo starého závodu, externého skladu a od externých dodávateľov.

Obr. 3.7 Vykládka – simulačný model



Zdroj: vlastné spracovanie.

Po príchode nákladného vozidla na recepciu sa vykoná kontrola materiálu a všetky potrebné formality. Táto aktivita je zahrnutá v check činnosti v modeli. V sklade sú štyri nakladacie rampy IN-OUT, ale v súčasnosti len tri sú používané. Všetky nákladné automobily, bez ohľadu na to, odkiaľ prišli, tvoria jednu čakaciu frontu, a ak je uvoľnená rampa, ďalší kamión je zaradený na výkládkový proces. V aktivite routing X sa jedna entita typu kamión zmení na približne 25 paletových jednotiek. Tieto entity (v tejto dobe už predstavujú paletu) sú postupne zaradené na VYKL X činnosť. A nová entita (kamión) do aktivity routing X nevstúpi s činnosťou, kým všetky entity (palety) neskončia činnosťou. Vykladanie sa vykonáva pomocou vysokozdvížných vozíkov s maximálnym počtom 3 VZV. Vykladanie v tomto prípade znamená sériu procesov: cesta k nákladnému vozidlu, nadobudnutie palety, transfer do oblasti vyskladnenia a zloženie palety. Vykladanie trvá rôzne časové obdobie, v závislosti od toho, ktorá rampa prebieha, pozri tabuľku 3.1.

Tab. 3.1 Trvanie vykládky jednej palety v závislosti na rampu

Poradové číslo rampy	1	2	3
Doba vykládky/min/1plt	3,8	4,3	4,8

Zdroj: vlastné spracovanie.

Palety sú ďalej v aktivite JIT-distribúcia rozdelené podľa toho, či je tovar v režime JIT, alebo v klasickom režime. V skutočnosti je tovar uložený na rovnakom mieste vo vyskladnenej oblasti.

Vychystávacia plocha

Ako už bolo uvedené, vykladanie paletizovaného materiálu sa odohráva v oblasti vyskladnenia. V skutočnosti materiál nie je distribuovaný počas vykládky, ale vymyslená distribúcia bola vytvorená tu pre model potrieb, ktorý sa odohráva v JIT-distribúovaného a VP-divízie činnosti. Po vyložení sa materiál potom rozdelí na päť fiktívnych skupín:

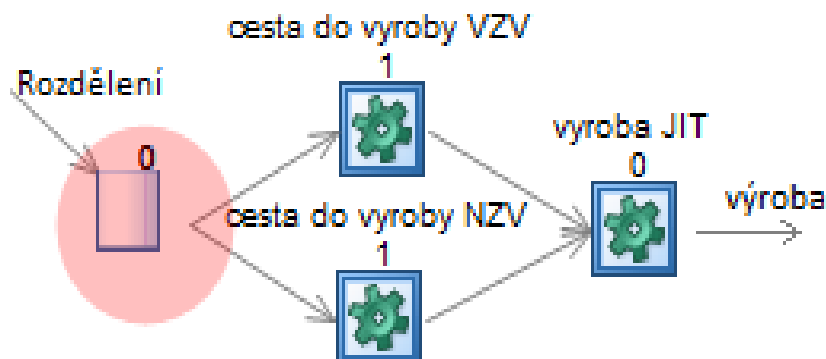
1. materiál, ktorý ide priamo do výroby (JIT),
2. materiál, ktorý ide do medziprodukcie,
3. obalový materiál,
4. materiál, ktorý premáva priamo do skladu,
5. materiál pripravený na zapracovanie.

V modeli sú všetky fronty patriace do oblasti vyskladnenia pripojené k skupine Vychyst_ploch = VP a sú označené červeným kruhom v nasledujúcich ilustráciách.

JIT

Tovar, ktorý bol dodaný v režime JIT, sa prepravuje do výroby z oblasti vyskladnenia pomocou VZV alebo NZV. V tomto prípade doprava znamená vyzdvihnutie palety, jej prepravu do výroby, proces paletizácie. Doprava trvá VZV 7 minút a NZV 9 minút.

Obr. 3.8 JIT – simulačný model

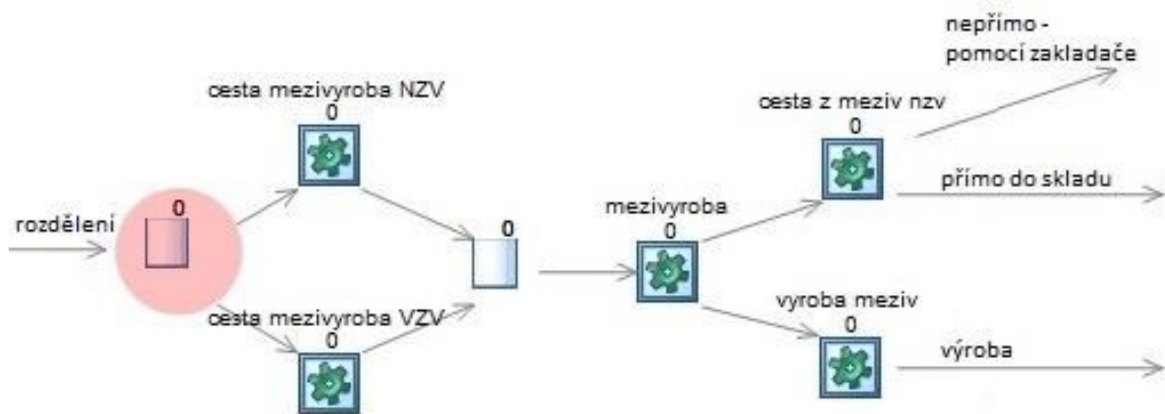


Zdroj: vlastné spracovanie.

Medzivýroba

Časť tovaru cestuje z oblasti vyskladnenia do Medzivýrobnej oblasti, kde je vyhradený úložný priestor, ktorý nie je dôležitý pre podstatu tohto modelu, takže nie je zahrnutý v modeli. Ak sa preprava z oblasti vyskladnenia vykonáva pomocou VZV, trvá 6 minút, ak NZV trvá 8 minút. Z medziprodukcie, niektoré komponenty idú rovno do výroby a iné sa dovážajú priamo do skladu, alebo sú pripravené na naskladnenie zakladateľom. Cesta späť do oblasti vyskladnenia sa vykonáva výhradne NZV a trvá 9 minút.

Obr. 3.9 Medzivýroba - simulačný model



Zdroj: vlastné spracovanie.

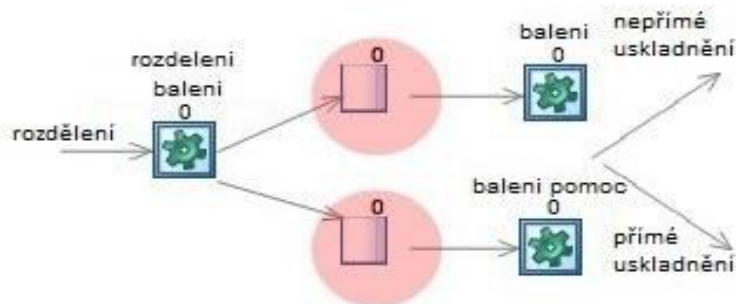
Balenie

Pokiaľ ide o systém Kanban, každý materiál v odosielateľovi musí byť v konkrétnom danom počte. Len malá časť dodávateľov zásobuje materiálom v takej forme, aká by bola požadovaná, a preto je potrebné znovu načítať väčšinu paliet. To znamená, že materiál dodaný dodávateľom sa rozbalí a umiestni do štandardizovaných plastových debien na vopred určenom mieste. Následne sú na debny lepené čiarové kódy a sú naskladané na palete.

Balíček sa uskutočňuje priamo v oblasti vyskladnenia a prebalenie jednej palety trvá približne 15 minút. Zabezpečujú ho štyria pracovníci. Avšak, ak dĺžka frontu presahuje určitý limit, ďalší pracovníci prichádzajú na výpomoc. To je zabezpečené v modeli tak, aby front pred balením mal maximálnu kapacitu 70, ak je táto kapacita splnená, subjekty začnú byť zaradené do baliaceho procesu, kde prácu vykonávajú dvaja ďalší pracovníci. V skutočnosti nie je stanovený limit 70 paliet, rozhodnutie o pridaní pomocných

pracovníkov sa uskutočňuje na operačnej úrovni, ale toto zjednodušenie je dostatočné na to, aby rozsah cieľov a výsledky tohto zjednodušenia zodpovedali realite.

Obr. 3.10 Balenie - simulační model

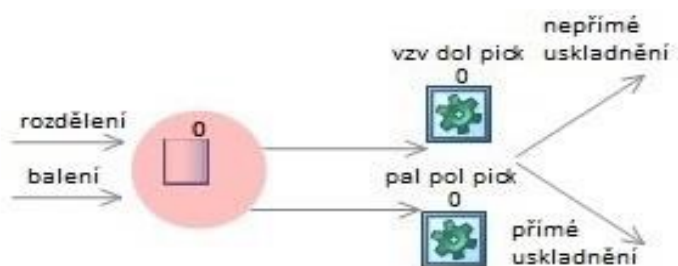


Zdroj: vlastné spracovanie.

Priame naskladnenie

Ak je vyložený tovar určený pre spodnú zbernú podlahu hlavného stojana skladu, sú prevzaté priamo tam pomocou paletových vozíkov alebo VZV. Ak je spodná polica plná, tovar je pripravený na automatické (nepriame) naskladnenie. Táto skutočnosť je uvedená na obrázku 3.11.

Obr. 3.11 Priame naskladnenie – simulačný model



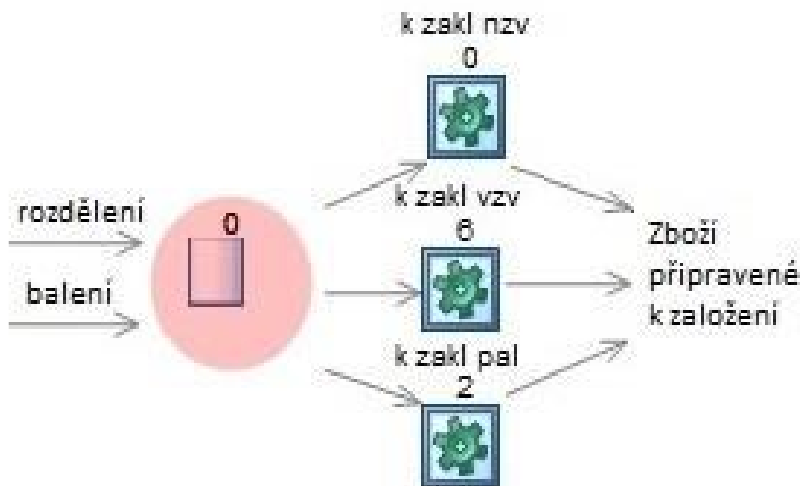
Zdroj: vlastné spracovanie.

Príprava k založeniu

Tovar určený do hlavného regálového skladu je rozbalený a pomocou paletového, Low-Lift, alebo vysokozdvížneho vozíka, je premiestnený a presne umiestnený na miesto v oblasti

vychystávacej plochy, kde ho poloautomatický stohovač preberá ďalej. Príprava trvá VZV 3 minúty, NZV 5 minút a paletový vozík 6 minút.

Obr. 3.12 Príprava k založeniu – simulačný model

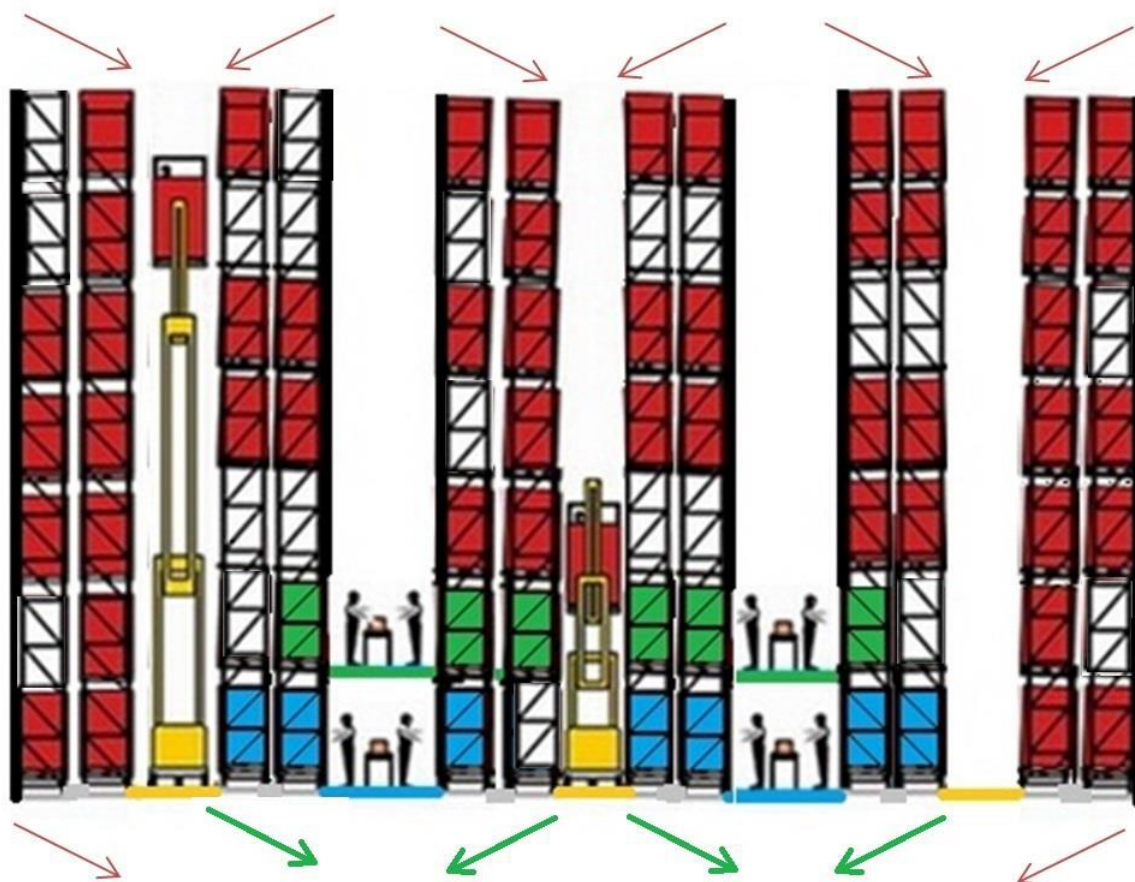


Zdroj: vlastné spracovanie.

