

SIMULAČNÁ ANALÝZA LINKY ALFA-PORSCHE V A.S. VOLKSWAGEN SLOVAKIA

Alexander Vászondy, Zdenka Králová

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra automatizovaných systémov riadenia

Branislav Alman

Volkswagen Slovakia, a.s.

Volkswagen Slovakia, a.s. v rámci kooperácie s firmou Porsche v Stuttgarte vyrába a testuje v bratislavskom závode karosérie terénnych vozidiel Porsche Cayenne. Na linke Alfa-Porsche sa realizuje finálna časť výroby karosérií - testovanie. Po rozšírení linky vznikla potreba optimalizácie počtu automaticky navádzaných vozíkov (AGV) na prepravu karosérií, keďže na jednej strane náklady na obstaranie jedného vozíka predstavujú cca 100 000 EUR, na druhej strane dodacia lehota vozíkov je cca 8 mesiacov a nie je preto vhodné ich nakupovať postupne.

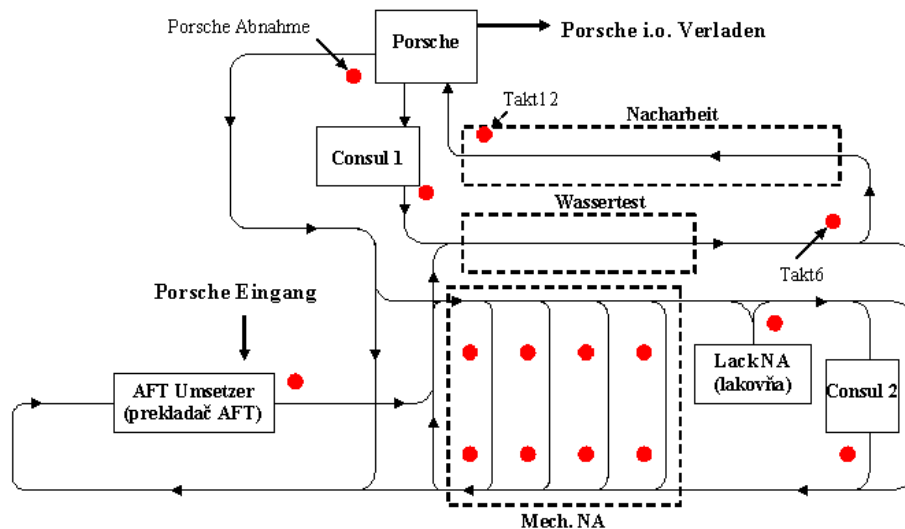
Riešenie tohto problému zahrnovalo analýzu existujúceho stavu na testovacej linke, zber dát, konštrukciu, verifikáciu a validáciu modelu, návrh a realizáciu simulačného experimentu s cieľom určiť optimálny počet vozíkov, ktoré je potrebné dokúpiť, aby sa pritom zabezpečili všetky potreby linky, t.j. zadaný taktovací čas, kapacita repasu, počet odovzdaných karosérií a pod. Súčasne bolo potrebné analyzovať i súčinnosť jednotlivých častí systému.

Popis systému

Prvým zariadením linky je ATF prekladač (ATF Umsetzer), ktorý slúži na preloženie karosérií Porsche na linku a predstavuje súčasne prvý bod, v ktorom sa rozhoduje o trase transportu karosérie. Po prechode vodnou skúškou (Wassertest), kde sa simuluje búrka (kapacita max. 3 karosérie), sa karosérie prevádzajú na kontrolu tesnosti, kde sa zisťuje, či nedošlo k zatečeniu vody do karosérie. Podľa stavu karosérie sa rozhodne o jej ďalšej trase. V prípade potreby sa premiestni na mechanickú opravu (Mech. Nacharbeit - NA, max. 8 karosérií). Tu sa karosérie sa z vozíkov nevykladajú, to znamená, že vozíky zostávajú po celý čas opravy na tomto stanovišti. Po skončení mechanickej opravy sa určí ďalšia trasa transportu.

