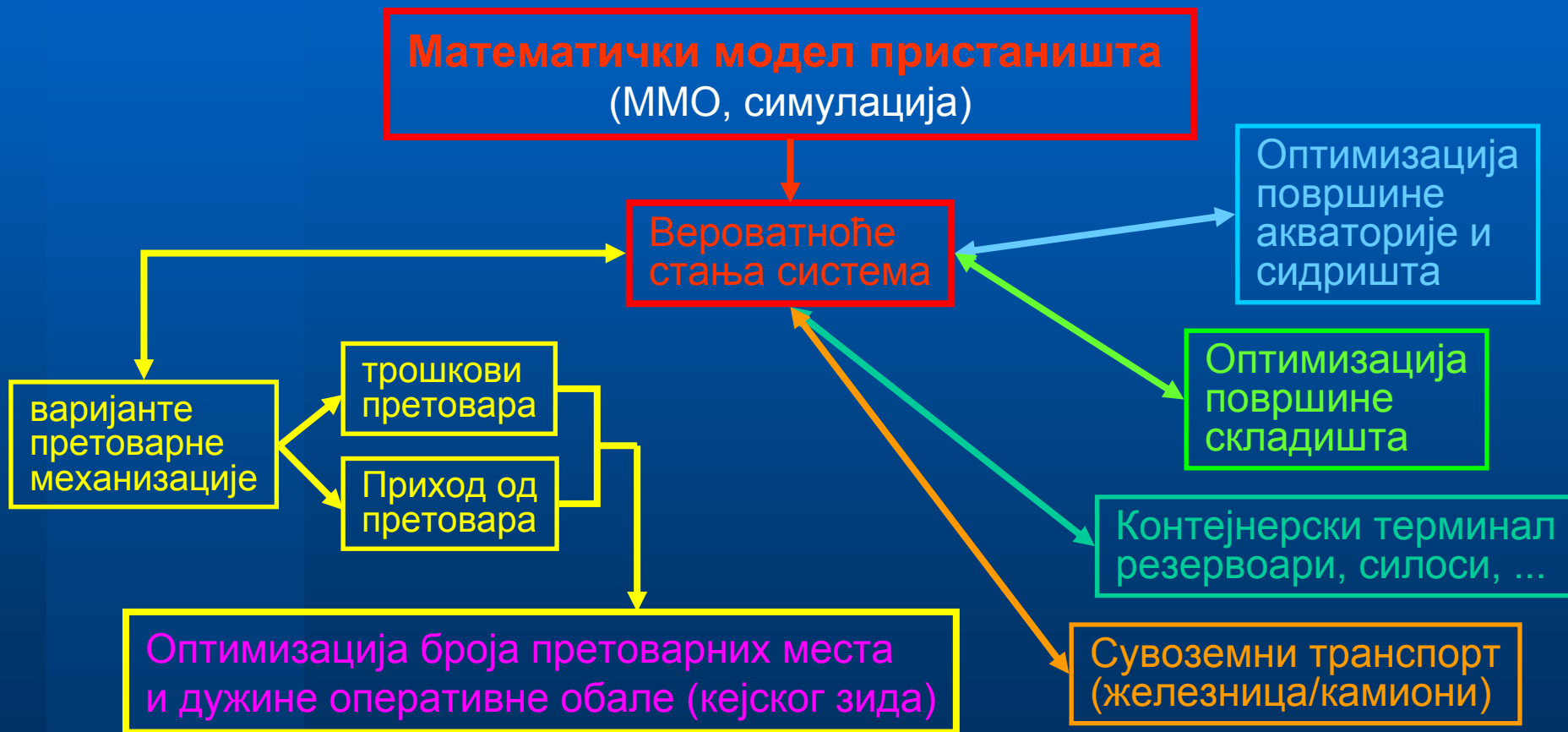