Hlavný regálový sklad

Táto časť bude venovaná hlavnému regálovému skladu. Zaberá najväčší priestor v sklade a zahŕňa dve aktivity. Skladovanie materiálu a vyberanie komponentov. Hlavný skladový regál je navrhnutý tak, že zakladač sa pohybuje v jednej uličke a druhý je na mieste prijmania do skladu. Regály samy o sebe sú rozdelené do troch úrovní. Na prízemí a na prvom poschodí sú vyberania regály a je vyzdvihnutie dielov. Horné poschodia políc slúžia na dlhodobé uskladnenie. Tieto tri časti budú označované ako zásobná polica (označená červenou farbou), horný nosič na vyzdvihnutie (zobrazený zelenou farbou na obrázku) a spodný nosič na vyzdvihnutie (zobrazený modrou farbou na obrázku). V časti Ďalšie časti textu sa vysvetlia procesy v týchto sekciách hlavného stojana skladu.

Obr. 3.13 Hlavný regálový sklad



Zdroj: vlastné spracovanie.

Skladový regál

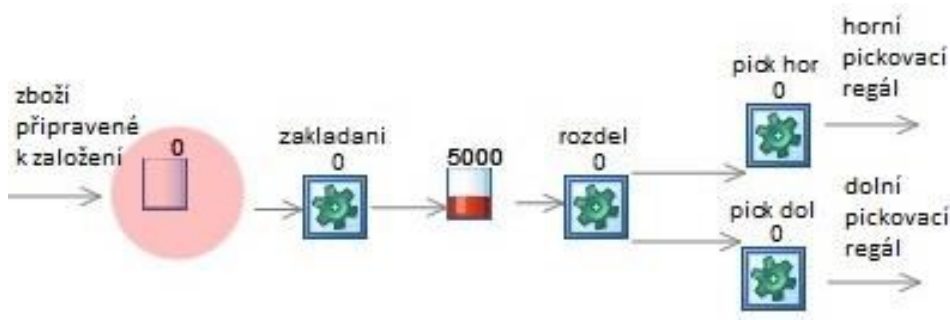
Väčšina zásob skladu je uložená v tejto časti. Hlavným dôvodom dlhšieho skladovania tovaru je, že náklady na nepretržité dodanie presného potrebného množstva by boli väčšie ako náklady na poskytnutie väčšieho objemu a skladovania. Ďalším dôvodom je rezervný inventár, ktorý sa používa v neplánovaných situáciách, ako sú výpadky alebo oneskorenia v dodávkach.

Všetok materiál je paletizovaný a vo väčšine prípadov je rozdelený do nižšej-order manipulatívnej jednotky v palete. Skladom rack má podobu Push-Back Rack, ktorý je zobrazený na obrázku 3.7 s červenou šípkou. Vo väčšine prípadov existujú dva regály vedľa seba, ale na niektorých miestach úložný stojan je viac. To znamená, že neexistuje žiadny priamy prístup k palivám na zadnej strane stojana a nemožno ho skladovať podľa pravidla FIFO.

Doplnenie sa uskutočňuje pomocou poloautomatického stohovača, ktorý zbiera palety pripravené na zapracovanie z oblasti vyskladnenia a vezme ich na najbližšie vhodné miesto

v úložnej skrini. Miesto vyberá vodiča na základe jeho skúseností. Model je doplňovaný tak, že objekty (20 subjektov) sú akumulované a doplnenie trvá približne 40 minút.

Obr. 3.14 Skladový regál – simulačný model



Zdroj: vlastné spracovanie.

Doprava do zakladacích regálov sa koná tak, že polo-automatická obsluha vyberie všetky karty Kanban z koša, karty a obrázky sú pomocou čiarových kódov načítané do zariadenia. Systém mu ukáže najbližšie miesto, kde je tovar uskladnený, vodič dosiahne toto miesto, načíta celú paletu, alebo počet debien, ktorý je predpísaný pre daný materiál a privezie materiál do bodu vyzdvihnutia, ktorý opäť ukazuje systém (na prízemí alebo v 1. poschodí). Bude treba potom vyložiť materiál a pridať Kanban kartu na príslušné miesto. Poradie, v ktorom vodič spracováva doplnenie, je na základe jeho výberu a musí podľa vlastnej skúsenosti vytvoriť najkratšiu a najrýchlejšiu trasu.

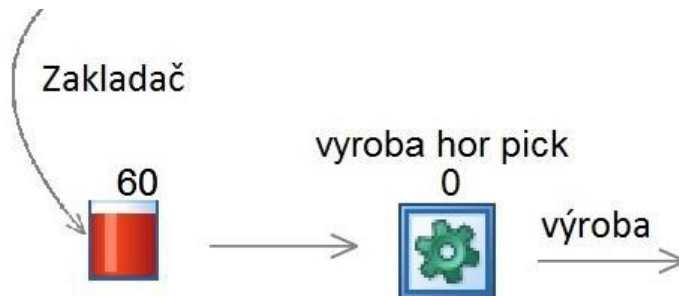
Model doplnenia vždy trvá tak, že doplnenie 10 kariet trvá asi 18 minút. Divízia do hornej a dolnej časti pick-up rack sa vykonáva pomocou Regal label.

Horný zakladací regál

Nachádza sa na 1. poschodí priamo na zemi zakladacieho regálu. Na obrázku 3.13 sú označené zelenou farbou. Toto je miesto, kde sú malé a svetlé časti uložené v špeciálnych debnách na zberových regáloch, ktoré sú označené zelenou šípkou na obrázku 3,14. Vzhľadom k tomu, že prepravky sú zo zásady menšie ako palety, môžu byť umiestnené nad sebou niekoľko radov regálov na sebe. Tiež počet sedadiel v rade sa líši pre každú veľkosť debien, ale v zásade je väčšia ako počet paletových miest. Prepravky sú dopĺňané Kanban systémom zo skladu.

Rack je zber materiálu do špeciálnej krabice, ktoré sú potom zaslané dole, kde sú naložené na vozíky a idú do výroby.

Obr. 3.15 Horný zakladací regál – simulačný model



Zdroj: vlastné spracovanie.

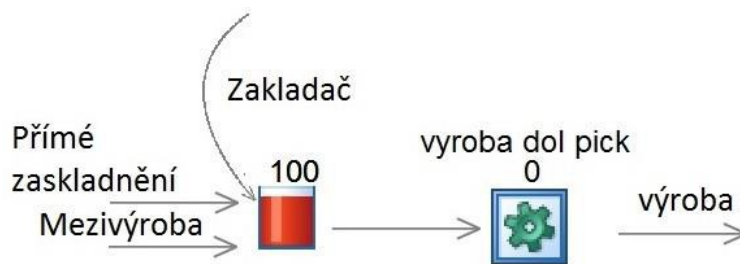
Nová požiadavka na stohovač (alebo kartu v koši) sa koná v priemere raz za 2,9 min. V modeli je zabezpečené, že sa vytvorí front s maximálnou dĺžkou 60. Približne raz za 2,9 minút sa z frontu odstráni jedna entita. Preto počet subjektov pod 60 je počet požiadaviek na vytvorenie. V rovnakom čase, vytvorenie nemôže nastať, ak front je plný, alebo počet požiadaviek je nula.

Spodný zakladací regál

Veľké a ťažké časti sú uložené práve tu. V niektorých prípadoch je materiál uložený rovnakým spôsobom ako v najvyššom mieste vyzdvihnutia, na spádovej polici. Vo väčšine prípadov sú však palety vo veľkom množstve v určených umiestneniach priamo v oblasti skladu.

Medzi regálmi sú pracovníci, ktorí vyberajú (zaťaženie) diely priamo z dolného stojana (alebo z umiestnených paliet) a krabice zaslané do 1. Podlahy v regále. Tieto dodávky sú potom zaradené do výroby. Úroveň terénu je doplnená vysokozdvížnymi vozíkmi alebo paletovacími vozíkmi, priamo z oblasti vyskladnenia, po vyložení materiálu z nákladných vozidiel, alebo sa doplní z úložného stojana pomocou poloautomatického stohovača.

Obr. 3.16 Spodný zakladací regál – simulačný model



Zdroj: vlastné spracovanie.

V simulácii, je situácia vyriešená rovnakým spôsobom ako u horného pick-up Rack, okrem toho, že maximálny limit sedadiel je nastavený na 100 a nová požiadavka vzniká v priemere raz za 2,5 minúty.

Výroba

Posledná časť simulácie je produkcia. Cieľom simulácie nie je monitorovať samotnú produkciu, a preto sa v modeli zjednoduší výroba v plnom rozsahu, a to vstupná jednotka (paleta) do výroby a produkcia subjektu (produktu) z výroby. Časť prepravy výrobkov je súčasťou modelu, ako je vysvetlené nižšie.

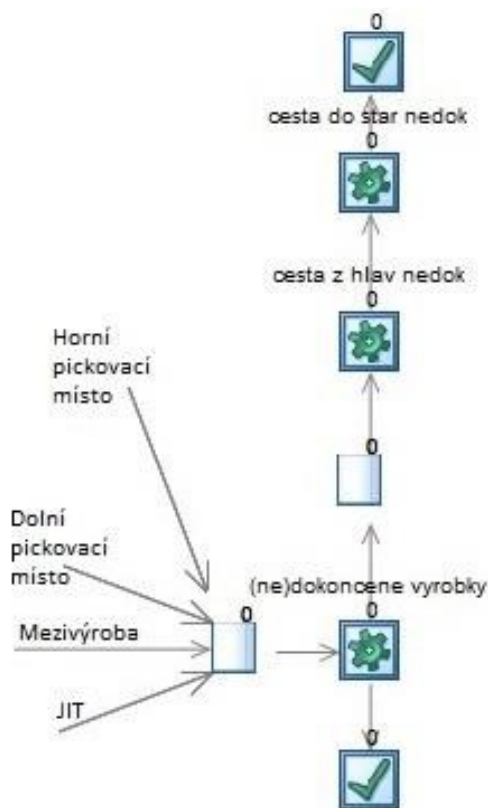
Hotové a vadné výrobky

Produkty, ktoré prechádzajú celým výrobným procesom, sa odosielajú na účely inšpekcie a testovania. Ak sa zdajú byť dokonalé, sú naložené na kamióny externých dopravcov a odoslané von. Ak existuje podozrenie na akúkoľvek vadu, tieto výrobky sú označené ako chybné a sú prepravované do opravovne, kde je vystavená individuálna oprava. Kontrola, nakladanie a preprava hotových a chybných výrobkov nie sú súčasťou modelu.

V záujme úplnosti je potrebné dodať, že kontrola vykonávaná na všetkých výrobkoch je len jasná a možná chyba je len zriedka odhalená. Podrobná inšpekcia sa vykonáva len na malej vzorke hotových výrobkov.

Nehotové výrobky

Obr. 3.17 Výroba – simulačný model



Zdroj: vlastné spracovanie.

Výrobky sú navrhnuté tak, aby aj po montáži výroby, niektoré komponenty mohli byť dopĺňané. Preto, ak komponent chýba, je možné dokončiť zvyšok zostavy produktu a doplniť chýbajúce súčasti neskôr. Alebo poradie zmontované časti zmeniť s tým, že časť je presunutá do poslednej sekvenčnej pozície. Produkty, ktoré prešli celým výrobným procesom, ale chýbajú určité komponenty, sa nazývajú nedokončené produkty z dôvodu ich nedostatku. Tieto výrobky sú viditeľne označené a cestujú cez sklad do starého závodu. Sú uložené tam, kým chýbajúca časť je opäť k dispozícii, kus ktorý je potom demontovaný a produkt je klasifikovaný ako hotový. Hlavný rozdiel medzi neúplným a chybným výrobkom je, že nedokončený výrobok má známy a v podstate štandardný nedostatok, zatiaľ čo chybný výrobok má neznámy nedostatok, ktorý sa musí riešiť jednotlivo.

Zahrnutie nedokončených výrobkov do modelu je dôležité, pretože ich preprava je zabezpečená dopravou. Nákladné vozidlo bude vozit' nedokončené výrobky do starého závodu a cesta mu trvá 35 minút.

6.1.5 Smeny

Existuje niekoľko smien vo výrobnjej hale. Táto časť bude popisovať tie, ktoré sú relevantné pre tento model.

Posun zakladateľov trvá od 06:00 do 20:00. V tomto režime Exchange, dvaja zakladatelia pracujú a boli zavedené, pretože v kratšom posune zakladatelia by neboli schopní vytvoriť všetok dovezený materiál. Posun vysokozdvížných vozíkov trvá od 06:00 do 18:00. Podľa tohto posunu, všetkých sedem VZV a rovnaká zmena by mala nasledovať pre , prípadne pridaný VZV.

Najväčšia časť procesu vo výrobnjej hale sa riadi prechodom od 06:00 do 15:00. Menovite, výroba na výrobnjej linke, príchody nákladných vozidiel, prevádzkovanie nízkozdvižných a paletových vozíkov.

Zdroje a manipulačná technika

V sklade sa používa celkom 5 druhov dopravných a manipulačných zariadení. Sú to nákladné automobily, stackers, VZV, NZV a paletové vozíky. Všetky sú zahrnuté v modeli vo forme zdrojov. V niektorých prípadoch môže byť rovnaká činnosť vykonávaná niekoľkými typmi manipulačných zariadení, ktoré sa zvyčajne líšia v čase výkonu. Napríklad obrázok 3.9 ukazuje, že zobrazená aktivita môže byť vykonaná VZV, NZV a paletovým vozíkom. V simulačný modely, tento problém bol vyriešený tak, že každý typ manipulačnej techniky má vlastnú aktivitu, a to predovšetkým z dôvodu rozdielnych časov.

Ak sa vyžaduje, aby sa typ manipulačných techník používal na viacerých miestach súčasne, objednávka sa určí podľa priority, pozri tabuľku 3.2. Aktivita s vyššou prioritou je vždy vybratá a k nej je priradený voľný zdroj.

