PODPORA POČÍTAČOVÉ SIMULACE PŘI PROJEKTOVÁNÍ LOGISTICKÉHO SKLADU

Jiří Hloska[1], Jiří Štoček[2]
[1]EDAG Production Solutions CZ s.r.o., Jiri.Hloska@edag-ps.cz
[2]ŠKODA AUTO a.s., Jiri.Stocek@skoda-auto.cz

SUPPORT OF COMPUTER SIMULATION IN DESIGN OF A LOGISTIC WAREHOUSE

Abstract: *In case of an extensive investment plan such as construction of a new logistic warehouse, its design has to guarantee desired functionality and trouble-free workflow of all internal processes under the entire range of conceivable conditions. To ensure this, computer simulation in early stages of the planning phase is applied. Discrete event simulation model has to be created in order to gain a tool, which will enable to design crucial what-if scenarios and to verify the response of the simulated system to diverse input parameters. Specific statistics and charts serve for better understanding of the system and for estimation of its performance parameters. Moreover, the simulation model can be used in the future as a planning tool to predict the response of the system to the production program and other input parameters scheduled in the upcoming days or weeks.*

Key words: *discrete event simulation, material flow, warehouse*

ÚVOD

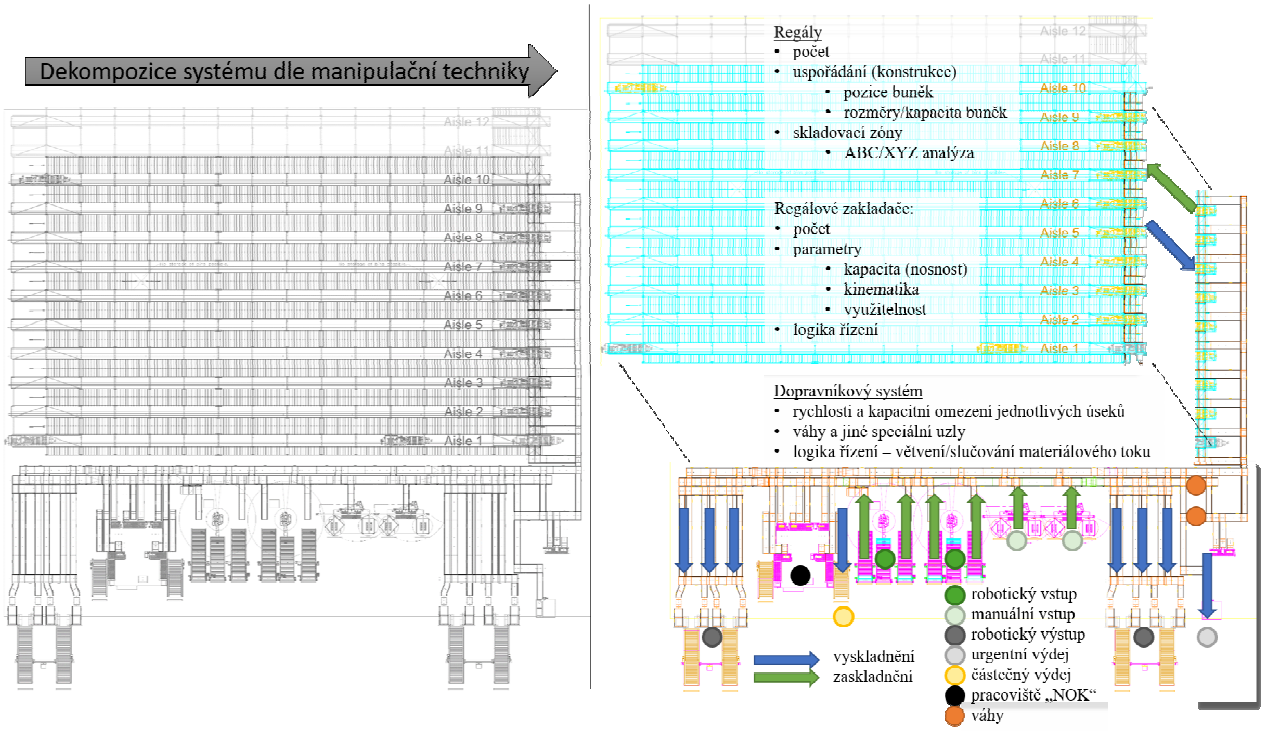
V různých fázích plánování a řízení výroby a s ní spojených procesů (logistika, údržba apod.) je využívána metodika diskrétních dynamických simulací materiálového toku. [1] Optimalizace výrobních (logistických) procesů je obvyklým cílem simulačních studií [2]. Typickým příkladem je analýza úzkých míst a hledání vhodných hodnot parametrů systému s ohledem na stanovená kritéria (dodržení stanovené sekvence typů výrobků, maximalizace produkce, vytížení výrobních zdrojů apod.). [3] Tento příspěvek pojednává o využití simulačního modelu dopravníkové a manipulační techniky, jejíž instalace byla plánována v rámci výstavby logistického skladu montážních dílů. Účelem simulační studie bylo ověřit funkčnost navržené technologie v definovaných standardních i mimořádných situacích, tedy provést sérii simulačních experimentů v rámci „what-if“ analýzy. S podporou počítačové simulace tak byla navržena technická opatření zajišťující splnění požadovaných funkcí systému. Součástí analýz bylo rovněž vyhodnocení předem stanovených statistických ukazatelů vztahujících se k charakteristikám materiálového toku, který měl v logistickém skladu probíhat.

