

### 1.3 MAŠINE ZA BETONSKE RADOVE

U okviru ove knjige, iz grupe mašina za betonske radove, obrađene su mašine za:

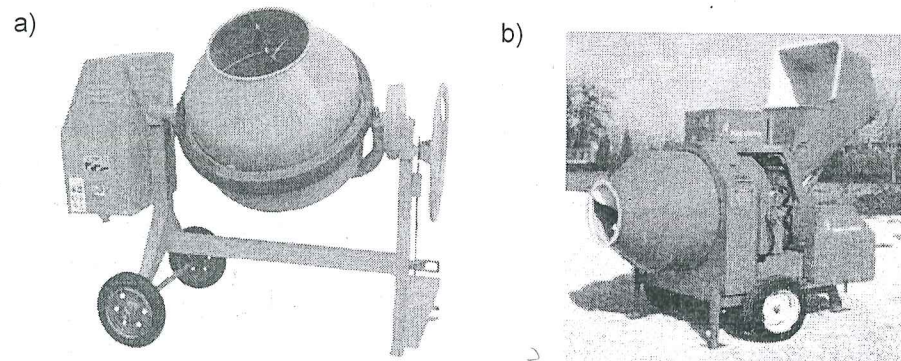
- Spravljanje betona (mešalice, fabrike betona);
- Transport betona (auto-betonske mešalice-mikseri i betonske pumpe);
- Ugrađivanje betona (vibratori).

**Mešalice za spravljanje betona** mogu da budu različitih konstrukcija i tipova, pa prema tome postoje sledeće podele:

1. Prema pokretljivosti:
  - Pokretne (mobilne);
  - Stacionarne.
2. Prema načinu rada:
  - Ciklusne;
  - Kontinualne.
3. Prema načinu mešanja:
  - Gravitacione (mešanje sa slobodnim padom);
  - Prinudne (prisilno mešanje pomoću lopatica).

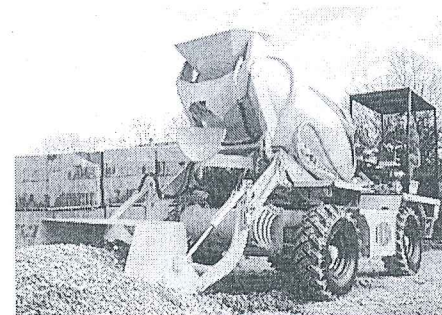
**Mešalice za beton** mogu biti samostalne ili u sastavu složenih postrojenja. Zapremina bubnja je do 250 l ako su samostalne, većih zapremina se ugrađuju u fabrike betona. Bujanj može da ima vertikalnu, kosu ili horizontalnu osovinu, da bude pokretan ili nepokretan. Način mešanja betona može da bude gravitacioni ili prinudan pomoću sistema lopatica, koji je najčešće u primeni kod mešalica u sastavu fabrika betona.

**Gravitacione mešalice za beton** se primenjuju za spravljanje svih vrsta betona bez obzira na krupnoću zrna agregata.



Slika 1.3.1 – Gravitaciona pokretna mešalica sa:  
a) okretnim bubnjem; b) nepokretnim bubnjem

Mešanje betona se vrši pomoću nepokretnih lopatica koje se nalaze po unutrašnjoj površini bubnja. Lopatice zaranjaju u betonsku masu, odižu je i omogućavaju njen slobodan pad i uranjanje u masu u donjem delu bubnja. Ove mešalice mogu da budu sa okretnim bubnjem (slika 1.3.1a) ili sa horizontalnim (nepokretnim) bubnjem (slika 1.3.1b). U smislu mobilnosti, mogu da budu pokretne-lako prenosive (slika 1.3.1a), vučene (slika 1.3.1b) ili samohodne (slika 1.3.2). Kod mešalica sa okretnim bubnjem, na slici 1.3.1a utovar (ručno) i istovar komponentata vrši se kroz isti otvor. Pražnjenje bubnja vrši se preturanjem. Mešalica na slici 1.3.1b ima nepokretan buvanj koji se puni preko jednog otvora okrećući se u jednom smeru, a prazni se preko drugog otvora okretanjem u suprotnom smeru.



Slika 1.3.2 – Gravitaciona samohodna mešalica sa utovarnom kašikom

**Mešalice sa prinudnim načinom mešanja** spravljaju sitnozrni beton kruće konsistencije, okretanjem sistema lopatica unutar bubnja. Kod ovih mešalica postoje dve osovine koje se okreću u dva različita smeru i na taj način mešaju betonsku mešavinu po veoma složenim putanjama. Ovakve mešavine su izuzetno homogene. Moguće su sve kombinacije pokretnog ili nepokretnog bubnja sa pokretnim ili nepokretnim lopaticama. Najčešće su sastavni deo fabrike betona.



Slika 1.3.3 – Mešalice sa prinudnim načinom mešanja različitih zapremina

#### Proračun praktičnog učinka mešalica

Praktični učinak mešalice za spravljanje betona izračunava se prema izrazu:

$$U_{pr} = \frac{V_r \cdot f \cdot n}{1000} \cdot k_v \quad [m^3/h] \quad (1.3.1)$$

gde je:

$n$  – broj ciklusa rada mešalice u toku jenog sata (cikl/h)

$V_r$  – radna zapremina bubnja mešalice ( $m^3$ )

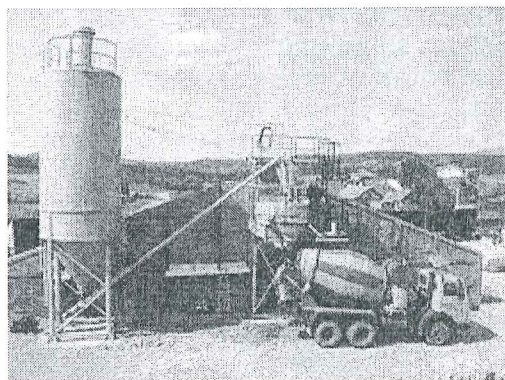
$f$  – koeficijent gotovosti betona

$k_v$  – koeficijent iskorišćenja radnog vremena

**Fabrike betona** su postrojenja za proizvodnju betona koja se sastoje od nekoliko celina:

- Skladišta agregata;
- Silosa za cement;
- Opreme za unutrašnji transport;
- Dozatora;
- Mešalice;
- Komandnog prostora.

Skladište agregata može da bude organizovano kao otvoreno u vidu boksova ili silosa ili kao zatvoreno u vidu silosa. U okviru opreme za unutrašnji transport agregata spada: bager sa skrepnom kašikom za povlačenje agregata unutar boksova, elevatori ili skip uređaji za transport agregata od boksova do mešalice i transportna traka za transport agregata od silosa ako je agregat skladišten u njima. Za unutrašnji transport cementa koristi se cevni pužni transporter. Od uređaja za doziranje pominju se težinski dozatori (vage) za merenje agregata, merači količine vode i merači vlažnosti kamene sitneži. Mešalica za beton, gravitaciona ili prinudna, postavlja se na čeličnu konstrukciju (slika 1.3.4) tako da je omogućen prilaz sredstva koje preuzima beton. Komandni prostor se nalazi na platformi uz mešalicu ili kao poseban deo u okviru fabrike betona.

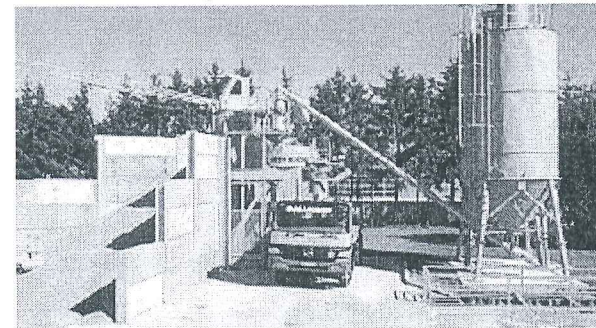


Slika 1.3.4 – Utovar betona u mikser

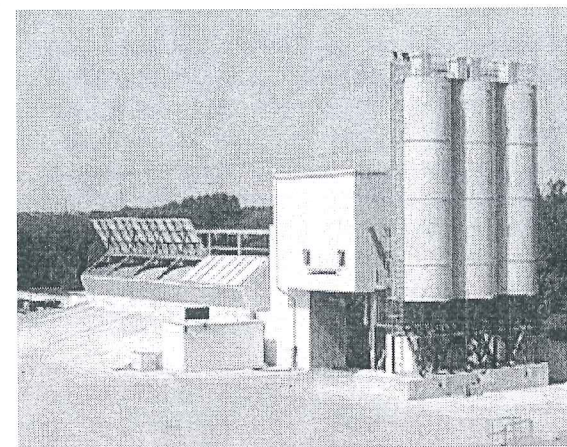
Prema prostornom rasporedu, fabrike betona mogu se podeliti na:

- Parterne;
- Toranjske.

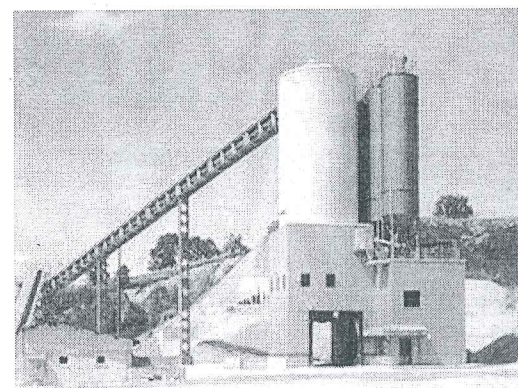
**Parterne fabrike betona** organizovane su tako da je njihova celokupna postava prizemna (horizontalna). Agregat može biti po frakcijama odvojen u boksovima od drveta, tzv. "zvezda", što je prikazano na slici 1.3.5, gde se za unutrašnji transport (povlačenje) agregata koristi bager sa skrepnom kašikom, a transport od boksova do vage iznad mešalice može da se vrši elevatorski, skip uređajem ili transportnom trakom. Cement se iz silosa doprema do mešalice pužastim transporterom (Arhimedovim pužem), koji ujedno i vrši doziranje. Kod parternih fabrika betona, agregat može biti skladiren i u otvorenim ili zatvorenim bunkerima od metala (slika 1.3.6) ispod kojih se nalazi transportna traka za njegov transport do elevatora ili skip uređaja.



Slika 1.3.5 – Fabrika betona sa zvezdom za skladištenje agregata



Slika 1.3.6 – Fabrika betona sa metalnim boksovima za skladištenje agregata



Slika 1.3.7 – Fabrika betona toranjskog tipa

**Toranjske fabrike betona** (slika 1.3.7) organizovane su tako da je njihova celokupna postava toranjska (vertikalna). Ova vrsta fabrike betona naziva se još i jednostepenom iz razloga što se sve komponente za beton podužu samo jednom do silosa, a dalji njihov put je gravitacioni.

