

PROCJENA ŽIVOTNOG VIJEKA PROIZVODA PRIMJENOM EKSPERIMENTALNOG PLANA

Mr. Željko Stević, email: zeljkostevic88@yahoo.com

Prof.dr. Asib Alihodžić, email: asib.dr@gmail.com

Darko Dragić, master saobraćaja, email: darkosfd@gmail.com

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj,

Biljana Stević, dipl. inž. saobr., email: biljana.jeremic47@gmail.com

„Energotehnika” d.o.o Doboj

Sažetak: Istraživanja zasnovana na statističkim analizama i eksperimentalnim mjerenjima predstavljaju široko primjenjivanu oblast koja daje validne rezultate. U ovom radu izvršena je statistička analiza životnog vijeka proizvoda. U pitanju je potpuni eksperimentalni faktorski plan koji se sastoji od tri faktora i dva nivoa čija je oznaka 2^3 . Analiza je izvršena u jednom od najmoćnijih i najzastupljenijih statističkih programa, u Minitabu. Rezultati su dati u radu tabelarno i grafički.

Ključne riječi: eksperimentalni plan, faktor, statistika, analiza, minitab

ASSESSMENT THE PRODUCT LIFE CYCLE USING EXPERIMENTAL PLAN

Abstract: The research is based on statistical analyzes and experimental measurements are widely applied area that gives valid results. This paper presents a statistical analysis the product lifecycle. It is a complete experimental factorial design consisting of three factors and two levels whose designation 2^3 . Analysis was carried out in one of the most powerful and most used statistical programs in Minitab. The results are presented in tabular and graphic.

Keywords: Experimental design, factor, statistics, analysis, minitab.

1. UVOD

Prema [6] eksperimentalni metod predstavlja jedan od osnovnih gnoseoloških naučnih metoda. Temelji se na empiriji, saznanju pomoću eksperimenata i indukciji kao posebnom naučnom metodu. Među glavne ciljeve eksperimentalnog metoda spada otkrivanje prirodnih zakona, tj. uzročno-posljedičnih relacija među stvarima i pojavama u prirodi, dakle nužnih stanja i tendencija koje proizilaze iz same suštine stvari i pojava. Pri tome treba, sa stanovišta metodologije eksperimentalnog istraživanja, odnosno pitanja zašto i kako se nešto zbiva ili mijenja, razlikovati kauzalne i statističke zakone.

Eksperiment kao opšte priznata istraživačka metoda primjenjuje se skoro u svim oblastima ljudske djelatnosti, može imati različitu ulogu i značaj. U suštini predstavlja potvrđivanje ili opovrgavanje postavljene hipoteze. Nastao je od latinska riječ (experimentum) što u prevodu znači opit ili ogled.

Eksperimentalni plan je našao široku primjenu u mnogim disciplinama. Prema [4] eksperiment se može posmatrati kao dio naučnog procesa i kao način da se nauči kako sistem ili proces funkcioniše.

2. OBLIKOVANJE I TESTIRANJE HIPOTEZA

2.1. Oblikovanje hipoteza

Nakon definisanja problema istraživanja, sljedeći korak je oblikovanje hipoteze. Hipoteza donosi jasnoću i preciznost cilju istraživanja, ali nije nužna za istraživanje. Može se provesti valjano istraživanje bez sastavljanja i jedne formalne hipoteze. S druge strane, u okviru konteksta istraživanja, može se sastaviti onoliko hipoteza koliko se čini potrebnim. Ponekad se smatra da je definisanje hipoteze nužno za provođenje istraživanja. Hipoteze primarno izvire iz seta pretpostavki koje se testiraju u okviru istraživanja. Ukoliko se istraživanje provodi bez konkretnog seta pretpostavki, hipoteze nisu potrebne.

Hipoteza je dakle specifična tvrdnja u obliku predviđanja, koja najčešće dovodi u odnos dvije varijable.