V sekcii Lakovňa (Lack Nacharbeit, kapacita 3 karosérie) sa karosérie s poškodeným lakom prelakujú. Na rozdiel od predošlej sekcie sa tu karosérie vyložia na zdvihák a vozík sa uvoľní. Po nalakovaní karosérie sa privolá voľný vozík a určí sa trasa transportu. Consul1 a Consul2 sú prekladače, ktoré slúžia na vyradenie karosérie zo systému, ak si karoséria vyžaduje opravy v takom rozsahu, ktorý z časových a kapacitných dôvodov nie je možné realizovať v sekcii mechanickej opravy alebo v lakovni. Pomocou prekladača sa karoséria vyzdvihne z vozíka (ten sa premiestni do miesta, kde je naň požiadavka) a umiestni na vozík, pomocou ktorého operátor odstráni karosériu zo systému. Tieto prekladače slúžia i na vstup opravených karosérií do systému, pričom postup je presne opačný ako pri vyradení karosérie.

V sekcii Rýchle opravy (Nacharbeit) sa realizujú drobné opravy a robí sa dôkladná kontrola karosérie pred odovzdaním odberateľovi. Ak sa zistí nejaká nezrovnalosť, určí sa ďalšia trasa transportu. V sekcii Porsche sa karosérie kontrolujú odberateľom a vykladajú sa von zo systému – i.O. Verladen. Ak sa na karosérii vyskytne chyba, vracia sa späť do systému.

