

# Vytvorenie projektu digitálneho podniku pomocou PLM softvérových prostriedkov

Ján Kopec <sup>1</sup>, Miriam Pekarčíková <sup>2</sup>, Laura Lachvajderová <sup>3</sup>, Richard Duda <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Technická univerzita, Strojnícka fakulta - Ústav priemyselného inžinierstva, manažmentu a inžinierstva prostredia

Park Komenského 9, 042 00 Košice, Slovensko

[jan.kopec@tuke.sk](mailto:jan.kopec@tuke.sk)

[miriam.pekarcikova@tuke.sk](mailto:miriam.pekarcikova@tuke.sk)

[laura.lachvajderova@tuke.sk](mailto:laura.lachvajderova@tuke.sk)

[richard.duda@tuke.sk](mailto:richard.duda@tuke.sk)

**Anotace:** V tomto článku je cieľom poukázať na potrebu zlepšovania procesu výroby pomocou digitálnych modelov a simulácií výrobných procesov a tvorbou 3D výrobných hál. Článok poukazuje na dôležitosť PLM softvérov v procese zlepšovania. Obsahom sú PLM softvéry a ich užívateľské vlastnosti, popis výrobného procesu a jeho zlepšenie

## 1 Úvod

V 21. storočí je každým dňom stále väčší problém udržať podnik na konkurencieschopnej úrovni. Podniky sa modernizujú, väčšinu práce vykonávajú roboti, pretože sú presnejší a spoľahlivejší ako personál. Ak chce podnik vytvoriť produkt, ktorý bude mať najhodnotnejšie vlastnosti pre zákazníkov, musí využívať PLM softvérové prostriedky na čoraz vyššej úrovni. Je dôležité vedieť aký produkt podnik bude vyrábať, aké bude mať vlastnosti, aké stroje sa využijú v procese výroby.

Výhodou využívania PLM v procese výroby je hlavne prehľadnosť. Aby bol podnik schopný stále lepšie vyrábať, je nútený poznať informácie o procesoch, ktoré sa vykonávajú na jednotlivých strojoch. Ak pozná tieto dáta, je možné ich optimalizovať. PLM zahŕňa všetky fázy výrobného procesu, preto je prostredníctvom neho možné sledovať a vylepšovať akúkoľvek časť výroby.

## 2 Definícia PLM

PLM (Manažment životného cyklu produktu, angl. Product lifecycle management) je činnosť podniku, ktorá je zameraná na čo najužitočnejšie riadenie produktov danej spoločnosti. PLM zahŕňa všetky činnosti spojené s výrobou produktov, od ich prvotnej vízie aké vlastnosti by produkt mal mať a aké funkcie by mal byť schopný vykonávať cez testovanie, výrobu, údržbu, až po jeho úplné opotrebenie a likvidáciu (Obr.1) [1].