Ona uvijek proizlazi iz cilja, odnosno istraživačkog pitanja. Hipoteza je zapravo privremeni, provizorni odgovor na pitanje, koji istraživanjem treba odbaciti ili potvrditi. Na početku istraživanja nemamo odgovor o tome na koji način neki fenomen, situacija ili program djeluju na pojedince ili grupe, iako u većinu istraživanja krećemo s određenom pretpostavkom ili više njih. Te pretpostavke (hipoteze) provjeravamo prikupljajući informacije koje nam omogućuju da zaključimo jesu li bile tačne ili ne.

Postoji cijeli niz elemenata na koje je potrebno paziti pri oblikovanju hipoteze kako bi je bilo moguće verodostojno provjeriti:

- ✓ Hipoteza bi trebala biti jasna i jednodimenzionalna.
- ✓ Hipoteze moraju biti specifične.
- ✓ Hipotezu bi trebalo moći operacionalizovati i moći provjeriti. Ovo znači da je hipotezu potrebno izraziti u mjerljivim terminima.
- ✓ Hipoteza bi trebala biti povezana s postojećim naučnim znanjima.

Nakon što smo sastavili hipoteze svoga istraživanja uvažavajući sva prethodna pravila, još jednom provjerimo ima li svaka hipoteza sljedeća osnovna obeležja:

- Uključuje (barem) dvije varijable,
- Uspostavlja odnos među varijablama,
- Ima oblik tvrdnje,
- Logički je povezana s teorijskim okvirom i istraživačkim pitanjem,
- Moguće ju je podvrgnuti provjeri statističke značajnosti.

Kao što je već rečeno, svaka pretpostavka koju želite provjeriti putem ispitivanja naziva se hipoteza. Stoga bi teorijski trebala postojati samo jedna vrsta hipoteze - hipoteza istraživanja, osnova vašeg rada. Međutim, zbog uobičajenih konvencija u naučnom istraživanju i zbog jezičke konstrukcije u sastavljanju hipoteza, hipoteze mogu biti klasifikovane u jednu od više kategorija. U osnovi postoje dvije kategorije hipoteza: nulte hipoteze i alternativne hipoteze. Nulta hipoteza (najčešće se označava sa H_0) je hipoteza prema kojoj ne postoji odnos među fenomenima, varijablama ili pojavama koje istražujemo. Alternativna hipoteza (najčešće se označava sa H_1) je hipoteza prema kojoj postoji određena vrsta odnosa među fenomenima, varijablama ili pojavama koje istražujemo. Alternativna hipoteza može biti oblikovana na više načina (dvostrano - odnosno da postoji određena povezanost, ali smjer te povezanosti nije jasan, ili jednostrano - smjer povezanosti je unaprijed definisan i tada se takva hipoteza naziva direktivnom hipotezom). [5]

2.2. Testiranje hipoteza

Testiranje hipoteze je statistički postupak kojim se određuje da li i koliko pouzdano raspoloživi podaci podupiru postavljenu pretpostavku. Testiranje hipoteza, odnosno testiranje značajnosti u osnovi je postupak kvantifikacije impresija o specifičnoj hipotezi.

Postupak testiranja hipoteze se izvodi u nekoliko koraka:

- Definišu se nulta i alternativna hipoteza.
- Izbor modela teorijskog rasporeda.
- Određuje se nivo značajnosti testa α odnosno vjerovatnoća $(1 - \alpha)$.
- Definisanje uzorka.
- Izračunavanje statistike testa na osnovu uzorka.
- Iz tablice teorijskog rasporeda očitava se tablična vrijednost (kriterijum).
- Upoređivanje statistike testa sa tabličnom vrijednošću.
- Odluka o prihvatanju ili odbacivanju formulisane hipoteze.

