

Степен коришћења капацитета у производњи



Капацитет машине

Капацитет машине је способност машине да у одређеном временском периоду обави одређени број операција.

Јединица капацитета машине је **машински час**.

Категорије капацитета машине:

1. Идеални капацитет - $C_{mi} = 365 \cdot 24$, јер теоријски машина ради 365 дана по 24 часа дневно.
2. Реални технички капацитет - $C_{mr} = C_{mi} - t$, где је време t потребно за ремонте.
3. Експлоатациони капацитет - $C_{me} = C_{mr} - 24 \cdot (N + P) - 1,5 \cdot R$, где је редом, N – нерадни дан, P – празници, R – број радних дана, $1,5=3$ смене \times $0,5$ часова паузе.
4. Стварни капацитет - $C_{ms} = C_{me}$ - (кварови) - (мањак материјала) – (мањак алата) – (одсуство радника) – (неприпремљен рад) – разни други губици.

У добрим временима југословенске индустрије постигано је $C_{ms} = (0,3 \div 0,4)C_{me}$, а данас је срећа ако се достигне и $C_{ms} = 0,1C_{me}$, тј. капацитети су у великој мери неискоришћени.



Категорије капацитета фабрике:

1) Технички капацитет фабрике: i. Идеални технички капацитет фабрике: $C_1 = \sum_{j=1}^n C_{mij}$,

ii. Реални технички капацитет фабрике: $C_{fr} = \sum_{j=1}^n C_{mij}$,

2) Експлоатациони капацитет фабрике: све машине се морају класификовати у једнородне групе – **компонентне капацитете**, које чине истородне машине међусобно заменљиве (то би нпр. биле групе стругова, бушилица, глодалица,...). Овде се јавља и проблем тзв "**уских грла**". "Уско грло" је машина која је искоришћена у потпуности (ради без престанка). Проблем "уског грла" се отклања **организационим и инвестиционим мерама**, односно бољом расподелом рада између машина и улагањем у куповину нових машина које би растеретиле ону која ради непрекидно).

Методe за прорачун степена коришћења капацитета

Методe се деле на:

- 1) Методe континуалног снимања и
- 2) МТЗ (метода тренутних запажања).

1) Континуалне методe: i. Снимачем: снимач тачно бележи током **осам сати рада** (једна смена) **када и**

зашто машина ради или не ради. Ово је веома добра и повољна метода због своје **прецизности**, а недостатак је то што се онај радник који је посматран током рада може осетити **нелагодно и ометено у раду**.

ii. Одговарајућим инструментима за регистровање рада/нерада: инструмент региструје само **стање рада/нерада**, али не и **узрок**. Осим тога инструмент је углавном **веома скуп**, а не сме се ни занемарити способност радника да **обмане инструмент**.



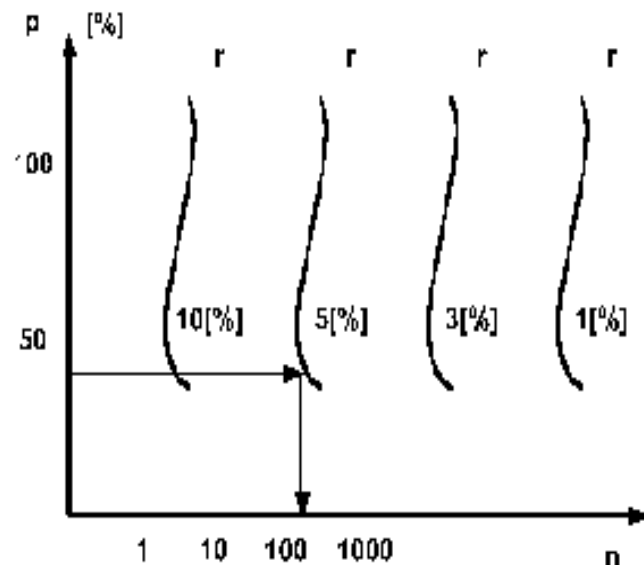
2) MT3 (Метода Тренутних Запажања): представља статистичку методу која **процентуално оцењује** да ли машина ради или не, уз **узроке и објашњења**.

Постоје **три фазе** у овој методи:

1. припрема снимања,
 2. снимање и
 3. анализа снимљених резултата.
1. Припрема снимања – свакако најобимнија и најсложенија фаза. У њој треба одредити машине које ће бити **објекат снимања**. Те машине би требале да буду **репрезентативне**, сразмерно укупном броју свих машина. Такође, треба одмах уочити које машине су **"уска грла"**. Објективан број машина за снимање зависи од њиховог просторног распореда, а обично се оквирно узима да 30-50 машина буду репрезенти за неких 150-200 машина. Следећа веома битна ствар је и **путања снимача**. Током припреме треба обезбедити и све неопходне формуларе и **снимачки лист** за сваки дан.
- 2.

машина време опажања	М1	М2	М3	.....	Мn
	06:23	+	М	К	.....	А
07:06	Trz	.....	.....	.....	.....
08:01	.....	.....	.....	.....	.....
.....