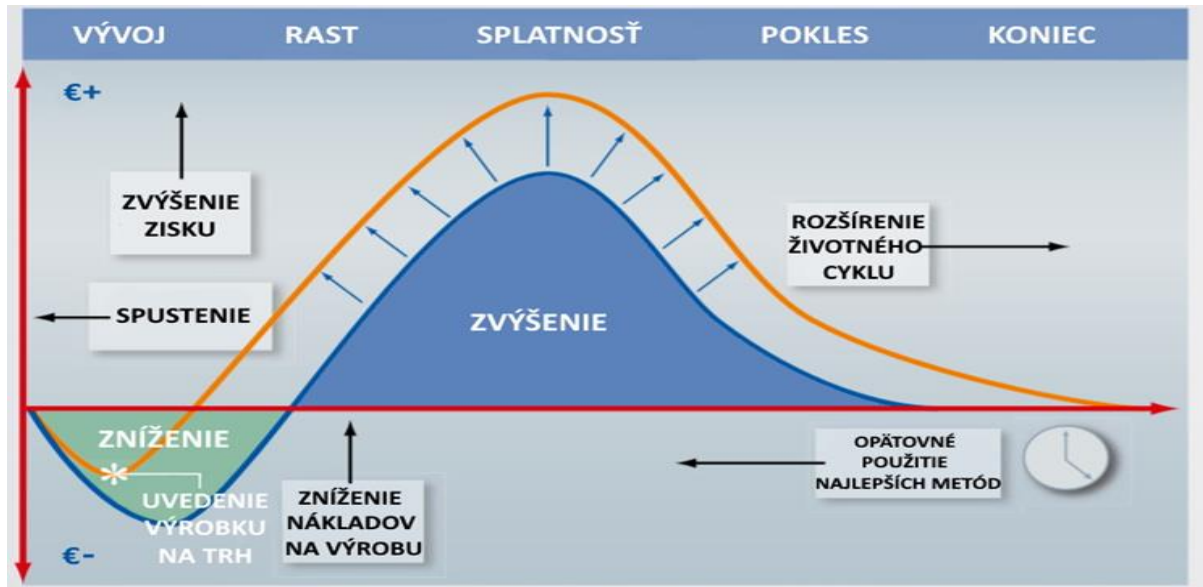
PLM je systém, ktorý podniky využívajú pri riadení podnikových produktov. V podniku nie je nič dôležitejšie ako jej produkty a spôsob akým sa budú vyrábať a využívať. Bez podnikových produktov nebudú žiadni zákazníci a

tým pádom ani príjmy. Okrem PLM sú aj iné prístupy k riadeniu produktov počas ich celého životného cyklu, ale sú tvorené viacerými systémami. PLM predstavuje ucelený systém, ktorý je kompatibilný s viacerými modulmi, ktoré podnik využíva. Zaisťuje správne využívanie potrebných informácií, ako sú údaje obsiahnuté v CAD výkresoch, technickej dokumentácii a taktiež aj systémové informácie, ktoré sa postupom času a vývojom produktu menia, prenášajú, vytvárajú, ukladajú a prevádzkujú počas celej životnosti produktu [1][2][3].



Obrázok 1 - Cyklus PLM

Úloha, ktorej čelí samotný systém PLM spočíva v tom, že musí zabezpečiť zainteresovaným stranám potrebné informácie, ktoré im uľahčia rozhodovanie a znížia administratívnu efektívnosť. PLM musí umožniť časové rozhranie pre zainteresované strany, komponenty a procesy. Motiváciou pre podniky, aby využívali čo najefektívnejšie systém PLM, je podrobnejšie porozumenie celého produktového systému, zlepšenie rozhodovacích činností podniku a formálnejší prístup k potrebným informáciám v rámci vývojového procesu, zvýšiť zisky z výroby výrobkov, znížiť náklady spojené s výrobou, vylepšiť hodnotu produktového portfólia a dosiahnuť vrcholnú užívateľskú hodnotu vyrábaných výrobkov a taktiež aj budúcich produktov pre zákazníkov a vedenie podniku (Obr.2) [4][5].



Obrázok 2 - Nárast ziskov zavedním vysokej úrovne PLM

V životnom cykle produktu existuje 5 fáz:

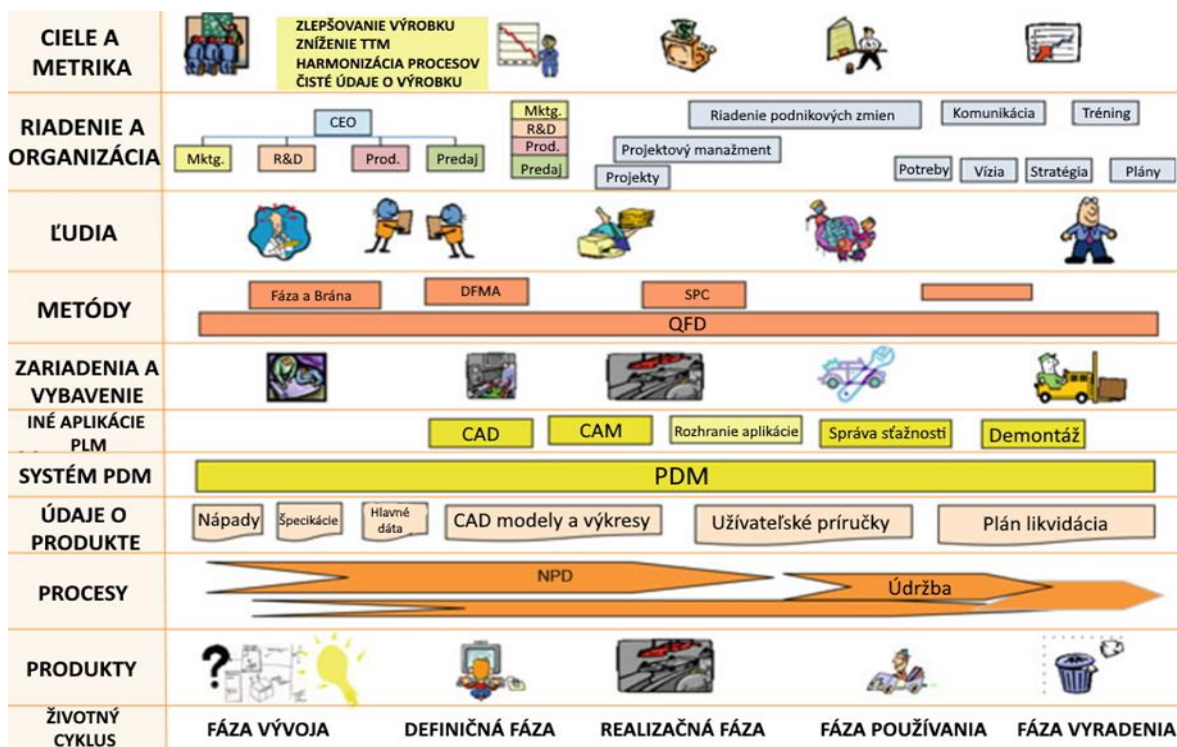
- fáza vývoja,
- definičná fáza,
- realizačná fáza,
- podporná fáza a fáza používania,
- fáza vyradenia[6].



Obrázok 3 - 5 fáz životného cyklu produktu

## 2.1 Mriežka PLM

Samotná mriežka PLM je zložená z matice. Na horizontálnej osi sú znázornené základné fázy životného cyklu produktu. Na zvislej osi mriežky sú komponenty ( údaje o produkte, aplikácia, procesy atď.), ktoré je potrebné systematicky zvážiť a riešiť počas životného cyklu produktu [7].



Obrázok 3 - Mriežka PLM

Mriežka PLM poukazuje na zložitost' spravovania prostredia produktu. Vykonávajú sa úlohy, ako sú metódy na identifikáciu nápadov pre nové produkty, organizačná štruktúra po recyklačné zariadenia až po skončenie životnosti (Obr.4) [5].

### 3 PLM softvérové prostriedky

V dnešnej dobe sú výrobky čoraz zložitejšie. Podniky musia podniknúť určité strategické kroky ešte pred tým, ako zaradia akýkoľvek produkt na trh. To všetko za cieľom udržania konkurenčnej výhody voči konkurencií a zachovanie relevantnosti pre zákazníkov [9].

Presné modelovanie produktov v digitálnom prostredí, 3D vizualizácia a simulácia prinášajú výhody pre podnik pri riešení problémov spojených s vývojom, vizualizáciou a analýzou výrobných procesov. Správne vyhodnotenie umožňuje vykonávať kľúčové rozhodnutia včas, tým sa eliminujú chyby, ktoré by inak boli zistené až v procese výroby. Včasnou elimináciou chýb je podnik schopný zvýšiť svoju produktivitu, kvalitatívne bude produkt na vyššej úrovni, celý proces sa zrýchli, príjmy z predaja výrobku budú vyššie a v neposlednom rade bude zabezpečená centralizovaná správa údajov [9][10].