Tab. 3.2 Priority manipulačnej techniky

Priority	Vykládka	JIT	Medzi výroba	Priame zaskladnenie	Príprava k naloženiu
VZV	80,00	35,00	50,00	30,00	20,00
NZV		80,00	60,00		50,00
Paletový vozík				90,00	50,00

Zdroj: vlastné spracovanie.

Vysokozdvížné vozíky

V sklade sa používa celkom 7 VZV. Ide o špeciálny typ VZV podobný navíjačom a sú určené pre úzke skladovacie dráhy. Tieto VZV sú najvšestrannejšie a najrýchlejšie manipulačné zariadenia v sklade a sú používané pre všetky činnosti, kde sú potrebné niektoré manipulačné techniky, s výnimkou výšky-zaťaženie, ktoré je vykonávané stohovačmi. Najdôležitejšou aktivitou VZV je vykladanie, ktoré nemožno vykonať akoukoľvek inou manipulačnou technikou. Z tohto dôvodu je vykládka najvyššou prioritou.

Nízkozdvížné vozíky

NZV sa zaoberajú prepravou paliet do vzdialenejších miest, najmä prepravou paliet do výroby v režime JIT a do interfabrikácie. V monitorovanom sklade sú celkom 4.

Paletové vozíky

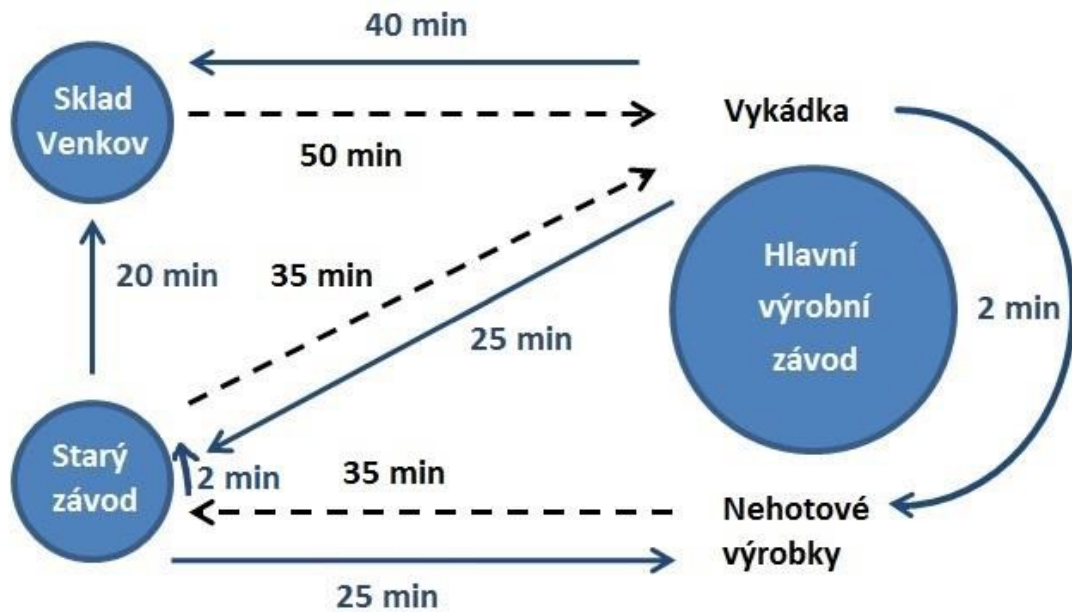
V sklade sa používa 6 paletových vozíkov. Používajú sa na priame naskladnenie z oblasti vyskladnenia do spodného stojana na vyzdvihnutie a na prípravu paliet pre stohovač. Priame naskladnenie má prednosť pred prípravou paliet pre stohovač.

Podnikové nákladné vozidla

Monitorovaný výrobný závod má svoje vlastné nákladné vozidla používané pre vnútornú dopravu, to znamená prepravu medzi jednotlivými časťami závodu. Nákladné vozidla sa preto používajú na prepravu materiálu z krajiny skladu a zo starej továrne do hlavnej výrobnéj budovy. Používajú sa aj na prepravu nedokončených výrobkov z hlavnej výrobnéj budovy do starého závodu.

Pri cestovaní do hlavnej výrobnéj haly zo starej továrne alebo zo skladu je zdroj Truck priradený k účtovnej jednotke v simulácii a cestuje s modelovým dielom. Preto je tranzitný čas zahrnutý do trvania aktivity. Cesta späť je už dokončená bez entity a je vyriešená v modeli pomocou matice cesty, kde sú nastavené časy. Pre lepšie porozumenie reality a simulácie, schéma 3.1. To ukazuje všetky transporty vykonávané závodnými kamiónmi. Čierna čiarkovaná čiara zobrazuje cesty vykonané s entitou, kde je načítanie zahrnuté v čase. Modrá pevná čiara zobrazuje cesty, ktoré sú zahrnuté do matice času prepravy.

Schéma 3.1 Trasy nákladných vozidiel



Zdroj: vlastné spracovanie.

Poloautomatický zakladač

V monitorovanom sklade sú dva poloautomatické zakladače s indukčným vodítkom. Ako bolo vysvetlené vyššie, ich činnosť je vytvárať palety z oblasti príjmu do úložného stojana a odtiaľ do zberného regála.

Je to stroj, ktorý je schopný vyzdvihnúť paletu a je kombináciou zakladača a VZV. Je to človek-up stroj a vďaka indukčnému vedeniu je schopný sa automaticky pohybovať medzi regálmi. Je tiež vybavený automatickým zdvíhaním, takže je schopný prepravovať prevádzkovateľa do správnej polohy palety.

4 Simulačné experimenty a zhodnotenie

4.1 Overenie

Overenie sa uskutočnilo počas celého vytvárania počítačového simulačného modelu. Model bol rozdelený do niekoľkých menších častí, keď bol vytvorený, a časti boli podrobené experimentom. Každá časť bola prvýkrát testovaná bez vplyvu náhody, a ak získané výsledky boli kladné, prvok pre ďalší prvok bol pridaný. Tak aj správnosť všetkých častí modelu bola overená a následne boli pripojené časti.

4.2 Výstupy

Bolo vykonano 20 nezávislých simulačných pokusov, z ktorých každý trval 10 pracovných dní. Výsledné priemerné hodnoty, vrátane intervalov spoľahlivosti, boli získané z týchto pokusov. Nasledujúce časti textu postupne popisujú výsledky simulácie pre vybraté prvky v sklade.

Manipulačné zariadenia

Obzvlášť ma zaujíma manipulačná technika a jej pracovné zaťaženie. Tabuľka 4,1 ukazuje, že najvyššiu záťaž má NZV s 92,8 % a VZV s 89,4 %. To je pomerne vysoký podiel zaťaženia. Pre tieto dva typy manipulačné technológie by sa mohlo zväziť zvýšenie ich počtu. Naopak, najnižšie zaťaženie má paletový vozík, s 66,1 %. Ten by mohol byť považovaný za zníženia ich počtu. Avšak náklady na ich nadobudnutie a údržbu sú relatívne nízke a úspory by pravdepodobne neodrážali zvýšené riziko ich nedostatku.

Tab. 4.1 Priemerné využitie zdrojov v základnej časti simulácie

	Počet	Využitie		
		-95%	Priemer	95%
Manipulačná technika				
NZV	7	92,1%	92,8%	93,4%
Paletový vozík	6	65,7%	66,1%	66,6%
VZV	4	89,1%	89,4%	89,7%
Zakladač	2	76,3%	76,9%	77,5%
Nákladný voz	2	70%	70,8%	71,5%

Zdroj: vlastné spracovanie.

4.2.1 Vychystávacia plocha

Ako už bolo povedané, vychystávacia plocha sa skladá z niekoľkých častí v simulačnom modeli. Členenie vzniká z miesta, kde tovar cestuje z oblasti vyskladnenia. To nie je len pre správne fungovanie modelu, ale aj výhodné pre ďalšiu analýzu. Je potom ľahké zistiť, ktorý materiál je pre oblasť vyskladnenia obsadený.

Tabuľka 4.1 zobrazuje priemerné hodnoty získané z 20 počítačových simulačných pokusov. Celá oblasť zberu je obsadená v priemere 85,86 paliet. V priemere dosahuje maximálne 220,50 paletových kusov. Najväčšia časť oblasti zberu je obsadená paletami čakajúcimi na obale, v priemere je 42,1 %, frontu na stohovač a frontu výrobkov, ktoré cestujú priamo do výroby v režime JIT. Spolu tieto tri časti predstavujú viac ako 90 % priemernej obsadenosti a maximálna dĺžka frontu je najvyššia hodnota pre tieto tri fronty. Z tabuľky je tiež vidieť, že súčet Maxim v každej časti činí 359,4 a je výrazne vyššia ako celkové maximum. To je spôsobené tým, že maximum v každom fronte nenastane v rovnakom čase a celková maximálna dĺžka frontu zostáva výrazne nižšia.

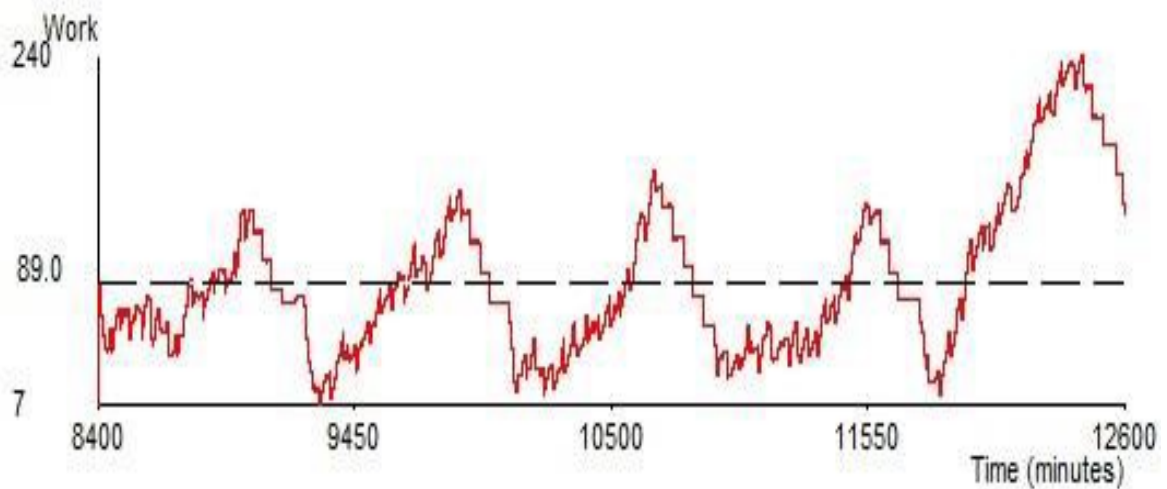
Tab. 4.2 Priemerný a maximálny počet paliet pre oblasť vyskladnenia

Fiktívna časť vychystávacej plochy	Priemerná dĺžka fronty	Podiel priemernej dĺžky	Maximálna dĺžka fronty
Balenie	36,1	42,10%	96,55
Front na zakladač	25,6	29,80%	95,45
JIT	16,51	19,20%	76,3
Príprava pre založenie	5,92	6,90%	57,95
Priame zaskladnenie	1,02	1,20%	21,2
Medzivýroba	0,71	0,80%	11,95
Vychystávajúca plocha	85,86	100%	220,5

Zdroj: vlastné spracovanie.

Na nasledujúcom grafe, Graf 4.1, je znázornený priebeh obsadenia oblasti vyskladnenia do 5 pracovných dní.

Graf 4.1 Obsadenie oblasti zberu v čase



Zdroj: vlastné spracovanie.

Z grafu je zrejmé, že nárast a úbytok majú podobnú štruktúru každý deň. Deň začína takmer prázdnu oblasťou vyskladnenia a povrch sa naplní postupným naložením tovaru. Zaťaženie končí asi v 15:00 hodín, po ktorom je tovar spracovaný. Ďalej sa nevykonáva žiadna činnosť, pVP je prázdna.

4.2.2 Nákladné vozidla

Tabuľka 4.3 zobrazuje hodnoty frontov nákladných vozidiel. Prvé dva stĺpce číselných hodnôt predstavujú čakanie tovaru na nákladnom vozidle v starom závode a v krajine skladu. To je prípad, keď je tovar pripravený na naloženie do nákladného vozidla, ale nákladné vozidlo nie je k dispozícii. Priemerný čas čakania je podobný na oboch miestach, približne trvá 11 minút. Maximálny čas čakania je v starom závode 62,35 minút, v sklade krajina 52,33 minút. To tiež znamená, že maximálna dĺžka frontu je 1. Takže sa nikdy nestane, že tovar je pripravený pre dva kamióny v rovnakom čase. Tretí stĺpec obsahuje hodnoty nákladných vozidiel čakajúcich v hlavnej výrobnjej hale na vykladanie. Priemerný čas čakania je kratší ako 10 minút, maximálny čas je viac ako hodinu. Maximálny počet nákladných vozidiel vo fronte je okolo 3,35 v priemere. Podrobnejšie sa tento front preskúma nižšie v časti Experimenty.

Tab. 4.3 Priemerná a maximálna dĺžka frontov; Priemerné a maximálne čakacie doby v každej časti podniku

Charakteristika	Starý závod	Vonkajší sklad	Vykládka
Priemerná dĺžka fronty	0,06	0,04	0,32
Maximálna dĺžka fronty	1	1,00	3,35
Priemerný čas čakania	11,48	11,25	9,88
Maximálny čas čakania	62,35	52,33	63,25

Zdroj: vlastné spracovanie.

4.2.3 Regál

Ako už bolo vysvetlené v časti Hlavný regálový sklad, Kanban systém je vyriešený v modeli tak, že dĺžka frontu je obmedzená a počet subjektov zostávajúcich v tomto maxime je počet žiadostí. Preto priemerný a maximálny počet žiadostí možno ľahko vypočítať z priemerov a minimá z výsledkov frontu. Tabuľka 4.4 obsahuje nasledujúce výsledky, vrátane intervalov spoľahlivosti. Tabuľka ukazuje, že situácia je lepšia v dolnej pick-up rack ako v hornej. Priemer a maximálne hodnoty sa takmer zdvojnásobili. V prípade oboch regálov je možné vidieť, že maximá sú vyššie ako priemer vysokých hodnôt a predná strana pravdepodobne trpí veľkými výkyvmi.