20-30 опажања
ТОКОМ ДАНА





Потребан број опажања: $n = \frac{k^2(1-p^2)}{r^2p}$, где је редом **k-број који репрезентује вероватноћу** (1,2 или 3)

p-процентуално изражена појава која се истражује (углавном се унапред претпостави), **r-грешка при посматрању** (задаје се унапред). Примера ради, треба нам 600 снимања за грешку од 3[%] при 25[%] изражене појаве. Такође, честа је употреба и горе представљеног **дијаграма** за потребан број опажања.

1. **Снимање** - уколико машина ради, снимач уписује **+**, или **Trz** (тзв. припремно-завршно време, које је неопходно да радник припреми машину, и које се сматра позитивним временом); ако машина не ради снимач уписује **M** (недостатак материјала), **A** (недостатак алата), **Ч** (фактор човек), **T** (фактор транспорта), **K** (квар машине), **O** (лоша организација).

Време опажања треба да буде **случајно** да би се искључила могућност злоупотреба од стране радника. У ту сврху, **табела случајних бројева** даје времена опажања, као и смернице за то које производе из целе серије треба узети за контролу. Табеле случајних бројева су системи са три, четири, пет па и више бројева где се по одређеним кључевима одређују времена, бројеви производа, и сл.

Такође, ако је нпр. $n = 600 \Rightarrow 20$ (дана) X 30 (мерења)

2. **Анализа снимљених резултата** – најчешће се ради **компјутерско сређивање података** и ради се **извештај** са одговарајућим **табелама** и **графицима**, као и са свим **примедбама** и **предлозима** за унапређење даљег снимања. Следећа веома битна ставка у анализи су подаци о **степенима коришћења капацитета**.

94737	08225	35614	24826	88319	05595	58701	57365	74759
87259	85982	13296	89326	74863	99986	68558	06391	50248
63856	14016	18527	11634	96908	52146	53496	51730	03500
66612	54714	46783	61934	30258	61674	07471	67566	31635
30712	58582	05704	23172	86689	94834	99057	55832	21012
69607	24145	43886	86477	05317	30445	33456	34029	09603
37792	27282	94107	41967	21425	04743	42822	28111	09757
01488	56680	73847	64930	11108	44834	45390	86043	23973
66248	97697	38244	50918	55441	51217	54786	04940	50807
51453	03462	61157	65366	61130	26204	15016	85665	97714
92168	82530	19271	86999	96499	12765	20926	25282	39119
36463	07331	54590	00546	03337	41583	46439	40173	46455
47097	78780	04210	87084	44484	75377	57753	41415	09890
80400	45972	44111	99708	45935	03694	81421	60170	58457
94554	13863	88239	91624	00022	40471	78462	96265	55360
31567	53597	08490	73544	72573	30961	12282	97033	13676
07821	24759	47266	21747	72496	77755	50391	59554	31177
09056	10709	69314	11449	40531	02917	95878	74587	60906
19922	37025	80731	26179	16039	01518	82697	73227	13160
29923	02570	80164	36108	73689	26342	35712	49137	13482
29602	29464	99219	20308	82109	03898	82072	85199	13103
94135	94661	87724	88187	62191	70607	63099	40494	49069
87926	34092	34334	55064	43152	01610	03126	47312	59578
85039	19212	59160	83537	54414	19856	90527	21756	64783
66070	38480	74636	45095	86576	79337	39578	40851	53503

Табела случајних бројева



Појединачни степен коришћења капацитета: $\eta_{pi} = \frac{n_i(+)}{n} \cdot 100[\%]$, за први дан (однос броја плусева и укупног броја опажања); ради се онолико појединачних степена коришћења капацитета колико је и дана посматрања.

Просечан степен коришћења капацитета посматране машине: $\bar{\eta}_p = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_{pi}}{m}$, где је m-број дана посматрања.

Кумулативни степен коришћења капацитета:

$$\eta_{k1} = \frac{n_1(+)}{n_1} \cdot 100[\%]$$

$$\eta_{k2} = \frac{n_1(+)+n_2(+)}{n_1+n_2} \cdot 100[\%]$$

.....

$$\eta_{km} = \frac{n_1(+)+\dots+n_m(+)}{n_1+\dots+n_m} \cdot 100[\%]$$

Групни дијаграм се може дати и у некој другој погодной форми ("pie"-дијаграм и сл.)
Битно је одредити и **контролне границе** за појединачни степен коришћења капацитета:

Горња контролна граница: ГКГ = $\bar{\eta}_p + 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta}_p$

Доња контролна граница: ДКГ = $\bar{\eta}_p - 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta}_p$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\eta_{p1} - \bar{\eta}_p)^2 + \dots + (\eta_{pm} - \bar{\eta}_p)^2}{m}}, \text{ тзв. стандардна девијација.}$$

Уколико се догоди да неке вредности пробијају срачунате границе, онда треба наставити снимање све док све вредности не уђу у оквир граница. Могу се установити и **локалне контролне границе**, које важе за сваку појединачну тачку и обично се обележавају малим словима (гкг, дкг).