**Proračun praktičnog učinka fabrika betona**

Praktični učinak fabrike betona izračunava se prema istom izrazu kao i kod mešalice za beton:

$$U_{pr} = \frac{V_r \cdot f \cdot n}{1000} \cdot k_v \quad [m^3/h] \quad (1.3.2)$$

gde je:

$n$  – broj ciklusa rada mešalice u toku jenog sata (cikl/h)

$V_r$  – radna zapremina bubnja mešalice ( $m^3$ )

$f$  – koeficijent gotovosti betona

$k_v$  – koeficijent iskorišćenja radnog vremena

**Autobetonska mešalica - mikser** je transportno sredstvo koje služi za prevoz betona od fabrike betona do gradilišta. Konstrukciju čini kamion na čijoj se šasiji nalazi bubanj koji se okreće pomoću posebnog motora ili motora vezanog za pogonski motor samog vozila. U njemu se nalaze lopatice koje okretanjem u jednom smeru mešaju beton, kako bi se sprečila segregacija betona, a okretanjem u drugom smeru vrši se pražnjenje bubnja u kibli građevinske dizalice, betonsku pumpu ili u pretovarni silos. Transport mikserom ne sme biti po pravilu duži od 30 min. Sastavni deo automiksera može biti pumpa za beton, kao i transportna traka, kojima se beton doprema na mesto ugradnje. Na slici 1.3.8 prikazani su različiti tipovi miksera:



Slika 1.3.8 – Autobetonske mešalice - mikseri

**Proračun praktičnog učinka miksera**

Praktični učinak miksera izračunava se prema izrazu kao za transportna sredstva:

$$U_{pr} = \frac{60}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_v \quad [m^3/h] \quad (1.3.3)$$

gde je:

$t_c$  – trajanje ciklusa (sec)

$q$  – zapremina bubnja miksera ( $m^3$ )

$k_p$  – koeficijent punjenja bubnja

$k_v$  – koeficijent iskorišćenja radnog vremena

Trajanje ciklusa rada transportnog vozila predstavlja zbir vremena potrebnog za utovar, odlazak punog miksera, istovar i povratak praznog miksera:

$$t_c = t_u + t_o + t_i + t_p \quad [min] \quad (1.3.4)$$

gde je:

$t_u$  – vreme potrebno za utovar miksera (min)

$t_o$  – vreme potrebno za odlazak punog miksera (min)

$t_i$  – vreme istovara betona iz bubnja (min)

$t_p$  – vreme potrebno za povratak praznog miksera (min)

Vreme utovara miksera:

$$t_u = \frac{q \cdot k_p}{U_{pr}} \quad [min] \quad (1.3.5)$$

gde je:

$U_{pr}$  – praktični učinak fabrike betona ( $m^3/h$ )

Vreme odlaska i povratka miksera:

$$t_o = \frac{L}{V_o}; \quad t_p = \frac{L}{V_p} \quad [min] \quad (1.3.6)$$

gde je:

$L$  – transportna daljina (km)

$V_o, V_p$  – brzina odlaska/povratka miksera (km/h)

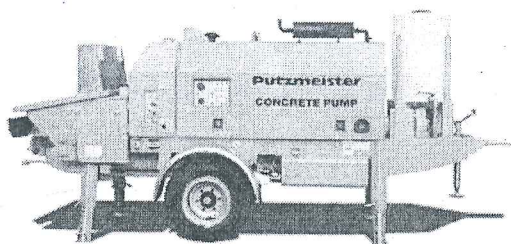
**Pumpe za beton** obezbeđuju kontinualno dopremanje betona putem cevnog voda do mesta ugrađivanja. Prema načinu rada dele se na:

- Klipne (potiskivanje betona vrši se klipovima hidraulički);
- Besklipne (potiskivanje se vrši pneumatski ili vakuumski).

Prema mobilnosti mogu biti:

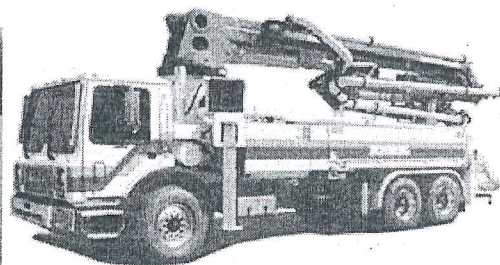
- Stacionarne;
- Mobilne (autopumpe).

**Stacionarne pumpe** (slika 1.3.9) mogu biti velikog kapaciteta tako da je za njihovo opsluživanje potrebno nekoliko automešalica ili su locirane u neposrednoj blizini gradilišne fabrike betona odakle sveži beton potiskuju neposredno sa mesta njegovog spravljanja do mesta ugrađivanja.

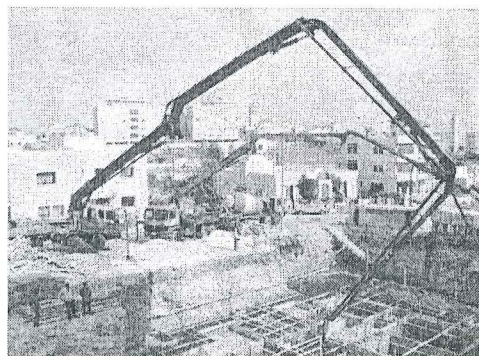
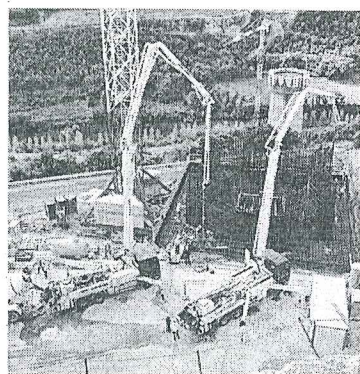


Slika 1.3.9 – Stacionarna betonska pumpa

**Mobilne pumpe** (auto-pumpe), sastoje se od klipne ili besklipne pumpe montirane na šasiji transportnog sredstva i cevnog voda. Kapacitet im je manji od stacionarnih. Na slici 1.3.10 prikazani su neki tipovi auto-pumpi sa sklopljenim cevnom vodom, a na slici 1.3.11, auto-pumpe u radu.



Slika 1.3.10 – Auto-pumpe



Slika 1.3.11 – Auto-pumpe prilikom betoniranja

**Proračun praktičnog učinka klipne pumpe**

$$U_{pr} = 60 \cdot m \cdot n \cdot V_b \cdot k_v \quad [m^3/h] \quad (1.3.7)$$

gde je:

$m$  – broj klipova

$n$  – broj ciklusa rada klipa (cikl/min)

$V_b$  – zapremina betona koja se potisne jednim radnim ciklusom klipa ( $m^3$ )

$k_v$  – koeficijent iskorišćenja radnog vremena

Kod betonskih pumpi vrši se provera radna sposobnosti:

$$L_u = l_1 + l_2 + l_3 \leq L_0 \quad [m] \quad (1.3.8)$$

gde je:

$L_u$  – ukupna dužina cevnog voda (m)

$l_1$  – horizontalna dužina cevnog voda (m)

$l_2$  – vertikalna dužina cevnog voda svedena na horizontalu (m)

$l_3$  – dužina cevnog voda u krivinama svedena na horizontalu (m)

$L_0$  – domet pumpe (m)

Vertikalna dužina cevnog voda svodi se na horizontalu preko koeficijenta ekvivalencije:

$$l_2 = l_v \cdot k_{ekv} \quad (1.3.9)$$

gde je:

$l_v$  – vertikalna dužina cevnog voda (m)

$k_{ekv}$  – koeficijent ekvivalencije;  $k_{ekv}=8$

Dužina cevnog voda u krivinama svodi se na horizontalu preko koeficijenata vezanih za krivine:

$$l_3 = n_1 \cdot k_1 + n_2 \cdot k_2 + n_3 \cdot k_3 + n_4 \cdot k_4 \quad (1.3.10)$$

gde je:

$n_1$  – broj krivina od  $90^\circ$

$k_1$  – koeficijent za krivinu  $90^\circ$ ;  $k_1=12$

$n_2$  – broj krivina od  $45^\circ$

$k_2$  – koeficijent za krivinu  $45^\circ$ ;  $k_2=7$

$n_3$  – broj krivina od  $22.5^\circ$

$k_3$  – koeficijent za krivinu  $90^\circ$ ;  $k_3=4$

$n_4$  – broj krivina od  $11.25^\circ$

$k_4$  – koeficijent za krivinu  $11.25^\circ$ ;  $k_4=2$

$$L_u = \frac{n_1 \cdot k_1}{k_{ekv}} + \frac{n_2 \cdot k_2}{k_{ekv}} + \frac{n_3 \cdot k_3}{k_{ekv}} + \frac{n_4 \cdot k_4}{k_{ekv}} + l_v$$

$$L_u = l_{90^\circ} + l_{45^\circ} + 2 \cdot l_{22.5^\circ} + l_{11.25^\circ} + l_v$$

**Vibratori** se koriste za zbijanje betona korišćenjem vibracija visoke frekvencije. Mogu biti:

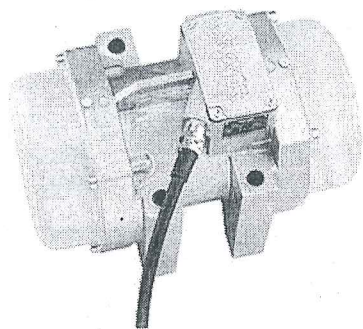
- Spoljašnji (nalaze se van materijala koji zbijaju);
- Unutrašnji (uronjeni su u materijal koji zbijaju).

U spoljašnje vibratore spadaju:

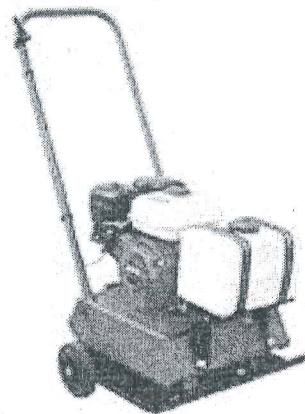
- Oplatni vibratori;
- Površinski vibratori - vibro ploče.

**Oplatni vibratori** (slika 1.3.12) oslanjaju se ili vešaju na oplatu i kalupe, preko kojih deluju na svežu betonsku masu. U kombinaciji sa kalupima čine vibrostolove ili vibrokalupe.

**Površinski vibratori** (slika 1.3.13) su manje vibroploče koje se u toku rada nalaze na površini materijala koji se zbijaju.



Slika 1.3.12 – Oplatni vibrator



Slika 1.3.13 – Vibro ploča

#### Proračun praktičnog učinka vibro ploče

$$U_{pr} \cong F \cdot h \cdot n \cdot k_v \quad [m^3/h] \quad (1.3.11)$$

gde je:

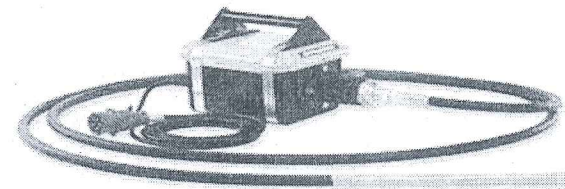
$F$  – površina dejstva vibro ploče (m)

$h$  – debljina sloja koji se ugrađuje (m)

$n$  – broj ciklusa rada u toku jednog sata vibro ploče (cikl/h)

$k_v$  – koeficijent iskorišćenja radnog vremena

**Pervibratori, vibratorske igle** su unutrašnji vibratori u obliku igle koja se uranja u svežu betonsku masu. Vibracije nastale rotacijom ekscentrične mase u igli, prenose se na okolnu masu betona i vrše njegovo zbijanje. Na slici 1.3.14 prikazan je jedan pervibrator.



Slika 1.3.14 – Pervibrator

#### Proračun praktičnog učinka pervibratora

$$U_{pr} \cong 2 \cdot R^2 \cdot h \cdot n \cdot k_v \quad [m^3/h] \quad (1.3.12)$$

gde je:

$R$  – radijus dejstva pervibratora (m)

$h$  – debljina sloja r koji se ugrađuje (m)

$n$  – broj ciklusa rada pervibratora (cikl/h)

$k_v$  – koeficijent iskorišćenja radnog vremena

- 1.3.1 Za spravljanje betona koristi se mešalica radne zapremine bubnja  $V_r = 250$  l. Trajanje ciklusa mešalice iznosi  $t_c = 150$  sec, koeficijent gotovosti betona je  $f = 0.78$  i koeficijent iskorišćenja radnog vremena  $k_v = 0.83$ . Izračunati praktični učinak mešalice.

