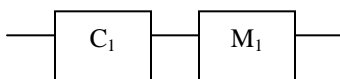


## RZD – Markovska analiza - REŠITVE

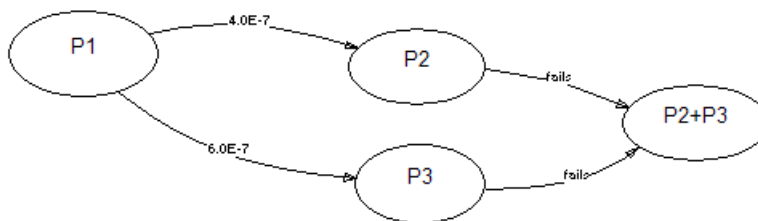
### Naloga 1

Imamo računalniški sistem z računalnikom  $C_1$  in pomnilnikom  $M_1$ . Pričakovane intenzivnosti odpovedovanja so sledeče:  $FR_{C_1} = 0.6 \text{ odp}/10^6 \text{ h}$ ,  $FR_{M_1} = 0.4 \text{ odp}/10^6 \text{ h}$ . (FR - Failure Rate - Intenzivnost odpovedovanja, RR - Repair Rate - Intenzivnost popraviljanja)



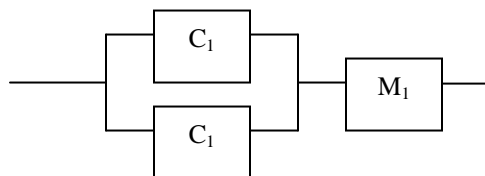
a) Izračunaj zanesljivost sistema po  $10^6$  urah delovanja.

Računalnik in pomnilnik sta ločeni enoti, ki imata različne intenzivnosti odpovedovanja. Sistem odpove, ko odpove vsaj ena izmed omenjenih enot. Nalogo lahko zastavimo tudi tako, da naredimo le dve stanji, OK in FAIL, intenzivnost odpovedovanja pa je enaka vsoti intenzivnosti odpovedovanja obeh komponent.



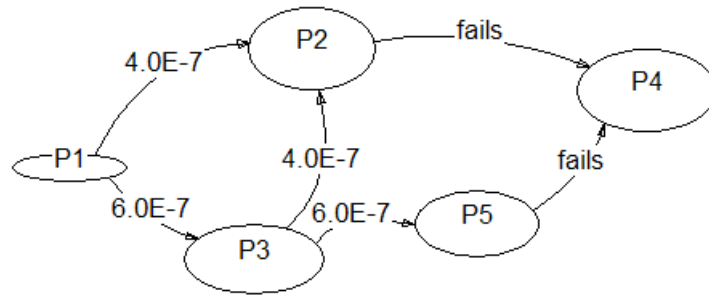
Odg.: Verjetnost, da sistem deluje je  $P_{\text{work}} = 0.368$ .

b) Kaj se zgodi z zanesljivostjo sistema, če v sistem vključimo še en računalnik  $C_2$  ( $FR_{C_1} = FR_{C_2}$ ) in sicer paralelno k  $C_1$  kot pasivno (cold stand-by) redundanco?



Pasivna redundanca: v obratovanju je le ena naprava, ostale so v stand-by načinu oz. izklopljene. Ob okvari izklopimo okvarjeno napravo ter vključimo redundančno napravo.

V tem primeru sistem preide v stanje odpovedi, ko odpove pomnilnik  $M_1$  ali oba računalnika ( $C_1$  in  $C_2$ ). Intenzivnost odpovedovanja računalnika je enaka med stanjema P1 in P3 kot tudi med stanjema P3 in P5.

