

## Návrh alokácie nového technologického zariadenia v rámci výrobného procesu vo firme GETRAG FORD Transmissions Slovakia, s.r.o.

Gabriel Fedorko<sup>1</sup>, Nikoleta Husáková<sup>2</sup> a Gregor Dudáš<sup>3</sup>

*Design of allocation of new technological equipment within the frame of production process in company Getrag Ford Transmissions Slovakia, s.r.o.*

*Assessment of optimal solution – alternative of layout is deeply wedded with material flow. For alternative design it is possible to use a combination of optimizing method for layout of workstations, triangular method and computer simulation by program EXTEND, whereby the simulation performs the function of accuracy of solution verification.*

**Key words:** material flow, production process, simulation

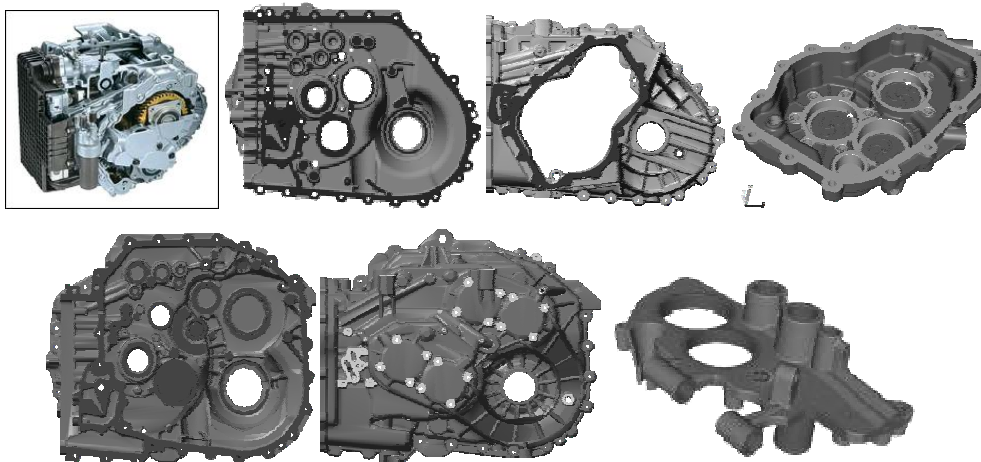
### Úvod

„Skupina GETRAG Corporate Group je jedným z najväčších svetových systémových dodávateľov prevodových systémov a hnacieho mechanizmu. Skupina GETRAG pokrýva celý reťazec procesov od myšlienky, cez koncepty, prototypy, integráciu do vozidiel, testovanie, až po hromadnú výrobu, vrátane poskytovania všetkých služieb v oblasti strojárstva“ [1].

Jeden zo štyroch produkčných závodov je umiestnený na Slovensku. GETRAG FORD Transmissions Slovakia, s.r.o., je dodávateľom kompletného systému prevodoviek so základňou v Nemecku.

GETRAG FORD Transmissions Slovakia, s.r.o., vyrába najinovatívnejšie prevodovky skupiny GETRAG - prevodovky Powershift (obr. 1).

Powershift je dvojspojková prevodovka, ktorej systém pozostáva z dvoch vložených hriadeľov, ktoré pracujú paralelne. Jeden hriadeľ nesie párne rýchlostné stupne, druhý nepárne rýchlostné stupne. Každá prevodovka disponuje vlastnou spojkou. Počas zmeny prevodového stupňa točivý moment motora sa pozvoľna prenesie z jedného hriadeľa na druhý, t.j. otvorí sa prvá spojka prevodovky a súčasne sa zatvorí druhá spojka prevodovky. Točivý moment sa prenáša konštantne medzi prevodovými stupňami bez toho, aby došlo k jeho prerušeniu (neustála trakcia)“ [2].



Obr. 1. Dvojspojková prevodovka – Powershift [3,4].

Fig. 1. Two-clutch speed-box – Powershift.