**REŠENJE:**

Broj ciklusa rada mešalice

$$n = \frac{3600}{t_c} = \frac{3600}{150} = 24 \text{ cikl/h}$$

$$U_{pr} = \frac{V_r \cdot f \cdot n}{1000} \cdot k_v = \frac{250 \cdot 0.78 \cdot 24}{1000} \cdot 0.83 = 3.88 \text{ m}^3/\text{h}$$

- 1.3.2 Za betoniranje greda (poprečni presek  $0.20 \times 0.25$  m) stambenog objekta predviđen je sledeći sastav mehanizacije:

- Za spravljanje betona – **mešalica** (radna zapremina bubnja -  $V_r = 450$  l, koeficijent gotovosti betona -  $f = 0.67$ , trajanje ciklusa -  $t_c = 120$  sec);
- Za horizontalni i vertikalni transport betona – **toranjski kran** ( $U_{pr} = 550$  kN/h);
- Za ugrađivanje betona – **pervibratori** (radijus dejstva –  $R = 50$  cm, trajanje ciklusa -  $t_c = 45$  sec).

Radovi u količini od  $Q_{ugr} = 400 \text{ m}^3$  (ugrađenog betona) izvode se u jednoj smeni sa trajanjem smene od 8 h. Koeficijent ugradljivosti betona iznosi  $k_{ugr} = 0.86$ , koeficijent iskorišćenja radnog vremena je  $k_v = 0.78$  i zapreminska težina betona  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ .

Potrebno je odrediti:

- a) Praktične učinke mašina;
- b) Potrebno radno vreme za izvršenje date količine radova;
- c) Potrebno broj pratećih mašina za sinhronizovan rad sa jednom glavnom mašinom;
- d) Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu.

**REŠENJE:**

- a) Izračunavanje praktičnih učinaka
  - Mešalica za spravljanje betona

Broj ciklusa u toku jednog sata rada kрана

$$n = \frac{3600}{t_c} = \frac{3600}{120} = 30 \text{ cikl/h}$$

$$U_{pr} = \frac{V_r \cdot f \cdot n}{1000} \cdot k_v = \frac{450 \cdot 0.67 \cdot 30}{1000} \cdot 0.78 = 7.06 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Toranjski kran

$$U_{pr} = \frac{550}{24} = 22.92 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Pervibrator

Broj ciklusa u toku jednog sata rada pervibratora

$$n = \frac{3600}{t_c} = \frac{3600}{45} = 80 \text{ cikl/h}$$

$$U_{pr} \cong 2 \cdot R^2 \cdot h \cdot n \cdot k_v \cong 2 \cdot 0.5^2 \cdot 0.25 \cdot 80 \cdot 0.78 = 7.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

- b) Potrebno broj radnih dana

$$Q_{sp.b.} = \frac{Q_{ugr.b.}}{k_{ugr}} = \frac{400}{0.86} = 465.12 \text{ m}^3$$

$$n_{rd} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr, gm} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{gm}} = \frac{465.12}{22.92 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 1} = 2.54 \cong 3 \text{ radna dana}$$

- c) Potrebno broj pratećih mašina za sinhronizovan rad sa glavnom mašinom

$$n_m = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr, m} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{465.12}{7.06 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 3} = 2.75 \cong 3 \text{ mešalice za beton}$$

$$n_{pv} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr, pv} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{465.12}{7.8 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 3} = 2.48 \cong 3 \text{ pervibratora}$$

- d) Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu

$$i_{tk} = \frac{n_{rd}}{n_{rd, usv}} = \frac{2.54}{3} = 0.84554$$

$$i_m = \frac{n_m}{n_{m, usv}} = \frac{2.75}{3} = 0.91501$$

$$i_{pv} = \frac{n_{pv}}{n_{pv, usv}} = \frac{2.48}{3} = 0.82821$$

- 1.3.3 Za uslove gradilišta prema slici 1.3.15 proveriti radnu sposobnost betonske pumpe na:

- a) Analitički način;
- b) Grafički način.

Domet pumpe iznosi:  $L_0 = 350$  m.

**REŠENJE:**

a) Analitički način

$$L_u = l_1 + l_2 + l_3 \leq L_0$$

Horizontalna dužina cevnog voda

$$l_1 = l_h = 20 + 15 + 15 + 17 = 67 \text{ m}$$

Vertikalna dužina cevnog voda

$$l_2 = l_v \cdot k_{ekv} = 15 \cdot 8 = 120 \text{ m}$$

Dužina cevnog voda u krivinama

$$l_3 = n_1 \cdot k_1 + n_2 \cdot k_2 = 5 \cdot 12 + 1 \cdot 7 = 67 \text{ m}$$

Ukupna dužina cevnog voda

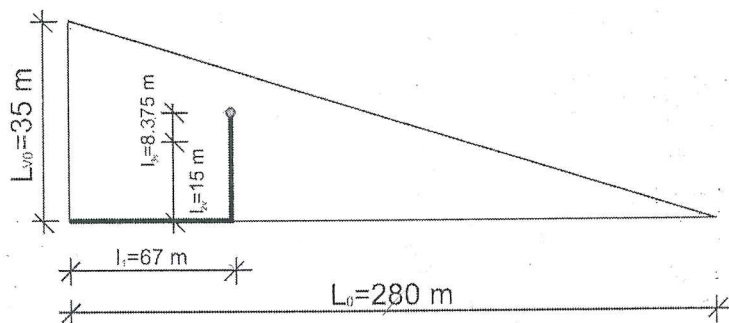
$$L_u = 67 + 120 + 67 = 254 \text{ m} \leq L_0 = 350 \text{ m}$$

b) Grafički način

Vertikalna dužina cevnog voda

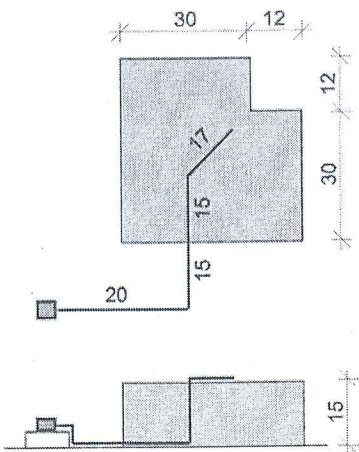
$$l_2 = l_v = 15 \text{ m}$$

$$l_3 = \frac{n_1 \cdot k_1}{k_{ekv}} + \frac{n_2 \cdot k_2}{k_{ekv}} = \frac{5 \cdot 12}{8} + \frac{1 \cdot 7}{8} = 7.5 + 0.875 = 8.375 \text{ m}$$



Slika 1.3.16 – Linija dejstva pumpe za beton (rešenje zadatka 1.3.3)

**1.3.4** Na transportu betona na daljinu od  $L=6$  km radi auto mešalica sa radnom zapreminom bubnja od  $q=4\ 500$  l. Bujanj auto-mešalice puni se suvim sastojcima mešavine pomoću bunkera u fabrici betona, koji je sa svim odgovarajućim težinskim dozatorima za granulirani agregat i cement, može da ostvari punjenje za jedan sat u količini od  $U_{pr}=35$  m<sup>3</sup>/h. Auto mešalica se kreće prosečnom brzinom od  $V_o=20$  km/h u odlasku i  $V_p=38$  km/h u povratku. Spravljanje betona obavlja se po dolasku auto mešalice na mesto



Slika 1.3.15 – Položaj betonske pumpe u odnosu na objekat (zadatak 1.3.3)

betoniranja, a vreme spravljanja i istovara iznosi:  $t_{sp}+t_i=10$  min. Koeficijent spravljenog betona iznosi  $f=0.70$ , a koeficijent iskorišćenja vremena  $k_v=0.80$ .

Potrebno je odrediti:

- Satni učinak auto-mešalice u datim uslovima rada;
- Broj auto-mešalica za sinhronizovan rad sa bunkerom fabrike betona;
- Potreban broj radnih dana (1 smena, 8 sati) za količinu spravljenog betona -  $Q_{sp,b}=900$  m<sup>3</sup>, za broj auto-mešalica izračunat u prethodnoj tački;
- Jediničnu cenu (samo mašinskog rada) spravljenog betona, ako je koštanje jednog sata rada auto-mešalice -  $M_h=1\ 500$  din/h.

**REŠENJE:**

a) Izračunavanje praktičnog učinka auto-mešalice:

Vreme utovara

$$t_u = \frac{V_r}{U_{pr}} = \frac{4.5}{35} = 0.12857 \text{ h} \cdot 60 = 7.71 \text{ min}$$

Vreme odlaska i povratka

$$t_o = \frac{L}{V_o} = \frac{6}{20} = 0.3 \text{ h} \cdot 60 = 18 \text{ min}$$

$$t_p = \frac{L}{V_p} = \frac{6}{38} = 0.15789 \text{ h} \cdot 60 = 9.47 \text{ min}$$

Trajanje ciklusa rada auto-mešalice

$$t_c = t_u + t_o + t_{sp} + t_i + t_p = 7.71 + 18 + 10 + 9.47 = 45.18 \text{ min}$$

Broj ciklusa u toku jednog sata rada mešalice

$$n = \frac{60}{t_c} = \frac{60}{45.18} = 1.33 \text{ cikl/h}$$

Praktični učinak

$$U_{pr} = \frac{V_r \cdot f \cdot n}{1000} \cdot k_v = \frac{4500 \cdot 0.7 \cdot 1.33}{1000} \cdot 0.80 = 3.35 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Potrebna broj auto-mešalica:

$$n_{am} = \frac{t_c}{t_u} = \frac{45.18}{7.71} = 5.86 \approx 6 \text{ auto - mešalica}$$

Iskorišćenje auto-mešalice

$$i = \frac{n_{am}}{n_{am,usv}} = \frac{5.86}{6} = 0.97665$$

c) Potrebno vreme za betoniranje:

$$n_{rd} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr} \cdot n_{am} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{900}{3.35 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 8} = 5.59 \cong 6 \text{ radnih dana}$$

d) Jedinična cena betoniranja:

$$C_k = \frac{M_h}{U_{pr} \cdot i} = \frac{1500}{3.35 \cdot 0.97665} = 458.47 \text{ din/m}^3$$

**1.3.5** Za betoniranje armirano betonskog temelja stambenog objekta koristi se sledeći sastav mehanizacije:

- **Fabrika betona**, za spravljanje betona;
- **Automešalice**, za transport betona;
- **Pervibratori**, za ugrađivanje betona.

Karakteristike mašina:

- Teorijski učinak fabrike betona -  $U_t=25\text{m}^3/\text{h}$ , koeficijent iskorišćenja radnog vremena -  $k_v=0.75$ , koštanje jednog časa rada -  $M_h=1000 \text{ din/h}$ ;
- Zapremina bubnja automešalice -  $q=8 \text{ m}^3$ , koeficijent punjenja bubnja -  $k_p=0.7$ , vreme istovara -  $t_i=3 \text{ min}$ , koeficijent iskorišćenja radnog vremena -  $k_v=0.8$ , prosečna brzina kretanja -  $V_{sr}=20 \text{ km/h}$ , transportna daljina -  $L=1.2 \text{ km}$ , koštanje jednog časa rada -  $M_h=590 \text{ din/h}$ .
- Radijus dejstva pervibratora -  $R=0.25 \text{ m}$ , debljina sloja koji se ugrađuje -  $h=0.4 \text{ m}$ , koeficijent iskorišćenja radnog vremena -  $k_v=0.9$ , vreme vibriranja na jednom mestu -  $t_1=35 \text{ sec}$ , vreme premeštanja pervibratora -  $t_2=10 \text{ sec}$  koštanje jednog časa rada -  $M_h=350 \text{ din/h}$ .

Potrebno je odrediti:

- a) Praktične učinke svih mašina;
- b) Potrebno vreme za betoniranje količine od  $Q_{ugr,b}=500 \text{ m}^3$  ugrađenog betona ( $k_{ugr}=0.85$ ), ako radni dan ima 1 smenu u trajanju od 9 sati;
- c) Broj svih mašina u sastavu (broj glavnih mašina je 1) za sinhronizovan rad sa glavnom mašinom i pokazatelj iskorišćenja mašina;
- d) Jediničnu cenu za dati sastav mehanizacije.