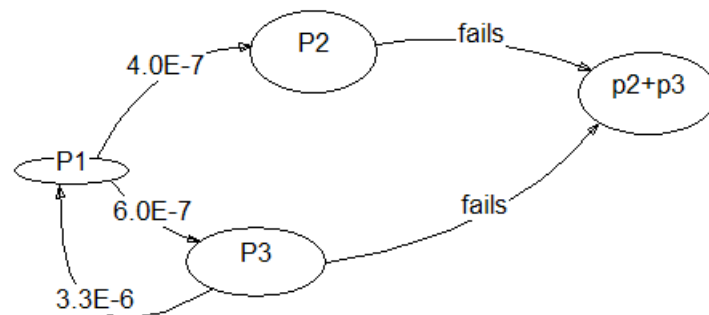


Odg.: Verjetnost, da sistem deluje je  $P_{work}=0.589$ .

**Opomba:** Pasivna redundanca – ena enota čaka v SB, zato je intenzivnost odpovedovanja obakrat le  $\lambda$ .

c) Ugotovi kakšen bi moral biti  $RR_{C1}$  (Repair Rate-intenzivnost popraviljanja) računalnika  $C_1$  v primeru 'a', da bi dosegli zanesljivost sistema iz primera 'b'.

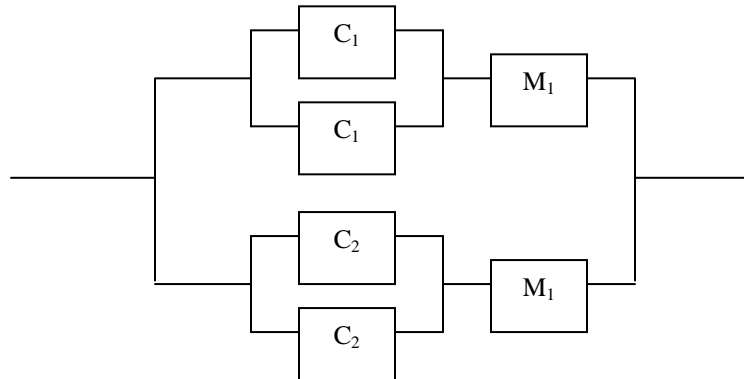
Nalogo rešimo eksperimentalno, z večkratnimi poskusi.



Odg.:  $RR_{C1}=3.3 \text{ popr}/10^6 \text{ h}$ .

## Naloga 2

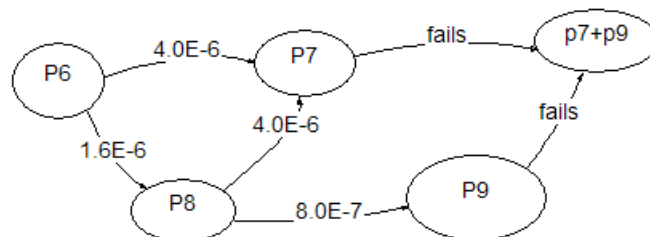
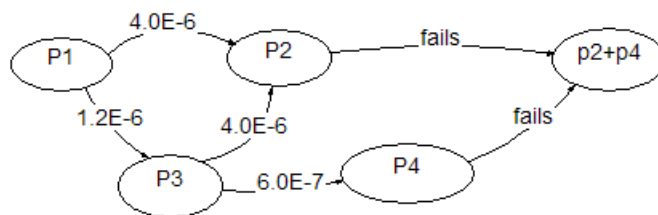
Imamo dva računalniška sistema z aktivno (hot stand-by) redundanco. Vsak računalniški sistem je sestavljen iz dveh ekvivalentnih računalnikov z aktivno redundanco in enega pomnilnika. Intenzivnosti odpovedovanja so sledeče:  $FR_{C1} = 0.6 \text{ odp}/10^6 \text{ h}$ ,  $FR_{C2} = 0.8 \text{ odp}/10^6 \text{ h}$ ,  $FR_{M1} = 4 \text{ odp}/10^6 \text{ h}$ .



Po knjigi Pukite-Pukite takšne sisteme rešujemo kot dva ločena, neodvisna sistema. Zanesljivost sistema ugotavljamo kot verjetnost delovanje celotnega sistema in sicer je enaka vsoti verjetnosti vseh stanj, ki ne predstavljajo odpovedi.