SIMULAČNÍ MODEL

Předmětem simulace byla část skladu montážních dílů ložených ve speciálních obalech – KLT (Kleinladungsträger – přepravky pro malé díly) rozlišovaných dle obsaženého materiálového

čísla. Cílem bylo ověřit počítačovou simulací schopnost manipulačních zařízení v součinnosti s navazujícími úseky zajistit požadovanou výkonnost, tedy hodinový počet uskladněných, vyskladněných, resp. kontrolovaných obalových jednotek za stanovených standartních i mimořádných provozních podmínek.

Provedené dekompozici systému dle typu manipulační techniky odpovídá rovněž struktura simulačního modelu (viz Obr. 1). Ten umožňuje zvlášť testovat oblast regálových zakladačů, dopravníkové techniky a vstupních, resp. výstupních zón. Propojením dílčích částí modelu zle také testovat průchodnost těchto oblastí při uvažování vzájemného vlivu předchozích či navazujících částí.



Obr. 1 *Dekompozice systému na základě typu manipulační techniky [zdroj: vlastní]*

Regálové zakladače zajišťují v případě odvolávky či inicializace inventury včasné vychystání požadovaného materiálu k okraji regálové uličky, do které ústí válečkové dopravníky. Zakladače také analogickým způsobem uskladňují materiál do vhodných buněk regálu, případně jej mezi jednotlivými buňkami přerovnávají ve snaze dodržet stanovené rozdělení zón regálu dle analýzy ABC vycházející z obrátkovosti jednotlivých typů dílů. Válečkové dopravníky obsahují několik míst, ve kterých se tok obalů s díly na základě informací z nasnímaného čárového kódu slučuje či naopak rozděluje (příčné přesuvné dopravníky, otočné a kyvné stoly) a dále dopravníkové úseky, kde probíhá vážení. Vstupní zóny jsou určeny počtem pracovišť a jejich technologií (manuální/robotická), na kterých probíhá depaletizace obalů s díly, které jsou dopravníkovým systémem zasílány do jedné z regálových uliček k uskladnění. Podobně výstupní zóny tvoří pracoviště, kde jsou vyskladněné obaly paletizovány, aby byly následně odvezeny soupravami k nádraží skladu, odkud jsou rozváženy vnitropodnikovou meziobjektovou dopravou na montážní haly a dále až k jednotlivým místům spotřeby. Je přitom zásadní dodržet sekvenci dílů vychystaných na jednotlivé vrstvy zavážecích vozíků, aby tak v následujících úsecích logistického

řetězce byly tyto díly vzhledem k navrženým trasám zavážecích okruhů přistaveny ke správným místům spotřeby.

Simulační model byl v navazujících studiích využit pro návrh optimálních tras zavážecích okruhů, v rámci nichž musí být jednotlivé typy dílů včas a ve správném pořadí přepraveny k místům finální spotřeby. Pro tyto testy byly použity simulační modely odpovídající směrnicí VDA 3633 [4]

MATICE EXPERIMENTŮ DEFINUJÍCÍ SCÉNÁŘE

Jednotlivé provozní scénáře se liší vstupními parametry simulačního modelu. Dohromady pak tvoří matici experimentů, k níž je zrcadlově na základě výsledků simulačních experimentů přiřazena matice statistik jednotlivých sledovaných ukazatelů.