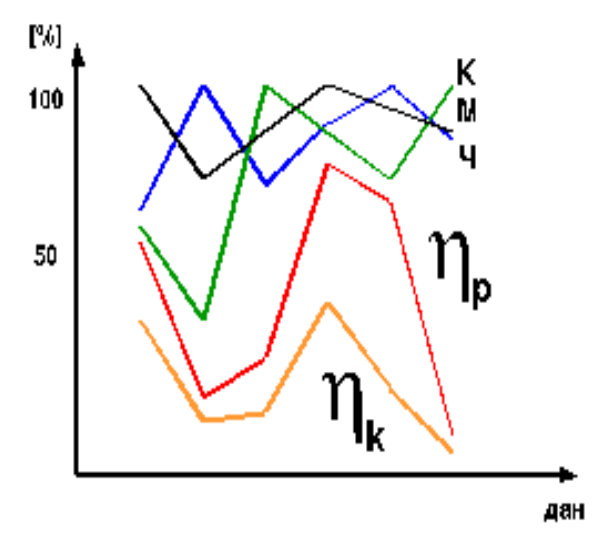
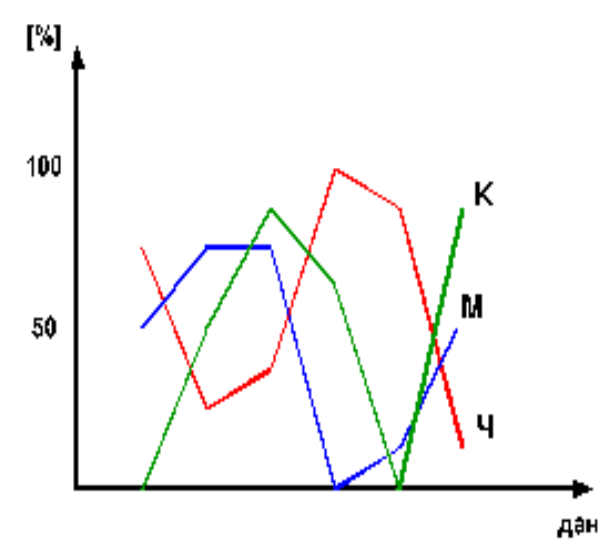
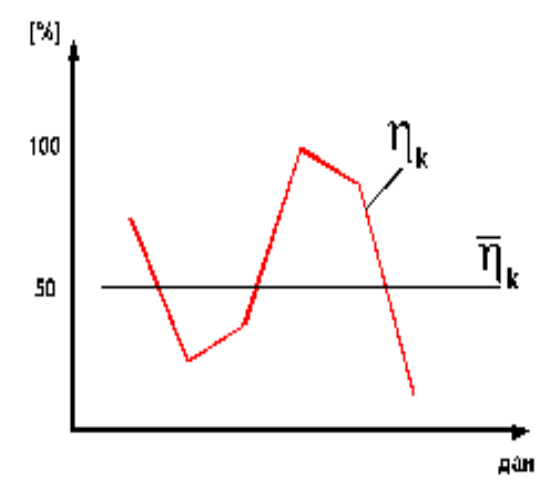
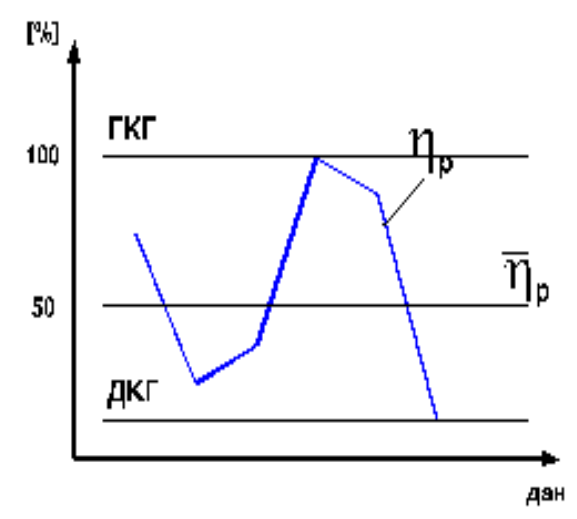
Искуство показује да су најчешћи губици везани за кварове машине и људски фактор.

МТЗ је погодна јер је често **јефтинија** од континуалних, покрива **више радних места**, изискује доста **мање рада**, период посматрања је прилично **флексибилна ставка**, посматрач се **не досађује** а радник **није под сталним притиском**, обука **није компликована**, унапред је **познат степен поузданости**, максимално су **заступљени компјутери**.

Слабости МТЗ-а су нпр. **неекономичност** за једно радно место, **нема детаљних информација** производно особље је **теже разуме**, слаба **физичка представа** о укупном проценту искоришћења.



Графичка интерпретација:





Обрадити податке снимљене МТЗ методом а дате у табели 1. (У табели су дати подаци за пет машина снимани током 5 дана. Изабрати редни број машине тако да буде исти као и редни број задатка код мрежног планирања). За дату машину прорачунати појединачни и кумулативни степен њеног коришћења, као и структуру застоја који су се јављали током њеног коришћења. Графички приказати резултате из табеле 1 (називи кривих, називи линија, контролне границе). Прокоментарисати добијене резултате.