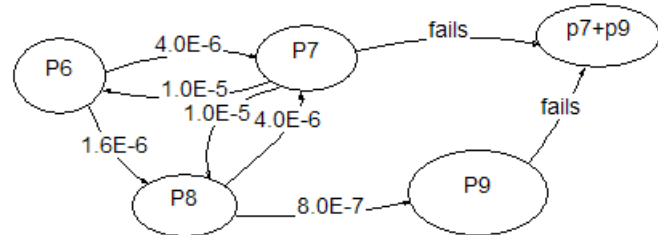
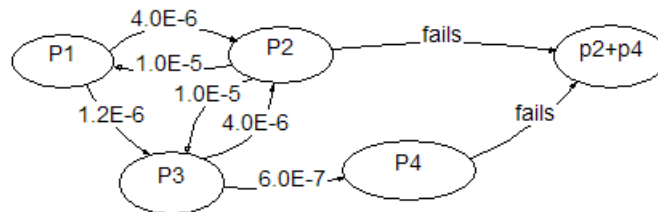
**Opomba:** Aktivna redundanca – v obratovanju so vedno vse enote. Zaradi tega je na začetku, ko sistem 100% deluje, intenzivnost odpovedovanja računalnika dvojna (odpove lahko katerikoli od računalnikov).

a) Izračunaj zanesljivost sistema.



Odg.: Sistem deluje z verjetnostjo  $P_{\text{work}} = P_1 + P_3 + P_6 + P_8 = 0.027$ .  
 Sistem odpove  $P_{\text{fail}} = 1 - P_{\text{work}} = P_2 + P_4 + P_7 + P_9$

**b)** Izračunaj zanesljivost sistema, če je komponenta  $M_1$  popravljiva in je  $RR_{M1} = 10$  popr/ $10^6$  h.



Odg.: Verjetnost, da sistem deluje je  $P_{\text{work}} = 1 - (P_2 + P_4 + P_7 + P_9) = 0.26$ .

**Opomba:** V tem primeru ne moremo računati verjetnosti delovanja kot vsote verjetnosti stanj v katerih sistem deluje, ker tudi ko pride v okvarjeno stanje (le za pomnilnik), ga lahko s pomočjo servisiranja vrnemo nazaj v obratovalno stanje.

### Naloga 3

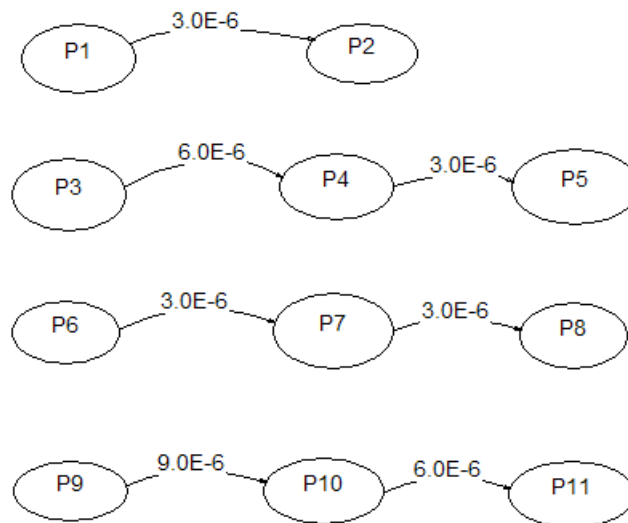
Primerjajte naslednje načine povečevanja zanesljivosti in določite najustreznejši način za posamezne predvidene čase obratovanja. Intenzivnost odpovedovanja računalnika je  $3 \text{ odp.} / 10^6 \text{ ur}$ .

- Sistem 1 - en sam rač., brez redundance,
- Sistem 2 - uporaba pasivne redundance, 2 rač.,
- Sistem 3 - uporaba aktivne redundance, 2 rač.,
- Sistem 4 - TMR redundanca (duplex način).