Tab. 4.4 Priemerný a maximálny počet žiadostí v regáloch na vyzdvihnutie

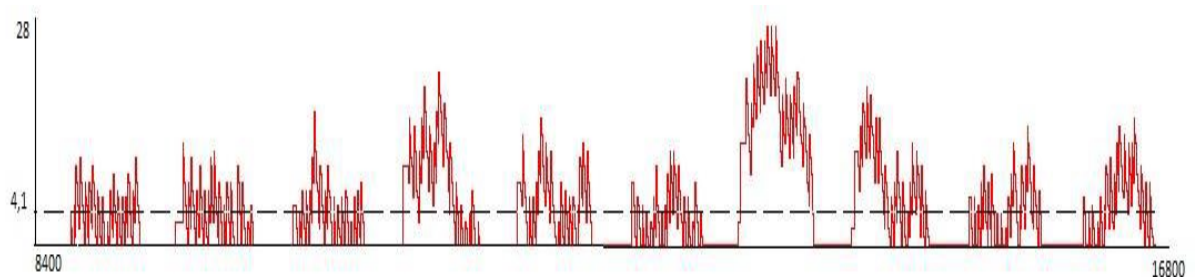
	-95%	Priemer	95%
Maximálna počet požiadaviek - horný regál	24,88	27,20	29,52
Priemerný počet požiadaviek - horný regál	3,61	3,85	4,09
Maximálny počet požiadaviek - dolný regál	15,66	16,45	17,44
Priemerný počet požiadaviek - dolný regál	1,65	1,73	1,82

Zdroj: vlastné spracovanie.

Na nasledujúcom grafe 4.2 je graf zobrazujúci situáciu do 10 pracovných dní na vrchole pick-up Rack, kde osa x je čas v minútach a osa y značí počet žiadostí. Stackers majú dlhší posun ako výroba a graf ukazuje moment, kedy sú splnené všetky požiadavky. Ďalšie

požiadavky už nie sú pridané. Stohovač nevykonáva prácu v najbližších niekoľkých dňoch počet žiadostí je nula a možno predpokladať, že toto je pravidlo.

Graf 4.2 Počet požiadaviek v hornej časti stojana na vyzdvihnutie



Zdroj: vlastné spracovanie.

4.2.4 Validácia

Tieto výstupy získané z simulačných behov boli porovnané so skutočnými údajmi, ktoré boli k dispozícii, a predovšetkým boli diskutované s odborníkmi a pracovníkmi spoločnosti, ktorí môžu najlepšie odhadnúť, či model zodpovedá realite.

Na základe rozhovorov s odborníkmi, model bol zmenený niekoľkokrát, aby odrážal realitu čo najviac a aby zahŕňal všetky faktory, ktoré významne ovplyvňujú výsledky behu a simulácie.

4.2.5 Experimenty

Táto časť sa experimentovala v simulačnom modeli a vyhodnotili sa výsledky experimentov. Pri každom experimente sa vždy uskutočnilo 20 náhodných experimentov, na základe ktorých sa odhadli priemerné hodnoty sledovaných charakteristík a ich intervaly spoľahlivosti.

Čakanie na nákladné vozidla pri odbavení

Jednou z hlavných úloh práce je nájsť riešenie, ktoré by zlepšilo situáciu nákladných vozidiel čakajúcich na check-in. Cieľom je mať viac ako 90 % nákladných vozidiel, ktoré čakajú na to, ako sa dostanú do vykládky po dobu kratšiu ako 20 minút. Existujú tri spôsoby, ako to dosiahnuť: 1. pridaním jedného alebo viacerých VZV, 2. otvorením ďalšej vykladacej rampy, 3. obmedzením iných činností, ktoré sa majú prijať pred vykládkou. Postupne sa všetky tieto možnosti simulujú a aj niektoré ich

kombinácie. Prídanie VZV - prvá bude vykonaná simulácia pre čakanie kamiónov. V tabuľke 4.5 sú uvedené výsledky simulácií s prídavkom jedného alebo dvoch VZV s intervalmi spoľahlivosti. Na prvom riadku je percento využitia VZV, na iných tratiach charakteristických popisujúcich stav nákladných vozidiel čakajúcich na check-in.

Štatistika sa tiež zlepšuje ako sa zvyšuje počet VZV. V prvom rade je použitie VZV, čo samozrejme klesá, pretože práca je konštantná, ale manipulačné techniky sa zvyšujú. Nasledujúce charakteristiky: maximálny počet nákladných vozidiel čakajúcich v čase registrácie, priemerná čakacia doba, maximálna dĺžka čakania a nakoniec podiel nákladných vozidiel čakajúcich menej ako 20 min. Všetky štatistiky ukazujú postupné štatisticky významné zlepšenie situácie. Priemerný čas čakania sa zníži o viac ako polovicu s prídanim jedného VZV a priemerný maximálny čas strávený vo frontu sa tiež výrazne zlepší. Pre tento experiment, najdôležitejšou štatistikou je podiel nákladných vozidiel čakajúcich na check-in a tu je vidieť, že už s prídanim jedného VZV, bude táto štatistika lepšia od 78,7 % do 92,7 %. Limit 90 % bol prekročený pri 1% úrovni významnosti s prídavkom jedného VZV. Prídanie druhého VZV tiež prináša štatisticky významné zlepšenie, ale požadované hranice už boli prekročené s prídavkom 1. Preto sa táto situácia nebude diskutovať podrobnejšie.

Požadovaný cieľ bol preto dosiahnutý, ale náklady na vysokozdvížne vozíky sú veľmi vysoké. Preto sa v počítačovej simulácii testuje niekoľko ďalších variantov, ktoré zvýšia podiel nákladných vozov, ktoré čakajú na vyloženie menej ako 20 minút nad 90 % a nebudú tak nákladné ako prídanie jedného VZV.

Tab. 4.5 Hodnoty sledovaných výstupov pre rôzny počet VZV

Počet VZV			7		
Charakteristika			-99%	Priemer	99%
Využitie VZV v %			89	89,4	89,9
Maximálna dĺžka fronty			3,04	3,35	3,66
Maximálna dĺžka fronty			9,16	9,88	10,61
Maximálna dĺžka fronty			55,84	63,25	70,66
% čakajúcich menej ako 20 min			77	78,7	80,4
8			9		
-99%	Priemer	99%	-99%	Priemer	99%
81,4	81,8	82,3	75,3	75,8	76,3
2,34	2,65	2,96	1,93	2,15	2,38
3,87	4,29	4,71	2,45	2,63	2,82
40,2	43,27	46,4	35,1	37,99	40,9
91,5	92,7	93,8	95,6	96,2	96,7

Zdroj: vlastné spracovanie.

Otvorenie ďalšej vykladacej rampy

Ďalšou možnosťou je otvoriť štvrtú vykladaciu rampu. V sklade sú štyri rampy pre vykladanie tovaru, ale v súčasnosti len tri sú používané. Dôvodom pre uzavretie jednej rampy bolo získať viac miesta na oblasť zberu. V tabuľke 4.6 sú uvedené rovnaké charakteristiky ako v predchádzajúcom prípade. Je možné vidieť, že s otvorením ďalšej rampy, situácia sa tiež štatisticky výrazne zlepšila, ale nie tak silno, ako s prídavkom VZV.

V tomto prípade sa zvýši používanie VZV. To je pravdepodobne spôsobené tým, že novo otvorená rampa je ďaleko od oblasti zberu a vykladanie trvá dlhšie na tejto rampe ako na ostatných, čím sa zvyšuje záťaž VZV.

Priemerná maximálna dĺžka frontu, ako v predchádzajúcom prípade klesá, ale na rozdiel od predchádzajúceho prípadu, to nie je štatisticky významný pokles, takže pokles nie je preukázateľný na úrovni 1% významnosti. Priemerný čas čakania sa zníži o 2,4 minút a maximálna doba čakania sa zníži o 4,3 minút. Priemerný podiel čakania na menej ako 20 minút sa zvýši o 7 percentuálnych bodov, ale to nestačí na 90 %.

Tab. 4.6 Hodnoty sledovaných výstupov pre rôzny počet vykladacích rámp

Počet rámp	3			4		
Charakteristika	-99%	Priemer	99%	-99%	Priemer	99%
Využité VZV v %	89	89,4	89,9	90,7	91,3	91,8
Maximálna dĺžka fronty	3,04	3,35	3,66	2,8	3,1	3,4
Priemerný čas čakania	9,16	9,88	10,61	6,87	7,48	8,08
Maximálna čas čakania	55,84	63,25	70,66	51,7	58,93	66,1
% čakajúcich menej ako 20 min	77	78,7	80,4	91,5	85,7	87,2

Zdroj: vlastné spracovanie.

Toto opatrenie nevedie k požadovanému zlepšeniu a samo osebe k otvoreniu 4. vykladacej rampy nestačilo.

Obmedzenia niektorých činností VZV

Zo skupiny VZV, Low-Lift a paletovacích vozíkov, je najviac univerzálny VZV, ale aj výrazne najdrahší. Pre myšlienku nákladov na VZV (vodič, nájom, údržba ...) sú približne 20krát vyššie ako sú náklady na ručný paletový vozík a približne 4x vyššie ako náklady na elektrický NZV. Preto je otázkou, či by bolo vhodné nahradiť ich inými technikami manipulácie.

VZV sú jedinou manipulačnou technikou, ktorá môže vykonávať vykládku, ale môže byť nahradená v iných činnostiach. Preto sa situácia simuluje, keď VZV má vypnuté niektoré činnosti. Príprava palety pre naskladnenie bude preto činnosťou vyhradenou pre paletový vozík a NZV a nakladanie materiálu do medziprodukčných činností je výlučne NZV. V počítači v simulačnom modeli toho bolo dosiahnuté jednoduchým odstránením odkazov na činnosti.

Očakáva sa, že tieto opatrenia budú mať za následok, že VZV sa venujú vykladaniu a tým sa zníži čakacia doba pre nákladné vozidla na ich vyloženie. Bude tiež potrebné monitorovať, či je nedostatok manipulačných zariadení inde v sklade. Následne sa vykoná rovnaký simulačný experiment s prídavkom paletového vozíka alebo NZV. Výsledky tohto experimentu sú uvedené v tabuľke 4.6.

Rôzne scenáre boli testované sekvenčne. Prvý stĺpec porovnáva hodnoty aktuálnej situácie, 2. stĺpec vyjadruje situáciu, keď VZV boli obmedzené na určité činnosti, ale nebola pridaná žiadna manipulačná technika. Ostatné stĺpce potom vyjadrujú scenáre s prídavkom manipulačných techník.

Tab. 4.7 Hodnoty sledovaných výstupov pri zázake určitých činností VZV a nahradenie inými technikami manipulácie

Pridaná manipulačná technika	Zázak VZV vykonávaných určitých činností				
			pal +3ks	NZV +3ks	NZV +3 +3 pal
Využitie NZV v %	92,8	98,4	97,6	81,4	79,6
Využitie pal v %	66,1	79,2	57,8	66	50,2
Využitie VZV v %	89,4	83,1	82,3	78,2	77,6
Maximálna dĺžka fronty	3,35	3,1	3,25	1,2	3,05
Priemerný čas čakania	9,88	8,14	7,95	6,77	6,54
Maximálna čas čakania	63,25	57,1	59,17	51,65	52,35
% čakajúcich menej ako 20 min	78,7	82,7	83,3	86,1	86,3

Zdroj: vlastné spracovanie.

Tabuľka 4.7 ukazuje, ako sa situácia vyvíja, intervaly spoľahlivosti nie sú uvedené v tabuľke pre prehľadnosť. Prvá časť je venovaná využitiu manipulačných zariadení. Zaujímavá situácia sa vyskytuje u NZV. Pracovné zaťaženie stúpa na 98,7 %. V ďalšej časti tabuľky možno vidieť, že nákladné vozidla čakajú na obmedzenia vybraných činností cca 20 minút na 82,7 % nákladných vozidiel v porovnaní s pôvodnými 78,7 %. Pridanie ďalších manipulačných techník má tiež štatisticky významný pozitívny účinok, ale nad 90% limit nedokáže dosiahnuť akýkoľvek scenár. Podobne aj ostatné pozorované charakteristiky týkajúce sa frontu pre vykladacie vozíky zlepšili situáciu. Z výsledkov je tiež zrejmé, že pridávanie NZV do paletového vozíka má väčší význam.

Okrem toho je tiež potrebné sledovať frontu nákladných vozidiel. Vidieť, ako sa situácia zmenila inde v sklade. Používa sa v tabuľke 4.7, ktorá má podobnú štruktúru. Maximálna dĺžka paletového frontu pre medziprodukciiu bola viac ako zdvojnásobená, keď boli aktivity obmedzené. Rovnako tak priemerná dĺžka frontu sa výrazne zhoršila z pôvodného 5,92 na 27,64. Túto situáciu nie je ťažké napraviť s pridaním ďalších manipulačných techník. Situácia paliet pripravených na tvorbu sa tiež výrazne zhoršila, maximálna dĺžka frontu sa zvýšila z 11,95 na 31,85. Avšak s prídavkom NZV sa situácia opäť znížila na 14,70. Priemerná dĺžka frontu sa zmenila z pôvodného 0,71 na 7,81, ale po pridaní inej manipulačnej techniky sa situácia znova zlepšila.

Tab. 4.8 Hodnoty sledovaných výstupov v zákaze určitých činností VZV a nahradenie iných manipulačných techník v frontoch o medzivýrobu a prípravu v mieste zaskladnenia

Manipulačná technika	Zákaz VZV vykonávaných určitých činností				
			pal +3ks	NZV +3ks	NZV +3 pal
Priemerná dĺžka fronty-Medzivýroba	5,92	27,64	22,56	23,11	21,44
Maximálna dĺžka fronty-Medzivýroba	57,95	116,05	116,15	113,55	113,45
Priemerná dĺžka fronty-zakladač	0,71	7,81	7,66	2,9	2,91
Maximálna dĺžka fronty-zakladač	11,95	31,85	33,1	14,7	14,65

Zdroj: vlastné spracovanie.