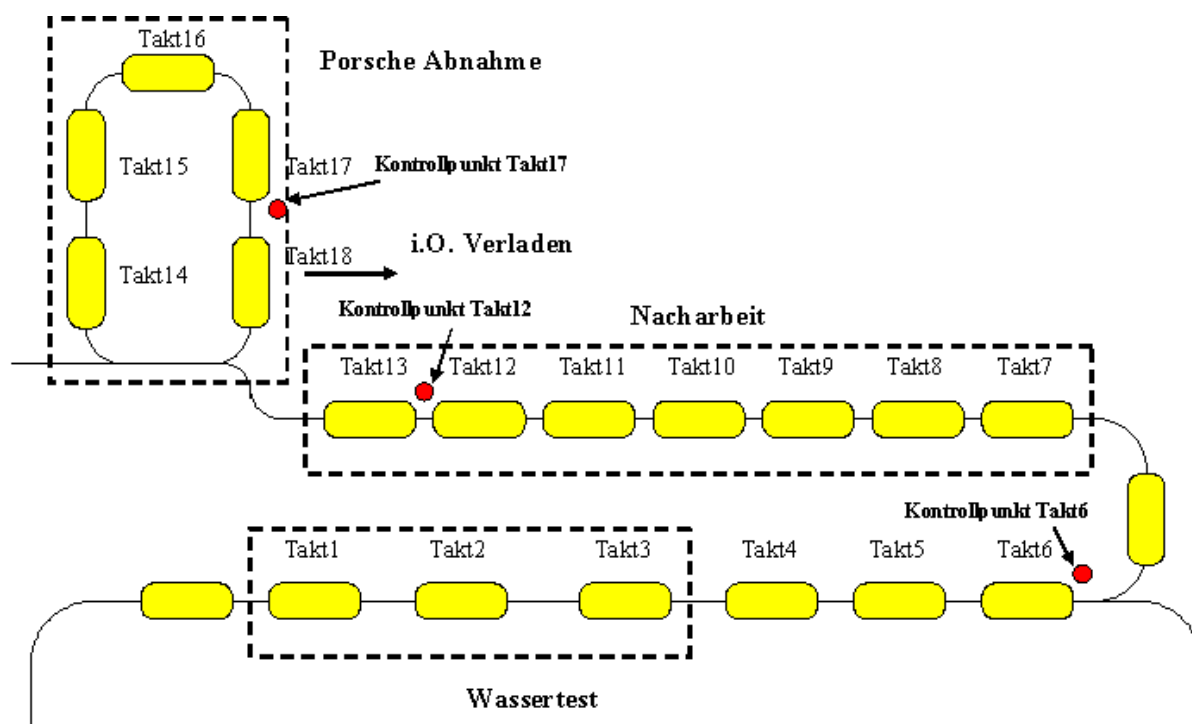


Obr. 1 Schéma linky Alfa Porsche s vyznačenými kontrolnými bodmi

Automaticky navádzané vozíky (AGV) sú navádzané prostredníctvom frekvenčného vedenia v podlahe dráhy. V závislosti od frekvencie vedenia sa vozík navádza na príslušné miesto linky. Vozík počas svojho pohybu komunikuje prostredníctvom rádiokomunikácie s centrálnym riadiacim systémom a oznamuje mu svoju polohu. Každý vozík pred vstupom do systému zaregistruje centrálny riadiaci systém pod jedinečným identifikačným číslom (ID), pomocou ktorého je vozík jednoznačne identifikovateľný.

Ak je vozíku pridelená úloha, centrálny riadiaci systém mu naplánuje trasu, ktorou pôjde, pričom táto trasa je definovaná kontrolnými bodmi (obr. 1). Tieto body si potom vozík kontroluje s tými, čo boli naplánované a s tými, ktorými prešiel. Pokiaľ sa tieto body nezhodujú, vozík vyhlási chybu a čaká na opravu. Touto neustálou kontrolou vlastnej polohy sa predchádza nielen kolíziám, ale aj chybným trajektóriám. Vzájomný pohyb vozíkov kontroluje centrálny riadiaci systém tak, aby nedošlo ku kolízii, pričom vozíky tiež disponujú laserovými skenermi, resp. bezpečnostnými nárazovými lištami pre prípad nejakej prekážky (napr. pracovník). Prechod cez križovatku riadi tiež centrálny riadiaci systém, pričom križovatkou prechádza ten vozík, ktorý má vyššiu prioritu, alebo ten vozík, ktorý sa o prechod križovatkou "prihlásil" ako prvý (tento prípad môže nastať vtedy, ak sa na križovatkou stretnú dva vozíky s rovnakou prioritou). Prioritou číslo jeden je zásobovať AFT prekladač voľnými vozíkmi a po naložení transportovať karosérie od AFT prekladača smerom k Porsche Abnahme. Všetky ostatné operácie majú v systéme druhotnú prioritu.

Na obr. 2 je detail blokov *Wassertest*, *Mechanische Nacharbeit* a *Porsche Abnahme*. Tieto tri bloky sú zaujímavé z toho dôvodu, že pohyb vozíkov s karosériami je asynchrónny a realizuje sa v taktach (*Takt1* – *Takt18*). Každý takt má dĺžku 4 minúty. Na všetkých kontrolných bodoch je postup rovnaký - na základe aktuálneho stavu karosérie sa určí trasa transportu.



Obr. 2 Detail Wassertest + Nacharbeit + Porsche Abnahme

Vstup systému predstavuje AFT prekladač, pomocou ktorého vstupujú karosérie Porsche do systému a sú ukladané na voľné AGV vozíky, ktoré sa automaticky zoraďujú do fronty pre prekladač. Porsche karosérie prichádzajú na vstup približne v šesťminútových intervaloch a vozidlá VW v dvojminútových intervaloch, pomer je teda 1:3. Počas jednej smeny (7,5hod) je to približne 150 vozidiel VW a 50 karosérií Porsche. Ďalej sa počíta s tým, že do systému môže vstúpiť max. 5 Porsche karosérií za sebou. V prípade, že na vstupe systému (AFT prekladač) nie je dostatok vozíkov AGV, karosérie sa dočasne ukladajú na obyčajné vozíky (max. 5 karosérií), snaha je však tomuto stavu predísť, a preto je zakázaný. V systéme je počas riadnej prevádzky 27 vozíkov. Za deň sa vystriedajú tri smeny, každá má dĺžku 7,5 hod. Pri skončení každej smeny sa systém bezprostredne zastaví a v zadaných úlohách sa pokračuje po 0,5 hod prestávke, t.j. začiatkom nasledujúcej smeny. Počas prestávky systém nie je v prevádzke.