<sup>1</sup> doc. Ing. Gabriel Fedorko, PhD., Fakulta BERG TU v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice, Slovensko, Tel.: +421 55 602 31 43, Fax: +421 95 63 366 18, e-mail: [gabriel.fedorko@tuke.sk](mailto:gabriel.fedorko@tuke.sk)

<sup>2</sup> Ing. Nikoleta Husáková, PhD., Fakulta BERG TU v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice, Slovensko, Tel.: +421 55 602 31 46, Fax: +421 95 63 366 18, e-mail: [nikoleta.husakova@tuke.sk](mailto:nikoleta.husakova@tuke.sk)

<sup>3</sup> Ing. Gregor Dudáš, Fakulta BERG TU v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice, Slovensko, Tel.: +421 55 602 31 43, Fax: +421 95 63 366 18  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 28. 1. 2010)

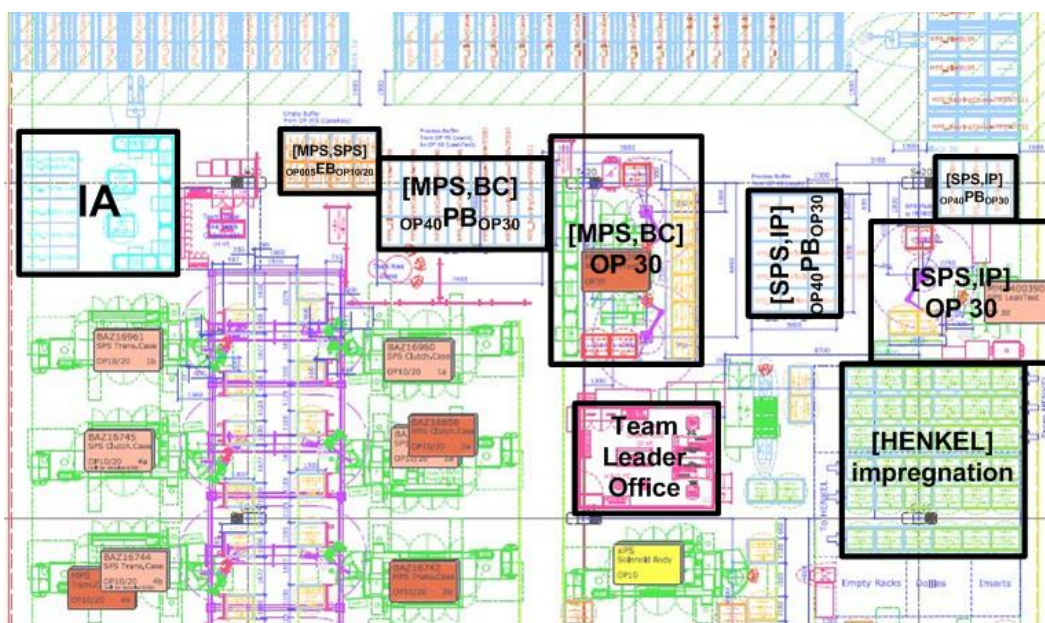
Materiálový tok celej fabriky sa skladá z troch hlavných vetiev. Najdôležitejšou vetvou z nich je materiálový tok dvoch montážnych liniek, označovaných ako MPS a SPS, ktoré sa potom spájajú do jednej spoločnej xPS a končia na linke „End of Line“. Tu dochádza k finálnemu testovaniu a roztočeniu prevodoviek.

V priebehu výroby v spoločnosti GETRAG FORD Transmissions Slovakia, s.r.o., sa zistila potreba očistenia (prania) všetkých komponentov pre operáciu „Test tesnosti (Leak Test)“. Z tohto dôvodu firma pristúpila k rozhodnutiu zakúpiť nový stroj na pranie.