Benefity využívania špičkových softvérových prostriedkov:












- **Jednoduché použitie:** pri výbere najideálnejšieho softvéru PLM pre ľubovoľnú firmu je potrebné sa uistiť, že programové prostredie je pre užívateľov rýchlo naučiteľné a používanie bezproblémové.
- **Integrácia systému:** vlastnosť, na ktorú netreba zabúdať a je potrebné ju zvážiť, je schopnosť ľahkej prepojenosti s inými systémami, ktoré už podnik využíva.
- **Správa materiálových listov:** umožňuje užívateľom softvéru sledovať informácie, ako sú napr. materiál, množstvo materiálu na sklade. Pomocou tejto funkcie je možné vykonávať vizualizáciu a zdieľanie údajov v akejkoľvek časti spoločnosti.
- **Riadenie zmien:** napomáha užívateľovi pri riadení zmien, aby sa ubezpečil, že objednávka je vo výrobnom procese. Užívateľ si môže vyžiadať, implementovať a posudzovať zmeny návrhu alebo postupu spojeného s produktom.
- **Predloženie správ a analytika:** vďaka špičkovým softvérovým prostriedkom podnik získava informácie, aby čo najefektívnejšie využil dáta o produktoch uložených v rámci platformy.
- **Manažment kvality:** riešenie pracovných postupov, ktoré koordinujú, sledujú a riadia procesy kvality produktov medzi jednotlivými oddeleniami. Informácie sú uložené v systéme PLM a vďaka tomu je neodmysliteľným prvkom pre riadenie kvality. To znamená, že používateľ môže ľahko zlepšiť kvalitu produktu a zároveň skrátiť čas výroby.
- **Spolupráca s dodávateľom:** ponuka funkcií, ktoré pomáhajú užívateľom nájsť najlepšieho dodávateľa pre konkrétny produkt. Hlavný užívateľ môže odsúhlasiť dodávateľov, riadiť ich audity a riadiť ich spoluprácu práve vďaka softvérovým prostriedkom PLM.
- **Manažment výrobných dát:** napomáha používateľovi k sledovaniu všetkých údajov o produkte. To má za následok lepšie sledovanie, organizáciu, správu a analýzu informácií. Pracovníci podniku môžu vedeniu odovzdávať poznatky o revíziách a tak sa podieľať pri návrhu a výrobe produktov.
- **Podpora existujúcich procesov:** Softvérové prostriedky PLM sa integrujú už s existujúcimi pracovnými postupmi a predpokladanými procesmi podnikov.
- **Flexibilita a dostupnosť:** v dnešnej dobe ďalšou vlastnosťou, ktorú treba zvážiť je schopnosť podniku organizovať a komunikovať s inými podnikmi, priemyselne inak zameranými podnikmi a tímami, s ktorými užívateľ spolupracuje.
- **Rýchlosť implementácie:** samotná inštalácia a implementácia nezaberajú veľa času, čím je zabezpečená rýchla integrácia s inými systémami a pracovnými postupmi.