Ukázka matice experimentů je v Tab. 1. Význam jednotlivých vstupních parametrů, jejichž kombinace určuje scénář pojmenovaný v posledním sloupci tabulky, je následující:

- Poměr KLT OK:NOK – podíl obalů KLT obsahujících neshodné díly, jež nemohou být vyskladněny. Tomu odpovídá scénář, kdy je v okamžiku detekce KLT s neshodnými díly řídicím systémem vydán povel k vyskladnění náhradního KLT (se stejným číslem materiálu). Simulací bylo ověřováno, zda způsobené zpoždění v dodávce takového KLT nepřesahuje stanovenou hranici – čas uzavření odvolávky, kdy všechna KLT musí být na výstupních pracovištích setříděna k odvozu na místa spotřeby u montážních linek.
- Podíl KLT na částečný výdej – tato KLT mohou blokovat úseky trasy v rámci dopravníkového systému pro KLT určená ke (kompletnímu) výdeji. Tím opět vzniká riziko nedodržení stanoveného časového limitu pro dokončení odvolávky, jež bylo v rámci experimentů zkoumáno.
- Podíl KLT na urgentní výdej – toto pracoviště slouží k urychlenému vychystání odvolávaných KLT tak, aby byl dodržen časový limit dokončení odvolávky. V příslušných scénářích je proto ověřováno, zda využití urgentních odvolávek je vhodným řešením pro zajištění dodržení tohoto limitu.
- Sekvence typů KLT – jde o pořadí, v jakém jsou KLT s jednotlivými materiálovými čísly odvolávány. KLT jsou dle čísla obsaženého materiálu směřována na jednu z výstupních stanic (robotický vs. manuální výdej, levá vs. pravá strana). K sestavení požadovaných sekvencí byl využit Univerzální simulační model obecného výrobního úseku. Byl tak zajištěn požadovaný časový profil odvolávek a zejména jejich sekvence. [5]

Tab. 1 *Matice experimentů s hodnotami jednotlivých vstupních parametrů*

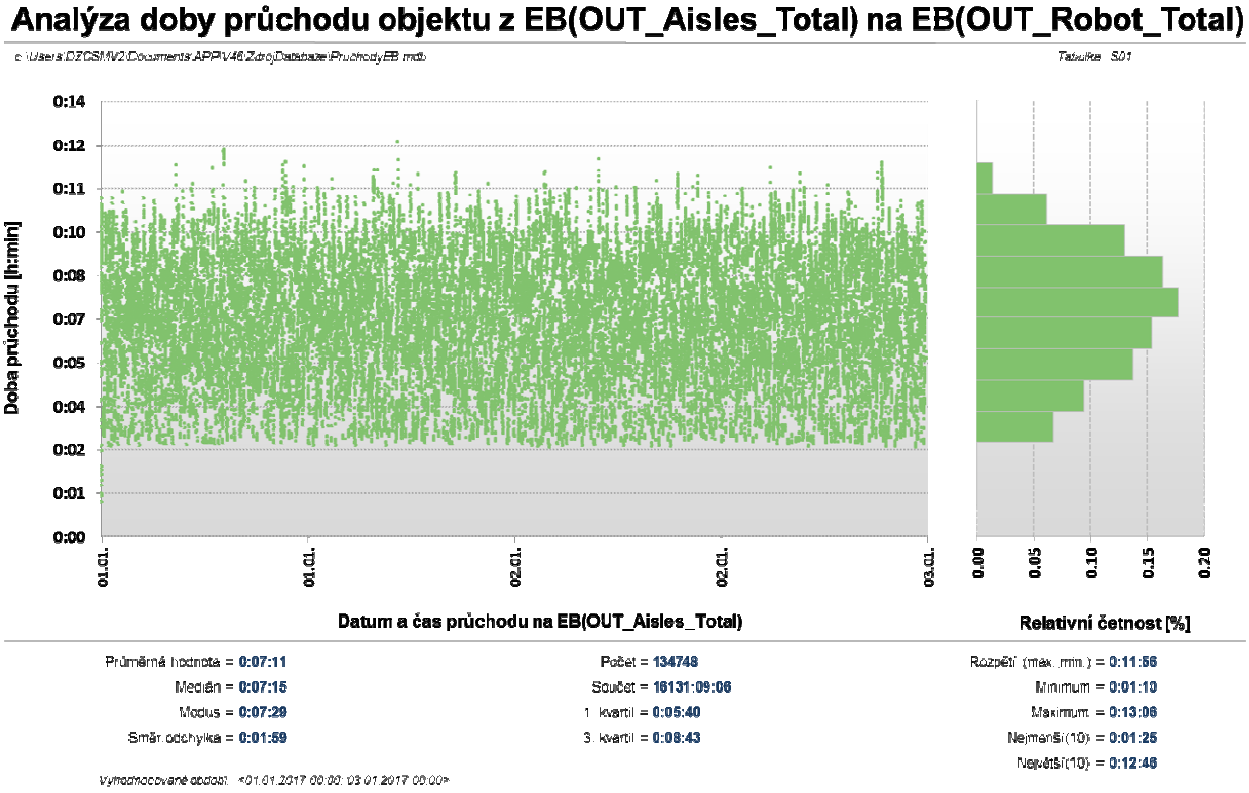
Scénář	Poměr KLT OK:NOK	Podíl KLT na částečný výdej	Podíl KLT na urgentní výdej	Sekvence typů KLT	Scénář
S 1	100:0	0%	0%	Seq "1"	Max výkon
S 2	90:10	0%	0%	Seq "1"	NOK
S 3	100:0	100%	0%	Seq "1"	ČV
S 4	100:0	0%	100%	Seq "1"	UV
S 5	95:5	0%	0%	Seq "1"	Očekávaný výkon - 1ČV, 1Man. Vstup
S 6	95:5	0%	0%	Seq "1"	Očekávaný výkon (1 vstupní robot)
S 7	95:5	0%	0%	Seq "1"	Očekávaný výkon (pouze manuální pracoviště)