### REŠENJE:

a) Izračunavanje praktičnih učinaka:

- **Fabrika betona**

$$U_{pr,fb} = U_{t,fb} \cdot k_v = 25 \cdot 0.75 = 18.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Auto-betonska mešalica**

Vreme utovara:

$$t_u = \frac{q \cdot k_p}{U_{pr,fb}} = \frac{8 \cdot 0.7}{18.75} = 0.29867 \text{ h} \cdot 60 = 17.92 \text{ min}$$

Vreme odlaska i povratka

$$t_o = t_p = \frac{L}{V_{sr}} = \frac{1.2}{20} = 0.06 \text{ h} \cdot 60 = 3.6 \text{ min}$$

Trajanje ciklusa rada auto-mešalice

$$t_c = t_u + t_o + t_i + t_p = 17.92 + 3.6 + 3 + 3.6 = 28.12 \text{ min}$$

Praktični učinak

$$U_{pr,am} = \frac{60}{t_c} \cdot q \cdot k_p \cdot k_v = \frac{60}{28.12} \cdot 8 \cdot 0.7 \cdot 0.8 = 9.56 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Pervibrator**

Trajanje ciklusa rada pervibratora

$$t_c = t_v + t_p = 35 + 10 = 45 \text{ sec}$$

Broj ciklusa u toku jednog sata rada pervibratora

$$n = \frac{3600}{t_c} = \frac{3600}{45} = 80 \text{ cikl/h}$$

$$U_{pr,pv} \cong 2 \cdot R^2 \cdot h \cdot n \cdot k_v \cong 2 \cdot 0.25^2 \cdot 0.40 \cdot 80 \cdot 0.9 = 3.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Potrebno vreme za betoniranje:

Glavna mašina je fabrika betona sa učinkom:  $U_{pr,fb} = 18.75 \text{ m}^3/\text{h}$

Količina spravljenog betona:

$$Q_{sp.b.} = \frac{Q_{ugr,b.}}{k_{ugr}} = \frac{500}{0.86} = 581.40 \text{ m}^3$$

$$n_{rd} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,fb} \cdot n_{fb} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{581.40}{18.75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 9} = 3.45 \cong 4 \text{ radna dana}$$

Iskorišćenje fabrike betona

$$i_{fb} = \frac{n_{rd}}{n_{rd,usv}} = \frac{3.45}{4} = 0.86133$$

c) Potreban broj mašina u sastavu, pokazatelj iskorišćenja mašina:

- **Automešalica**

$$n_{am} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,am} \cdot n_{rd} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{581.40}{9.56 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 9} = 1.69 \cong 2 \text{ auto-mešalice}$$

## Iskorišćenje auto-mešalice

$$i_{am} = \frac{n_{am}}{n_{am,usv}} = \frac{1.69}{2} = 0.84467$$

- Pervibrator

$$n_{pv} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,pv} \cdot n_{rd} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{581.40}{3.6 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 9} = 4.49 \cong 5 \text{ pervibratora}$$

## Iskorišćenje pervibratora

$$i_{pv} = \frac{n_{pv}}{n_{pv,usv}} = \frac{4.49}{5} = 0.89722$$

- d) Jedinična cena betoniranja:

$$C_k = \frac{\Sigma M_h}{U_{pr,fb} \cdot i_{fb}} \quad [\text{din}/\text{j. m.}]$$

$$\Sigma M_h = M_{h,fb} \cdot n_{fb} + M_{h,am} \cdot n_{am} + M_{h,pv} \cdot n_{pv} \quad [\text{din}]$$

$$\Sigma M_h = 1000 \cdot 1 + 590 \cdot 2 + 350 \cdot 5 = 3930 \text{ din}$$

$$C_k = \frac{3930}{18.75 \cdot 0.86133} = 243.34 \text{ din}/\text{m}^3$$

**1.3.6** Za spravljanje betona koristi se mešalica radne zapremine bubnja -  $V_r=350$  l. Trajanje ciklusa mešalice je  $t_c=180$  sec, a koeficijent gotovosti betona  $f=0.78$ . Spravljeni beton ugrađuje se u konstrukciju objekta debljine  $h=0.15$  m, vibro pločom čija je radna površina  $F=0.20$  m<sup>2</sup>, a trajanje ciklusa sa premeštanjem iznosi  $t_c=65$  sec. Treba spraviti i ugraditi količinu od  $Q_{sp,b}=500$  m<sup>3</sup> (spravljenog betona). Rad se odvija u jednoj smeni sa trajanjem od 9 sati. Koeficijent iskorišćenja vremena je  $k_v=0.86$ .

Potrebno je odrediti:

- Praktični učinak mešalice;
- Praktični učinak vibro ploče;
- Potrebno vreme za izvršenje betoniranja;
- Broj platvibratora (uzeti da radi jedna mešalica za beton) i iskorišćenje mašina u sastavu.

## REŠENJE:

- a) Izračunavanje praktičnog učinka mešalice:

Broj ciklusa u toku jednog sata rada krana

$$n = \frac{3600}{t_c} = \frac{3600}{180} = 20 \text{ cikl/h}$$

$$U_{pr} = \frac{V_r \cdot f \cdot n}{1000} \cdot k_v = \frac{350 \cdot 0.78 \cdot 20}{1000} \cdot 0.86 = 4.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

- b) Izračunavanje praktičnog učinka vibro ploče:

Broj ciklusa u toku jednog sata rada vibro ploče

$$n = \frac{3600}{t_c} = \frac{3600}{65} = 55.38 \text{ cikl/h}$$

$$U_{pr,vp} = F \cdot h \cdot n \cdot k_v = 0.2 \cdot 0.15 \cdot 55.38 \cdot 0.86 = 1.43 \text{ m}^3/\text{h}$$

- c) Potrebno vreme za betoniranje:

Glavna mašina je mešalica za beton

$$n_{rd} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,m} \cdot n_m \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{500}{4.7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 9} = 11.82 \cong 12 \text{ radnih dana}$$

Iskorišćenje mešalice za beton

$$i_m = \frac{n_{rd}}{n_{rd,usv}} = \frac{11.82}{12} = 0.98503$$

- d) Potrebno vreme za mašina vibro ploče i pokazatelj iskorišćenja vibro ploče:

$$n_{pt} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,vp} \cdot n_{rd} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{500}{1.43 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 9} = 3.24 \cong 4 \text{ pervibratora}$$

Iskorišćenje vibro ploče

$$i_{pv} = \frac{n_{vp}}{n_{vp,usv}} = \frac{3.24}{4} = 0.80938$$

## 1.4 TROŠKOVI MAŠINSKOG RADA I OPTIMALNI IZBOR MECHANIZACIJE

Jedan od važnijih elemenata pri izboru građevinske mehanizacije za izvršenje radova je cena koštanja. Jedinčna cena koštanja rada nekog sastava mašina zavisi od koštanja mašinskog časa, odnosno mašinske smene i praktičnog učinka glavne mašine u sastavu. U cenu koštanja mašinskog sata –  $M_h$ , ulaze sledeći troškovi:

- Jednovremeni troškovi;
- Troškovi amortizacije;
- Eksploatacioni troškovi;
- Troškovi zarada mašinista;
- Troškovi osnovnog sredstva.

Cena koštanja jedinice mere (din/j.m.) u zavisnosti od toga da li je za izvršenje rada angažovana jedna mašina ili sastav od dve ili više mašina i da li mašinu/sastav opslužuju pomoćni radnici ili ne, može se izračunati prema jednom od navedenih izraza:

1. Rad obavlja samo jedna mašina (čisto mašinski rad)

$$C_k = \frac{M_h}{U_{pr} \cdot i} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.1)$$

2. Rad obavlja samo jedna mašina koju opslužuju pomoćni radnici

$$C_k = \frac{M_h + \sum R}{U_{pr} \cdot i} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.2)$$

3. Rad obavlja sastav od više mašina (čisto mašinski rad)

$$C_k = \frac{\sum M_h}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.3)$$

4. Rad obavlja sastav od više mašina koje opslužuju pomoćni radnici

$$C_k = \frac{\sum M_h + \sum R}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.4)$$

gde je:

$M_h$  – koštanje mašinskog časa (din/h)

$U_{pr}$  – praktični učinak mašine (j.m./h)

$i$  – pokazatelj iskorišćenja mašine

$\sum R$  – suma troškova rada radnika na opsluživanju mašina (din/h)

$\sum M_h$  – suma koštanja mašinskog časa (din/h)

$U_{pr, gm}$  – praktični učinak glavne mašine u sastavu (j.m./h)

$i_{gm}$  – pokazatelj iskorišćenja glavne mašine

Cena koštanja jedinice mere može se izračunati na tri načina:

### I način – preko koštanja mašinskog časa

$$C_k = \frac{\sum M_h + \sum R}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.5)$$

$$\sum M_h = M_{h, gm} \cdot n_{gm} + M_{h, pm1} \cdot n_{pm1} + M_{h, pm2} \cdot n_{pm2} + \dots + M_{h, pmn} \cdot n_{pmn} \quad (1.4.6)$$

gde je:

$M_{h, gm}$  – koštanje mašinskog časa glavne mašine (din/h)

$M_{h, pm1}, \dots, M_{h, pmn}$  – koštanje mašinskog časa pratećih mašina (din/h)

$n_{gm}$  – broj glavnih mašina

$n_{pm1}, \dots, n_{pmn}$  – broj pratećih mašina

### II način – preko koštanja mašinske smene

$$C_k = \frac{\sum K_{sm} + \sum R}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.7)$$

$$\sum K_{sm} = K_{sm, gm} \cdot n_{gm} + K_{sm, pm1} \cdot n_{pm1} + K_{sm, pm2} \cdot n_{pm2} + \dots + K_{sm, pmn} \cdot n_{pmn} \quad (1.4.8)$$

$$K_{sm} = M_h \cdot n_{sm} \quad [din/sm] \quad (1.4.9)$$

gde je:

$K_{sm, gm}$  – koštanje mašinske smene glavne mašine (din/sm)

$K_{sm, pm1}, \dots, K_{sm, pmn}$  – koštanje mašinske smene pratećih mašina (din/h)

### III način – parcijalno

$$C_k = C_{k, gm} + C_{k, pm1} + \dots + C_{k, pmn} + C_{k, R} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.10)$$

$$C_{k, gm} = \frac{M_{h, gm}}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.11)$$

$$C_{k, pm} = \frac{M_{h, pm}}{U_{pr, pm} \cdot i_{pm}} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.12)$$

$$C_{k, R} = \frac{\sum R_h}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} \quad [din/j. m.] \quad (1.4.13)$$

gde je:

$C_{k,gm}$  – koštanje jedinice mere rada glavne mašine (din/j.m.)

$C_{k,pm}$  – koštanje jedinice mere rada prateće mašine (din/j.m.)

$C_{k,R}$  – koštanje jedinice mere rada radnika na opsluživanju (din/j.m.)

Tokom proizvodnje javlja se vrlo veliki broj različitih troškova. Svi ti troškovi mogu se podeliti na fiksne (nepromenljive, stalne) i varijabilne (promenljive) troškove.

Stalni troškovi formiraju se, nezavisno od ostvarenog obima proizvodnje, za određeni vremenski period (obično za jednu godinu). U ove troškove spadaju: investiciono održavanje, redovno održavanje, amortizacija, osiguranje, lični dohoci režije, materijalni troškovi režije, itd.