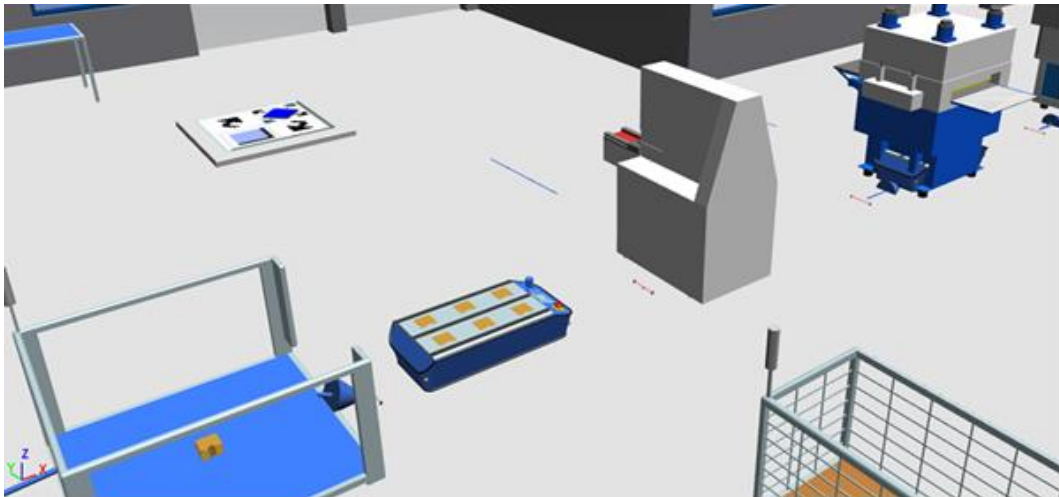
- **Zaistenie ochrany životného prostredia:** poskytovanie informácií o tom, či používateľ dodržiava environmentálne normy.
- **Varovanie pred nevyhovujúcimi materiálmi:** softvér ponúka možnosť odfiltrovať informácie o nevyhovujúcich materiáloch a upozorniť na ich existenciu používateľa [10].

#### 4 Riešenie nedostatkov vo výrobnom procese

Hlavným nedostatkom výrobného procesu bol presun jednotlivých komponentov potrebných pre výrobu medzi jednotlivými výrobnými pracoviskami zabezpečujú buď pracovníci alebo transportéry. Transportéry tak musia čakať, kým sa naplnia na určitú kapacitu a až vtedy odchádzajú. V prípade, že medzi pracoviskami nie je transportér, presun materiálu a polotovarov zabezpečuje personál podniku. Nevýhodou je aj to, že v prípade transportéru je len polovičná efektívnosť, pretože transportér naloží na jednom pracovisku entity, na druhom ich vyloží a musí sa vrátiť prázdny a znova zopakovať celý postup. Taká istá nevýhoda vyplýva z prenášania entít pomocou personálu. Kvôli tomuto spôsobu prepravy sa vo výrobnom procese znižuje efektívnosť výroby a vznikajú prestoje, ktoré sú vo výrobnom procese nežiadúce, pretože negatívne ovplyvňujú výsledné štatistiky celkovej výroby.