V pôvodnej verzii bol dopravný systém postavený a naprojektovaný bez stanovišť *MechNA*, *LackNA* a *Consul2* (obr. 2) s počtom vozíkov 27. V dôsledku zvýšenej poruchovosti karosérií a vysokej zaťažnosti Consul1 vznikla požiadavka na rozšírenie pôvodného systému, čo spôsobilo zvýšenie požiadavky na počet vozíkov. Zvýšenie počtu vozíkov neznamená automaticky i pokrytie všetkých požiadaviek na vozíky, keďže systém má svoje kapacitné možnosti - obmedzenia. Cieľom nie je len určenie optimálneho počtu vozíkov, ale aj analýza i súčinnosť jednotlivých blokov (stanovišť) systému a zistenie možnosti optimalizácie i pri tomto rozsahu.

Konštrukcia modelu linky vo WITNESSE

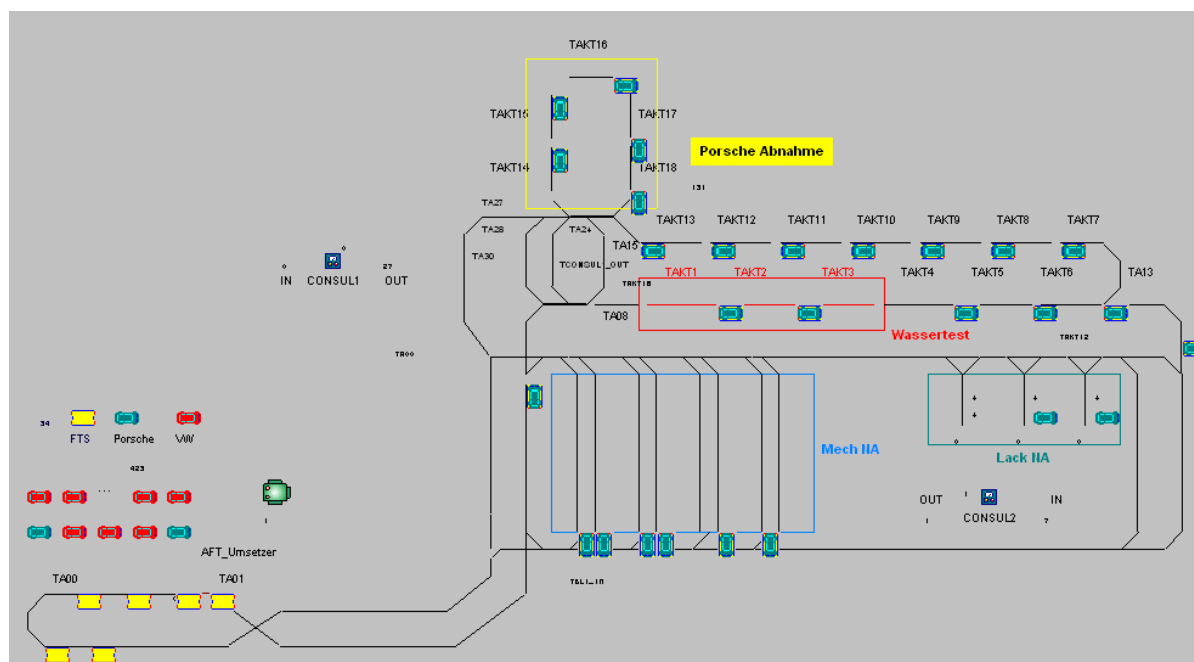
Pri konštrukcii modelu bola v prvom rade vytvorená schéma rozčlenenia trás do úsekov a ich popis. Podľa vytvoreného nákresu bol skonštruovaný model linky vo WITNESSE, pričom v prvej etape bola vytvorená logická štruktúra trás označených TAx a po validácii i riadiaca štruktúra. V druhej etape nasledovala výstavba trás

označených TBxx (logická štruktúra) a zosúladienie riadiacej štruktúry. Proces tvorby riadiacej štruktúry modelu patril k najnáročnejším problémom. Dôležité bolo určiť trasy, na ktorých sa voľné vozíky budú „odchytať“ (tvorba *Work Search Listu*), teda trasy, na ktorých sa voľným vozíkom pridelia úlohy.