Stalni troškovi predstavljaju zbir jednovremenih i godišnjih troškova:

$$T_{st} = T_1 + T_2 \quad [din] \quad (1.4.14)$$

$$T_1 = J_t \quad [din] \quad (1.4.15)$$

$$T_2 = \frac{\Sigma}{n_g} \cdot n_{rd} \quad [din] \quad (1.4.16)$$

gde je:

$T_{st}$  – stalni troškovi (din)

$J_t$  – jednovremeni troškovi (din)

$\frac{\Sigma}{n_g}$  – godišnji troškovi (din)

$n_{rd}$  – broj radnih dana

Promenljivi troškovi su neposredno vezani za jedinicu proizvoda. To su troškovi osnovnog i pogonskog materijala, lični dohoci radnika u neposrednoj proizvodnji. Ovi troškovi su proporcionalni količini proizvoda.

Promenljivi troškovi izračunavaju se na osnovu izraza:

$$t_{pr} = \frac{\Sigma E + \Sigma LD + \Sigma R}{U_{pr} \cdot i} \quad [din/j.m.] \quad (1.4.17)$$

$$T_{pr} = t_{pr} \cdot Q \quad [din] \quad (1.4.18)$$

gde je:

$t_{pr}$  – specifični promenljivi troškovi (din/j.m.)

$\Sigma E$  – eksploatacioni troškovi (din/sm ili din/h)

$\Sigma LD$  – suma troškova rada mašinista (din/sm ili din/h)

$\Sigma R$  – suma troškova rada pomoćnih radnika (din/sm ili din/h)

$T_{pr}$  – promenljivi troškovi (din)

$Q$  – količina radova

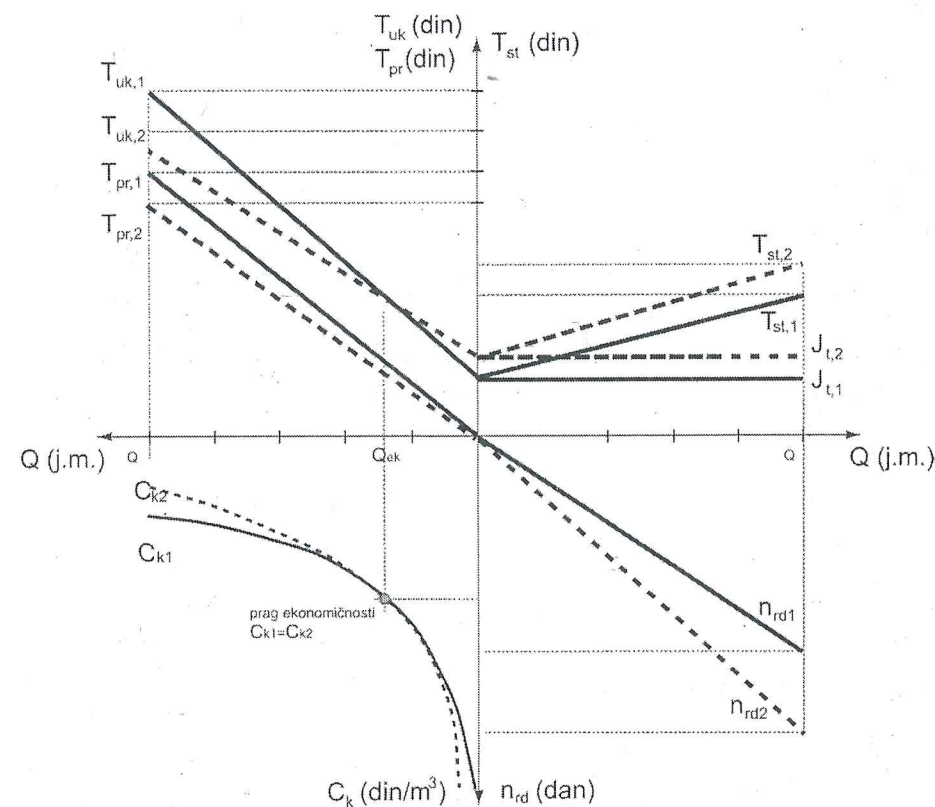
Ukupni troškovi predstavljaju zbir stalnih i promenljivih:

$$T_{uk} = T_{st} + T_{pr} \quad [din] \quad (1.4.19)$$

Jedinična cena se dobija kao količnik ukupnih troškova i ukupne količine radova:

$$C_k = \frac{T_u}{Q} \quad [din/j.m.] \quad (1.4.20)$$

Pri izboru optimalne mašine ili sastava, usvaja se niža jedinična cena. Na osnovu izračunatih pomenutih troškova iscrta se nomogram za optimalni izbor mehanizacije. Kombinacija sa nižom jediničnom cenom sračunatom za ukupnu količinu ne mora biti i optimalna kombinacija za neke druge količine. Zato se iz nomograma na osnovu krivih jediničnih cena određuje prag ekonomičnosti, tj. količina za koju je ista jedinična cena za rad bilo koje od npr. dve razmatrane kombinacije.



Slika 1.4.1 – Nomogram za optimalni izbor mehanizacije

**1.4.1** Za betoniranje međuspratne konstrukcije stambenog objekta planiran je sledeći sastav mehanizacije:

- Za spravljanje betona – **mešalica** kapaciteta 500 l;
- Za transport betona – **toranjski kran** nosivosti 25 kN;
- Za ugrađivanje betona – **pervibrator** dužine igle 45 cm.

Radovi u količini od  $Q_{sp,b}=625.37 \text{ m}^3$  spravljenog betona izvode se u jednoj smeni sa trajanjem smene od 9 h. Svi potrebni podaci dati su u tabeli 1.4.1:

Tabela 1.4.1

R.br.	Mašina	Koštanje mašinskog časa $M_h$ (din/h)	Praktični učinak $U_{pr}$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Zarade svih radnika na opsluživanju mašina (din/h)
1	Mešalica	6 500	9.60	250
2	Toranjski kran	10 050	14.00	750
3	Pervibrator	1 890	4.15	500

Potrebno je odrediti:

- a) Potrebno radno vreme za izvršenje date količine radova;
- b) Potrebna broj pratećih mašina za sinhronizovan rad sa jednom glavnom mašinom;
- c) Pokazatelje iskorišćenja mašina u sastavu;
- d) Jediničnu cenu betonskih radova na sva tri načina (preko koštanja mašinske smene, mašinskog časa i parcijalno).

**REŠENJE:**

- a) Potrebna broj radnih dana

Glavna mašina u datom sastavu je toranjski kran, pa se broj radnih dana izračunava prema njegovom praktičnom učinku:

$$n_{rd} = \frac{Q_{sp,b}}{U_{pr,tk} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{tk}} = \frac{625.37}{14.0 \cdot 1 \cdot 9 \cdot 1} = 4.96 \cong 5 \text{ radnih dana}$$

- b) Potrebna broj pratećih mašina za sinhronizovan rad sa glavnom mašinom

$$n_m = \frac{Q_{sp,b}}{U_{pr,m} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{625.37}{9.6 \cdot 1 \cdot 9 \cdot 5} = 1.45 \cong 2 \text{ mešalice za beton}$$

$$n_{pv} = \frac{Q_{sp,b}}{U_{pr,pv} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{625.37}{4.15 \cdot 1 \cdot 9 \cdot 5} = 3.35 \cong 4 \text{ pervibratora}$$

- c) Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu

$$i_{tk} = \frac{n_{rd}}{n_{rd,usv}} = \frac{4.96}{5} = 0.99265$$

$$i_m = \frac{n_m}{n_{m,usv}} = \frac{1.45}{2} = 0.72381$$

$$i_{pv} = \frac{n_{pv}}{n_{pv,usv}} = \frac{3.35}{4} = 0.83718$$

- d) Jedinična cena betonskih radova

I način – preko koštanja mašinskog časa

$$\begin{aligned} \sum M_h &= M_{h,tk} \cdot n_{tk} + M_{h,m} \cdot n_m + M_{h,pv} \cdot n_{pv} = \\ &= 10\,050 \cdot 1 + 6\,500 \cdot 2 + 1\,890 \cdot 4 = 30\,610 \text{ din/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum R_h &= R_{h,tk} \cdot n_{tk} + R_{h,m} \cdot n_m + R_{h,pv} \cdot n_{pv} = \\ &= 750 \cdot 1 + 250 \cdot 2 + 500 \cdot 4 = 3\,250 \text{ din/h} \end{aligned}$$

$$C_k = \frac{\sum M_h + \sum R}{U_{pr,gm} \cdot i_{gm}} = \frac{30\,610 + 3\,250}{14.0 \cdot 0.99265} = 2\,436.48 \text{ din/m}^3$$

II način – preko koštanja mašinske smene

$$K_{sm,tk} = M_{h,tk} \cdot n_{sm} = 10\,050 \cdot 9 = 90\,450 \text{ din/sm}$$

$$K_{sm,m} = M_{h,m} \cdot n_{sm} = 6\,500 \cdot 9 = 58\,500 \text{ din/sm}$$

$$K_{sm,pv} = M_{h,pv} \cdot n_{sm} = 1\,890 \cdot 9 = 17\,010 \text{ din/sm}$$

$$\begin{aligned} \sum K_{sm} &= K_{sm,tk} \cdot n_{tk} + K_{sm,m} \cdot n_m + K_{sm,pv} \cdot n_{pv} = \\ &= 90\,450 \cdot 1 + 58\,500 \cdot 2 + 17\,010 \cdot 4 = 275\,490 \text{ din/sm} \end{aligned}$$

$$U_{pr,tk(sm)} = U_{pr,tk(h)} \cdot n_{sm} = 14.0 \cdot 9 = 126 \text{ m}^3/\text{sm}$$

$$R_{sm,tk} = R_{h,tk} \cdot n_{sm} = 750 \cdot 9 = 6\,750 \text{ din/sm}$$

$$R_{sm,m} = R_{h,m} \cdot n_{sm} = 250 \cdot 9 = 2\,250 \text{ din/sm}$$

$$R_{sm,pv} = R_{h,pv} \cdot n_{sm} = 500 \cdot 9 = 4\,500 \text{ din/sm}$$

$$\begin{aligned} \sum R_{sm} &= R_{sm,tk} \cdot n_{tk} + R_{sm,m} \cdot n_m + R_{sm,pv} \cdot n_{pv} = \\ &= 6\,750 \cdot 1 + 2\,250 \cdot 2 + 4\,500 \cdot 4 = 29\,250 \text{ din/sm} \end{aligned}$$

$$C_k = \frac{\sum K_{sm} + \sum R_{sm}}{U_{pr,gm} \cdot i_{gm}} = \frac{275\,490 + 29\,250}{126.0 \cdot 0.99265} = 2\,436.48 \text{ din/m}^3$$

III način – parcijalno

$$C_k = C_{k,tk} + C_{k,m} + C_{k,pv} + C_{k,R}$$

$$C_{k,tk} = \frac{M_{h,tk}}{U_{pr,tk} \cdot i_{tk}} = \frac{10\,050}{14.0 \cdot 0.99265} = 723.17 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k,m} = \frac{M_{h,m}}{U_{pr,m} \cdot i_m} = \frac{6\,500}{9.6 \cdot 0.72381} = 935.44 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k,pv} = \frac{M_{h,pv}}{U_{pr,pv} \cdot i_{pv}} = \frac{1\,890}{4.15 \cdot 0.83718} = 543.99 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k,R} = \frac{\sum R_h}{U_{pr,tk} \cdot i_{tk}} = \frac{3\,250}{14.0 \cdot 0.99265} = 233.86 \text{ din/m}^3$$

$$C_k = C_{k,tk} + C_{k,m} + C_{k,pv} + C_{k,R} = 723.17 + 935.44 + 543.99 + 233.86 = 2\,436.46 \text{ din/m}^3$$

**1.4.2** Za betoniranje stubova stambenog objekta planiran je sledeći sastav mehanizacije:

- Za spravljanje betona – **mešalica**;
- Za horizontalni transport betona – **ručna kolica**;
- Za vertikalni transport betona – **skip dizalica**;
- Za ugrađivanje betona – **pervibratori**.