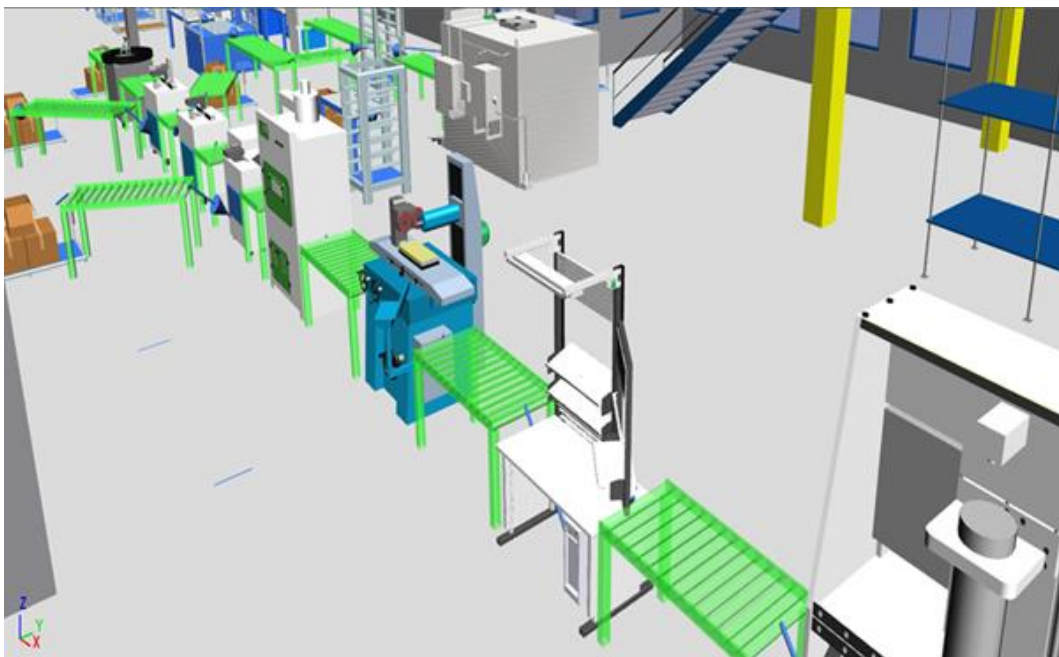
Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted									
Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain	Tabuľa_plechu	13:47.7954	72	5	100.00%	0.00%	0.00%	3.87%	
Výstup	Kompletný_kotúč	31:12.2179	408	26	37.55%	62.45%	0.00%	31.46%	
Výstup	Transporter	27:31.4108	34	2	48.24%	51.76%	0.00%	0.00%	
Drain2	Paleta	13:13:41.7833	1	0	100.00%	0.00%	0.00%	60.50%	
Drain1	Transporter	8:58.6752	213	13	49.90%	50.10%	0.00%	0.00%	
Drain3	Transporter	27:13.1969	70	4	49.64%	50.36%	0.00%	0.00%	
Drain4	Transporter	27:55.5740	34	2	51.01%	48.99%	0.00%	0.00%	
Drain5	Transporter	27:40.9483	68	4	49.64%	50.36%	0.00%	0.00%	
Drain6	Transporter	27:36.1258	69	4	49.64%	50.36%	0.00%	0.00%	
Drain7	Transporter	9:00.7256	212	13	49.90%	50.10%	0.00%	0.00%	
Drain8	Transporter	9:02.9077	211	13	49.90%	50.10%	0.00%	0.00%	

Obrázok 5 - Číselné vyjadrenie efektivity prvotného výrobného procesu



Obrázok 6 - Presun materiálu pomocou transportérov

Problém s presunom jednotlivých komponentov, ktorých presun zabezpečovali pracovníci alebo transportéry mal za následok výrazný pokles vyrobených kompletných kotúčov. Preto sme vo výrobnom procese odstránili transportéry a presuny pomocou pracovníkov a nahradili ich dopravníkovými pásmi (Obr.7). Výhodou dopravníkových pásov oproti transportérom je, že dopravníkové pásy nemusia vykonávať cestu na prázdno, pretože pracujú nepretržite a nemajú koniec. Taktiež výhodou dopravníkových pásov je, že sa dá regulovať rýchlosť a tým ešte viac zefektívniť výrobný proces. Dopravníkové pásy prepájajú celú výrobnú linku a podieľajú sa na zlepšení množstva výsledných komponentov.



Obrázok 7 - Preprava materiálu vyriešená pomocou dopravníkových pásov

Tabuľka 1 – Štatistické porovnanie procesov leštenia kotúčov

	Prvotné pracovisko	Modernizované pracovisko
Množstvo vstupov	211	384
Pracovný podiel	66,18%	81,90%
Pracovný čas	39.9925	38.5420
Prestoje	0,48%	0,21%