SLEDOVANÉ VELIČINY

Pro každý scénář byly sledovány statistiky (minimum, maximum, průměrná hodnota, modus, medián v rámci dlouhodobého sledování) následujících výkonnostních ukazatelů:

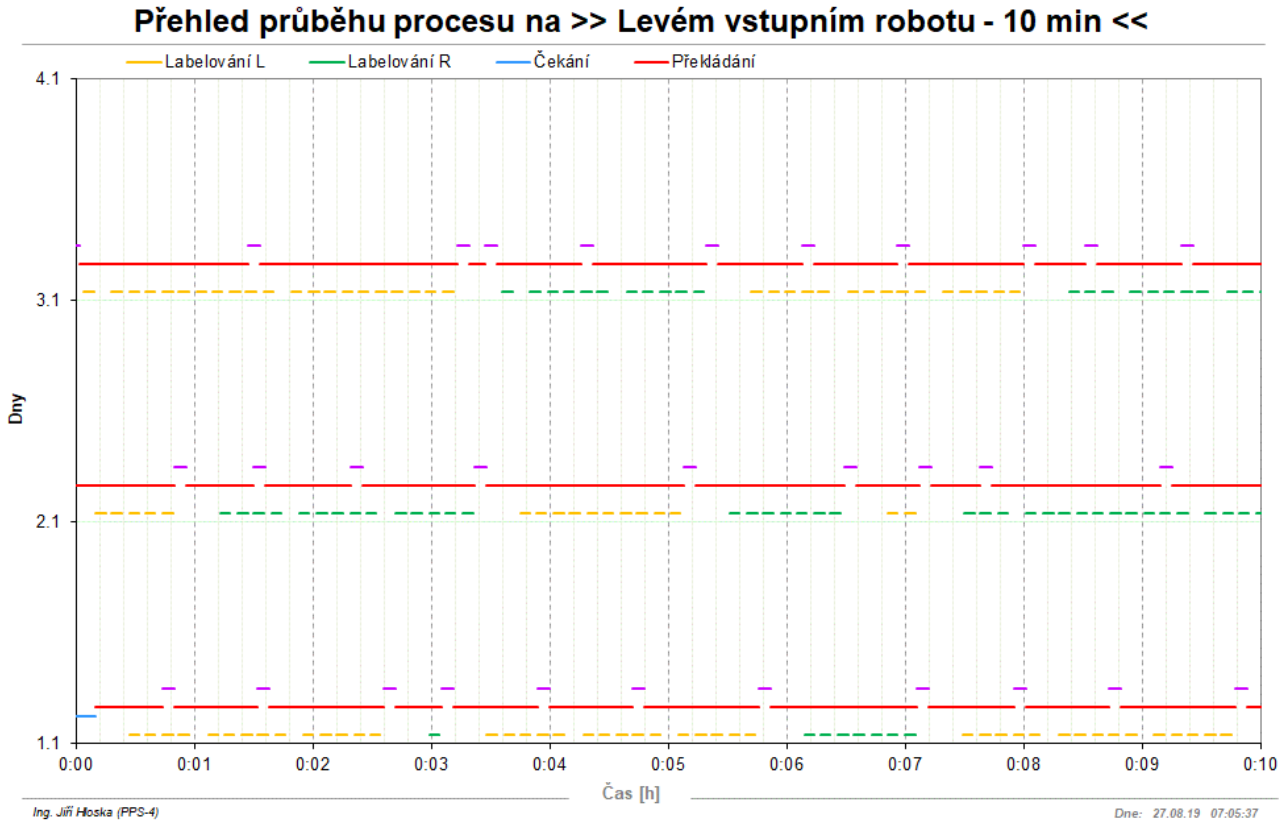
- Výkon vstupní a výstupní dopravníkové větve [KLT/hod] – bez vlivu zakladačů a výstupních, resp. vstupních pracovišť. Pro tento test byly tedy uvažovány nepřetržité odvolávky k výdeji KLT ze skladu i nepřetržitý vstup nových KLT k uskladnění. Možné výkonnostní omezení zakladačů ani pracovišť však uvažováno nebylo.
- Výkon robotických a manuálních pracovišť [KLT/hod] – bez vlivu dopravníkového systému. Kromě průchodnosti byl formou Ganttových diagramů ověřen správný průběh dílčích činností robotů při sestavení zásobovacích vozíků. Z pohledu vstupních pracovišť byl důležitým parametrem scénářů rovněž počet KLT na rozebírané paletě.
- Výkon pracoviště pro částečný výdej a pracovišť pro kontrolu NOK KLT [KLT/hod] – opět bez vlivu navazující dopravníkové techniky.