Radovi u količini od  $Q_{ugr,b}=600 \text{ m}^3$  ugrađenog betona izvode se u jednoj smeni sa trajanjem smene od 10 h. Koeficijent ugradljivosti betona iznosi -  $k_{ugr}=0.86$ . Svi potrebni podaci dati su u tabeli 1.4.2:

Tabela 1.4.2

R.br.	Mašina	Koštanje mašinskog časa $M_h$ (din/h)	Praktični učinak $U_{pr}$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Zarade svih radnika na opsluživanju mašina (din/h)
1	Mešalica	3.800	9.88	250
2	Ručna kolica	108	6.15	250
3	Skip dizalica	5.500	9.00	500
4	Pervibrator	1.900	4.85	500

Potrebno je odrediti:

- a) Potrebno radno vreme za izvršenje date količine radova;
- b) Potrebna broj pratećih mašina za sinhronizovan rad sa jednom glavnom mašinom;
- c) Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu;
- d) Jediničnu cenu betonskih radova na sva tri načina (preko koštanja mašinske smene, mašinskog časa i parcijalno).

### REŠENJE:

a) Potrebna broj radnih dana

Glavna mašina u datom sastavu je skip dizalica, pa se broj radnih dana izračunava prema njenom praktičnom učinku.

Količina spravljenog betona

$$Q_{sp.b.} = \frac{Q_{ugr.b.}}{k_{ugr}} = \frac{600}{0.86} = 697.67 \text{ m}^3$$

$$n_{rd} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,gm} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{gm}} = \frac{697.67}{9.0 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1} = 7.75 \cong 8 \text{ radnih dana}$$

b) Potrebna broj pratećih mašina za sinhronizovan rad sa glavnom mašinom

$$n_m = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,m} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{697.67}{9.88 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 8} = 0.88 \cong 1 \text{ mešalica za beton}$$

$$n_{rk} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,rk} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{697.67}{6.15 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 8} = 1.42 \cong 2 \text{ ručna kolica}$$

$$n_{pv} = \frac{Q_{sp.b.}}{U_{pr,pv} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{697.67}{4.85 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 8} = 1.80 \cong 2 \text{ pervibratora}$$

c) Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu

$$i_{sd} = \frac{n_{rd}}{n_{rd,usv}} = \frac{7.75}{8} = 0.96899$$

$$i_m = \frac{n_m}{n_{m,usv}} = \frac{0.88}{1} = 0.88268$$

$$i_{rk} = \frac{n_{rk}}{n_{rk,usv}} = \frac{1.42}{2} = 0.70901$$

$$i_{pv} = \frac{n_{pv}}{n_{pv,usv}} = \frac{1.80}{2} = 0.89906$$

d) Jedinična cena betonskih radova

I način – preko koštanja mašinskog časa

$$\begin{aligned} \sum M_h &= M_{h,sd} \cdot n_{sd} + M_{h,m} \cdot n_m + M_{h,rk} \cdot n_{rk} + M_{h,pv} \cdot n_{pv} = \\ &= 5\,500 \cdot 1 + 3\,800 \cdot 1 + 108 \cdot 2 + 1\,900 \cdot 2 = 13\,316 \text{ din/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum R_h &= R_{h,sd} \cdot n_{sd} + R_{h,m} \cdot n_m + R_{h,rk} \cdot n_{rk} + R_{h,pv} \cdot n_{pv} = \\ &= 500 \cdot 1 + 250 \cdot 1 + 250 \cdot 2 + 500 \cdot 2 = 2\,250 \text{ din/h} \end{aligned}$$

$$C_k = \frac{\sum M_h + \sum R}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} = \frac{13\,316 + 2\,250}{9.0 \cdot 0.96899} = 1\,784.91 \text{ din/m}^3$$

### II način – preko koštanja mašinske smene

$$K_{sm, sd} = M_{h, sd} \cdot n_{sm} = 5\,500 \cdot 10 = 55\,000 \text{ din/sm}$$

$$K_{sm, m} = M_{h, m} \cdot n_{sm} = 3\,800 \cdot 10 = 38\,000 \text{ din/sm}$$

$$K_{sm, rk} = M_{h, rk} \cdot n_{sm} = 108 \cdot 10 = 1\,080 \text{ din/sm}$$

$$K_{sm, pv} = M_{h, pv} \cdot n_{sm} = 1\,900 \cdot 10 = 19\,000 \text{ din/sm}$$

$$\begin{aligned} \sum K_{sm} &= K_{sm, tk} \cdot n_{tk} + K_{sm, m} \cdot n_m + K_{sm, pv} \cdot n_{pv} + K_{sm, rk} \cdot n_{rk} = \\ &= 55\,000 \cdot 1 + 38\,000 \cdot 1 + 1\,080 \cdot 2 + 19\,000 \cdot 2 = 133\,160 \text{ din/sm} \end{aligned}$$

$$U_{pr, gm(sm)} = U_{pr, gm(h)} \cdot n_{sm} = 9.0 \cdot 10 = 90.0 \text{ m}^3/\text{sm}$$

$$R_{sm, sd} = R_{h, sd} \cdot n_{sm} = 500 \cdot 10 = 5\,000 \text{ din/sm}$$

$$R_{sm, m} = R_{h, m} \cdot n_{sm} = 250 \cdot 10 = 2\,500 \text{ din/sm}$$

$$R_{sm, rk} = R_{h, rk} \cdot n_{sm} = 250 \cdot 10 = 2\,500 \text{ din/sm}$$

$$R_{sm, pv} = R_{h, pv} \cdot n_{sm} = 500 \cdot 10 = 5\,000 \text{ din/sm}$$

$$\begin{aligned} \sum R_{sm} &= R_{sm, tk} \cdot n_{tk} + R_{sm, m} \cdot n_m + R_{sm, pv} \cdot n_{pv} = \\ &= 5\,000 \cdot 1 + 2\,500 \cdot 1 + 2\,500 \cdot 2 + 5\,000 \cdot 2 = 22\,500 \text{ din/sm} \end{aligned}$$

$$C_k = \frac{\sum K_{sm} + \sum R_{sm}}{U_{pr, gm} \cdot i_{gm}} = \frac{133\,160 + 22\,500}{90.0 \cdot 0.96899} = 1\,784.91 \text{ din/m}^3$$

### III način – parcijalno

$$C_k = C_{k, tk} + C_{k, m} + C_{k, pv} + C_{k, rk} + C_{k, R}$$

$$C_{k, sd} = \frac{M_{h, sd}}{U_{pr, sd} \cdot i_{sd}} = \frac{5\,500}{9.0 \cdot 0.96899} = 630.67 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k, m} = \frac{M_{h, m}}{U_{pr, m} \cdot i_m} = \frac{3\,800}{9.88 \cdot 0.88268} = 435.74 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k, rk} = \frac{M_{h, rk}}{U_{pr, rk} \cdot i_{rk}} = \frac{108}{6.15 \cdot 0.70901} = 24.77 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k, pv} = \frac{M_{h, pv}}{U_{pr, pv} \cdot i_{pv}} = \frac{1\,900}{4.85 \cdot 0.89906} = 435.74 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k, R} = \frac{\sum R_h}{U_{pr, sd} \cdot i_{sd}} = \frac{2\,250}{9.0 \cdot 0.96899} = 258.00 \text{ din/m}^3$$

$$\begin{aligned} C_k &= C_{k, tk} + C_{k, m} + C_{k, rk} + C_{k, pv} + C_{k, R} = \\ &= 630.67 + 435.74 + 24.77 + 435.74 + 258.00 = 1\,784.92 \text{ din/m}^3 \end{aligned}$$

**1.4.3** Za izvršenje iskopa za temelj industrijskog objekta planiran je sledeći sastav mehanizacije:

- Za iskop zemlje – **bager sa dubinskom kašikom**;
- Za transport iskopane zemlje – **kiperi**.

Treba izvršiti iskop u količini od  $Q_{r, s} = 13\,260 \text{ m}^3$  (rastresito stanje) uz rad u jednoj smeni sa trajanjem smene od 10 h. Podaci potrebni za proračun dati su u tabeli 1.4.3:

Tabela 1.4.3

R.br.	Mašina	Koštanje mašinskog časa $M_h$ (din/h)	Praktični učinak $U_{pr}$ ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) u rastresitom stanju
1	Bager	7 650	51.25
2	Kiper	3 850	19.06

Potrebno je odrediti:

- a) Potrebno radno vreme za izvršenje date količine radova;
- b) Potrebna broj pratećih mašina za sinhronizovan rad sa jednom glavnom mašinom;
- c) Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu;
- d) Jediničnu cenu iskopa za temelj na sva tri načina (preko koštanja mašinske smene, mašinskog časa i parcijalno).

### REŠENJE:

- a) Potrebna broj radnih dana  
Glavna mašina u ovom sastavu je bager.

$$n_{rd} = \frac{Q_{z, rs.}}{U_{pr, gm} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{gm}} = \frac{13\,260}{51.25 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1} = 25.87 \cong 26 \text{ radnih dana}$$

- b) Potrebna broj kiperi za sinhronizovan rad sa bagerom

$$n_k = \frac{Q_{z, rs.}}{U_{pr, k} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{13\,260}{19.06 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 26} = 2.68 \cong 3 \text{ kiperi}$$

- c) Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu

$$i_b = \frac{n_{rd}}{n_{rd, usv}} = \frac{25.87}{26} = 0.99512$$

$$i_k = \frac{n_k}{n_{k, usv}} = \frac{2.68}{3} = 0.89192$$

d) Jedinična cena iskopa

I način – preko koštanja mašinskog časa

$$\sum M_h = M_{h,b} \cdot n_b + M_{h,k} \cdot n_k = 7\,650 \cdot 1 + 3\,850 \cdot 3 = 19\,200 \text{ din/h}$$

$$C_k = \frac{\sum M_h}{U_{pr,gm} \cdot i_{gm}} = \frac{19\,200}{51.25 \cdot 0.99512} = 376.47 \text{ din/m}^3$$

II način – preko koštanja mašinske smene

$$K_{sm,b} = M_{h,b} \cdot n_{sm} = 7\,650 \cdot 10 = 76\,500 \text{ din/sm}$$

$$K_{sm,k} = M_{h,k} \cdot n_{sm} = 3\,850 \cdot 10 = 38\,500 \text{ din/sm}$$

$$\sum K_{sm} = K_{sm,b} \cdot n_b + K_{sm,k} \cdot n_k = 76\,500 \cdot 1 + 38\,500 \cdot 3 = 192\,000 \text{ din/sm}$$

$$U_{pr,gm(sm)} = U_{pr,gm(h)} \cdot n_{sm} = 51.25 \cdot 10 = 512.5 \text{ m}^3/\text{sm}$$

$$C_k = \frac{\sum K_{sm}}{U_{pr,gm} \cdot i_{gm}} = \frac{192\,000}{512.5 \cdot 0.99512} = 376.47 \text{ din/m}^3$$

III način – parcijalno

$$C_k = C_{k,b} + C_{k,k}$$

$$C_{k,sd} = \frac{M_{h,b}}{U_{pr,b} \cdot i_b} = \frac{7\,650}{51.25 \cdot 0.99512} = 150.00 \text{ din/m}^3$$

$$C_{k,k} = \frac{M_{h,k}}{U_{pr,k} \cdot i_k} = \frac{3\,850}{19.06 \cdot 0.89192} = 226.47 \text{ din/m}^3$$

$$C_k = C_{k,b} + C_{k,k} = 150.00 + 226.47 = 376.47 \text{ din/m}^3$$

**1.4.4** Izvršiti izbor građevinske mehanizacije za izvršenje rada u količini od  $Q=5\,000 \text{ m}^3$ . Rad se odvija u jednoj smeni u radnom danu, sa trajanjem smene od 9 sati. Izbor treba izvršiti između mašine I, praktičnog učinka  $U_{pr1}=52 \text{ m}^3/\text{h}$  i mašine II, praktičnog učinka  $U_{pr2}=75 \text{ m}^3/\text{h}$ . Troškovi mašina dati su u tabeli 1.4.4:

Tabela 1.4.4

mašina	$J_i(\text{din})$	$E(\text{din/h})$	$LD(\text{din/h})$	$\Sigma/n_g(\text{din/dan})$
mašina I	46 000	490	520	1 950
mašina II	35 000	620	520	2 200

Potrebno je odrediti:

- Potrebno radno vreme za izvršenje date količine radova;
- Pokazatelj iskorišćenja mašina;

- Jediničnu cenu rada;
- Nomogram za optimalni izbor mašine.