Машина бр. 3

Stanje / List br.	1	2	3	4	5
+	23	21	23	23	15
T_{pz}	2	1	1	2	0
M	0	1	1	1	0
K	0	1	2	0	8
A	2	1	2	4	3
Č	3	5	1	0	4
n	30	30	30	30	30

Ознаке:

(+) – главно време израде,

T_{pz} - припремно завршно време израде

M – застој услед недостатка материјала

K – застој услед квара машине

A – застој услед недостатка алата

Č – застој услед разних фактора везаних за човека

Pojedinačni stepen iskorišćenja

$$\eta_p = \frac{n(+) + n(T_x)}{n} \cdot 100 [\%]$$

$$\eta_1 = \frac{23+2}{30} \cdot 100 = 83,33\% \quad \eta_2 = \frac{21+1}{30} \cdot 100 = 73,33\% \quad \eta_3 = \frac{23+1}{30} \cdot 100 = 80\%$$

$$\eta_4 = \frac{23+2}{30} \cdot 100 = 83,33\% \quad \eta_5 = \frac{15+0}{30} \cdot 100 = 50\%$$

$$\bar{\eta}_p = \frac{\sum \eta_i}{n} = \frac{369,99}{5} = 73,99\%$$

Standardna devijacija

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\eta_i - \bar{\eta})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{2(83,33 - 73,99)^2 + (73,33 - 73,99)^2 + (80 - 73,99)^2 + (50 - 73,99)^2}{5}} = \sqrt{\frac{786,55}{5}} = \sqrt{157,31}$$

$$\sigma = 12,54\% = 0,1254$$

Kontrolne granice

$$DKG = \bar{\eta} - 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta}$$

$$GKG = \bar{\eta} + 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta}$$

$$DKG = \bar{\eta} - 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta} = 0,7399 - 3 \cdot 0,1254 \cdot 0,7399 = 0,4615 = 46,15\%$$

$$GKG = \bar{\eta} + 3 \cdot \sigma \cdot \bar{\eta} = 0,7399 + 3 \cdot 0,1254 \cdot 0,7399 = 1,018 = 101,8\%$$





Застој услед недостатка материјала

$$p_i = \frac{n_i(M)}{n} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = 0\% \quad p_2 = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,33\% \quad p_3 = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,33\% \quad p_4 = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,33\% \quad p_5 = 0\%$$

Застој услед квара машине

$$p_i = \frac{n_i(K)}{n} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = 0\% \quad p_2 = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,33\% \quad p_3 = \frac{2}{30} \cdot 100 = 6,66\% \quad p_4 = 0\% \quad p_5 = \frac{8}{30} \cdot 100 = 26,6\%$$

Застој услед недостатка алата:

$$p_i = \frac{n_i(A)}{n} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = \frac{2}{30} \cdot 100 = 6,66\% \quad p_2 = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,33\% \quad p_3 = \frac{2}{30} \cdot 100 = 6,66\% \quad p_4 = \frac{4}{30} \cdot 100 = 13,33\%$$
$$p_5 = \frac{3}{30} \cdot 100 = 10\%$$

Застој услед разних фактора везаних за човека

$$p_i = \frac{n_i(\check{C})}{n} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = \frac{3}{30} \cdot 100 = 10\% \quad p_2 = \frac{5}{30} \cdot 100 = 16,66\% \quad p_3 = \frac{1}{30} \cdot 100 = 3,33\% \quad p_4 = 0\%$$
$$p_5 = \frac{4}{30} \cdot 100 = 13,33\%$$



Кумулативни степен искоришћења

$$\eta_{ik} = \frac{\sum [n_i (+) + n_i (T_{\text{из}})]}{\sum n_i} \cdot 100 [\%]$$

$$\eta_{1k} = \frac{23 + 2}{30} \cdot 100 = 83,33\%$$

$$\eta_{2k} = \frac{23 + 2 + 21 + 1}{30 + 30} \cdot 100 = 78,33\%$$

$$\eta_{3k} = \frac{23 + 2 + 21 + 1 + 23 + 1}{30 + 30 + 30} \cdot 100 = 78,88\%$$

$$\eta_{4k} = \frac{23 + 2 + 21 + 1 + 23 + 1 + 23 + 2}{30 + 30 + 30 + 30} \cdot 100 = 80\%$$

$$\eta_{5k} = \frac{23 + 2 + 21 + 1 + 23 + 1 + 23 + 2 + 15 + 0}{30 + 30 + 30 + 30 + 30} \cdot 100 = 74\%$$

Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед недостатка материјала

$$p_i = \frac{\sum n_i (M)}{\sum n_i} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = 0\%$$

$$p_2 = \frac{0 + 1}{30 + 30} \cdot 100 = 1,66\%$$

$$p_3 = \frac{0 + 1 + 1}{30 + 30 + 30} \cdot 100 = 2,22\%$$

$$p_4 = \frac{0 + 1 + 1 + 1}{30 + 30 + 30 + 30} \cdot 100 = 2,5\%$$

$$p_5 = \frac{0 + 1 + 1 + 1 + 0}{30 + 30 + 30 + 30 + 30} \cdot 100 = 2\%$$



Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед квара машичне

$$p_i = \frac{\sum n_i(K)}{\sum n_i} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = 0\% \quad p_2 = \frac{0+1}{30+30} \cdot 100 = 1,66\% \quad p_3 = \frac{0+1+2}{30+30+30} \cdot 100 = 3,33\%$$

$$p_4 = \frac{0+1+2+0}{30+30+30+30} \cdot 100 = 2,5\% \quad p_5 = \frac{0+1+2+0+8}{30+30+30+30+30} \cdot 100 = 7,33\%$$

Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед недостатка алата

$$p_i = \frac{\sum n_i(A)}{\sum n_i} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = \frac{2}{30} = 6,66\% \quad p_2 = \frac{2+1}{30+30} \cdot 100 = 5\% \quad p_3 = \frac{2+1+2}{30+30+30} \cdot 100 = 5,55\%$$

$$p_4 = \frac{2+1+2+4}{30+30+30+30} \cdot 100 = 7,5\% \quad p_5 = \frac{2+1+2+4+3}{30+30+30+30+30} \cdot 100 = 8\%$$

Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед фактора везаних за човека

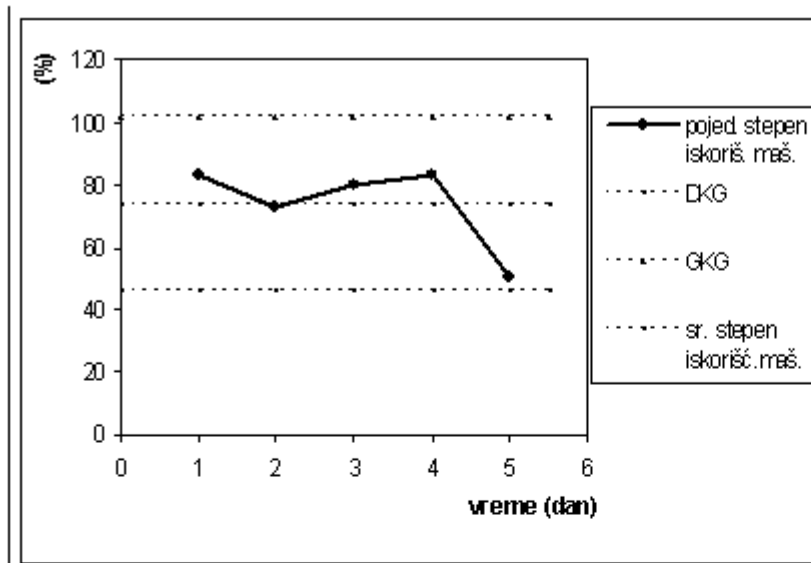
$$p_i = \frac{\sum n_i(\check{C})}{\sum n_i} \cdot 100 [\%]$$

$$p_1 = \frac{3}{30} = 10\% \quad p_2 = \frac{3+5}{30+30} \cdot 100 = 13,33\% \quad p_3 = \frac{3+5+1}{30+30+30} \cdot 100 = 10\%$$

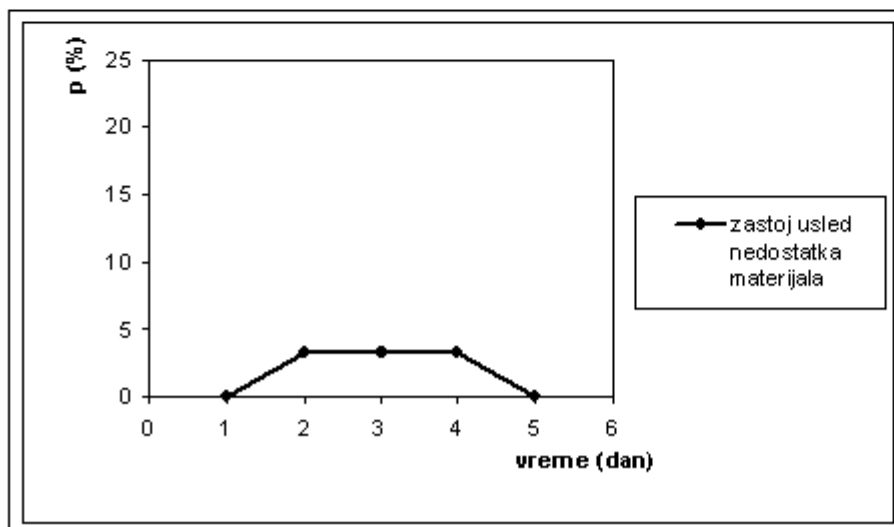
$$p_4 = \frac{3+5+1+0}{30+30+30+30} \cdot 100 = 7,5\% \quad p_5 = \frac{3+5+1+0+4}{30+30+30+30+30} \cdot 100 = 8,66\%$$