Pôvodne používaný stroj bol po kapacitnej stránke dostatočne vyťažený, ale v rámci materiálového toku sa nenachádza priamo pri operácii „Test tesnosti (Leak Test)“. Stávajúcim problémom bolo teda stanovenie optimálneho umiestnenia novej práčky, pri zohľadnení vymedzeného priestoru a možnosti hýbať s príslušnými existujúcimi pracoviskami, operáciami a medzioperačnými zásobníkmi. Vyriešením tohto problému by sa zmiernili prestoje na tomto úseku výroby.

Pre optimálne umiestnenie novej operácie – „Priebežné pranie (InProcess Wash)“ [OP 25] sa uvažovalo s premiestnením niektorých častí materiálového toku (obr. 2). Ide o:

- Skúšobnú oblasť – Ručné meranie (Inspection Area) → IA
- MPS medzioperačný zásobník (MPS Process Buffer) → [MPS,BC]<sub>OP40</sub>PB<sub>OP30</sub>
- SPS medzioperačný zásobník (SPS Process Buffer) → [SPS,IP]<sub>OP40</sub>PB<sub>OP30</sub>
- MPS,SPS prázdny zásobník (MPS,SPS Empty Buffer) → [MPS,SPS]<sub>OP40</sub>EB<sub>OP30</sub>
- MPS,BC Test tesnosti (MPS,BC Leak Test) → [MPS,BC] OP 30
- SPS,IP Test tesnosti (SPS,IP Leak Test) → [SPS,IP] OP 30
- kanceláriu „teamleader-ov“ (Team Leader Office)
- HENKEL impregnácia (HENKEL impregnation)



Obr. 2. Layout operácií a zásobníkov s možnosťou presunu.

Fig. 2. Layout of operations and bins with the possibility of movement.

### Optimálne umiestnenie nového stroja na pranie

V rámci plánovania alokácie nového strojného zariadenia bolo definované, že jeho umiestnenie sa musí pohybovať v rámci stanovených priestorových obmedzení. Priestorové rozmiestnenie musí byť realizované s ohľadom aj na rozmanitosť materiálových tokov všetkých komponentov. Základným cieľom v tomto prípade (príbudnutím nového stroja - operácie) bolo v rámci priestorových možností zvýšiť produktivitu úseku obrábania skriň, a tým odstrániť alebo aspoň zmierniť dopady vznikajúcich prestojov a porúch.

### Teoretické východiská riešenia stanovenej problematiky

Jednou z možných metód, ktoré bolo vhodné aplikovať na riešenie umiestnenia nového technologického zariadenia, je tzv. trojuholníková metóda.

Trojuholníková metóda patrí medzi metódy racionálneho projektovania priestorového rozmiestňovania pracovísk. Ide o pomerne dostatočne známu heuristickú konštruktívnu metódu, ktorej podstatu tvoria empirické algoritmy. Metóda využíva geometrickú vlastnosť, že medzi dvoma bodmi existuje vždy iba jedna najkratšia vzdialenosť. V prípade troch bodov bude najkratšia vzdialenosť medzi nimi vtedy, ak budú všetky ležať vo vrcholoch rovnostranného trojuholníka. Aplikácia tejto metódy prináša rýchle riešenia v oblasti návrhu priestorového rozmiestnenia pracovísk (resp. strojov, zariadení). Hlavný princíp metódy spočíva v analýze intenzity materiálových tokov v medzi jednotlivými bodmi /pracoviskami [4, 5].

#### Postup riešenia

Aplikácia trojuholníkovej metódy pri riešení úlohy bola realizovaná v nasledujúcich krokoch:

1. krok: Vypracovanie šachovnicovej tabuľky (tab. 2), ktorá charakterizuje veľkosť materiálového toku medzi analyzovanými pracoviskami, ktorých priestorová situácia sa má riešiť. Do tabuľky sa postupne zaznamenávali údaje o veľkosti materiálového toku medzi jednotlivými pracoviskami.

Tab. 1. Pomocná tabuľka prepravných vzťahov.