**REŠENJE:**

a) Potrebno broj radnih dana

**Mašina I**

$$n_{rd,1} = \frac{Q}{U_{pr,1} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{5\,000}{52 \cdot 1 \cdot 9} = 10.68 \cong 11 \text{ radnih dana}$$

**Mašina II**

$$n_{rd,2} = \frac{Q}{U_{pr,2} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{5\,000}{75 \cdot 1 \cdot 9} = 7.41 \cong 8 \text{ radnih dana}$$

b) Pokazatelj iskorišćenja mašina

**Mašina I**

$$i_1 = \frac{n_{rd1}}{n_{rd1,usv}} = \frac{10.68}{11} = 0.97125$$

**Mašina II**

$$i_2 = \frac{n_{rd2}}{n_{rd2,usv}} = \frac{7.41}{8} = 0.92593$$

c) Izračunavanje jedinične cene rada

▪ Stalni troškovi

$$T_{st} = T_1 + T_2$$

$$T_1 = J_t$$

$$T_2 = \frac{\Sigma}{n_g} \cdot n_{rd}$$

**Mašina I**

$$T_1 = 46\,000 \text{ din}$$

$$T_2 = 1\,950 \cdot 11 = 21\,450 \text{ din}$$

$$T_{st} = 46\,000 + 21\,450 = 67\,450 \text{ din}$$

**Mašina II**

$$T_1 = 35\,000 \text{ din}$$

$$T_2 = 2\,200 \cdot 8 = 17\,600 \text{ din}$$

$$T_{st} = 35\,000 + 17\,600 = 52\,600 \text{ din}$$

- Promenljivi troškovi

$$T_{pr} = \frac{\Sigma E + \Sigma LD}{U_{pr} \cdot i} \cdot Q$$

**Mašina I**

$$T_{pr,1} = \frac{490 + 520}{52 \cdot 0.97125} \cdot 5\,000 = 99\,990.10 \text{ din}$$

**Mašina II**

$$T_{pr,2} = \frac{620 + 520}{75 \cdot 0.92593} \cdot 5\,000 = 82\,079.64 \text{ din}$$

- Ukupni troškovi

$$T_{uk} = T_{st} + T_{pr}$$

**Mašina I**

$$T_{uk,1} = 67\,450 + 99\,990.10 = 167\,440.10 \text{ din}$$

**Mašina II**

$$T_{uk,2} = 52\,600 + 82\,079.64 = 134\,679.64 \text{ din}$$

- Jedinična cena

$$C_k = \frac{T_u}{Q}$$

**Mašina I**

$$C_{k,1} = \frac{T_{u,1}}{Q} = \frac{167\,440.10}{5\,000} = 33.49 \text{ din/m}^3$$

**Mašina II**

$$C_{k,2} = \frac{T_{u,2}}{Q} = \frac{134\,679.64}{5\,000} = 26.94 \text{ din/m}^3$$

Kako je  $C_{k,2} < C_{k,1}$  za količinu 5 000 m<sup>3</sup> ekonomičnija je mašina II.

d) Nomogram za optimalni izbor mašine

Proračun jediničnih cena za količine 1 000, 2 000, 3 000 i 4 000 m<sup>3</sup>.

$$T_u^* = \frac{T_u - J_t}{Q} \cdot Q^* + J_t$$

$$C_k^* = \frac{T_u^*}{Q^*}$$

**Mašina I**

$$T_u^{1000} = \frac{167\,440.10 - 46\,000}{5\,000} \cdot 1\,000 + 46\,000 = 70\,288.02 \text{ din}$$

$$C_k^{1000} = \frac{70\,288.02}{1\,000} = 70.29 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{2000} = \frac{167\,440.10 - 46\,000}{5\,000} \cdot 2\,000 + 46\,000 = 94\,576.04 \text{ din}$$

$$C_k^{2000} = \frac{94\,576.04}{2\,000} = 47.29 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{3000} = \frac{167\,440.10 - 46\,000}{5\,000} \cdot 3\,000 + 46\,000 = 118\,864.06 \text{ din}$$

$$C_k^{3000} = \frac{118\,864.06}{3\,000} = 39.62 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{4000} = \frac{167\,440.10 - 46\,000}{5\,000} \cdot 4\,000 + 46\,000 = 143\,152.08 \text{ din}$$

$$C_k^{4000} = \frac{143\,152.08}{4\,000} = 35.79 \text{ din/m}^3$$

**Mašina II**

$$T_u^{1000} = \frac{134\,679.64 - 35\,000}{5\,000} \cdot 1\,000 + 35\,000 = 54\,935.93 \text{ din}$$

$$C_k^{1000} = \frac{54\,935.93}{1\,000} = 54.94 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{2000} = \frac{134\,679.64 - 35\,000}{5\,000} \cdot 2\,000 + 35\,000 = 74\,871.86 \text{ din}$$

$$C_k^{2000} = \frac{74\,871.86}{2\,000} = 37.44 \text{ din/m}^3$$

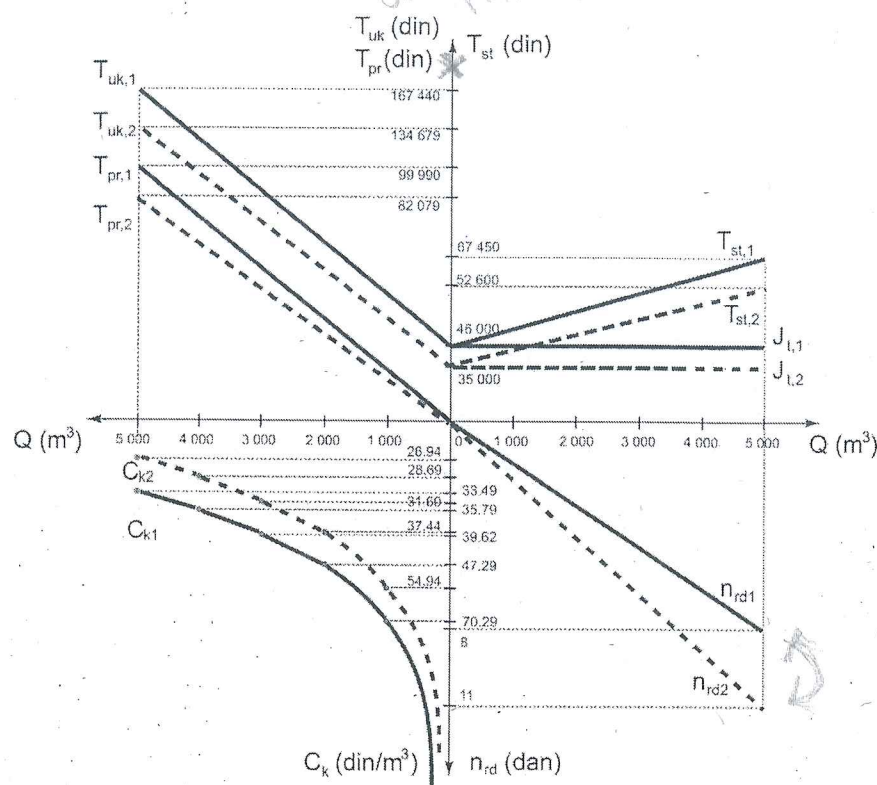
$$T_u^{3000} = \frac{134\,679.64 - 35\,000}{5\,000} \cdot 3\,000 + 35\,000 = 94\,807.78 \text{ din}$$

$$C_k^{3000} = \frac{94\,807.78}{3\,000} = 31.60 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{4000} = \frac{134\,679.64 - 35\,000}{5\,000} \cdot 4\,000 + 35\,000 = 114\,743.71 \text{ din}$$

$$C_k^{4000} = \frac{114\,743.71}{4\,000} = 28.69 \text{ din/m}^3$$

Iz nomograma se može zaključiti da je mašina II ekonomičnija za sve razmatrane količine radova.



Slika 1.4.2 – Nomogram za optimalni izbor mehanizacije (rešenje zadatka 1.4.4)

**1.4.5** Izvršiti izbor građevinske mehanizacije na osnovu nomograma, za izvršenje betonskih radova u količini od  $Q_{sp,b}=850 \text{ m}^3$  spravljenog betona. Rad se odvija u dve smene u radnom danu, sa trajanjem smene od 8 sati. Izbor treba izvršiti između sastava I i sastava II. Troškovi mašina dati su u tabeli 1.4.5:

Tabela 1.4.5

R.br.	Mašina	Po jednoj mašini					$U_{pr(s.b.)}$ ( $\text{m}^3/\text{l}$ )
		J/n (din/sm)	E (din/sm)	LD (din/sm)	$\Sigma/n_g n_{sm}$ (din/sm)	R (din/sm)	
I	Mešalica	9 000	500	5 000	6 500	1 800	8.5
	Toranjski kran	10 000	850	1 000	3 000	1 800	7.0
	Pervibrator	250	30	1 200	320	900	4.7
II	Mešalica	9 500	500	5 000	6 500	1 800	8.0
	Pumpa za beton	7 000	780	1 220	4 000	/	14.0
	Pervibrator	250	30	1 200	320	900	3.1

**REŠENJE:**

- Potrebno vreme za izvršenje betoniranja

**Sastav I**

Glavna mašina u sastavu I je toranjski kran.

$$n_{rd,1} = \frac{Q}{U_{pr gm,1} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{850}{7 \cdot 2 \cdot 8} = 7.59 \cong 8 \text{ radnih dana}$$

**Sastav II**

Glavna mašina u sastavu II je pumpa za beton.

$$n_{rd,2} = \frac{Q}{U_{pr gm,2} \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{850}{14 \cdot 2 \cdot 8} = 3.79 \cong 4 \text{ radna dana}$$

- Potreban broj pratećih mašina u sastavu

**Sastav I**

$$n_{m,1} = \frac{Q}{U_{pr m,1} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{850}{8.5 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 8} = 0.78 \cong 1 \text{ mešalica za beton}$$

$$n_{pv,1} = \frac{Q}{U_{pr pv,1} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{850}{4.7 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 8} = 1.41 \cong 2 \text{ pervibratora}$$

**Sastav II**

$$n_{m,2} = \frac{Q}{U_{pr m,2} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{850}{8.0 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 4} = 1.66 \cong 2 \text{ mešalice za beton}$$

$$n_{pv,2} = \frac{Q}{U_{pr pv,2} \cdot n_{sm} \cdot n_h \cdot n_{rd}} = \frac{850}{3.1 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 4} = 4.28 \cong 5 \text{ pervibratora}$$