Ďalej bolo potrebné vytvoriť náčrt s číslami zón, do ktorých budú jednotlivé trate patriť. Tvorba zón je dôležitá pri prechode vozíkov križovatkami a pri zabránení súčasného prístupu určitej časti dopravného systému viacerými vozíkmi.

Pri riadení vozíkov v dopravnom systéme je prioritou číslo jeden zabezpečiť vždy dostatočný počet vozíkov pre vstup karosérie Porsche do systému (nakladacia trať TA00). Úlohu možno vozíku prideliť (pokiaľ to situácia umožňuje) v ktorejkoľvek časti dopravného systému. Pokiaľ sa úloha vozíku neprideliť, ten sa automaticky pohybuje na trať TA37 a čaká vo fronte, vozík sa potom pohybuje k nakladacej trati TA00.

Po vytvorení logickej i riadiacej štruktúry trás vo WITNESSE nasledovalo zadanie teoretických rozdelení operačných časov jednotlivých stanovišť. Pri určovaní vhodných pravdepodobnostných rozdelení bol využitý program Statgraphics. Ďalej nasledovalo modelovanie vetvenia trás podľa percentuálneho prerozdelenia.



Obr. 3 Model linky Alfa-Porsche vo WITNESSE

Popis experimentu a výsledky simulácie

Hlavným faktorom je počet vozíkov, ktorý sme počas experimentovania menili v siedmich úrovniach (jednofaktorový experiment). Doba simulácie bola 4 týždne (t.j. 28 dní = 2 419 200s) pričom doba nábehu systému bola 1 týždeň (t.j. 7 dní = 604 800s). Počas experimentovania sme menili počet vozíkov od 27 po 35 a pre každú úroveň sme vykonali 4 replikácie, pričom poradie simulačných behov bolo zrealizované podľa tab. 1. Toto poradie bolo vygenerované pomocou generátora náhodných čísel. Výsledky simulácie sú zosumarizované v tab. 1 a 2.

Pri hľadaní optimálneho vozíkov bolo cieľom, aby sa pri plnej funkčnosti linky (t.j. pracujú všetky stanovištia) dosiahlo 50 odovzdaných Porsche karosérií na smenu.

Počet vozíkov	číslo replikácie			
	1	2	3	4
27	12	4	24	3
28	25	34	11	30
29	6	15	28	10
30	20	9	18	32
31	31	36	1	14
32	7	26	33	21
33	35	13	22	5
34	2	16	19	27
35	23	29	8	17

Tab. 1 Poradie simulačných behov

počet vozíkov	počet odovzdaných karosérií Porsche	av. W.I.P [ks]	AFT_Umsetzer av. Time [s]	AFT_Umsetzer Max [ks]
27	3111	127	504.11	8
28	3091	141	42.97	5
29	3123	101	43.20	5
30	3105	118	36.59	4
31	3151	98	0.26	1
32	3129	110	38.15	5
33	3146	104	19.53	4
34	3123	121	0.47	2
35	3121	122	7,28	3