Pravila za formulisanje hipoteze:

- Kao H_1 treba definisati onaj ishod za koji istraživač pretpostavlja da je tačan i istinit.
- H_0 treba da sadrži pretpostavku koja je po istraživaču pogrešna i neistinita i koju on primjenom testa treba da ospori.
- Prvo treba postaviti H_1 , a zatim doći do H_0

U istraživanjima se uvijek polazi od pretpostavke da je nulta hipoteza istinita i da „razlika“ nije statistički značajna. Naučni metod, tj. postupak provjere pretpostavki predstavlja testiranje statističkih hipoteza. Testira se isključivo nulta hipoteza, a alternativna se prihvata ili odbacuje posredno. Istinitost nulte hipoteze se utvrđuje specifičnim testovima značajnosti. Ako se odgovarajućim statističkim testom, za odgovarajuću vjerovatnoću i nivo značajnosti, dokaže istinitost nulte hipoteze ona se ne odbacuje, već se odbacuje alternativna hipoteza i zaključuje se: pretpostavka istraživača, data kroz alternativnu hipotezu, nije tačna, jer dobijena razlika između realizovane vrijednosti (vrijednosti dobijene poslije istraživanja ili poslije eksperimenta) parametra skupa i hipotetične vrijednosti nije statistički značajna. Razlika je posljedica slučajnog karaktera i nastala je djelovanjem sporednih faktora. Obrnuto, ako statistički test, za odgovarajuću vjerovatnoću i nivo značajnosti, ne potvrdi istinitost nulte hipoteze, onda je odbacujemo i automatski prihvatamo alternativnu hipotezu kao istinitu i zaključujemo: razlika je statistički značajna i vjerovatno je nastala pod uticajem sistemskih, odnosno eksperimentalnih faktora. [5]

Pri testiranju nulte hipoteze mogu da se naprave dvije greške:

- greška prve vrste (α -greška), koja nastaje kada se odbaci istinita nulta hipoteza,
- greška druge vrste (β -greška) nastaje kada se prihvati (ne odbaci) netačna nulta hipoteza.

3. PRAKTIČAN PRIMJER

3.1. Ekperimentalni plan

Kada je u pitanju konkretan slučaj na kojem se vrši eksperimentalna analiza radi se životnom vijeku palete u zavisnosti od tri faktora sa izvršenih 5 replikacija (mjerjenja).

1. Vrste palete - u ovom slučaju nivoje predstavljaju drvena i plastična paleta – faktor A.
2. Opterećenja palete - koja ovde iznose 800 i 1000 [kg] - faktor B.

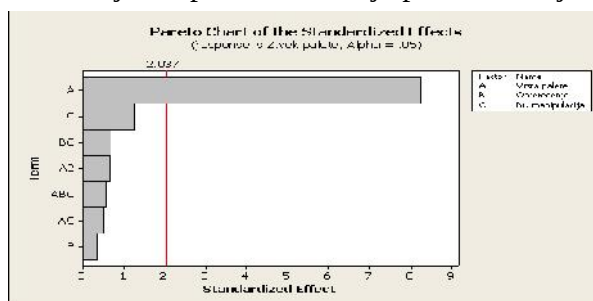
3.2. Analiza Varijansi

Analysis of Variance for Z.vek palete (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	19134.1	19134.1	6378.03	23.33	0.000
2-Way Interactions	3	318.1	318.1	106.03	0.39	0.762
3-Way Interactions	1	96.1	96.1	96.10	0.35	0.557
Residual Error	32	8747.2	8747.2	273.35		
Pure Error	32	8747.2	8747.2	273.35		
Total	39	28295.5				

Analiza varijanse u tabeli daje rezime glavnih efekata i interakcija. Minitab prikazuje i sekvencijalne sume kvadrata (Seq SS) i prilagođene sume kvadrata (adj SS).

U ovom primjeru proračunati Fišerov broj (markirano F) je veći od od kritičnog Fišerovog broja iz tabele: $F_{pr} > F_{kr}$ stoga osnovna hipoteza se odbacuje kao netačna i može se zaključiti na osnovu alternativne hipoteze koja se u ovom slučaju uzima u obzir kao tačna da faktori različito utiču na odzivnu funkciju eksperimenta što je prikazano sljedećim grafikom.