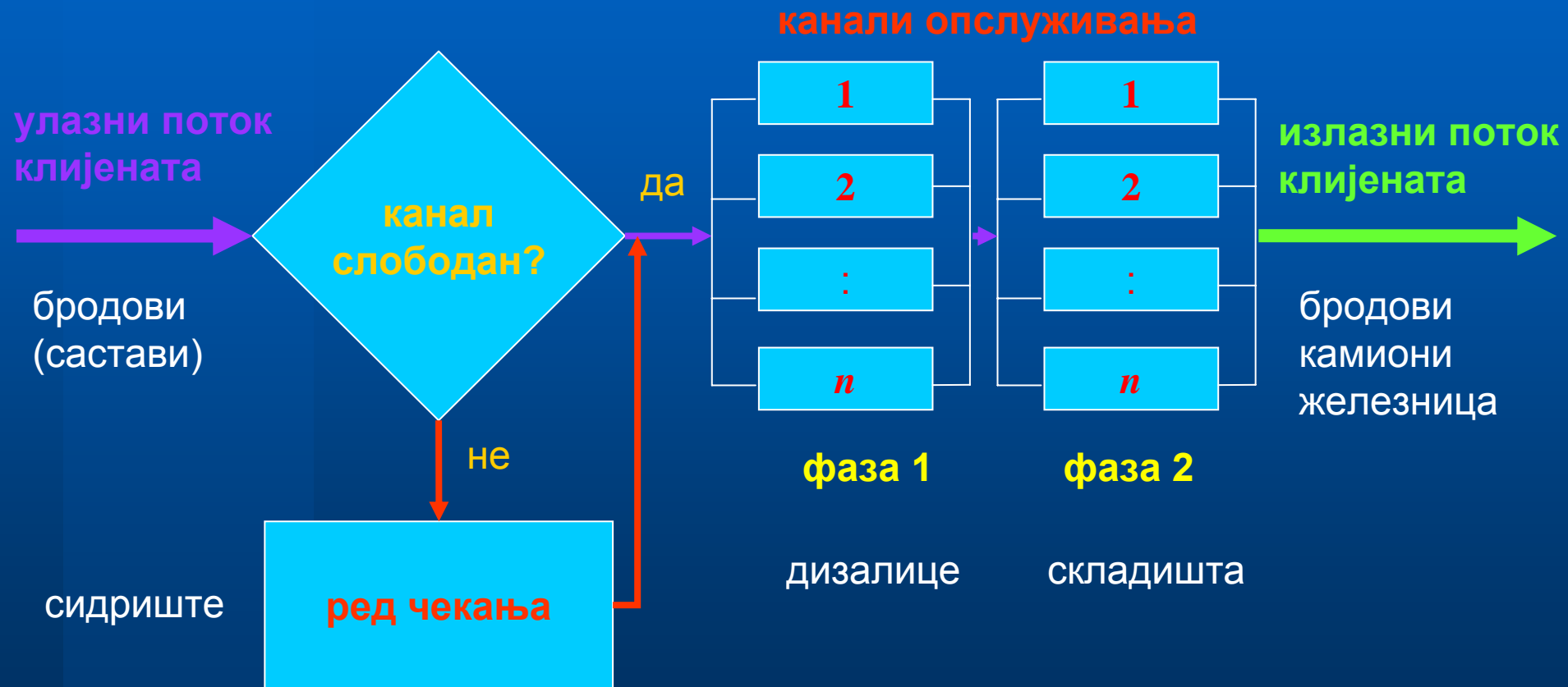