Појединачни степен искоришћења машине

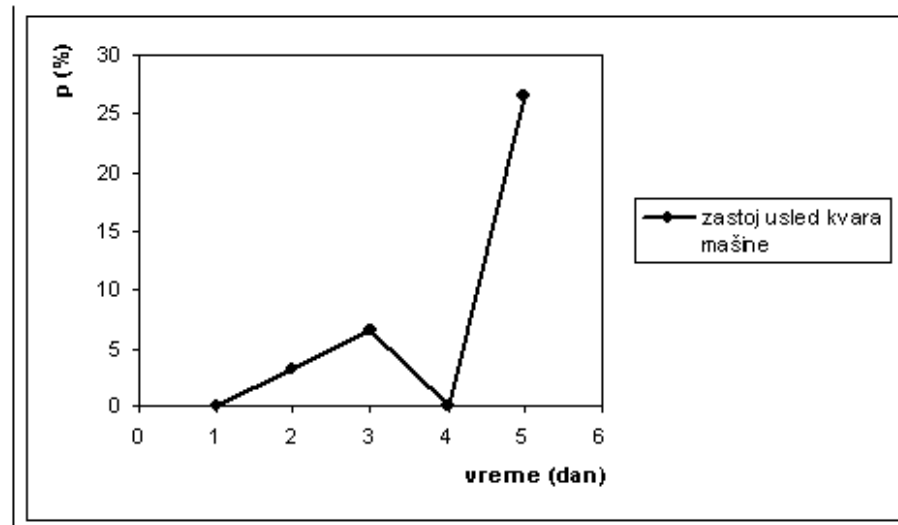


Застој услед недостатка материјала

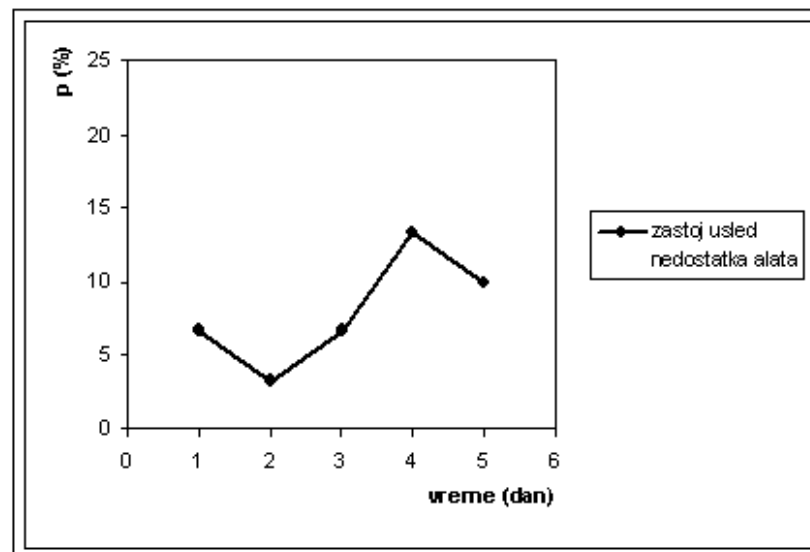




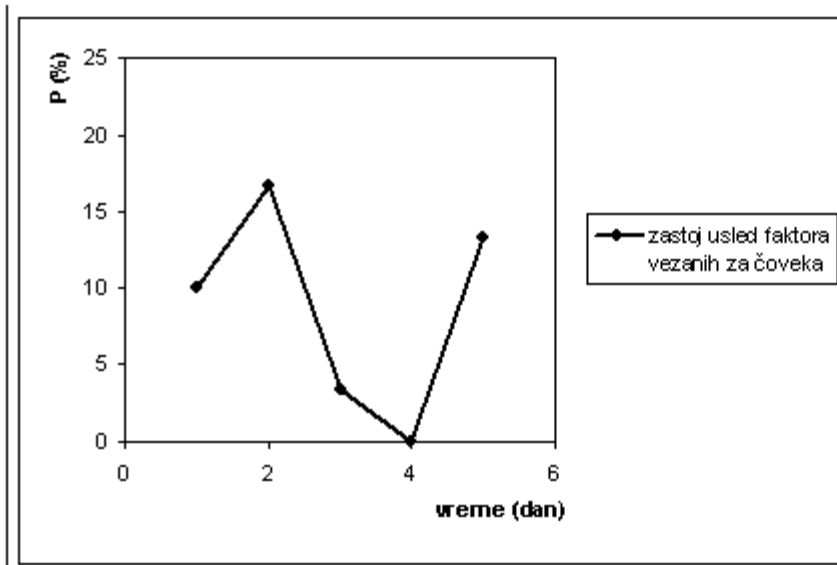