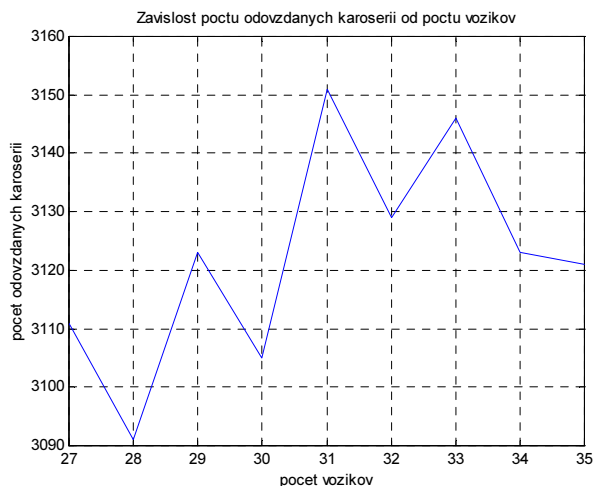
Tab. 2 Počet odovzdaných karosérií

Ďalšie stĺpce tab. 2 majú nasledujúci význam:

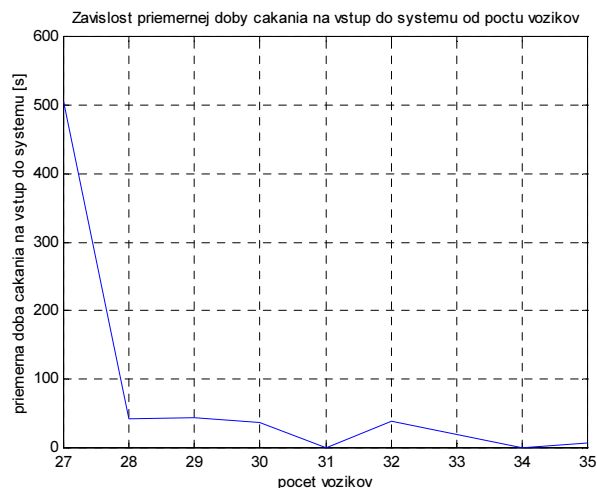
- *av. W.I.P* – počet karosérií, ktoré sa v priemere nachádzajú v systéme
- *AFT_Umsetzer av. Time* – priemerná doba, počas ktorej musí karoséria čakať na vstupe do systému
- *AFT_Umsetzer Max* – maximálny počet karosérií čakajúcich na vstupe do systému, resp. čakajúcich na voľný vozík

Dôležitým faktorom pri hľadaní optimálneho riešenia bol nielen počet odovzdaných karosérií na smenu, ale i hodnoty stĺpcov *AFT_Umsetzer av. Time* a *AFT_Umsetzer Max* z tab. 2. Ideálne je, ak hodnota *AFT_Umsetzer av. Time* = 0 [s] a *AFT_Umsetzer Max* = 1 [ks].

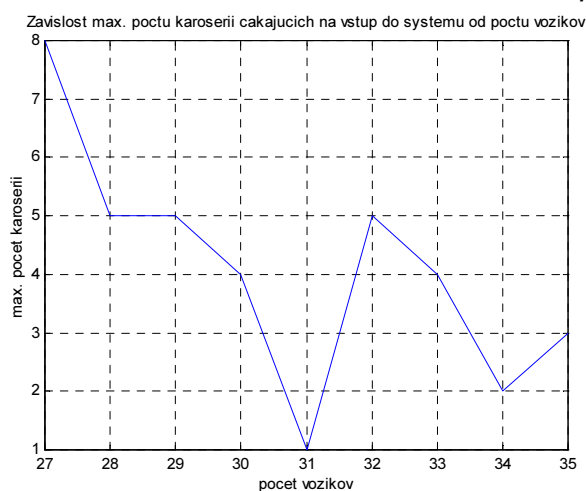
Stanovené podmienky spĺňa systém s počtom 31 AGV vozíkov (tab. 2). Pomocou tohto počtu vozíkov je systém schopný vyprodukovať, resp. odovzdať presne 50 karosérií na smenu, pričom na vstupe do systému nečaká žiadna karoséria.