Slika 1. Pareto dijagram

Iz grafikona jasno se vidi da najveći uticaj na životni vijek palete **ima faktor A**, u desnom gornjem uglu data je legenda odakle se vidi šta predstavlja određeni faktor. Dakle na životni vijek palete najveći uticaj i to mnogo veći u odnosu na ostale faktore ili njihove interakcije ima **vrsta palete** (materijal od kojeg je izrađena). Posle navedenog faktora A najveći uticaj na odzivnu funkciju ima **faktor C** tj. broj manipulacija sa paletom, zatim interakcije određenih faktora, dok najmanji uticaj ima faktor B tj. opterećenje palete.

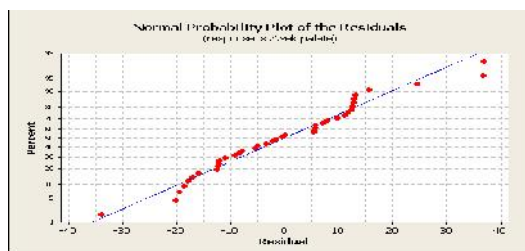
3.3. Regresiona i korelaciona analiza praktičnog primjera

Ukoliko se pokaže da tačke eksperimenta leže približno na pravoj ona se naziva regresiona prava veličine y u odnosu na x . U opštem slučaju je to kriva linija koja se naziva regresiona kriva. (**Regresiona jednačina glasi**): **Z.vek palete = 87.3 + 21.6 Vrsta palete - 0.95 Opterećenje - 3.30 Br. Manipulacija**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	87.250	2.522	34.59	0.000	
Vrsta palete	21.600	2.522	8.56	0.000	
Opterecenje	-0.950	2.522	-0.38	0.709	
Br. manipulacija	-3.300	2.522	-1.31	0.199	
S = 15.9525 R-Sq = 67.6% R-Sq(adj) = 64.9%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	19134.1	6378.0	25.06	0.000
Residual Error	36	9161.4	254.5		
Total	39	28295.5			
Source	DF	Seq SS			
Vrsta palete	1	18662.4			
Opterecenje	1	36.1			

Br. manipulacija 1 435.6

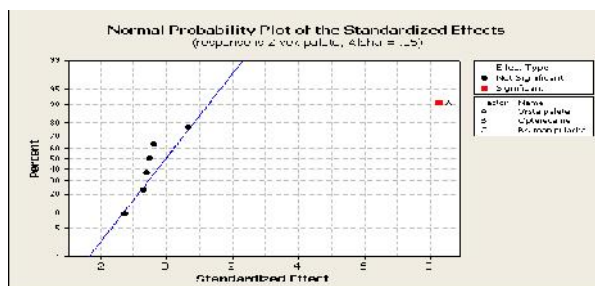
Obs	Vrsta palette	Z.vek palette	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	-1.00	81.00	69.90	5.04	11.10	0.73
2	1.00	121.00	113.10	5.04	7.90	0.52
3	-1.00	75.00	68.00	5.04	7.00	0.46
4	1.00	148.00	111.20	5.04	36.80	2.43R
5	-1.00	79.00	63.30	5.04	15.70	1.04
6	1.00	131.00	106.50	5.04	24.50	1.62
7	-1.00	61.00	61.40	5.04	-0.40	-0.03
8	1.00	103.00	104.60	5.04	-1.60	-0.11
9	-1.00	70.00	69.90	5.04	0.10	0.01
10	1.00	150.00	113.10	5.04	36.90	2.44R
11	-1.00	81.00	68.00	5.04	13.00	0.86
12	1.00	123.00	111.20	5.04	11.80	0.78
13	-1.00	73.00	63.30	5.04	9.70	0.64
14	1.00	103.00	106.50	5.04	-3.50	-0.23
15	-1.00	67.00	61.40	5.04	5.60	0.37
16	1.00	92.00	104.60	5.04	-12.60	-0.83
17	-1.00	83.00	69.90	5.04	13.10	0.87
18	1.00	101.00	113.10	5.04	-12.10	-0.80
19	-1.00	63.00	68.00	5.04	-5.00	-0.33
20	1.00	102.00	111.20	5.04	-9.20	-0.61
21	-1.00	69.00	63.30	5.04	5.70	0.38
22	1.00	112.00	106.50	5.04	5.50	0.36
23	-1.00	74.00	61.40	5.04	12.60	0.83
24	1.00	110.00	104.60	5.04	5.40	0.36
25	-1.00	54.00	69.90	5.04	-15.90	-1.05
26	1.00	96.00	113.10	5.04	-17.10	-1.13
27	-1.00	57.00	68.00	5.04	-11.00	-0.73
28	1.00	91.00	111.20	5.04	-20.20	-1.33
29	-1.00	61.00	63.30	5.04	-2.30	-0.15
30	1.00	87.00	106.50	5.04	-19.50	-1.29
31	-1.00	53.00	61.40	5.04	-8.40	-0.56
32	1.00	117.00	104.60	5.04	12.40	0.82
33	-1.00	62.00	69.90	5.04	-7.90	-0.52
34	1.00	79.00	113.10	5.04	-34.10	-2.25R
35	-1.00	50.00	68.00	5.04	-18.00	-1.19
36	1.00	124.00	111.20	5.04	12.80	0.85
37	-1.00	51.00	63.30	5.04	-12.30	-0.81
38	1.00	101.00	106.50	5.04	-5.50	-0.36
39	-1.00	49.00	61.40	5.04	-12.40	-0.82
40	1.00	86.00	104.60	5.04	-18.60	-1.23