# Димензионисање пристанишних капацитета



# Пристаништа као вишефазни, вишеканални системи МО

елементи система



# Улазни поток клијената (пловила)

## Пуасонова расподела

$$f(X) = \frac{\lambda^X}{X!} \cdot e^{-\lambda} \quad (X = 0, 1, 2, \dots)$$

где је  $X$  - број приспелих brodova у серији од  $N$  случајно generisanih događaja), а  $\lambda = \bar{X} = \sigma_X^2$  - средња вредност серије, истовремено и варијанса.

$$f_1(t_d) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t_d} \quad (t_d > 0)$$

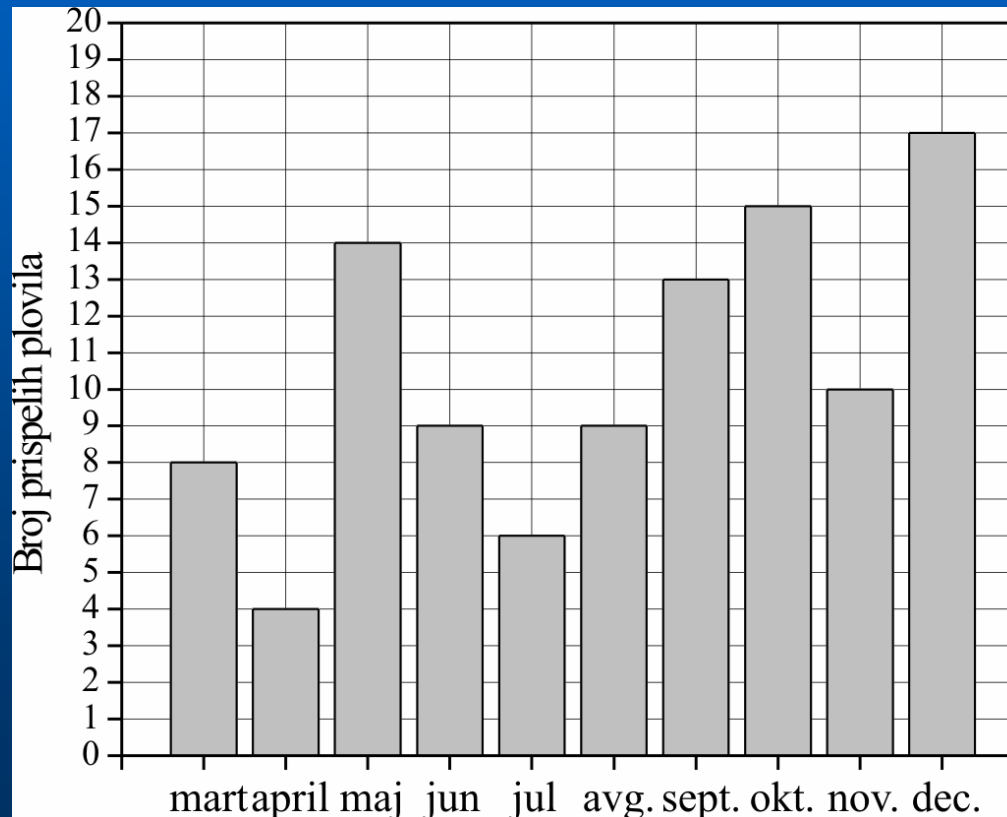
где је  $t_d$  - време између nailaska clijenata (brodova)

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_d}$$

где је  $\bar{t}_d$  - prosečni interval nailaska

# Улазни поток клијената (пловила)

Генерисање случајних бројева  
по Пуасоновој расподели



временска  
јединица:  
месец дана

# Канал опслуживања – претоварни уређај

Експоненцијална расподела  
(или утврђена емпиријска)

$$f_2(t_o) = \mu \cdot e^{-\mu \cdot t_o} \quad (t_o > 0)$$

где је  $t_o$  - време опслуживања

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_o}$$

где је  $\bar{t}_o$  - просечно трајање опслуживања

# Обједињавање параметара

$n$  - број канала опслуживања;

$\lambda$  - интензитет доласка клијената (број приспелих клијената у јединици времена);

$\mu$  - интензитет опслуживања (број опслужених клијената у јединици времена);

$\rho = \lambda/\mu$  - фактор оптерећења система;

$\alpha = \rho/n$  - фактор оптерећења канала опслуживања.

$$\frac{\frac{1}{\bar{t}_d}}{\frac{1}{\bar{t}_o}} = \frac{\bar{t}_o}{\bar{t}_d} \leq 1 !!!$$

... однос приспелих и опслужених пловила у току месеца, односно просечних времена опслуживања и доласка (не може бити више опслужених од приспелих бродова !!!)