Застој услед квара машине



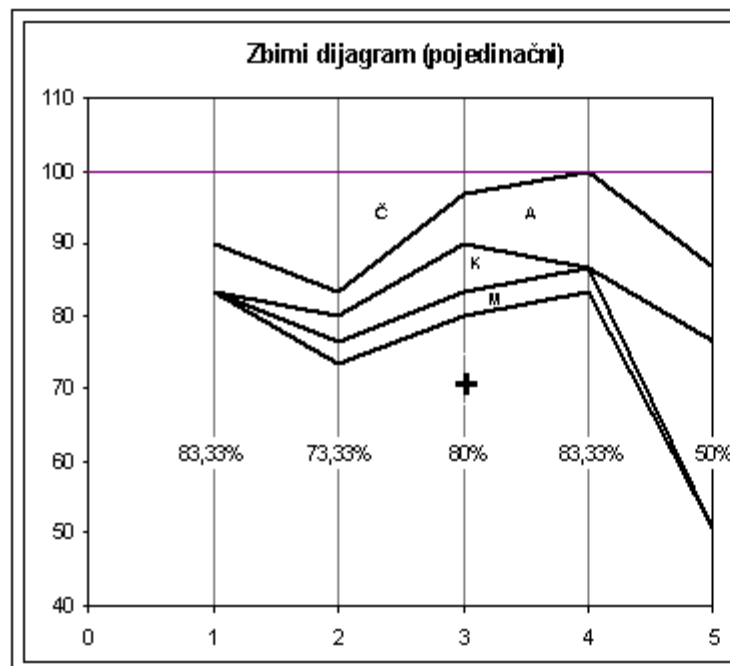
Застој услед недостатка алата



Застој услед разних фактора везаних за човека

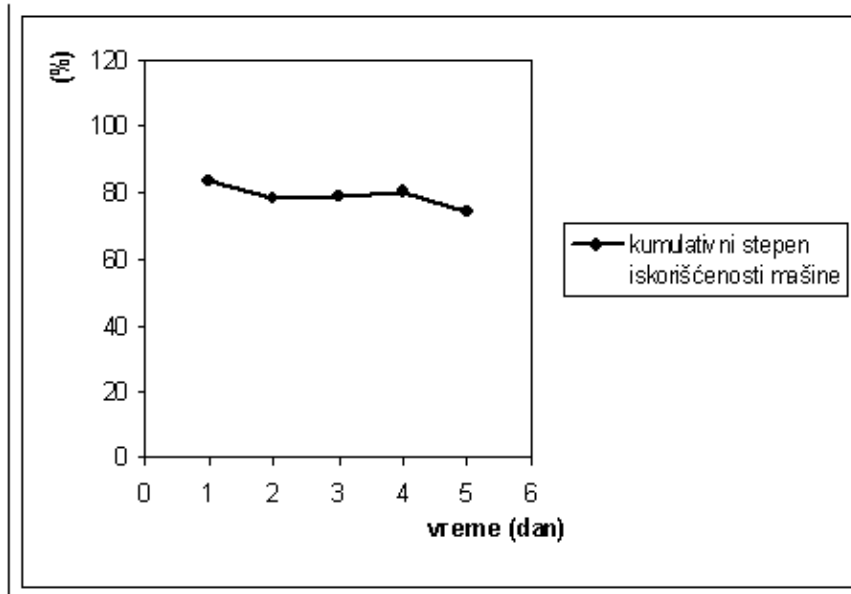


Збирни дијаграм (појединачни)