Slika 2. Reziduali (ostaci) pri normalnoj vjerovatnoći

Iz datog grafikona vidi se odstupanje od regresione prave odnosno reziduali što u suštini predstavlja signifikatnost. U ovom primjeru se radi o tačnosti eksperimenta 95 %, odnosno $\alpha=5$ %. U korelacionoj i regresionoj analizi ispituju se međusobne veze pojava koje su u stalnom kretanju. Neke pojave su posljedica drugih pojava pa se tako dijele na: nezavisno promjenljive pojave koje su uzrok, i na zavisno promjenljive pojave koje su posljedica prvih. Da bi otkrili uzročne veze između dvije ili više pojava, moraju se apstrahovati iz opštih veza i onda ih istražiti. Kod korelacione veze određenoj vrijednosti nezavisno promjenljive pojave odgovara više vrijednosti zavisno promjenljive pojave. Znači, vrijednosti zavisno

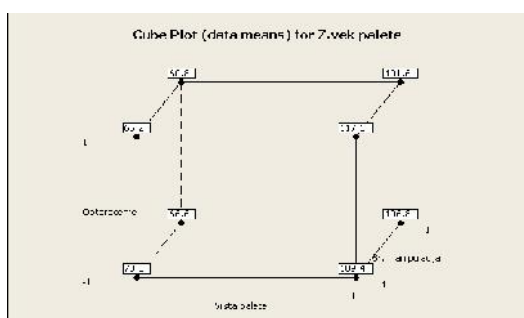
promjenljive se javljaju sa izvesnom vjerovatnoćom, što ih svrstava u slučajne promjenljive. Takve veze se nazivaju „empirijske funkcije ili stohastičke zavisnosti“. Što je veza između pojava čvršća, tj. što na zavisno promjenljivu manje utiču ostali faktori i slučajnosti koje nisu uzete u obzir pri pronalaženju veze, utoliko je korelaciona (stohastička) veza bliža funkcionalnoj. **R-Sq = 67.6%** - Koeficijent koleracije.



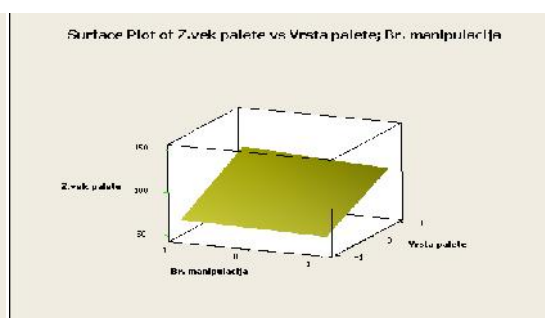
Slika 3. Standardizovani efekti pri normalnoj verovatnoći

Na slici 3 su identifikovani standardni efekti pri grešci od $\alpha=0.05$. Iz njegovog prikaza vidi se da je faktor A signifikantan odnosno sa tačnošću od 90 %. Ukoliko su koeficijenti standardnih grešaka jednaki nuli onda softver ne prikazuje ovaj plot.