V poslednom scenári boli pridané 3 NZV a 3 paletové vozíky. Náklady na toto opatrenie by bolo takmer porovnateľné s nákladmi na jeden dodatočný VZV, ale v porovnaní so scenárom s prídavkom jedného VZV, je situácia podstatne horšia a požadovaná hodnota 90 % nákladných vozidiel čakajúcich menej ako 20 minút nebola dosiahnutá. Okrem toho došlo k zhoršeniu v iných častiach oblasti zberu. Z vyššie uvedeného teda vyplýva, že tento postup samo osebe nevedie k zlepšeniu.

Ďalšou možnosťou je kombinovať zákaz vykonávania činností s otvorením jednej rampy.

Obmedzenie niektorých činností VZV a otvorenie rampy

Počítačová simulácia bude teraz vytvárať situáciu, keď spolu s obmedzeniami niektorých aktivít, je otvorená 4. rampa. Tabuľka 4.9 zobrazuje výsledky rovnakých experimentov ako v predchádzajúcom prípade, okrem toho, že bola otvorená ďalšia rampa. Pre porovnanie, je základný variant v prvom stĺpci. Zaťaženie manipulačných vozíkov výrazne vzrástol, a to aj u NZV na 99,5 %, ale hodnoty sú opäť znížené po pridaní novej manipulačnej techniky. Podiel nákladných vozidiel čakajúcich vo frontu na menej ako 20 minút bude nad limit 90 % len pre jeden scenár. Pre scenár s prídavkom 3 NZV a 3 paletových vozíkov. Dosiahla sa hodnota 91,2 % tu vyplýva, že prahová hodnota bola prekročená na úrovni 5% úrovne významnosti.

Tab. 4.9 Hodnoty sledovaných výstupov v zákaze určitých činností VZV, otvorenie prídavnej Rampy a výmena iných manipulačných zariadení

Manipulačná technika	Zákaz VZV vykonávaných určitých činností + otvorenie prídavnej rampy				
			pal +3ks	NZV +3ks	NZV +3 pal
Využite NZV	92,8%	99,5%	99%	82,5%	80,7%
Využite pal	66,1%	81,4%	58,9%	66,6%	50,3%
Využite VZV	89,4%	84,9%	84,1%	80,7%	79,9%
Maximálna dĺžka fronty - nákladné vozy	3,35%	3%	2,85%	2,8%	2,75%
Priemerná čas čakania - nákladné vozy	9,88%	6,44%	6,18%	5,5%	4,84%
Maximálna čas čakania - nákladné vozy	63,25%	53,9%	54,76%	51,94%	50,47%
% čakajúcich menej ako 20 min	78,7%	88,4%	88,7%	89,4%	91,2%

Zdroj: vlastné spracovanie.

Ďalšie štatistiky v tabuľke 4.10 opisujú hodnoty v frontoch, kde bola aktivita VZV obmedzená. V predchádzajúcej časti sa potvrdilo, že situácia sa tu výrazne zhorší a otvorenie 4. rampy malo len veľmi malý, štatisticky bezvýznamný účinok.

Tab. 4.10 Hodnoty sledovaných výstupov v zákaze určitých činností VZV, otvorenie prídavnej Rampy a výmena ďalších manipulačných techník v frontoch na Medziprodukčnom mieste uskladnenia

Manipulačná technika	Zákaz VZV vykonávaných určitých činností + otvorenie prídavnej rampy				
			pal +3ks	NZV +3ks	NZV +3 pal
Priemerná dĺžka fronty-Medzivýroba	5,92	28,65	22,82	23,36	21,33
Maximálna dĺžka fronty-Medzivýroba	57,95	115,6	113,55	114,3	113,5
Priemerná dĺžka fronty-zakladač	0,71	11,34	10,82	2,93	2,86
Maximálna dĺžka fronty-zakladač	11,95	43,5	41,15	14,7	14,6

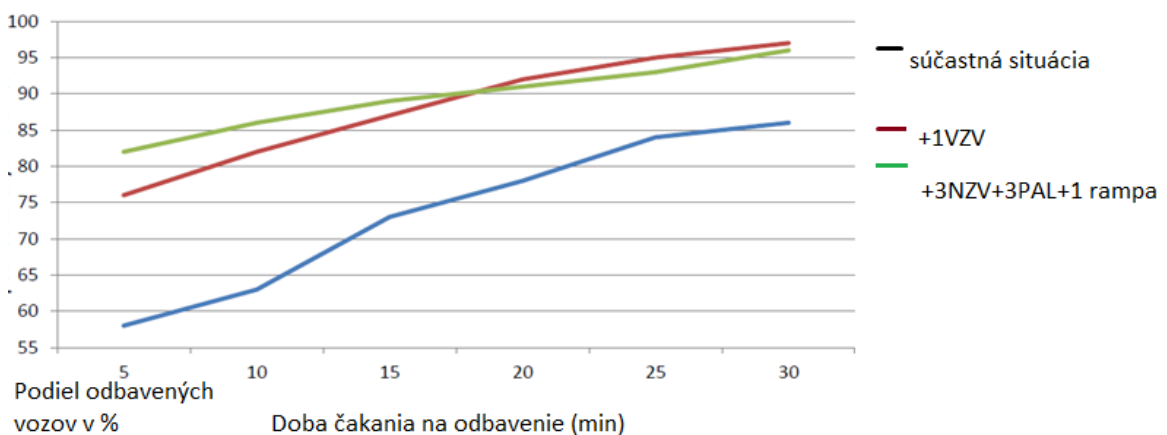
Zdroj: vlastné spracovanie.

Hodnotenie

Cieľom tohto simulačného experimentu bolo určiť najlepší spôsob, ako zvýšiť podiel nákladných vozidiel, ktoré sa dostanú k vykládke do 20 minút nad 90 %. Dvaja z najúspešnejších boli vybraní z výsledkov simulačných experimentov. Prvý scenár sa počíta s pridaním jedného VZV, druhý scenár s prídavkom 3 paletových vozíkov, 3 NZV a otvorenia štvrtej vykladacej rampy.

Graf 4.3 znázorňuje graf, v ktorom je osa x čakacia doba pre minúty a osa y počet nákladných vozidiel, ktoré sa majú skontrolovať v %. Okrem týchto dvoch experimentov bola súčasná situácia pridaná do porovnania. Pre oba vybrané scenáre je pozorovateľné zlepšenie oproti počiatočnej situácii na prvý pohľad. Graf ukazuje, že takmer 60 % nákladných vozidiel bude v súčasnej situácii na vykládke za menej ako 5 minút. V experimente s prídavkom VZV sa táto hodnota zvýšila na 76 %, pre druhý experiment dokonca na 82 %. Podiel kontrolovaných nákladných vozidiel v prípade experimentu s prídavkom jedného VZV rastie o niečo rýchlejšie. Tieto dva návrhy presahujú požadovaný limit 90 %, dizajn s prídavkom VZV to presahuje výraznejšie.

Graf 4.3 Porovnanie variant simulačného experimentu



Zdroj: vlastné spracovanie.

Zo všetkých scenárov a analýz, ktoré sú spracované, je jasné, že lepším riešením je pridať jeden VZV. Toto opatrenie dosahuje významnejšie zlepšenie sledovaných štatistík. Nevýhodou je, že to znamená výrazné zvýšenie nákladov. Druhá možnosť je však z hľadiska zvýšenia takmer porovnateľná a nedosiahla dobré výsledky vo fronte nákladných vozidiel. Druhý návrh tiež zhoršil situáciu v oblasti zberu tovaru z regálov a zvýšil dĺžku sledovaných frontov, čo by

mohlo viesť k potenciálnym problémom v iných častiach skladu a vo výrobe. Naopak, Pridanie VZV zlepši situáciu nielen pri vykládkach, ale aj v iných častiach skladu.

Experiment tohto typu by bolo ťažké implementovať na skutočnom systéme, to by pravdepodobne bolo veľmi nákladné a mohlo by mať významné negatívne následky na chod skladu. Vďaka simulačnému modelu sa experiment môže vykonávať iba v počítačovej forme, čím sa zabráni týmto rizikám. Pomocou modelu v počítači sa podarilo nájsť riešenie pre zadanú úlohu a získané výsledky sú štatisticky významné.

Elektronický Kanban

Druhý experiment bude sledovať zmeny v systéme s prechodom na elektronický Kanban. Ako je opísané v práci vyššie, má elektronický Kanban mnoho priaznivých vplyvov na prevádzku skladu, najmä na plynulosť prevádzky, lepší prehľad o zásobách a vzdanie sa papierových kariet, s ktorými sú problémy. Otázkou je, či zmena bude mať aj určitú výhodu na priemerný a maximálny počet žiadostí v dolnom regále, a ak áno zaťaženie nakladača sa zmení. Tabuľka 4.11 zobrazuje maximálny a priemerný počet požiadaviek v horných a dolných regáloch na vyzdvihnutie. V dolnom stojane na vyzdvihnutie sa maximálne a priemerné hodnoty požiadaviek štatisticky výrazne zlepšili. V hornej pick-up rack už nie je situácia tak jasná. Hoci bol maximálny počet žiadostí štatisticky výrazne znížený, priemerný počet žiadostí sa štatisticky významne zhoršil. Kolísanie počtu žiadostí bolo pravdepodobne znížené, hoci priemerný počet žiadostí bol vyšší, ale extrémny sa znížili.

Tab. 4.11 Karta a elektronický Kanban – počet požiadaviek v pick-regále

	kartový Kanban			elektronický Kanban		
	-99%	Priemer	95%	-95%	Priemer	-95%
Maximálny počet požiadaviek-horný regál	24,88	27,2	29,52	23,36	24,75	26,14
Priemerný počet požiadaviek-horný regál	3,61	3,85	4,09	4,5	4,79	5,07
Maximálny počet požiadaviek-dolný regál	15,66	16,45	17,44	8,6	9,55	10,5
Priemerná počet požiadaviek-dolný regál	1,65	1,73	1,82	0,74	0,79	0,85

Zdroj: vlastné spracovanie.

Priemerné percentuálne vyt'azenie zakladača je opísané v tabuľke 4.12. Podľa týchto hodnôt je záťaž na stohovač mierne znížená, ale zníženie nie je štatisticky významné. Preto sa situácia v tomto ohľade výrazne nezmení.

Tab. 4.12 Priemerné percento vyt'azenia zakladača Hodnotenie

	-95%	Priemer	95%
Kartový Kanban	76,30%	76,90%	77,50%
Elektronický Kanban	76%	76,60%	77,20%

Zdroj: vlastné spracovanie.

Pomocou počítačového modelu sa zistilo, že prechod na elektronický Kanban by nemal žiadny vplyv na zaťaženie nakladača. Ale to bude mať výrazný pozitívny vplyv na počet žiadostí v dolnej pick-up rack. Počet žiadostí v hornej pick-up rack bude mať konfliktný účinok, ale pozorované zhoršenie nie je extrémne a nie je dôvod sa obávať príliš veľa. Tak, pri prechode na elektronický Kanban neexistuje žiadne významné zhoršenie situácie z tohto hľadiska, ale mierne zlepšenie možno očakávať v niektorých ohľadoch.

Balenie

Ďalšou úlohou práce je porovnať, ako by sa situácia zmenila, ak by určití dodávatelia boli presvedčení, že dodávajú materiál v takej forme, že nedošlo k žiadnemu prebaleniu. V súčasnej situácii je potrebné zabaliť približne 74 % všetkých výrobkov, ktoré idú do horného zberného stojana a 21 % výrobkov v spodnej pick-up rack.

Cieľom tohto opatrenia je najmä znížiť obsadenosť oblasti zberu, dosiahnuť situáciu, v ktorej by pomocní pracovníci neboli potrební na obale a v prípade potreby znížiť počet stálych pracovníkov. Simulačný experiment bude sledovať, ako sa sledované charakteristiky menia v troch fázach implementácie tohto opatrenia. V každej etape sa bude rokovať o zmene v balení približne 20 % materiálu, ktorý musel byť zabalený do 60 % pred opatrením.

V tabuľke 4.12 sa v stĺpcoch uvádzajú jednotlivé fázy implementácie opatrení bez intervalov spoľahlivosti. Čiary sú charakteristikami zaťaženia každého manipulačného prostriedku. Tieto ukazovatele sú zahrnuté do analýzy na určenie, či opatrenie a spôsobí významnú zmenu v používaní zdroja.

Pri porovnávaní nulovej fázy (prítomnej) a tretej fázy implementácie bude mať paleta a vozík s nízkym zdvihom štatisticky výrazný nárast zaťaženia, ale zmena nie je veľká a prevádzka skladu by sa v tomto ohľade nemala ohroziť. Naopak, VZV bude mať štatisticky významné zníženie, ale rozdiel nie je znova nevyhnutný.

Tab. 4.13 Vytáženie manipulačnej techniky v jednotlivých fázach v rozhodovaní o balení

Fáza	0	1	2	3
NZV	92,80%	92,80%	93,50%	93,70%
paletový vozík	66,10%	66,90%	67,90%	67,90%
VZV	89,40%	88,90%	88,40%	88,30%

Zdroj: vlastné spracovanie.

V tabuľke 4.13 opäť uvádzam stupeň implementácie opatrení v stĺpcoch a sledované charakteristiky v riadkoch. Postupne budú všetky popisované.

Pre priemernú dĺžku frontu (alebo priemerný počet paliet materiálu čakajúcich na balenie) je zrejmé, že priemerná dĺžka frontu klesá stabilne, pretože počet materiálov, ktoré sa majú zabaliť, klesá. V tretej etape implementácie opatrenia (to znamená, že ak sa mu podarilo rokovať o zmene obalu takmer 60 % z predtým zabaleného materiálu), dĺžka frontu klesá z pôvodných 34,8 na 0,4 kusov, čo je v podstate hladký chod.

Priemerná maximálna dĺžka frontu tiež veľmi rýchlo klesá od prvej fázy implementácie. Z pôvodných 96,6 kvapiiek v tretej fáze až do 10,3.

Tab. 4.14 Čakanie na balenie v jednotlivých fázach rozhodovania o balení

Fáza	0	1	2	3
Priemerná dĺžka fronty	36,10	16,49	3,72	0,43
Maximálna dĺžka fronty	96,55	68,65	28,54	10,32
Priemerný čas čakania	130,26	73,35	20,15	3,66
Maximálna čas čakania	276,76	243,56	104,08	37,40
% čakajúcich menej ako 10min	5,90	12,60	44,80	86,20

Zdroj: vlastné spracovanie.