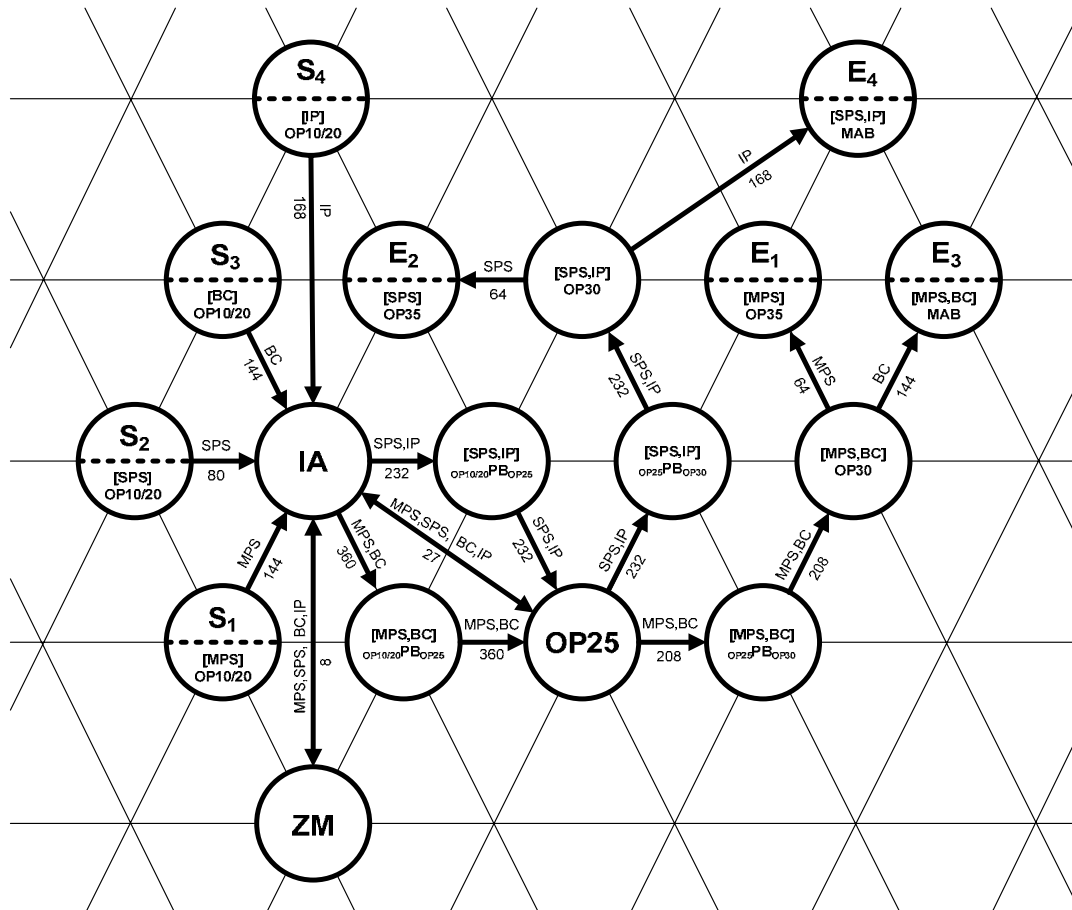
Tab. 1. Auxiliary table of transportation relations.