3.4. Grafička analiza postavljenog primjera



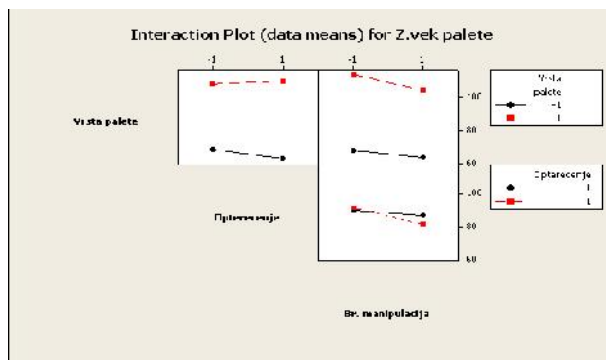
Slika 4. Cube Plot



Slika 5. Surface plot

Sa slike 4 uočavaju se aritmetičke sredine nivoa određenog faktora koje se dobijaju sabiranjem replikacija odnosno predstavljaju sumu svih replikacija podjeljenu sa ukupnim brojem mjerenja. Na osnovu ovog grafikona i Tukey broja može se odrediti odstupanje aritmetičke sredine i standardnih devijacija kod različitih faktora.

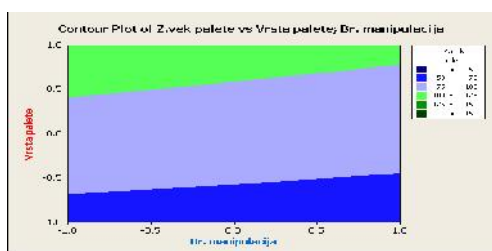
Slika 5 prikazuje trodimenzionalni pogled na površinu. Iako je koristan za uspostavljanje poželjne vrijednosti odgovora i radnih uslova, površine parcele može pružiti jasniju sliku odgovora površine. Grafikon trodimenzionalnog pogleda prikazuje životni vijek palete u odnosu na dva faktora koja su najuticajnija na navedenu odzivnu funkciju, a to je prije svega faktor A – vrsta palete i faktor C broj manipulacija sa paletom. Ovaj grafik možemo rotirati, zaokretati i sl. i to daje mogućnost sagledavanja uticaja faktora na odziv iz raznih uglova. Sljedeći grafikon predstavlja interakciju faktora za odzivnu funkciju životni vijek palete.



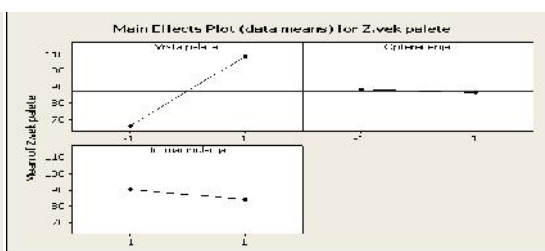
Slika 6. Interakcioni plot

Od efekata interakcije matrice, mogu se izvući tri važna zaključka: Važni faktori (uključujući 2- faktor interakcija), najbolja podešavanja, transparentan proces strukture.

Za svaku od ovih subplots, kako idemo od "-" podešavanje za "+" podešavanja u okviru cos, postoji pomak u mjestu prosječnih podataka (da/ne)? Pošto svi imaju zajednički subplots (-1, +1) na horizontalnoj osi, pitanja uključuju promjene u lokaciji na grafiku odnosno promjenu vremena trajanja odzivne funkcije izraženu u vremenskoj jedinici mjeseci. Grafikon predstavlja identifikovanje faktora odnosno interakcije između faktora koji imaju najveći pomak u odzivnoj funkciji o može se zaključiti da je najveća interakcija faktora A i C a najmanje interakcije faktora B i C. Opšti grafikon za prikazivanje sredstva je standardni zaplet interakcija, gdje su sredstva označene tačke povezane linijama. Ova parcela je naročito korisna kada postoje značajne interakcije efekata u modelu.