Pre čas strávený vo fronte sa pozoruje aj výrazný pokles, a to v priemere aj v maximálnych hodnotách. Priemerný čas klesá stabilne od 130,3 do 3,7. Maximálny čas v prvej fáze zaznamenáva aj štatisticky významný pokles, ale tento pokles je relatívne malý. V nasledujúcich fázach, nápadné skrátenie frontu je už pozorovateľné v tejto štatistike.

Limit nastavený na čakanie na balenie je 10 minút. V súčasnej situácii je veľmi zriedkavé pozorovať to v 4,7 % prípadov (palety sú prevzaté do balenia podľa pravidla FIFO). Už v 1. etape sa situácia mierne zlepšuje, ale významný posun sa bude konať len v treťom štádiu implementácie, keď sa dosiahne 86,2 %. Skrátenie času balenia však nie je nadmerný tlak a na stanovený limit sa nehľadí. V baliacom modeli, sekvencia je v režime FIFO, ale v reálnom systéme je možné zmeniť poradie podľa dôležitosti.

Prvá línia tabuľky 4.15 hovorí, ako sa situácia zmení v oblasti vyskladnenia. Konkrétne sú palety, ktoré sú pripravené pre založenie nakladačom a čakajú na nejakú manipulačnú techniku. Zdá sa, že opatrenie nebude mať žiadny vplyv na čas strávený v tomto fronte, takže tovar musí tak urobiť bez ohľadu na to, či nastal obal. Avšak hodnoty naznačujú, že to nie je naozaj prípad, a tam je štatisticky významné lepenie v 1. a 2. implementačnej fáze.

Tab. 4.15 Front na stohovači a VP v rôznych fázach rozhodovaní o obaloch

Fáza	0	1	2	3
Zakladač-priemerný čas čakania	17,72	14,30	12,43	13,12
VP - Priemerná dĺžka fronty	85,86	67,29	60,82	61,34
Priemerný čas čakania	220,50	201,45	193,60	191,80

Zdroj: vlastné spracovanie.

Tabuľka 4.15 tiež ukazuje, ako sa zmena bude odrážať v celej vychystávacej ploche. Priemerný počet uložených paliet sa tiež znižuje podľa očakávania. Pokles nie je tak výrazný ako pre front na obale, ale to je štatisticky významné v prvých dvoch fázach, v tretej fáze len veľmi mierny, štatisticky bezvýznamný pokles nastane u priemeru. Vykonávanie opatrení má tiež podobný vplyv na maximálnu obsadenosť oblasti zberu. Opäť platí, že vo všetkých štádiách poklesu, ktorý bol štatisticky významný len v 1. fáze.

Nasledujúca tabuľka 4.16 sa venuje pracovnému zaťaženiu pracovníkov. Hodnoty sa získavajú zo štatistík zaťaženia aktivity, pretože sú identické s pracovnou záťažou pracovníkov.

Tab. 4.16 Pracovná záťaž pracovníkov v každej etape rozhodovaní obalov

Fáza	0	1	2	3
Pracovníci	3,86	3,33	2,52	1,70
Pomocný pracovníci	0,29	0,02	0,00	0,00

Zdroj: vlastné spracovanie.

Tabuľka 4.16 ukazuje, že v súčasnej situácii, všetci štyria pracovníci sú vyťažení v priemere 0,29 z iného pracovníka, ktorý pracuje ako výpomoc. Obaja sú takmer stále nevyťažení. V prvej fáze implementácie je potreba pracovníkov 3,33 a pre pomocných pracovníkov iba 0,02, čo v podstate znamená, že sa budú používať iba vo výnimočných situáciách. V druhej a tretej etape sa pomocní pracovníci nevyžadujú vo všetkých situáciách a zamestnanci na plný úväzok sú 2,52 a 1,70. Preto, variant bol ešte testovaný, keď počet pracovníkov by sa znížil na tri alebo dva.

V tomto experimente sú najdôležitejšími ukazovateľmi priemerný a maximálny počet paliet vo frontu na balík, celkový front v oblasti vyskladnenia a pracovná záťaž pracovníkov. Preto sa táto dodatočná analýza obmedzí len na tieto štatistiky. Výsledky experimentu sú v tabuľke 4.17 pre hodnoty frontu na obale a v tabuľke 4.18 pre celkové hodnoty z oblasti vyskladnenia.

Tab. 4.17 Front na balenie v jednotlivých fázach jednaní o balenia podľa počtu pracovníkov

Pracovníci	Balenie	0	1	2	3
4	Priemerná dĺžka fronty	36,10%	16,49%	3,72%	0,43%
4	Maximálna dĺžka fronty	96,55%	68,65%	28,54%	10,32%
3	Priemerná dĺžka fronty	62,88%	45,00%	13,75%	1,71%
3	Maximálna dĺžka fronty	130,70%	93,65%	56,06%	19,00%
2	Priemerná dĺžka fronty	257,65%	71,11%	57,33%	10,70%
2	Maximálna dĺžka fronty	356,10%	127,20%	91,80%	42,25%

Zdroj: vlastné spracovanie.

Trend je zreteľne viditeľný pre všetky pozorované množstvá, s následnými fázami priemernej a maximálnej dĺžky frontu klesá. V prvej fáze budú mať traja stáli pracovníci výrazné zhoršenie, a to aj v porovnaní so súčasnou situáciou (nulová fáza). V situácii dvoch pracovníkov je podmienka ešte horšia. V druhej etape troch pracovníkov je situácia už lepšia. Priemerná dĺžka frontu klesla na 13,75. Pre porovnanie so štyrmi pracovníkmi to bolo len 3,72 v tejto fáze. Maximálna dĺžka 56,05 v porovnaní s 28,54 so štyrmi pracovníkmi. Situácia s dvomi pracovníkmi zostáva v podstate nepoužiteľná. V tretej fáze implementácie, traja pracovníci už dosahujú veľmi slušné výsledky. Priemerná dĺžka frontu je len 1,71, maximum je 19,00. Situácia s dvoma pracovníkmi v tretej etape je tiež relatívne dobrá. V tomto prípade priemerná dĺžka frontu na balík je 10,70 a maximum je 42,25.

Tab. 4.18 VP dĺžka fronty v každej etape rozhodovania o obaloch podľa počtu zamestnancov

Pracovníci	Balenie	0	1	2	3
4	Priemerná dĺžka fronty	36,10%	67,29%	60,82%	61,34%
4	Maximálna dĺžka fronty	220,50%	201,45%	193,60%	191,80%
3	Priemerná dĺžka fronty	111,67%	92,49%	64,29%	59,77%
3	Maximálna dĺžka fronty	248,00%	221,65%	194,30%	186,85%
2	Priemerná dĺžka fronty	302,39%	119,80%	106,01%	62,19%
2	Maximálna dĺžka fronty	441,70%	253,65%	229,35%	193,35%

Zdroj: vlastné spracovanie.

Situácia na celej oblasti zberu má podobný vývoj. Existuje pozorovateľný stály pokles pre všetky pozorované vlastnosti. V prvej fáze sú rozdiely medzi štyrmi a tromi pracovníkmi viditeľné, ale v druhej fáze sú veľmi podobné. Status s dvomi pracovníkmi je veľmi blízko tretej fázy, kde sú hodnoty porovnateľné a rozdiely medzi nimi nie sú štatisticky významné. Nakoniec sa vykonáva analýza priemernej pracovnej záťaže pracovníkov, hodnoty výsledkov sú zachytené v tabuľke 4.19. V prvej fáze, v situácii s tromi zamestnancami, každý sa používa takmer nepretržite, a navyše, 0,35 ďalšia osoba musí byť vyvedená von. V štyroch pracovníkoch v tejto fáze bola pomoc sotva potrebná. V druhej etape klesne priemerná pracovná záťaž na 2,51 zamestnancov a pomocný pracovníci už nie sú v tejto fáze potrební. V tretej etape je situácia rovnaká bez ohľadu na počet zamestnancov, ktorí sú trvale zamestnaní. Pomocní pracovníci už nie sú v priemere 1,70 a stáli zamestnanci sú aktívni.

Tab. 4.19 Pracovné zaťaženie pracovníkov v každej etape rozhodovaní o obaloch podľa počtu pracovníkov

Pracovníci	Fáza	0	1	2	3
4	Stáli pracovníci	3,86	3,33	2,52	1,70
4	Pomocný pracovníci	0,29	0,02	0,00	0,00
3	Stáli pracovníci	3,00	2,98	2,51	1,70
3	Pomocný pracovníci	1,17	0,35	0,00	0,00
2	Stáli pracovníci	2,00	2	2,00	1,70
2	Pomocný pracovníci	2,00	1,35	0,52	0,00

Zdroj: vlastné spracovanie.

Hodnotenie

Možno predpokladať, že dodávatelia budú vyžadovať vyššiu cenu pri výmene balíkov. Otázkou je, koľko úspory možno očakávať od možného zavedenia opatrení, a či sa to vôbec oplatí. Z vyššie uvedeného údaju vyplýva, že ak sa úspešne prerokujú druhy dodaných obalov, bude to pozitívne zohľadnené v situácii v oblasti vyberania a vykonanej práce na celom sklade. Predovšetkým sa zníži priemerná a maximálna obsadenosť plochy vyskladnenia, zrýchľuje sa prietok materiálu a uvoľní sa vyťaženosť pomocných pracovníkov. Okrem toho existujú aj technické úspory, ako sú náklady na samotné obaly alebo zníženie zaťaženia na likvidáciu pôvodného obalu.

Pokiaľ ide o zamestnancov, takmer úplné vyťaženie pomocných pracovníkov možno očakávať hneď od prvej etapy. Podľa vyššie uvedených výsledkov znižovania počtu zamestnancov na plný úväzok, zatiaľ čo niektoré ukazovatele povedú k zhoršeniu situácie, zhoršenie nie je príliš agresívne. Ak sa manažment rozhodne znížiť počet pracovných miest, bolo by vhodné, aby sa zníženia postupne vychádzali z vykonanej analýzy. V prvej fáze implementácie, pobyt so štyrmi pracovníkmi, v druhej fáze znížiť počet pracovníkov na tri a v poslednej fáze znížiť počet pracovníkov na posledné dva. Tento variant je tiež zachytený na obrázkoch 3.16 a 3.17 vo forme tenkej červenej čiary. Na grafe ukazujúci situáciu v balíku frontu, je možné vidieť, že zlepšenie situácie bude miernejšia ako v situácii so štyrmi pracovníkmi, ale aj tak bude významná. V prípade celého priestoru na vyskladnenie je možné vidieť, že výsledky navrhovaného riešenia sú v podstate zhodné s výsledkami experimentu štyroch pracovníkov.

S týmto experimentom si je možno lepšie predstaviť, ako sa situácia bude vyvíjať po zmene množstva baleného materiálu. Pomocou počítačových simulácií bolo pre správne rozhodnutie získať dostatok informácií, či bolo užitočné rokovať s dodávateľmi o zmene obalu a v akom rozsahu.

JIT

Ďalší experiment vykonaný simuláciou sa zameria na JIT. V súčasnosti sa prepravuje približne 10 % tovaru v režime JIT do skladu od externých dodávateľov. Cieľom tohto experimentu je zistiť, ako sa situácia zmení, ak sa toto percento zvýši. Situácia v oblasti vyberania a zaťaženia manipulačných zariadení bude monitorovaná. Možno očakávať dve protichodné tendencie, a to zvýšenie počtu paliet na oblasti vyskladnenia, ktoré sú nasmerované priamo do výroby (JIT) a zníženie počtu paliet, ktoré sú nasmerované do skladu a medzivýroby. Otázkou je, ktorá z týchto tendencií prevažuje, a či sa obsadenie oblasti zberu zvýši alebo zníži.

Tabuľka 4.20 zobrazuje priemernú veľkosť frontu v jednotlivých (fiktívnych) častiach oblasti vyskladnenia.

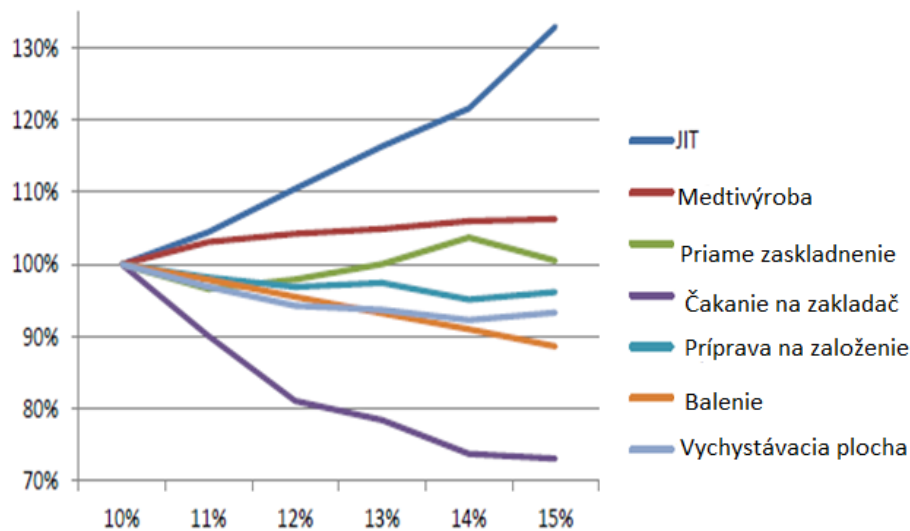
Tab. 4.20 Priemerný počet paliet v každej (fiktívnej) časti oblasti vyskladnenia

Priemerná dĺžka fronty	10%	11%	12%	13%	14%	15%
JIT	16,51	17,25	18,24	19,22	20,08	21,96
Medzivýroba	0,71	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75
Priame zaskladnenie	1,02	0,98	1	1,02	1,05	1,02
Front na zakladač	25,6	23,06	20,75	20,8	18,89	18,72
Príprava pre založenie	5,92	5,81	5,73	5,77	5,63	5,69
Balenie	36,1	35,33	34,49	33,65	32,85	21,01
Vychystávacia plocha	85,86	83,17	80,95	80,47	79,25	80,14

Zdroj: vlastné spracovanie.