Obr. 4 Závislosť počtu odovzdaných karosérií od počtu vozíkov



Obr. 5 Závislosť priemernej doby čakania na vstup do systému od počtu vozíkov



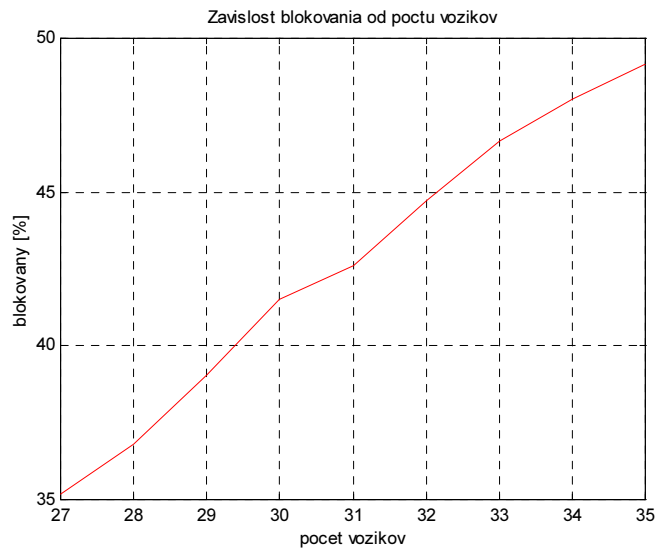
Obr. 6 Závislosť max. počtu karosérií čakajúcich na vstup do systému od počtu vozíkov

V tab. 3 je zhrnutá štatistika vozíkov. Z týchto údajov sú najzaujímavejšie údaje v stĺpci *blokováný [%]* - percentuálna štatistika doby, keď vozíky sú vo svojej činnosti blokované iným vozíkom.

počet vozíkov	urazená trasa [m]	počet naložení	voľný [%]	žiadaný [%]	naložený [%]	blokováný [%]
27	91 924,00	183,00	0,00	6,97	33,82	35,20
28	89 579,00	180,00	0,00	14,30	27,96	36,80
29	85 998,00	173,00	0,00	15,44	28,87	39,07
30	82 351,00	165,00	0,00	19,46	27,07	41,52
31	81 431,00	163,00	0,00	20,07	27,52	42,62
32	77 975,00	156,00	0,00	17,10	32,35	44,70
33	75 388,00	152,00	0,00	15,73	35,51	46,64
34	73 782,00	147,00	0,00	26,55	25,95	48,01
35	72 707,00	143,00	0,00	28,64	24,96	49,16

Tab. 3 Štatistika vozíkov

Ako vidno z tab. 3 a z obr. 7, blokovanie vozíkov s ich zvyšujúcim sa počtom narastá, čo súvisí s absorpčnou schopnosťou systému pojať len určitý - maximálny počet vozíkov. Nárast počtu vozíkov neznamená automaticky i nárast produkcie a zlepšenie schopnosti systému prijať karosérie na vstupe, čo dokazujú i údaje z tab. 3 a obr. 5-7.



Obr. 7 Závislosť blokovania vozíkov od ich počtu v systéme

Literatúra

- [1] Vászondy, A.: Simulačná analýza linky Alfa-Porsche v a. s. Volkswagen Slovakia. Diplomová práca, FEI STU v Bratislave 2005
- [2] Gregor, M., Mičieta, B., Košturiak, J., Bubeník, P., Růžička J.: Dynamické plánovanie a riadenie výroby. Žilinská univerzita, Žilina 2000
- [3] Garry A. Koff: Automatic guided vehicle systems: Applications, control and planning, Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam 1987
- [4] Robinson, S.: Successful Simulation. A Practical Approach to Simulation Projects. McGraw Hill, London 1994
- [5] WITNESS Online Manual. Humusoft Corp. 2003, <http://www.humusoft.cz>

Príspevok bol vypracovaný s podporou vedeckej grantovej agentúry MŠ SR VEGA v rámci grantu č. 1/0158/03 a kultúrnej a edukačnej agentúry MŠ SR KEGA v rámci grantu Aplikácia moderných simulačných programov v predmetoch nového študijného odboru Výrobné technológie.

Kontakt:

doc. Ing. Zdenka Králová, PhD.
FEI STU v Bratislave
Katedra ASR
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
telefón: ++421-2-60291497
e-mail: zdenka.kralova@stuba.sk