Kromě průchodnosti byla důležitým ukazatelem doba průchodu mezi tzv. evidenčními body [4], jejíž hodnota pomohla vyhodnotit schopnost navrženého dopravníkového systému dodržet časový limit pro vyskladnění všech KLT jednotlivých odvolávek. Pro tento typ statistiky je samozřejmě podstatné zjištěné maximum, neboť teprve s posledním vychystaným KLT mohou započít navazující procesy, které jsou zakončeny uložením příslušného KLT s díly k místu spotřeby u montážní linky. Odpovídající výstup znázorňuje graf na obr. 2.



Obr. 2 *Modelem získané doby průchodu KLT od uliček skladu k výstupním robotům [zdroj: vlastní]*

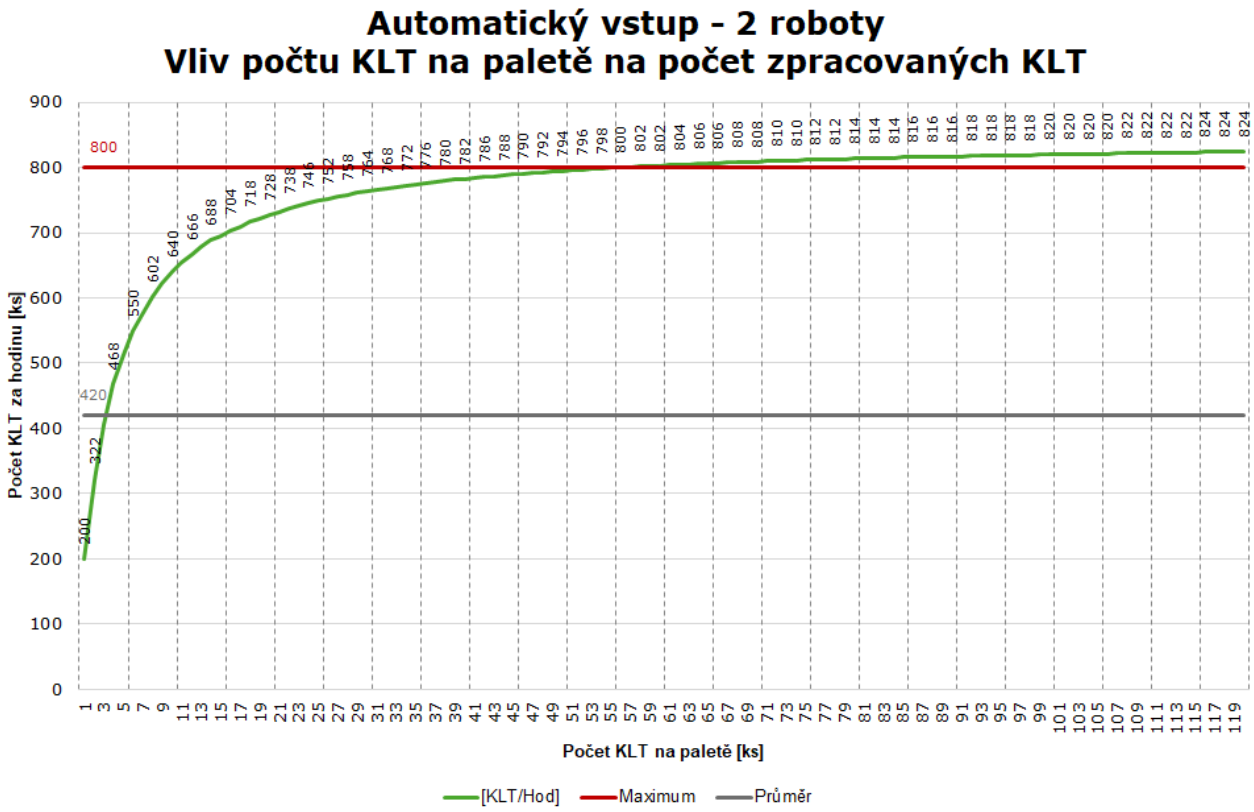