Graf 4.4, v ktorom je osa x časťou materiálu v režime JIT a percentuálnou zmenou osi y v priemernej dĺžke frontu v porovnaní so základnou situáciou. Graf zachytáva spôsob, akým bude experiment vyvíjať zmenu priemernej dĺžky frontu v každej časti oblasti vyskladnenia.

Graf 4.4 Relatívny prírastok priemernej dĺžky frontu v každej časti vychystávacej plochy; zmena oproti základnej situácii a podiel materiálu v režime JIT



Zdroj: vlastné spracovanie.

Tabuľka a graf ukazujú, že očakávania boli potvrdené a že počet paliet, ktoré sú priamo vo výrobe v oblasti zberu (JIT) naozaj rastie. Okrem toho sa potvrdilo, že niektoré ďalšie fronty boli znížené, hlavne v rámci prípravy na založenie a vo fronte na obaly. Celkovo bolo tiež zníženie v oblasti zberu pravdepodobne spôsobené hlavne znížením prípravy na založenie frontu. Toto zníženie je platné až do 14 % materiálu v režime JIT potom začína prevládať trend rastu celkovej priemernej obsadenosti. V porovnaní s očakávaniami je priemerná veľkosť frontu výrobkov, ktoré čelia medziprodukcii, štatisticky významná. To je pravdepodobne dôsledkom vyššieho pracovného zaťaženia VZV a NZV v oblasti prevodu do výroby, a teda aj v medziprodukcii.

Tabuľka 4.21 a Graf 4.4 popisujú maximálnu obsadenosť každej časti oblasti vyskladnenia. Tu je situácia trochu zložitejšia. Ako sa očakávalo, maximálny výrobný front (JIT) sa zvýšil, ale určitý trend už nie je viditeľný pre ostatné časti oblasti vyskladnenia.

Tab. 4.21 Maximálny počet paliet v každej (fiktívnej) časti oblasti vyskladnenia

Maximálna dĺžka fronty	10%	11%	12%	13%	14%	15%
JIT	76,3	78,8	81,5	82,85	85,9	91,3
Medzivýroba	11,95	11,6	12,6	11,95	11,7	11,75
Priame zaskladnenie	21,2	19,7	20,55	20,8	21,95	22,35
Front na zakladač	95,45	88,6	79,2	83	78,45	80,15
Príprava pre založenie	57,95	56,75	55,85	57,25	56,6	58,25
Balenie	96,55	96,35	94,9	93,2	92,95	92,55
Vychystávacia plocha	220,5	213,7	208,9	206,35	200,65	202,9

Zdroj: vlastné spracovanie.

Celkovo sa maximálna dĺžka frontu v oblasti vyskladnenia znižuje na 14 % materiálu v režime JIT. S podielom 15 %, táto štatistika sa mierne zvyšuje, ale štatisticky významne.

Nakoniec sa analyzuje používanie manipulačných zariadení. Tabuľka 4.22 znázorňuje percentuálny podiel použitia každého typu manipulačných techník. Rozdiely v pracovnom zaťažení nie sú prekvapujúce ani výrazné. Rozdiely vo výrobe (JIT) nakládky VZV a NZV sa zvýšili. Bolo zaznamenané mierne zníženie pre nakladače a paletový vozík.

Tab. 4.22 Technika manipulácie s nákladom podľa podielu materiálu v režime JIT

Využitie manipulačnej techniky v %	10%	11%	12%	13%	14%	15%
NZV	92,8	93	93,5	93,8	94,3	94,8
Paletový vozík	66,1	65,9	65,7	65,2	64,8	64,5
VZV	89,4	89,5	89,7	90	90,3	90,3
Zakladač	76,9	76,3	75,9	75,6	75,4	74,9

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zvýšenie priemernej aj maximálnej dĺžky frontu JIT je pomerne významné, takže situácia s prídavkom jedného NZV na celkový počet 5 bude stále simulovaná. V tabuľke 4.23 sa získavajú hodnoty.

Tab. 4.23 Sledované indikátory s prídavkom jedného NZV podľa podielu materiálu v JIT

	10%	11%	12%	13%	14%	15%
Vytáženie NZV v %	87%	87%	88%	88%	88%	89%
Priemerný čas čakania - JIT	0,5	0,47	0,49	0,48	0,51	0,53
Maximálny čas čakania - JIT	10,1	9,7	9,95	10,25	9,9	10,9
Priemerný čas čakania - VP	82,81	80,2	77,96	75,48	74,44	73,59
Maximálny čas čakania - VP	21695	211,2	206,35	200,05	199,15	199,55

Zdroj: vlastné spracovanie.

Zlepšenie pracovného zaťaženia NZV je približne 6 percentuálnych bodov v porovnaní so štyrmi NZV. Priemerná dĺžka frontu sa výrazne zlepšila, zatiaľ čo v situácii so štyrmi NZV to bolo 16,5 až 22,0 paletového miesta, s 5 NZV sa pohybuje hodnota okolo 0,5 palet. Vplyv na obsadenie celej oblasti zberu už nie je tak výrazný, ale to je ešte štatisticky významné.

Zhodnotenie

Z vykonanej analýzy vyplýva, že pri postupnom zvýšení podielu materiálu v režime JIT priemerný počet palet umiestnených v oblasti vyskladnenia klesá až do 14% podielu. V tejto časti sa trend znižovania dĺžky frontov v materiálnej oblasti dominuje klasický režim, najmä obaly a príprava na založenie. Z 15 % materiálu v režime JIT, tam je výrazný nárast v oblasti zberu, a to ako priemerná, tak aj maximálna dĺžka frontu.

Očakáva sa, že priemerný počet palet čakajúcich na priamu prepravu do výroby v režime JIT sa zvýši. Avšak, tento nárast môže byť eliminovaný pridaním jedného NZV do systému, ktorý by znížil sledovaný ukazovateľ takmer na nulu, a celková obsadenosť oblasti zberu by sa tiež mierne zlepšila.

4.2.6 Kombinácia experimentov

Nakoniec, vybrané scenáre všetkých experimentov budú vyhodnotené v rovnakom čase. Prvý experiment navrhol pridanie jediného VZV ako najvhodnejšie riešenie. Druhý experiment ukázal situáciu po prechode na elektronický Kanban. Tretí experiment sa zaoberal postupným znížením materiálu, ktorý si vyžaduje opätovné zabalenie a zároveň znižuje počet pracovníkov. V treťom experimente bol podiel tovaru prichádzajúci v režime JIT postupne zvyšovaný.

Nasledujúce tabuľky sú hodnotami postupného vykonávania týchto opatrení. V 1. kroku je pridaný 1 VZV a Kanban ide do elektronického systému kariet. V 2. kroku je situácia, keď sa podiel materiálu potrebného na balenie zníži o 40 % a jeden pracovník sa zdvihol a 13 % externého tovaru je v režime JIT. V 3. kroku sú všetky experimenty v poslednej fáze.

Predpokladá sa, že po pridaní jediného VZV by iné pokusy nemali mať významný vplyv na dĺžku doby, počas ktorej nákladné vozidlo čakajú skôr, než dosiahnu vykládku. Tento predpoklad sa preskúma v tabuľke 4.24.

Tab. 4.24 Podiel nákladných vozidiel čakajúcich vo fronte na vykládku menej ako 20 minút v každom kroku v %

Krok	-95%	Priemer	95%
1	91,75	92,55	93,3
2	91,46	92,27	93,1
3	91,43	92,11	92,8

Zdroj: vlastné spracovanie.

Tab. 4.25 Sledované indikátory situácie v hlavnom stojane skladu v každom kroku

Krok	1	2	3
Maximálny počet požiadaviek - horný regál	24,65	21,7	22,1
Priemerný počet požiadaviek - horný regál	4,74	4,2	4,09
Maximálny počet požiadaviek - dolný regál	9,1	9,05	9,25
Priemerný počet požiadaviek - dolný regál	0,71	0,64	0,7

Zdroj: vlastné spracovanie.

V tabuľke 4.25 v prvom stĺpci sa zavádzajú hodnoty E-Kanban a pridá sa 1 VZV. V tomto kroku ešte neboli zohľadnené iné opatrenia. V porovnaní s tabuľkou 4.11 je možno vidieť, že situácia sa zlepšila s prídavkom 1 VZV, takže tieto opatrenia budú mať vplyv aj na zber regálov. V ďalšom kroku implementácie je pozorovateľné zlepšenie, najmä pre maximálny počet žiadostí v hornej pick-up rack, iné vlastnosti vykazujú nižšiu, aj keď stále štatisticky významnú zmenu. V treťom kroku, najviac monitorovaná Štatistika bude mať za následok zhoršenie v porovnaní s druhým krokom. Táto zmena však vo väčšine prípadov nie je štatisticky významná. Výsledky používania manipulačných techník budú vyhodnotené. Tabuľka 4.26 ukazuje, že neexistujú žiadne príliš významné zmeny. Nakladač zaťaženia

mierne klesá, len NZV zaznamenáva výrazné zvýšenie zaťaženia. V experimente, zvýšenie podielu materiálu v režime JIT, NZV zaťaženie zvýšil na 94,8 %, pozri tabuľku 4.22. Tam je zlepšenie v NZV.

Tab. 4.26 Vyťaženie zdrojov v jednotlivých krokoch

	1	2	3
Balenie	88,6	90,6	91,6
Paletový vozík	64	65,2	64,6
VZV	81,9	81,5	81,8
Zakladač	76,8	75,7	74,9
Nákladný Voz	68	68,5	68,7

Zdroj: vlastné spracovanie.

Nakoniec, situácia bude analyzovaná v oblasti zberu VP. V tabuľke 4.27 je priemerný počet paliet v každej časti plochy vyskladnenia a graf 4.5, v ktorom je vývoj zachytený, ak je osa y kumulovaným súčtom priemerov v každej časti skladu a osa x jednotlivých krokov implementácie opatrenia.

Tab. 4.27 Priemerný počet paliet vo všetkých častiach oblasti vyskladnenia v jednotlivom kroku v %

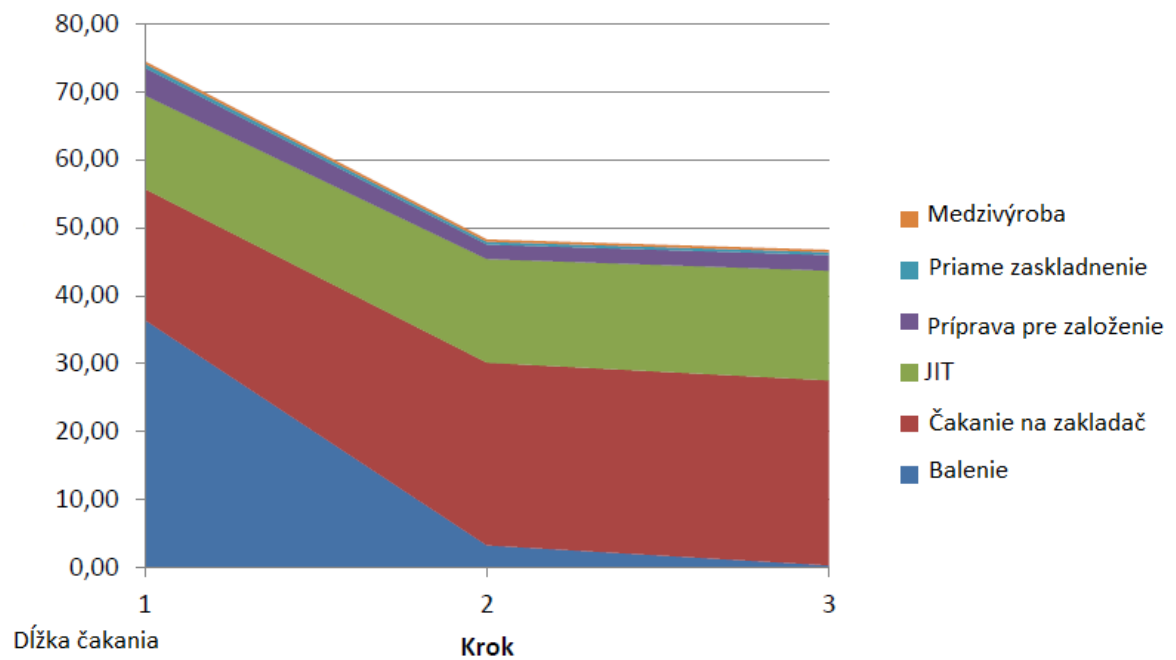
	1	2	3
Balenie	36,45	3,32	0,38
Front na zakladač	19,27	26,87	29,19
JIT	13,76	15,23	16,12
Príprava pre založenie	4,05	2,12	2,29
Priame zaskladnenie	0,61	0,42	0,43
Medzivýroba	0,33	0,33	0,33
Vychystávacia plocha	75,48	50,28	49,75

Zdroj: vlastné spracovanie.

V prvom kroku je najviac paliet vo vychytávacej ploche určené na balenie. V druhom a treťom postupe však tento podiel výrazne klesá a väčšina priestorov je vyhradená pre palety čakajúce na zakladač. Ostatné významné proporcie sú palety s materiálom v režime JIT, tu je pozorovateľný mierny nárast. Ďalej sa riadia veľkým intervalom paliet pripravených

na založenie. Priemerný počet paliet v zostávajúcich dvoch častiach je takmer nulový. Celkovo sa v oblasti vyskladnenia pozoruje výrazné zníženie obsadenosti, najmä v druhom kroku, ktoré je dôsledkom najskrátenejších priemerných dĺžok paletového frontu pripraveného na balenie. V treťom kroku je pozorovateľný mierny, ale stále štatisticky významný pokles.

Graf 4.5 Priemerná dĺžka frontu v oblasti vyskladnenia v jednotlivých krokoch



Zdroj: vlastné spracovanie.

Záver

Sklad výrobného podniku je veľmi živý a premenlivý systém. Operatívne plánovanie a riešenie neočakávaných situácií je na dennom poriadku a je jasné, že simulácia nemôže zahŕňať každodenné rozhodovanie pracovníkov, ktorí majú jasný vplyv na chod systému. To môže byť čiastočne vykonané v modeli znížením variability niektorých vstupných faktorov. Pracovníci skladu sú schopní riešiť extrémne situácie, ktoré sa vyskytujú v sklade, a tým znížiť ich vplyv na iné články reťazce v systéme. To je však len zjednodušenie skutočnosti a akékoľvek zjednodušenie môže viesť k narušeniu výsledkov.