Slika 7. Konturni plot



Slika 8. Main Effect plot

Konturni plot prikazuje životni vijek palete u odnosu na dva najuticajnija faktora a to su faktor A (vrsta palete) i faktor C (broj manipulacija sa istom). Sa grafikona se vidi kako varira (mijenja se) odzivna funkcija sa promjenom nivoa ova dva faktora. Tako da npr. životni vijek palete ako je u pitanju drvena paleta nivo – pri određenom broju manipulacija sa njome kreće su opsegu 50-75 mjeseci, a kada je u pitanju nivo + tj. u ovom slučaju plastična paleta odzivna funkcija eksperimenta je 100-125 mjeseci.

Na slici 8 se uočava uticaj nivoa faktora na životni vijek palete tako da postoje varijacije kada se ide od nivoa – do nivoa +, odnosno ako se posmatra vrsta palete nivo – predstavlja drvenu paletu pa životni vijek je oko 65 mjeseci, dok je životni vijek na nivou + što predstavlja plastičnu paletu oko 110 mjeseci. Kada je u pitanju opterećenje palete njena odzivna funkcija se smanjuje za nijansu (kada se ide od nivoa – do nivoa +) i može se reći da razlika u opterećenju u konkretnom slučaju od 200 kg je zanemarljiva. I na kraju nivoi trećeg faktora odnosno broja manipulacija sa paletom skraćuju životni vijek iste za nešto više od prethodnog faktora i kada je nivo + odnosno broj manipulacija sa paletom 3000 onda se odzivna funkcija smanjuje sa oko 90 na oko 83 mjeseca.

ZAKLJUČAK

Ovim eksperimentom koji je izvršen u pet mjerenja ispitivajući djelovanje tri faktora na odzivnu funkciju dokazano je da faktor A odnosno vrsta palete ima daleko najveći uticaj i efekat kada je u pitanju životni vijek iste, što u praksi i jeste slučaj i što predstavlja sasvim logičan rezultat uzimajući u obzir i ostale faktore koji su bili predmet ispitivanja ovog eksperimenta. Uticaj ispitanih faktora je različit odnosno njihovo djelovanje na životni vijek palete ima različite efekte što se pokrepljuje alternativnom hipotezom, jer u ovom slučaju je dokazano da osnovna hipoteza nije tačna, stoga uzima se u obzir alternativna hipoteza. To se najbolje može sagledati sa Paretovog grafikona gdje se jasno vidi koliki uticaj ima određeni faktor na životni vijek palete. Poslije, već spomenutog faktora A, najveći uticaj ima broj manipulacija sa paletom tj. faktor C.

LITERATURA

- [1] D. F. Chris. MINITAB 14. *Teaching Statistics. Spring 2005*, Vol. 27 Issue 1, p30-32.
- [2] F. Barahona, M. Grötschel, M. Jünger, G. Reinelt. An application of combinatorial optimization to statistical physics and circuit layout design. *Operation Research*, 1988, 36, 493 - 513.
- [3] J. Wass. MINITAB Release 14. *Scientific Computing & Instrumentation*. Jun 2004, Vol. 21 Issue 7, p20-22.
- [4] Montgomery, D. (2001). *Design and Analysis of Experiments*. New York: Arizona State University.
- [5] Skakić, N. (2001). *Teorija vjerovatnoće i matematička statistika*. Beograd: Naučna knjiga
- [6] Stanić J.; Metod inženjerskih merenja Mašinski fakultet Beograd 1990.
- [7] T. Prvan, A. Reid, P. Petocz, Statistical Laboratories Using Minitab, SPSS and Excel: A Practical Comparison. *Teaching Statistics. Summer 2002*, Vol. 24 Issue 2, p68. 8p.