Příklad Ganttova diagramu, který znázorňuje sekvenci činností prováděných na jednom ze vstupních robotů, jež rozebírá zavážené paletizované KLT a odkládá je na vstupní dopravník, je na obr. 3. Ve vybraném 10minutovém časovém okně je zachycena posloupnost a střídání jednotlivých manipulačních pohybů robotu. Analogicky lze z těchto dat samozřejmě odvodit také vytížení robotů v rámci sledovaného časového období a je možné posoudit, které činnosti, resp. pohyby, jsou časově nejvíce náročné.



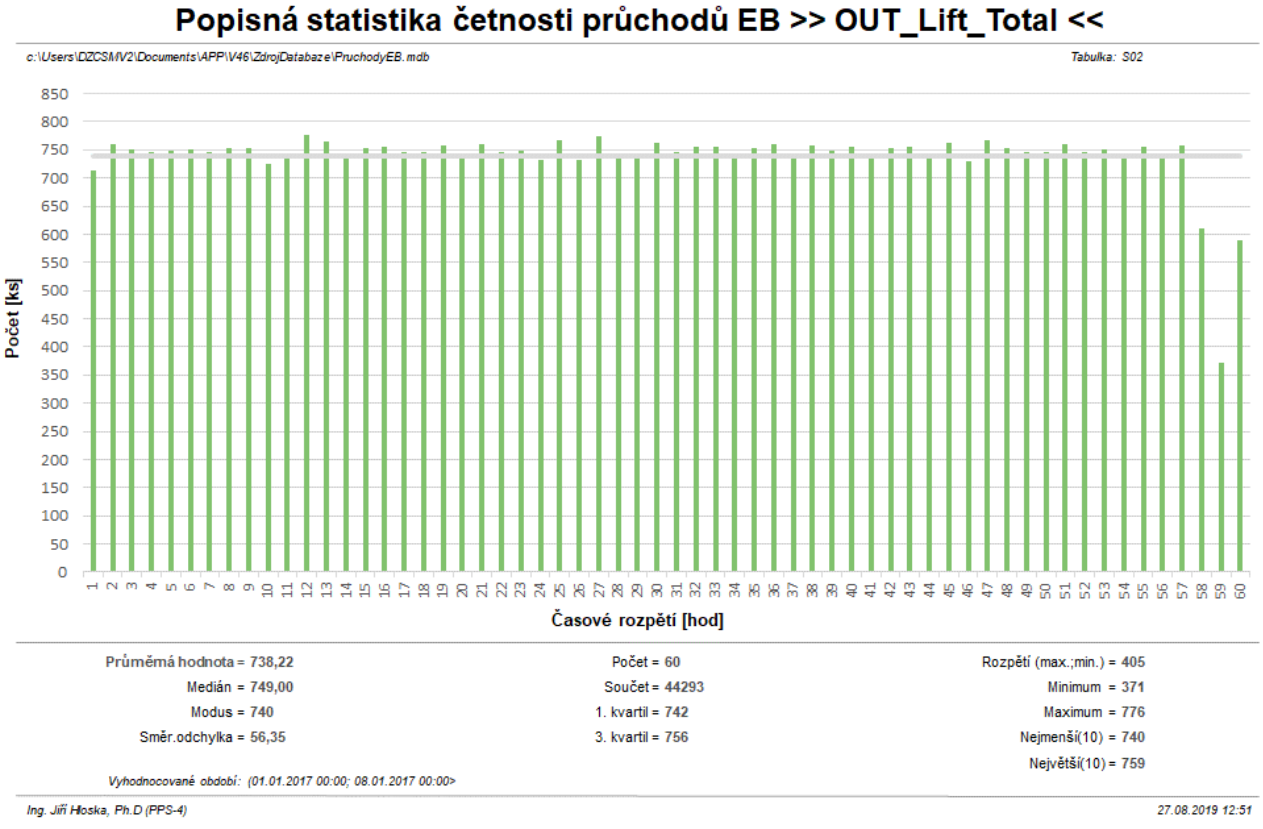
Obr. 3 *Procesní (Ganttův) diagram pro robotický vstup rozebírající paletizované KLT [zdroj: vlastní]*