Preto je otázkou, či počítačové simulácie sú vhodným prostriedkom na preskúmanie takéhoto systému. V tejto práci sa podarilo ukázať, že napriek výraznému zjednodušeniu je možné zachytiť podstatu všetkých dôležitých procesov v systéme a dosiahnuť uspokojivé výsledky. Treba tiež zdôrazniť, že nie je veľa metód, ktoré by mohli zachytiť podstatu takéhoto komplexného systému. Analytickým spôsobom by bolo možné skúmať niektoré časti systému, ale nie celý systém ako celok, vrátane stochastických vplyvov. Práve z dôvodu vysokej vzájomnej závislosti jednotlivých procesov boli počítačové simulácie najvhodnejšou metódou a najvhodnejším spôsobom skúmania a opisom skutočného systému.

Cieľom práce bolo vytvoriť model zodpovedajúci realite a vykonať sériu experimentov. Niektoré experimenty majú odhaliť vplyv zmien v budúcich alebo hypotetických situáciách a navrhovať riešenia na reagovanie alebo prípravu na zmeny. V práci boli celkom štyri témy, ktorých sa experimenty týkali:

1. Navrhnutie zmeny na zabezpečenie kratších nákladných vozov čakajúcich na vykládku

V tomto experimente, počítačová simulácia dala odpoveď na to, ako zvýšiť podiel nákladných vozidiel a čakanie na voľnú vykládkovú rampu menej ako 20 minút nad 90 %. Uskutočnila sa séria experimentov, v ktorej sa dodržala táto skutočnosť, ako aj vplyv zmien v prevádzke celého skladu. Vzhľadom na výsledky experimentov, bolo odporučené najat' ďalšie VZV, a tým dosiahnuť potrebné zlepšenia.

2. Prechod do elektronického systému Kanban

Cieľom tohto experimentu bolo odhaliť, ako sa situácia v hlavnom stojane skladu zmení, ak prešla z klasického Kanban systému do elektronického systému a či sklad nebol ohrozený.

Pomocou experimentu sa zistilo, že sledované ukazovatele sa nezhoršili, v niektorých prípadoch došlo dokonca k miernemu zlepšeniu situácie.

3. Zmeny v množstve baleného materiálu

Tretí experiment sa týkal balenia materiálu na oblasť vyskladnenia. Cieľom bolo zistiť, ako sa bude vyvíjať situácia v oddelení obalov aj celej vychystávacej plochy, keď sa postupne znížil podiel materiálu, ktorý sa má zabaliť. Experiment identifikoval, ako by sa zlepšil stav sledovaných častí skladu, a tak ponúkol lepšiu pozíciu pri rozhodovaní o tom, na koľko znížiť podiel baleného tovaru. V práci sa analyzovala aj situácia pracovníkov a zistilo sa, či a kedy by sa mal znížiť počet baliacich pracovníkov.

4. zmeny v pomere materiálu dodaného v rámci režimu JIT

Cieľom tohto experimentu bolo zistiť, či sa priemerný počet paliet v oblasti vyskladnenia zníži alebo zvýši, keď sa zvýši podiel materiálu dodaného v režime JIT. Podľa predpokladu boli v experimente pozorované dva protichodné trendy a zistilo sa, že celkové zníženie obsadenosti oblasti zberu by malo pozitívny dopad a priemerný počet paliet umiestnených v ňom by sa znížil.

Zo štyroch experimentov sa získali štatisticky významné výsledky, z ktorých bolo možné vytvoriť závery, ktoré sú užitočné pre správne rozhodovanie v skutočnom systéme.

Súpis bibliografických citácií

Tlačené zdroje

ČUJAN, Z. *Logistika výrobních technologií*. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s., 2013. ISBN 978-80-87179-31-4.

DLOUHÝ, M. a kol. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3449-8.

GROS, I. a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5. Dostupné také z: http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/publikace?uid=uid_isbn-978-80-7080-952-5.

HAUGE, W. *Learning SIMUL8: the complete guide*. Bellingham: PlainVu, 2004. ISBN 0970938438.

HLAVOŇ, I. a kol. *Dopravní a spojová soustava*. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s., 2010. ISBN 978-80-87179-12-3.

JIRSÁK, P., MERVART, M. a M. VINŠ. *Logistika pro ekonomy – vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer ČR, 2012. ISBN 978-80-7357-958-6.

KLAPITA, V. a J. LIŽBETIN. *Sklady a skladovanie*. Žilina: ŽU v Žiline (EDIS), 2010. ISBN 978-80-554-0278-9.

LAMBERT, D. M., ELLRAM, L. M. a J. R. STOCK. *Logistika*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0504-0.

LAMBERT, D. M., ELLRAM, L. M. a J. R. STOCK. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.

MACUROVÁ, P., KLABUSAYOVÁ, N. a L. TVRDOŇ. *Logistika*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.

MALINDŽÁK, D. a kol. *Aplikácia modelovanie a simulácie v logistike podniku*. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2009. ISBN 978-80-553-0264-5.

MALINDŽÁK, DUŠAN A KOL.: TEÓRIA LOGISTIKY. KOŠICE: TU, 2007. 251 S. ISBN 978-80-8073-893-8

PEGDEN, C., SHANNON R. a R. SADOWSKI. *Introduction to simulation using SIMAN*. New York: McGraw-Hill, 1995. ISBN 0070493200.

PERNICA, P. *Logistika pro 21. století: (Supply chain management) – 3. díl*. Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.

MÁRTON, Peter - ADAMKO, Norbert: *Praktický úvod do modelovania a simulácie*. Žilina: 2011. 264 s. ISBN 978-80-554-0387-8.

KOŠTURIAK, Ján – GREGOR, Milan: *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina. EDIS, 2000. 406 s. ISBN–80-7100-553-3

Bigoš, Peter – Kiss, Imrich – Ritók, Juraj – Kastelovič, Eduard: *Materiálové toky a logistika 2: Logistika výrobných a technických systémov*. Technická univerzita v Košiciach, 2008. 194 s. ISBN 978-8-055-30130-3

Elektronické zdroje

Document Moved. *Document Moved* [online]. Hamburg: Jungheinrich AG, © 2019 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.jungheinrich.sk/produkty>.

VALLO, M. Kanban – systém vizualizácie vývoja. *Zdroják: o tvorbě webových stránek a aplikací* [online]. Praha: Devel.cz Lab s.r.o., 2019, 2.8.2010 [cit. 2019-04-13]. ISSN 1803-5620. Dostupné z: <https://www.zdrojak.cz/clanky/kanban-system-vizualizacie-vyvoja/>.

Zoznam použitých skratiek a značiek

CL	celovozová zásielka
FEFO	first expire first out
FIFO	first in first out
FTL	celokamiónová zásielka
JIS	just in sequence
JIT	just in time
LIFO	last in first out
LTL	menšia zásielka ako TL
NZV	nízkozdvižný vozík
VP	vychystávací plocha
VZV	vysokozdvižný vozík

Zoznam ilustrácií a tabuliek

Zoznam grafov

Graf 2.1	Tržby skladov jednotlivých klientov	31
Graf 4.1	Obsadenie oblasti zberu v čase	54
Graf 4.2	Počet požiadaviek v hornej časti stojana na vyzdvihnutie	56
Graf 4.3	Porovnávanie variant simulačného experimentu	63
Graf 4.4	Relatívny prírastok priemernej dĺžky frontu v každej časti vychystávacej plochy; zmena oproti základnej situácii a podiel materiálu v režime JIT	72
Graf 4.5	Priemerná dĺžka frontu v oblasti vyskladnenia v jednotlivých krokoch	77

Zoznam obrázkov

Obr. 1.1	Regálový systém	19
Obr. 1.2	Paletový vozík	23
Obr. 1.3	Nízkozdvížné vozíky	24
Obr. 1.4	Vysokozdvížné vozíky	25
Obr. 1.5	Zberné regálové vozíky	26
Obr. 2.1	Poloha skladu z katastrálnej mapy	28
Obr. 2.2	Layout skladu – aktuálny stav	29
Obr. 2.3	Nežiadúci stav na rampe	30
Obr. 2.4	Nakladacia rampa – súčasný stav	30
Obr. 3.1	Navrhovaná nakladacia rampa	32
Obr. 3.2	Simulácia inovácie	33
Obr. 3.3	Layout skladu s tromi rampami	34
Obr. 3.4	Štruktúra simulačného modelu	35
Obr. 3.5	Štruktúra simulačného modelu zásobovanie zo starého závodu	36
Obr. 3.6	Zásobovanie externými dodávateľmi – simulačný model	37

Obr. 3.7	Vykládka – simulačný model	39
Obr. 3.8	JIT – simulačný model	40
Obr. 3.9	Medzivýroba - simulačný model	41
Obr. 3.10	Balenie - simulační model	42
Obr. 3.11	Priame naskladnenie – simulačný model.....	42
Obr. 3.12	Príprava k založeniu – simulačný model	43
Obr. 3.13	Hlavný regálový sklad	44
Obr. 3.14	Skladový regál – simulačný model.....	45
Obr. 3.15	Horný pickovací regál – simulačný model	46
Obr. 3.16	Spodný pickovací regál – simulačný model	47
Obr. 3.17	Výroba – simulačný model	48

Zoznam schém

Schéma 1.1	Postup pri simulácii.....	10
Schéma 1.2	CROSS-DOCKING	14
Schéma 1.3	Kanban	22
Schéma 3.1	Trasy nákladných vozidiel	51

Zoznam tabuliek

Tab. 2.1	Trvanie vykládky jednej palety v závislosti na jednu rampu	29
Tab. 3.1	Trvanie vykládky jednej palety v závislosti na rampu	39
Tab. 3.2	Priority manipulačnej techniky.....	49
Tab. 4.1	Priemerné využitie zdrojov v základnej časti simulácie.....	52
Tab. 4.2	Priemerný a maximálny počet paliet pre oblasť vyskladnenia.....	53
Tab. 4.3	Priemerná a maximálna dĺžka frontov; Priemerné a maximálne čakacie doby v každej časti podniku.....	55

Tab. 4.4	Priemerný a maximálny počet žiadostí v regáloch na vyzdvihnutie	55
Tab. 4.5	Hodnoty sledovaných výstupov pre rôzny počet VZV	58
Tab. 4.6	Hodnoty sledovaných výstupov pre rôzny počet vykladacích rámp	59
Tab. 4.7	Hodnoty sledovaných výstupov pri zákaze určitých činností VZV a nahradenie inými technikami manipulácie.....	60
Tab. 4.8	Hodnoty sledovaných výstupov v zákaze určitých činností VZV a nahradenie iných manipulačných techník v frontoch o medzivýrobu a prípravu v mieste zaskladnenia	61
Tab. 4.9	Hodnoty sledovaných výstupov v zákaze určitých činností VZV, otvorenie prídavnej Rampy a výmena iných manipulačných zariadení	62
Tab. 4.10	Hodnoty sledovaných výstupov v zákaze určitých činností VZV, otvorenie prídavnej Rampy a výmena ďalších manipulačných techník v frontoch na Medziprodukčnom mieste uskladnenia	62
Tab. 4.11	Karta a elektronický Kanban – počet požiadaviek v pick-regále	64
Tab. 4.12	Priemerné percento vyťaženia zakladača Hodnotenie	65
Tab. 4.13	Vyťaženie manipulačnej techniky v jednotlivých fázach v rozhodovaní o balení ...	66
Tab. 4.14	Čakanie na balenie v jednotlivých fázach rozhodovania o balení	66
Tab. 4.15	Front na stohovači a VP v rôznych fázach rozhodovaní o obaloch.....	67
Tab. 4.16	Pracovná záťaž pracovníkov v každej etape rozhodovaní obalov	68
Tab. 4.17	Front na balenie v jednotlivých fázach jednania o balenia podľa počtu pracovníkov.....	68
Tab. 4.18	VP dĺžka fronty v každej etape rozhodovania o obaloch podľa počtu zamestnancov	69
Tab. 4.19	Pracovné zaťaženie pracovníkov v každej etape rozhodovaní o obaloch podľa počtu pracovníkov.....	70
Tab. 4.20	Priemerný počet paliet v každej (fiktívnej) časti oblasti vyskladnenia.....	71
Tab. 4.21	Maximálny počet paliet v každej (fiktívnej) časti oblasti vyskladnenia.....	73
Tab. 4.22	Technika manipulácie s nákladom podľa podielu materiálu v režime JIT	73

Tab. 4.23	Sledované indikátory s prídavkom jedného NZV podľa podielu materiálu v JIT	74
Tab. 4.24	Podiel nákladných vozidiel čakajúcich vo fronte na vykládku menej ako 20 minút v každom kroku v %	75
Tab. 4.25	Sledované indikátory situácie v hlavnom stojane skladu v každom kroku	75
Tab. 4.26	Vyťaženie zdrojov v jednotlivých krokoch	76
Tab. 4.27	Priemerný počet paliet vo všetkých častiach oblasti vyskladnenia v jednotlivom kroku v %.....	76

Autor (vypracoval)	Bc. Peter Števo
Názov DP	Návrh simulačného modelu procesu skladovania a manipulácie s materiálom v sklade
Študijní obor	LOG
Rok obhajoby DP	2019
Počet strán	73
Počet príloh	0
Vedúci DP	prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.
Oponent DP	
Anotácia	<p>Problematika práce je využitie simulačných metód v podnikovej praxi. Zásoby a simulačné technológie používané pri práci budú vysvetlené ako prvé. Následne je prevedený reálny podnikový sklad materiálu na počítačový simulačný model. Hlavná časť práce je venovaná vykonávaním experimentov na tento model, ktorý rieši skutočné problémy v sklade. V 1. experimente sa pomocou modelu hľadá riešenie skrátiť čakanie nákladných vozov na vykládku. Vykonáva sa séria experimentov, ktoré sú porovnané, a najlepšie riešenie je určené. Ostatné tri pokusy sa zaoberajú hypotetickou alebo budúcou situáciou v sklade a na základe výsledkov simulácie sa navrhuje postup na zvládnutie nadchádzajúcej situácie alebo ako sa na ňu pripraviť.</p>
Kľúčová slova	simulacia, Simul8, skladovanie, logistika
Miesto uloženia	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Prievidzi
Signatúra	