PORADIE	DODÁVATEL	PRIJÍMATEL	OBJEM [ks]
1	IA	[MPS,BC] OP <sub>10/20</sub> PB <sub>OP 25</sub>	360
2	[MPS,BC] OP <sub>10/20</sub> PB <sub>OP25</sub>	OP 25	360
3	[SPS,IP] OP <sub>10/20</sub> PB <sub>OP25</sub>	OP 25	232
4	OP 25	[SPS,IP] OP <sub>25</sub> PB <sub>OP30</sub>	232
5	[SPS,IP] OP <sub>25</sub> PB <sub>OP30</sub>	[SPS,IP] OP 30	232
6	IA	[SPS,IP] OP <sub>10/20</sub> PB <sub>OP25</sub>	232
7	OP 25	[MPS,BC] OP <sub>25</sub> PB <sub>OP30</sub>	208
8	[MPS,BC] OP <sub>25</sub> PB <sub>OP30</sub>	[MPS,BC] OP 30	208
9	[SPS,IP] OP 30	E <sub>4</sub> ----- [SPS,IP] MAB	168
10	S <sub>4</sub> ----- [IP] OP 10/20	IA	168
11	S <sub>3</sub> ----- [BC] OP 10/20	IA	144
12	S <sub>1</sub> ----- [MPS] OP 10/20	IA	144
13	[MPS,BC] OP 30	E <sub>3</sub> ----- [MPS,BC] MAB	144
14	S <sub>2</sub> ----- [SPS] OP 10/20	IA	80
15	[MPS,BC] OP 30	E <sub>1</sub> ----- [MPS] OP 35	64
16	[SPS,IP] OP 30	E <sub>2</sub> ----- [SPS] OP 35	64
17	OP 25	IA	27
18	IA	OP 25	27
19	IA	ZM	8
20	ZM	IA	8



4. krok: Zostrojenie trojuholníkovej siete, pomocou ktorej sme následne riešili celú úlohu.

5. krok: Určenie (z pomocnej tabuľky) dodávateľa a odberateľa, ktorí sú priradení k poradovému číslu 1. Zakreslili sme ich do ľubovoľných dvoch susediacich vrcholov vybraného trojuholníka v sieti vytvorenej v kroku 4. K tejto dvojici sme následne hľadali ďalšie pracovisko s najväčším materiálovým tokom. Týmto spôsobom sme postupovali až po rozmiestnenie všetkých pracovísk v rámci analyzovaného výrobného procesu (obr. 3).

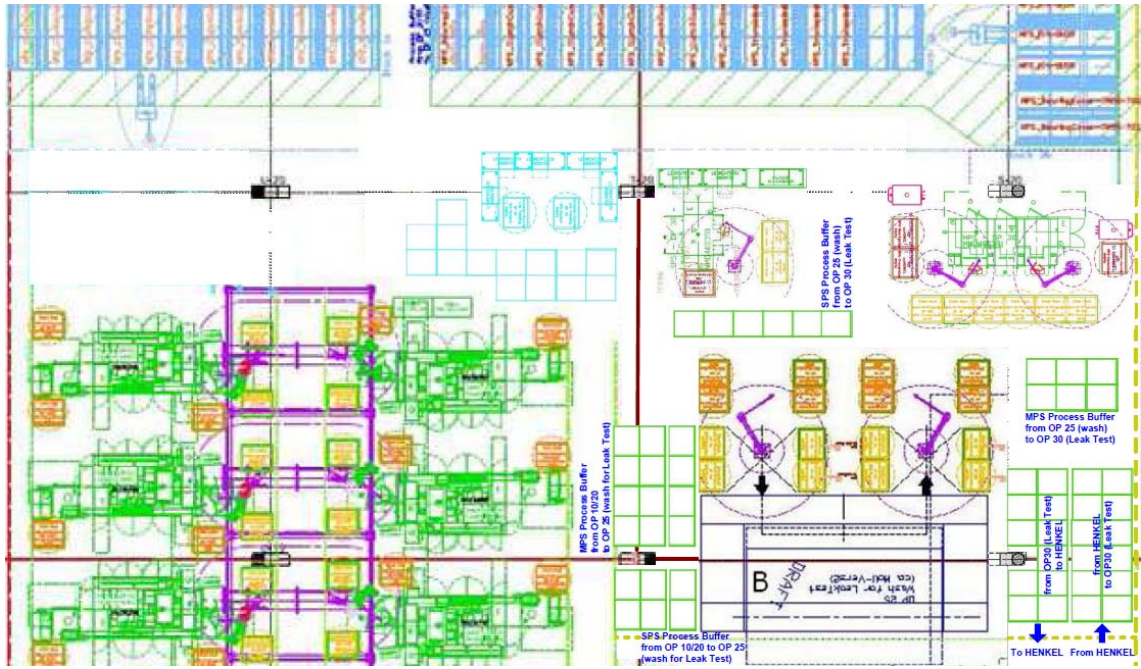


Obr. 3. Konštrukcia trojuholníkovej siete.  
Fig. 3. Construction of triangular network.