Vstupní roboty provádí překládání (KLT ze vstupního balení na levý či pravý vstupní dopravník) a „labelování“ (opatření každého KLT na vozíku identifikačním štítkem). Po dokončení rozebrání jednoho patra či během dodávky nové vstupní palety robot čeká, než bude na příslušné straně opět možné pokračovat ve vychystávání KLT.

Z výše uvedeného a této charakteristiky pak vyplývá existence závislosti výkonnosti robotů na počtu KLT paletizovaných na vstupním balení, jak ukazuje obr. 4. Tento uvedený graf je statistickou agregací hodinové četnosti průchodů zjištěnou na zvoleném evidenčním bodu [2]. Její příklad uvádí graf na obr. 5.



Obr. 4 *Závislost výkonnosti robotů na počtu KLT paletizovaných na vstupním balení [zdroj: vlastní]*



Obr. 5 *Hodinová četnost průchodů zaznamenaných na zvoleném evidenčním bodu a odvozené statistiky [zdroj: vlastní]*

ZÁVĚR

Prezentovaný simulační model je specifický svou strukturou, která umožňuje nejen testovat jednotlivé komponenty modelovaného dopravníkového systému nezávisle na sobě i ve vzájemném propojení, ale také tím, že model může sloužit jako vstup pro jiné simulační modely navazujících oblastí logistického řetězce.

Simulační model využíval datové vstupy (sekvence vstupních KLT k uskladnění) s využitím Univerzálního simulačního modelu obecného výrobního úseku a jeho výstupy slouží pro navazující simulační studie pro optimalizaci zavážecích okruhů z pohledu jejich délky i vytížení manipulačních prostředků.

Grafické výstupy simulačního modelu ilustrují způsob zpracování výstupních dat. Výsledky simulačních experimentů pomohly navrhnout opatření v uspořádání dopravníkové techniky tak, aby byl zaručen požadovaný vstupní i výstupní výkon (tedy počet KLT zpracovaných v každé hodině) i nepřekročení maximálního času pro vyskladnění všech KLT tak, aby tato mohla být včas odvezena k místům spotřeby.

LITERATURA

[1] BAYER, J. – COLLISI, T. – WENZEL, S.: Simulation in der Automobilproduktion. Berlin, Springer, 2003, 3-540-44192-1.

[2] HLOSKA, J. Optimalizace materiálového toku v hromadné výrobě simulačními metodami. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 144 s. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

[3] CLAUSING, Matthias a Stefan HEINRICH. Mensch, Maschine, Material: die Standardisierung der Ablaufsimulation in der Automobilindustrie. In: ProduktdatenJournal 1/2008. [Online] VDA UAG Ablaufsimulation, 16. květen 2008. [Citace: 13. červen 2017.] https://www.simplan.de/images/stories/download/Fachartikel/2008_01_ProduktDatenJournal.pdf

[4] VDI – Gesellschaft Fördertechnik: VDI Richtlinie 3633. [b.m.], VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, 2008

[5] HLOSKA, J.; ŠTOČEK, J. Univerzální simulační model obecného výrobního úseku. Automa, 2018, roč. 24, č. 4, s. 26-29. ISSN: 1210-9592.