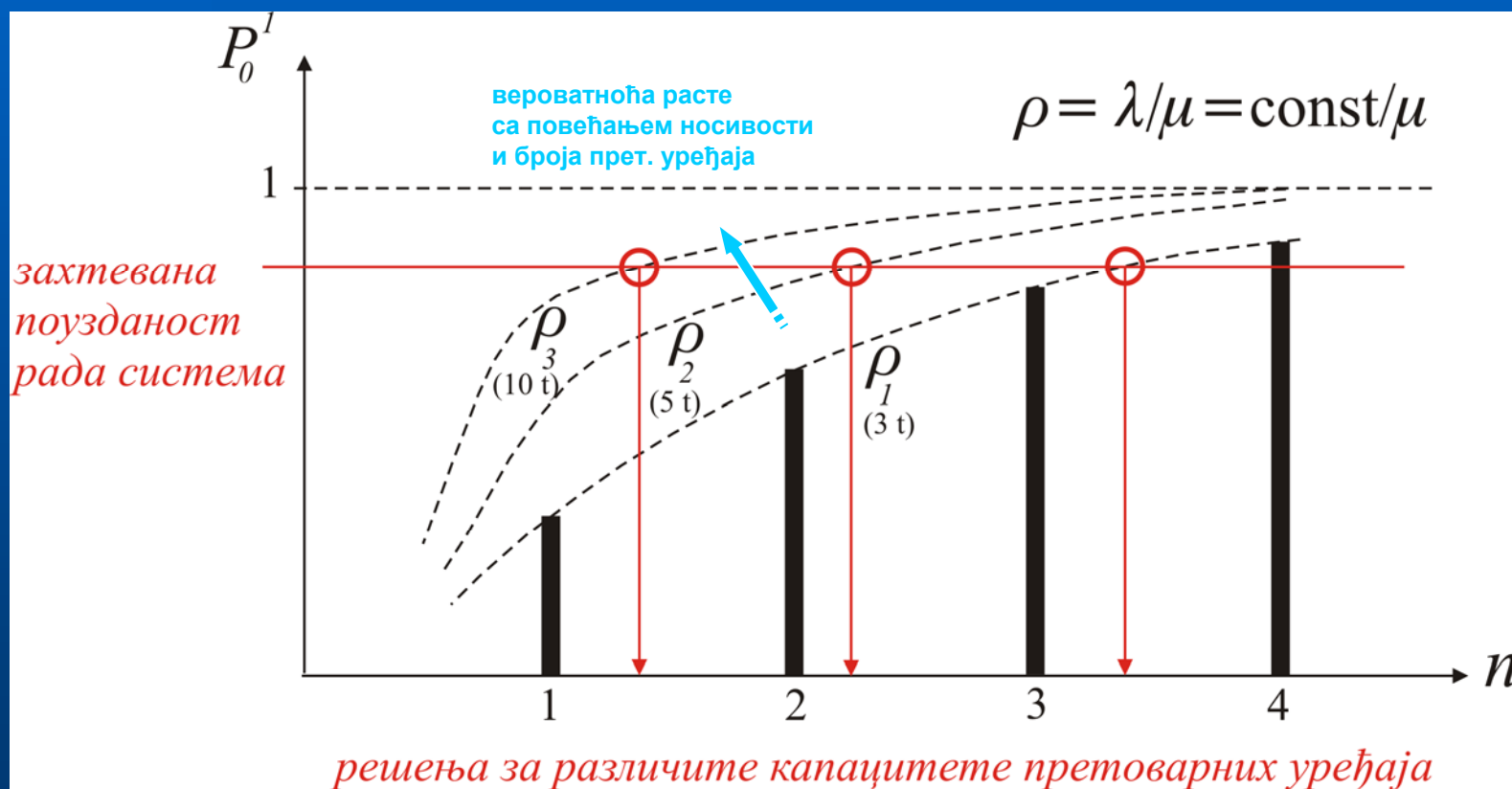
# Стање система

## једноставни аналитички модели МО

- Вероватноћа да су сви канали опслуживања слободни:  $P_o = \left( \sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \frac{\alpha}{1-\alpha} \right)^{-1}$
- Вероватноћа да су сви канали опслуживања zauzeti:  $P_z = \frac{\rho^n}{n!} P_o \frac{1}{1-\alpha}$
- Вероватноћа да је бар један канал опслуживања слободан:  $P_o^1 = 1 - P_z$
- Средњи број јединица у реду чекања:  $\bar{k}_r = \frac{\rho^n}{n!} P_o \frac{\alpha}{(1-\alpha)^2}$
- Средње време чекања:  $\bar{t}_r = \bar{k}_r / \lambda$
- Средњи број јединица у систему (опслуживање+чекање):  $\bar{k} = \bar{k}_r + \rho$
- Средње време боравка у систему (опслуживање+чекање):  $\bar{t}_s = \bar{k} / \lambda$

# Стохастички приступ димензионисања прет. уређаја

могућност анализе и избора





## Прва фаза: претовар терета (истовар/утовар пловила)

Пример: расути терет

Канал опслуживања: дизалица

### Процедура:

1. усвајају се варијанте броја дизалица одређене носивости

2. за сваку варијанту одређује се:

- месечни капацитет претоварног места
- стање система претовара (аналитички ММО, симулација)  
(поузданост исказана вероватноћом заузетости)
- број претоварних места – дужина оперативне обале (кеја)

$$L_{oo} = n (L_{pl} + \Delta L) \quad [\text{m}].$$

## Прва фаза: претовар терета (истовар/утовар пловила)

Пример: расути терет

### 3. Оптимизација броја претоварних места/дужине кејског зида

Трошкови претовара:

Дизалице

$$T_d = TE + TM + TAM_d + TIO_d + TOS_d + TAN_d \quad [\text{EUR/god}]$$

$$TE = q_e (n_{cik}/3600) c_e \quad [\text{EUR/god}]$$

$$TM = 0.1 \cdot TE$$

$$TAM_d = CN \cdot (1 + i_1)^{N_1} \left[ \frac{i_1}{(1 + i_1)^{N_1} - 1} \right] \quad [\text{EUR/god}]$$

$$CN = n_{diz} \cdot c_n \quad [\text{EUR}]$$

$$TIO_d = p_1 \cdot TAM_d \quad [\text{EUR/god}]$$

$$TOS_d = p_2 \cdot TAM_d \quad [\text{EUR/god}]$$

$$TAN_d = CN \cdot (1 + i_o)^{N_1} \left[ \frac{i_o}{(1 + i_o)^{N_1} - 1} \right] \quad [\text{EUR/god}]$$

Кејски зид

$$T_z = TAM_z + TIO_z + TAN_z + TOS_z \quad [\text{EUR/god}]$$

$$TAM_z = CG \cdot (1 + i_2)^{N_2} \left[ \frac{i_2}{(1 + i_2)^{N_2} - 1} \right] \quad [\text{EUR/god}]$$

$$CG = L_{oo} \cdot c_g \quad [\text{EUR}]$$

$$TIO_z = p_4 \cdot TAM_z \quad [\text{EUR/god}]$$

$$TOS_z = p_5 \cdot TAM_z \quad [\text{EUR/god}]$$

$$TAN_z = CG \cdot (1 + i_o)^{N_2} \left[ \frac{i_o}{(1 + i_o)^{N_2} - 1} \right] \quad [\text{EUR/god}]$$

## Прва фаза: претовар терета (истовар/утовар пловила)

Пример: расути терет

Бруто плате запослених:

$$TP = p_3 \cdot (T_d + T_z) \quad [\text{EUR/god}]$$

$$p_3 = 30\%$$

Укупни трошкови ("cost"):

$$C = T_d + T_z + TP \quad [\text{EUR/god}]$$

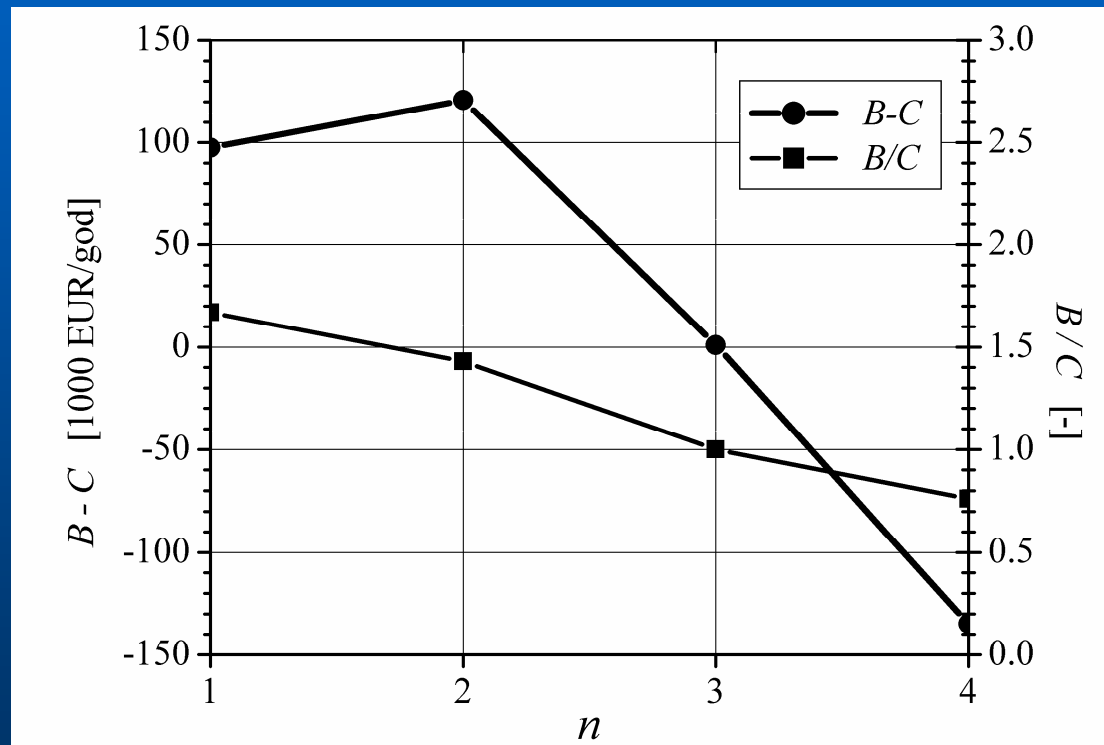
Приход од претовара ("benefit"):