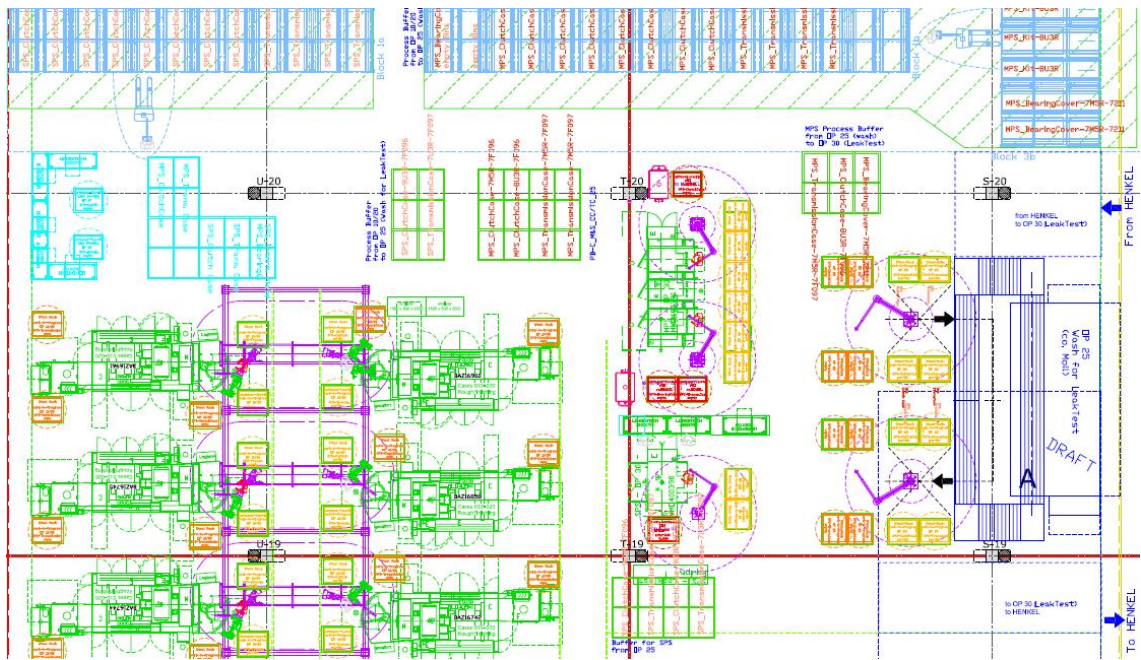
Výsledkom aplikovaného postupu bolo vypracovanie návrhu priestorového umiestnenia jednotlivých pracovísk v rámci technologického procesu tak, že tie, medzi ktorými je objem materiálového toku najväčší, sú blízko seba a ostatné sa postupne podľa objemu a frekvencie pohybu materiálu vzdalujú.

Na základe uvedeného postupu bola vypracovaná alternatíva riešenia *GD* (obr. 4). Okrem tohto riešenia boli ešte firmou vypracované ďalšie dve alternatívne riešenia – Alternatíva 5 (obr. 5) a Alternatíva 6 (obr. 6).