## 5 Záver

Zlepšenie množstva vyrobených pílových kotúčov bolo dosiahnuté vytvorením digitálneho modelu, na ktorom bolo možné odsimulovať proces výroby a tak vykonať zlepšenia bez toho, aby sme museli vykonávať zmenu priamo na reálnom výrobnom procese. Pracoviská, ktoré mali dlhé výrobné časy boli zdvojené, aby sa zvýšilo množstvo vyrobených pílových kotúčov. Preprava, ktorú pred modernizáciou vykonávali transportéry alebo personál podniku boli nahradené dopravníkovými pásmi. Tým sa proces stal ešte viac efektívnym a zbytočné prestoje a pomalá doprava boli eliminované. Výsledkom bolo 58% zlepšenie výroby. Na druhej strane, je samotná modernizácia výrobného postupu pre podnik finančne náročná. Narastá množstvo finančných prostriedkov na energie a na obstaranie strojov a dopravníkových pásov. Ale keď sa vezme do úvahy percentuálny nárast množstva vyrobených produktov, je vysoko pravdepodobné, že vynaložené finančné prostriedky sa podniku v budúcnosti vrátia. Celková modernizácia bola simulovaná v programe Tecnomatix Plant Simulation.

Celý modernizovaný proces mal byť výsledkom práce na pracovisku TestBed 4.0, kde mal byť aj testovaný. Vzhľadom na situáciu, znemožnený prístup do laboratória, zákaz stretávania a prerušenie prezenčnej formy štúdia to však nebolo možné realizovať. Keby bola možnosť modernizovaný výrobný proces vytvoriť na pracovisku TestBed 4.0, výsledky modernizácie by boli pri tvorbe a simulácii výrobného procesu ešte vyššie, aké sme dosiahli bez prístupu na spomínané pracovisko.

### Použitá literatúra

- [1] STARK, John. Product Lifecycle Management: Volume 1: 21st Century Paradigm for Product Realisation. 3rd ed. Švajčiarsko: Springer, 2015. ISBN 978-3-319-33050-1.
- [2] RIVEST, Louis. Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises : IFIP WG 5.1 International Conference, PLM 2012, Montreal, QC, Canada, July 9-11, 2012, Revised Selected Papers. Heidelberg: Springer, [2012]. ISBN e-isbn978-3-642-35758-9.
- [3] SA Technologies: PLM Consulting Services [online]. Dostupné na internete: <https://www.satincorp.com/plm-solutions/> .



- [4] ACM Digital Library: Semantically based visual tracking of engineering tasks in automotive product lifecycle [online]. Dostupné na internete: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2494188.2494225>> .
- [5] STARK, John. Product Lifecycle Management (Volume 2): The Devil is in the Details. 3rd ed. Švajčiarsko: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-37083-5.
- [6] KLIMENT, Marek, TREBUŇA, Peter, STRAKA, Martin. Tecnomatix plant simulation, its features and its integration into business processes in logistics systems, 2014. In: American Journal of Mechanical Engineering. Vol. 2, no. 7 (2014), p. 286-289. - ISSN 2328-4102
- [7] TREBUŇA, Peter, KLIMENT, Marek, MARKOVIČ, Jaromír. PLM and its benefits and use in the management of complex business activities in the planning and optimization of production activities, 2013. In: Manažment podnikov. Roč. 3, č. 2 (2013), s. 53-56. - ISSN 1338-4104
- [8] KOVÁČ, M.: Fenomén inovácií / Milan Kováč - 2010. In: Podpora inovácií : stratégie, nástroje, techniky a systémy. - Košice : CITR, 2010 S. 7-40. - ISBN 978-80-970320-0-5
- [9] PAT RESEARCH: TOP 19 PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT (PLM) SOFTWARE [online]. Dostupné na internete: <<https://www.predictiveanalyticstoday.com/top-product-lifecycle-management-plm-software/>> .
- [10] TREBUŇA, Peter, Miriam, PEKARČÍKOVÁ, Marek, KLIMENT, Jozef, TROJAN. METÓDY A SYSTÉMY RIADENIA VÝROBY V PRIEMYSELNOM INŽINIERSTVE. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta: Univerzitná knižnica, 2019. ISBN 978-80-553-3280-2.