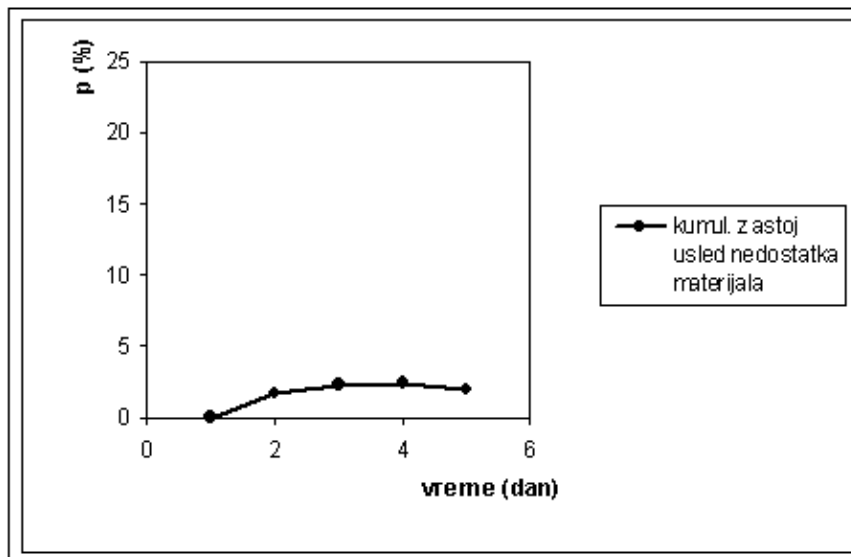




Кумулативни степен искоришћености машине

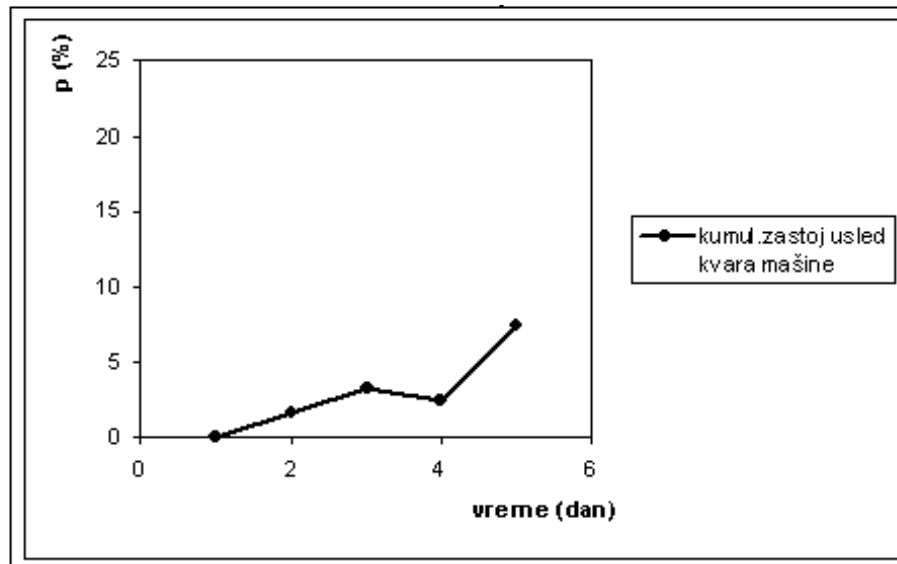


Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед недостатка материјала

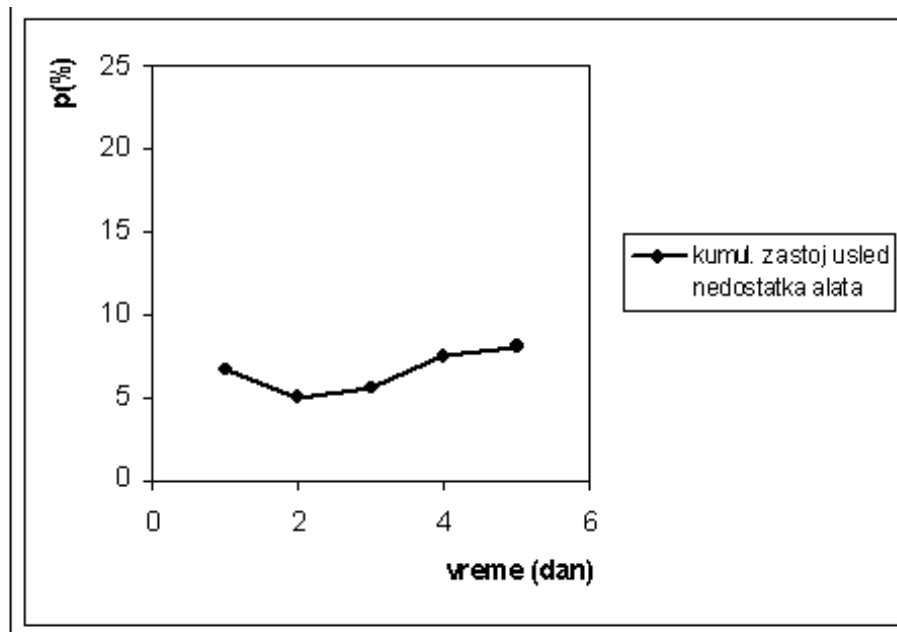




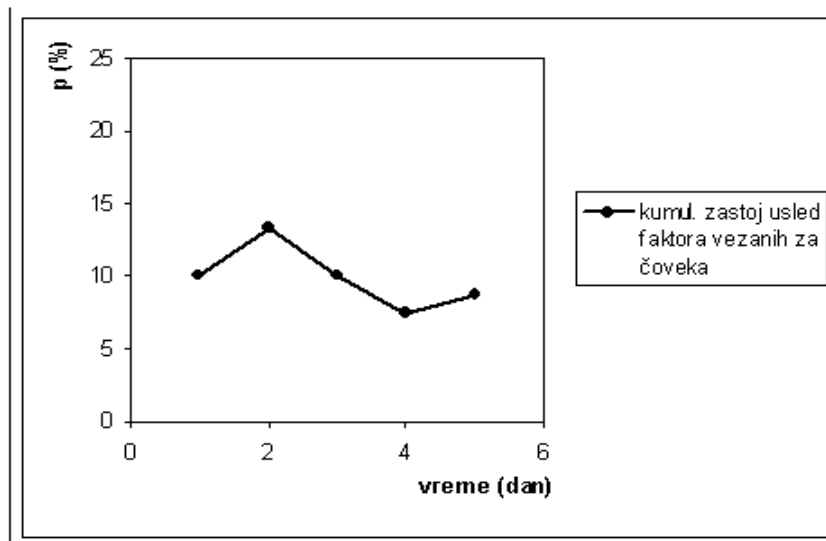
Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед квара машине



Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед недостатка алата



Кумулативна вероватноћа узрока застоја услед фактора везаних за човека



Збирни дијаграм (кумулативни)