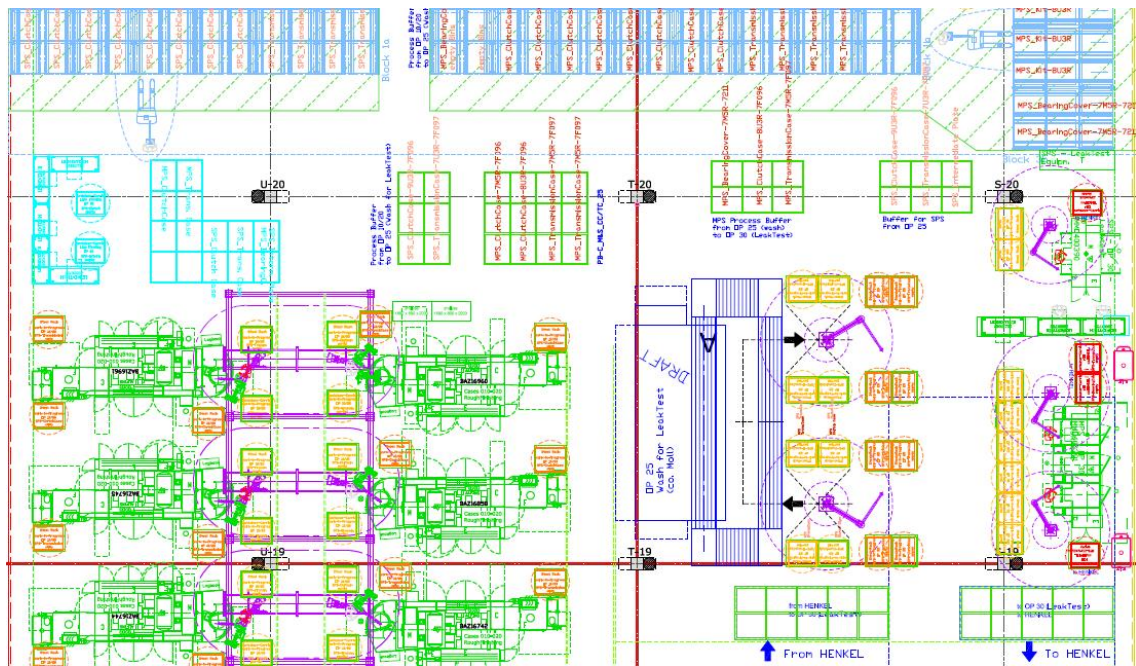




Obr. 4. Alternatíva GD.  
Fig. 4. Alternative GD.



Obr. 5. Alternatíva 5 [GFT].  
Fig. 5. Alternative 5 [GFT].



Obr. 6 Alternatíva 6 [GFT].  
Fig. 6. Alternative 6 [GFT].

### Overenie návrhu prostredníctvom simulácie

Navrhnutá alternatíva bola následne overená simuláciou. Pre realizovanie simulácie bol vytvorený komplexný diskretný simulačný model úseku obrábania skriň (obr. 7). Simulačný model bol vytvorený pomocou simulačného softvéru *Extend v4*.

„Simulačný prostriedok *Extend* firmy *ImagineTHAT inc.* *Extend* patrí do skupiny simulačných systémov 6. generácie. Je objektovo - orientovaný, určený pre tvorbu diskretných aj spojitých modelov, umožňujúci vykonávať časovú, kapacitnú a nákladovú analýzu, What - if analýzu a analýzu citlivosti. Disponuje dobrým prepojením s databázovými produktmi a tabuľkovými procesormi (napr. Excel), ako aj interaktívnym a graficky zaujímavo spracovaným rozhraním pre komunikáciu s používateľom“ [3]. Umožňuje vizualizáciu (animáciu), prehľadnú prezentáciu výsledkov, zmenu parametrov aj počas priebehu simulácie činnosti .



Obr. 7. Simulačný model úseku obrábania skriň.  
Fig. 7. Simulation model.

Výsledky simulácie navrhovaného riešenia sú prezentované v Tab. 3.



Tab. 3. Porovnanie jednotlivých alternatív pomocou simulačného modelu.  
 Tab. 3. Comparison of alternatives by the help of simulation model.