Predvideni obratovalni časi so:

- a)  $10^4 \text{ ur}$
- b)  $10^5 \text{ ur}$
- c)  $5 \cdot 10^5 \text{ ur}$
- d)  $10^6 \text{ ur}$

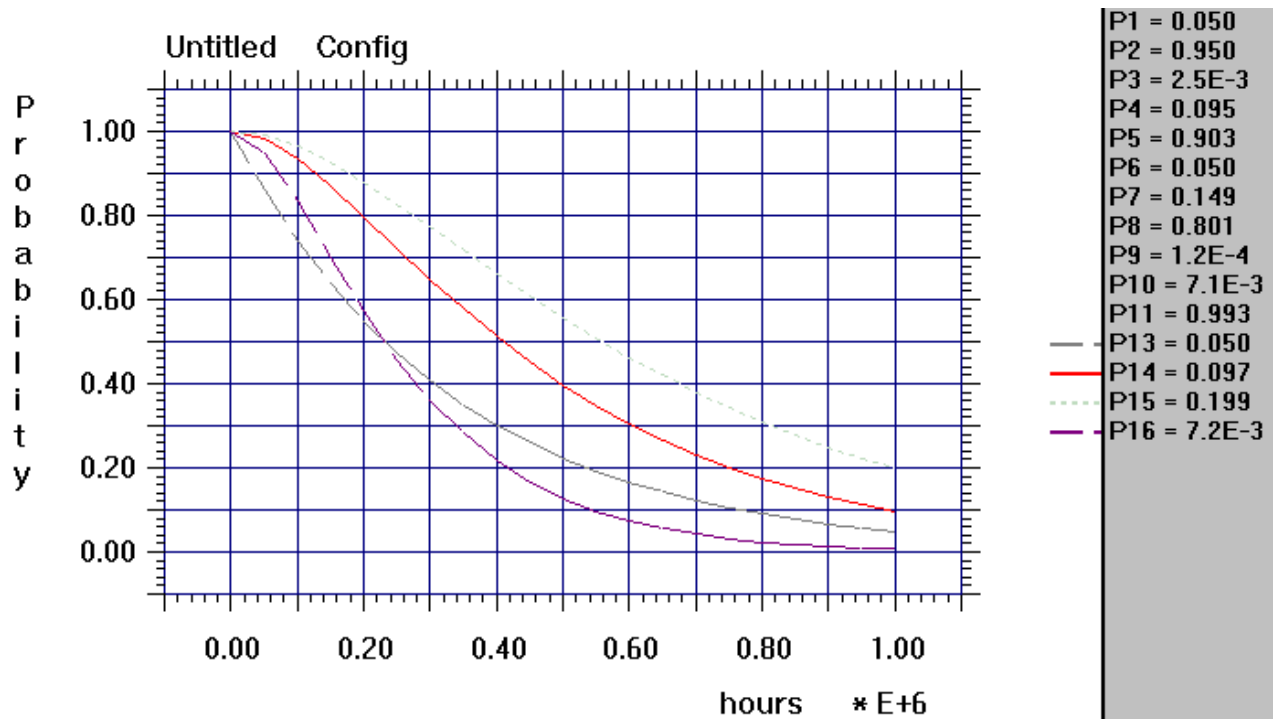
Rešitev:



Prikazani so diagrami vseh štirih sistemov in sicer najvišji »Sistem 1« in najnižji »Sistem 4«.

Verjetnost delovanja krmilnika:

Obrat.čas [ur]	Sistem 1	Sistem 2	Sistem 3	Sistem 4
$10^4$	0.970	0.999	<b>1.000</b>	0.997
$10^5$	0.741	0.933	<b>0.963</b>	0.833
$5 \cdot 10^5$	0.233	0.396	<b>0.558</b>	0.127
$10^6$	0.050	0.097	<b>0.199</b>	0.007



Potek verjetnosti delovanja vseh sistemov in sicer P13 sistem 1, P14 sistem 2, P15 sistem 3 in P16 sistem 4.

Zanimivo je zmanjšanje verjetnosti delovanja pri TMR redundanci in sicer približno od  $2.4 \cdot 10^5$  ur dalje je sistem z enim samim računalnikom bolj zanesljiv. TMR je torej primerna le za sisteme s kratkimi misijskimi časi. Najbolje se pa obnaša aktivna redundanca.