$$B = \frac{T_{nav}}{\bar{t}_s} \cdot G_{pl} \cdot c_p \quad [\text{EUR/god}]$$

## Прва фаза: претовар терета (истовар/утовар пловила)

Пример: расути терет

Резултат  
анализе  
“Benefit-Cost”



број дизалица

## Друга фаза: ускладиштење терета

Пример: расути терет

Канал опслуживања: **складиште**  
(модул – одређена површина складишта)

### Општи принципи:

- излазни поток из прве фазе = улазни поток друге фазе
- усваја се расподела опслуживања у складишту (емпиријска / теоријска – експоненцијална)
- сложени системи са великим бројем канала могу се анализирати само **методом симулације** (нумеричким експериментом)
- рачунају се стања свих компоненти система по временском кораку  $\Delta t$ , који одговара најкраћој операцији у пристаништу

## Друга фаза: ускладиштење терета

Пример: расути терет

### Упрошћени систем – претпоставке:

1. Сав истоварени терет одлази у складиште (вредност  $\lambda$  иста у обе фазе)
2. Интензитет опслуживања  $\mu$  се везује за површину складишта (канал = модул скл.)
3. Површина модула  $A_m$  [m<sup>2</sup>] се усваја

## Друга фаза: ускладиштење терета

Пример: расути терет

### Процедура:

1. Просечна количина која се може сместити на површини складишног модула:

$$Q_m = A_m \Delta_s \quad [t]$$

... ово је истовремено месечно “оптерећење” једног скл. модула [t/mes]

Vrsta tereta	Način pakovanja	Masa paketa [kg]	Visina skladištenja [m]	Zapreminska masa [t/m <sup>3</sup> ]	Specifično opterećenje [t/m <sup>2</sup> ]
Žito	Džak	80	4.5	0.55-0.75	2.5-3.4
Cement	Džak	50	1.6	1.00	1.60
Opeka	-	2.5-3.0	1.2	1.10	1.30
Metali	-	-	1.5-3.0	1.0-5.0	0.5-0.8
Voće	Sanduk	-	1.0-3.0	0.5-0.7	1.5-1.6
Pamuk	Bale	120-200	5.0	0.32-0.38	1.6-1.9
Hartija	Rolne	100-300	2.0	0.4-0.5	1.0
Žito	Rasuto	-	≤4.0	0.4-0.8	1.5-3.5
Pesak	Rasuto	-	9.5-14.0	1.4-2.0	6.5-8.5
Kamen	Rasuto	-	≤3.5	1.6-2.2	≤7.0
Ugalj	Rasuto	-	3.0	0.8-0.9	≤2.7
Gvozdena ruda	Rasuto	-	6.0	1.3	7.8
Boksit	Rasuto	-	≤6.0	1.26	7.6
Ostale rude	Rasuto	-	3.5-5.0	1.5-2.7	7.5
Rezana gradja	Rasuto	-	≤ 6.0	0.45-0.65	≤4.0
Oblo drvo	Rasuto	-	≤12.0	0.6	7.2
Ogrevno drvo	Rasuto	-	2.0	0.5-0.6	1.0-1.2

## Друга фаза: ускладиштење терета

Пример: расути терет

### 2. Интензитет опслуживања:

$\mu = Q_m / G_{pl} [1/\text{mes}]$  ... просечан број пловила  
чији се терет може сместити  
у један скл. модул сваког месеца

### 3. Параметри складишног система:

$\lambda, \mu$  ... интензитети доласка и опслуживања

$\rho = \lambda / \mu$  ... фактор оптерећења – средњи број модула  
потребан да прихвати сав истоварен терет

$\alpha = \rho / n$  ... фактор оптерећења модула, где је  $n$  – број модула

4. Вероватноће стања – прост аналитички ММО

5. Избор броја модула на основу захтеване поузданости ускладиштења

6. Економска анализа (као у првој фази)