Layout	Alternatíva 5 [GFT]	Alternatíva 6 [GFT]	Alternatíva GD
MPS [CC]	198 ks	201 ks	279 ks
MPS [TC]	200 ks	196 ks	285 ks
BC	213 ks	212 ks	281 ks
šrot	13 ks	15 ks	15 ks
SPS [CC]	166 ks	141 ks	201 ks
SPS [TC]	166 ks	141 ks	200 ks
IP	245 ks	327 ks	249 ks
šrot	11 ks	15 ks	10 ks
<b>Celková produktivita</b>	1188 ks	1218 ks	1499 ks
<b>Celkový šrot</b>	24 ks	30 ks	25 ks
VB	1168 ks	1168 ks	1168 ks
SB	1168 ks	1168 ks	1168 ks

Výsledky simulácie ukázali, že realizáciou Alternatívy GD by sa dosiahlo zlepšenie produktivity piatich z celkovo šiestich komponentov. Jedine komponent Medziplatne (Intermediate Plate) [IP] by vykazoval horší výsledok v porovnaní s Alternatívou 6 (327 ks). S Alternatívou 5 (245 ks) by bol dosiahnutý porovnateľný výsledok (249 ks).

Ostatné komponenty by však zaznamenali výrazné zlepšenie a zvýšenie produktivity. Za zmienku stojí spomenúť porovnanie alternatív z hľadiska ich celkovej produkcie. Pri alternatíve GD by sme dosiahli cca. 20 %-ný nárast oproti Alternatíve 5 a cca. 18 %-ný nárast oproti Alternatíve 6.

Závery zo simulácie potvrdili lepšie výsledky a tým aj určený layout v prípade navrhovanej alternatívy GD oproti ostatným dvom (Alternatíva 5, Alternatíva 6), ktoré boli stanovené firmou. Potvrďuje to aj fakt, že by sa tým zlepšila celková produkcia piatich zo šiestich komponentov za sledovaný časový interval v priebehu jedného pracovného týždňa.

Výsledky pre komponenty VB a SB sú vo všetkých prípadoch rovnaké z dôvodu, že zmena avizovanej časti layoutu by nepredstavovala žiaden dopad na ich produkciu. Komponenty VB a SB neprebiehajú zmienenými operáciami a pracoviskami.

### Záver

Závery zo simulácie potvrdili lepšie výsledky, a tým aj určený layout v prípade navrhovanej alternatívy GD oproti ostatným dvom (Alternatíva 5 a Alternatíva 6), ktoré boli stanovené firmou. Potvrďuje to aj fakt, že by sa tak zlepšila celková produkcia piatich zo šiestich komponentov za sledovaný časový interval jedného pracovného týždňa.

Hoci sa riešenie netýkalo celého materiálového toku na úseku obrábania skriň, už samotné zlepšenie len určitej časti môže viesť k zvýšeniu celkovej produkcie vhodnejším umiestnením príslušných pracovísk, operácií, medzioperačných zásobníkov, a tým aj ku skráteniu ich vzájomných vzdialeností.

*Príspevok je časťou riešeného grantového projektu č. 1/4168/07 Optimalizácia technických a ekonomických parametrov loženia, dopravy a skladovania nerastných surovín a VEGA č. 1/4193/07 Návrh logistického systému dopravy nerastných surovín s implementáciou reverznej logistiky s cieľom zníženia ekonomickej, energetickej náročnosti a environmentálnej záťaže.*



### **Literatúra - References**

- [1] GETRAG CORPORATE GROUP V SKRATKE [online]. Dostupné na internete: <http://www.getrag.de/media/000000797.pdf>
- [2] Kariéra v GETRAG FORD Transmissions Slovakia, s.r.o. [online]. Dostupné na internete: <http://www.getrag.de/media/000000780.pdf>
- [3] EXTEND User Guide, 2002 by Imagine That, Inc.
- [4] Reed, Ruddell Jr. Plant Layout: factors, principles, and techniques. Richard Irwin, Inc., 1961.
- [5] Sule, D.R., Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design, PWS Publishing Co., 1988.