- Pokazatelj iskorišćenja mašina u sastavu

**Sastav I**

$$i_{tk} = \frac{n_{rd1}}{n_{rd1,usv}} = \frac{7.59}{8} = 0.94866$$

$$i_m = \frac{n_{m1}}{n_{m1,usv}} = \frac{0.78}{1} = 0.78125$$

$$i_{pv} = \frac{n_{pv1}}{n_{pv1,usv}} = \frac{1.41}{2} = 0.70645$$

**Sastav II**

$$i_{bp} = \frac{n_{rd2}}{n_{rd2,usv}} = \frac{3.79}{4} = 0.94866$$

$$i_m = \frac{n_{m2}}{n_{m2,usv}} = \frac{1.66}{2} = 0.83008$$

$$i_{pv} = \frac{n_{pv2}}{n_{pv2,usv}} = \frac{4.28}{5} = 0.85685$$

- Stalni troškovi

$$T_{st} = T_1 + T_2$$

$$T_1 = \frac{J_t}{n} \cdot n_{sm} \cdot n_{rd}$$

$$T_2 = \frac{\Sigma}{n_g \cdot n_{sm}} \cdot n_{sm} \cdot n_{rd}$$

**Sastav I**

$$T_1 = (9\,000 \cdot 1 + 10\,000 \cdot 1 + 250 \cdot 2) \cdot 2 \cdot 8 = 312\,000 \text{ din}$$

$$T_2 = (6\,500 \cdot 1 + 3\,000 \cdot 1 + 320 \cdot 2) \cdot 2 \cdot 8 = 162\,240 \text{ din}$$

$$T_{st} = 312\,000 + 162\,240 = 474\,240 \text{ din}$$

**Sastav II**

$$T_1 = (9\,500 \cdot 2 + 7\,000 \cdot 1 + 250 \cdot 5) \cdot 2 \cdot 4 = 218\,000 \text{ din}$$

$$T_2 = (6\,500 \cdot 2 + 4\,000 \cdot 1 + 320 \cdot 5) \cdot 2 \cdot 4 = 148\,800 \text{ din}$$

$$T_{st} = 218\,000 + 148\,800 = 366\,800 \text{ din}$$

- Promenljivi troškovi

$$T_{pr} = \frac{\Sigma E + \Sigma LD + \Sigma R}{U_{pr\,gm} \cdot i_{gm}} \cdot Q$$

**Sastav I**

$$\Sigma E = 500 \cdot 1 + 850 \cdot 1 + 30 \cdot 2 = 1\,410 \text{ din/sm}$$

$$\Sigma LD = 5\,000 \cdot 1 + 1\,000 \cdot 1 + 1\,200 \cdot 2 = 8\,400 \text{ din/sm}$$

$$\Sigma R = 1\,800 \cdot 1 + 1\,800 \cdot 1 + 900 \cdot 2 = 5\,400 \text{ din/sm}$$

$$T_{pr,1} = \frac{1\,410 + 8\,400 + 5\,400}{7 \cdot 8 \cdot 0.94866} \cdot 850 = 243\,360 \text{ din}$$

**Sastav II**

$$\Sigma E = 500 \cdot 2 + 780 \cdot 1 + 30 \cdot 5 = 1\,930 \text{ din/sm}$$

$$\Sigma LD = 5\,000 \cdot 2 + 1\,220 \cdot 1 + 1\,200 \cdot 5 = 17\,220 \text{ din/sm}$$

$$\Sigma R = 1\,800 \cdot 2 + 0 \cdot 1 + 900 \cdot 5 = 8\,100 \text{ din/sm}$$

$$T_{pr,2} = \frac{1\,930 + 17\,220 + 8\,100}{14 \cdot 8 \cdot 0.94866} \cdot 850 = 218\,000 \text{ din}$$

- Ukupni troškovi

$$T_{uk} = T_{st} + T_{pr}$$

**Sastav I**

$$T_{uk,1} = 474\,240 + 243\,360 = 717\,600 \text{ din}$$

**Sastav II**

$$T_{uk,2} = 366\,800 + 218\,000 = 584\,800 \text{ din}$$

- Jedinična cena

$$C_k = \frac{T_u}{Q}$$

**Sastav I**

$$C_{k,1} = \frac{T_{u,1}}{Q} = \frac{717\,600}{850} = 844 \text{ din/m}^3$$

**Sastav II**

$$C_{k,2} = \frac{T_{u,2}}{Q} = \frac{584\,800}{850} = 688 \text{ din/m}^3$$

Kako je  $C_{k,2} < C_{k,1}$  za količinu  $850 \text{ m}^3$  ekonomičniji je sastav II.

Proračun jediničnih cena za količine  $200 \text{ m}^3$ ,  $400 \text{ m}^3$ ,  $600 \text{ m}^3$ ,  $800 \text{ m}^3$ .

$$T_u^* = \frac{T_u - T_1}{Q} \cdot Q^* + T_1$$

$$C_k^* = \frac{T_u^*}{Q^*}$$

**Sastav I**

$$T_u^{200} = \frac{717\,600 - 312\,000}{850} \cdot 200 + 312\,000 = 407\,435 \text{ din}$$

$$C_k^{200} = \frac{407\,435}{200} = 2\,037 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{400} = \frac{717\,600 - 312\,000}{850} \cdot 400 + 312\,000 = 502\,870 \text{ din}$$

$$C_k^{400} = \frac{502\,870}{400} = 1\,257 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{600} = \frac{717\,600 - 312\,000}{850} \cdot 600 + 312\,000 = 598\,306 \text{ din}$$

$$C_k^{600} = \frac{598\,306}{600} = 997 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{800} = \frac{717\,600 - 312\,000}{850} \cdot 800 + 312\,000 = 693\,741 \text{ din}$$

$$C_k^{800} = \frac{693\,741}{800} = 867 \text{ din/m}^3$$

**Sastav II**

$$T_u^{200} = \frac{584\,800 - 218\,000}{850} \cdot 200 + 218\,000 = 304\,306 \text{ din}$$

$$C_k^{200} = \frac{304\,306}{200} = 1\,522 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{400} = \frac{584\,800 - 218\,000}{850} \cdot 400 + 218\,000 = 390\,612 \text{ din}$$

$$C_k^{400} = \frac{390\,612}{400} = 977 \text{ din/m}^3$$

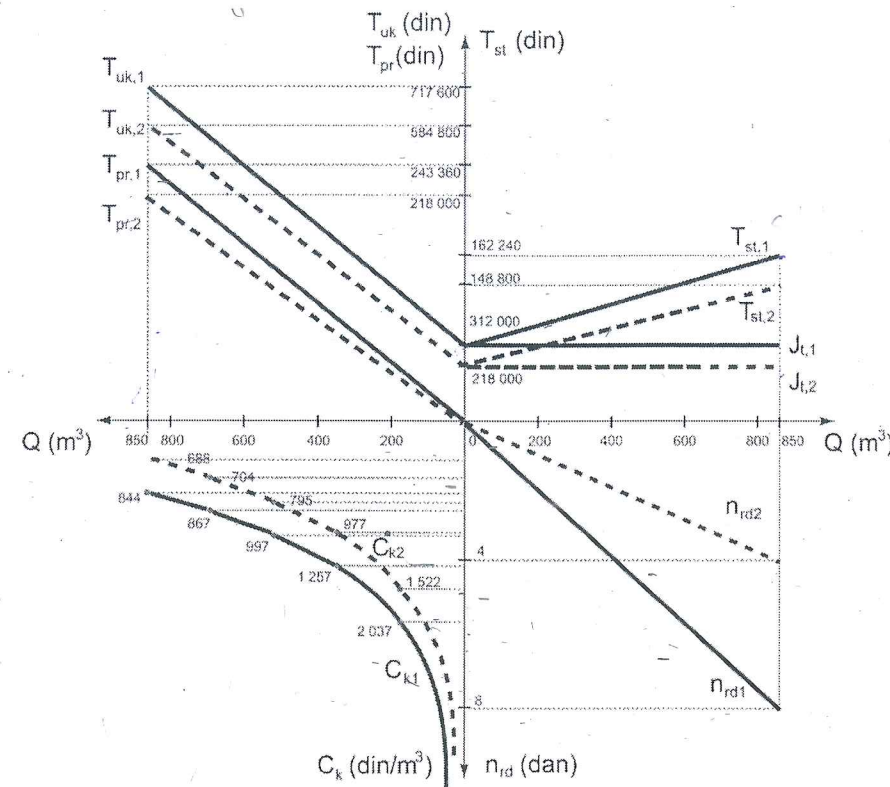
$$T_u^{600} = \frac{584\,800 - 218\,000}{850} \cdot 600 + 218\,000 = 476\,918 \text{ din}$$

$$C_k^{600} = \frac{476\,918}{600} = 795 \text{ din/m}^3$$

$$T_u^{800} = \frac{584\,800 - 218\,000}{850} \cdot 800 + 218\,000 = 563\,224 \text{ din}$$

$$C_k^{800} = \frac{563\,224}{800} = 704 \text{ din/m}^3$$

Iz nomograma se može zaključiti da je kombinacija II ekonomičnija za sve razmatrane količine radova.



Slika 1.4.3 – Nomogram za optimalni izbor mehanizacije (rešenje zadatka 1.4.5)

**1.4.6** Za izvršenje iskopa zemlje III kategorije ( $k_r=1.25$ ) u količini od  $50 \text{ m}^3$  (samoniklo stanje) predlažu se dve varijante rada:

- **Varijanta I:** ručni iskop vrše 5 radnika čija je norma  $N_R=3 \text{ nč/m}^3$  (samoniklo stanje), koštanje jednog časa rada u bruto iznosu  $R=150 \text{ din/h}$  a faktor režijskih i drugih opštih troškova je  $f=2$ . Radovi se odvijaju u jednoj smeni od 8 sati.
- **Varijanta II:** mašinski iskop vrši bager čija je norma  $N_B=0.0378 \text{ m}^3/\text{h}$  (rastresito stanje), jednovremeni troškovi iznose  $J_t=20.000 \text{ din}$ , troškovi goriva su  $E=7.500 \text{ din/sm}$ , zarada mašiniste u bruto iznosu je  $LD=200 \text{ din/h}$ , godišnji troškovi iznose  $\Sigma/n_g=2.100 \text{ din/dan}$ . Radovi se odvijaju u jednoj smeni od 8 sati.

Potrebno je:

- a) Izračunati jediničnu cenu iskopa za obe varijante;
- b) Nacrtati nomogram za optimalni izbor povoljnije varijante;
- c) Odrediti prag ekonomičnosti (količinu zemlje za koju je jedinična cena za obe varijante jednaka).

**REŠENJE:**

a) Izračunavanje jedinične cene

**Varijanta I**

Praktični učinak jednog radnika na iskopu:

$$U_{pr} = \frac{1}{N_R} = \frac{1}{3} = 0.3333 \text{ m}^3/\text{h}$$

Potrebno vreme za izvršenje iskopa:

$$n_{rd} = \frac{Q}{U_{pr,R} \cdot n_R \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{50}{0.3333 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 8} = 3.75 \cong 4 \text{ radna dana}$$

Pokazatelj iskorišćenja

$$i_R = \frac{n_{rd}}{n_{rd,usv}} = \frac{3.75}{4} = 0.9375$$

Stalni troškovi

$$T_{st} = 0 \text{ din}$$

Promenljivi troškovi

$$T_{pr} = \frac{\Sigma R}{U_{pr,R} \cdot i_R} \cdot Q = \frac{5 \cdot 150 \cdot 2}{0.3333 \cdot 0.9375} \cdot 50 = 240\,000 \text{ din}$$

Ukupni troškovi

$$T_{uk} = T_{pr} = 240\,000 \text{ din}$$

Jedinična cena

$$C_k = \frac{T_u}{Q} = \frac{240\,000}{50} = 4\,800 \text{ din/m}^3$$

**Varijanta II**

Praktični učinak bagera:

$$U_{pr}^* = \frac{1}{N_B} = \frac{1}{0.0378} = 26.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

(rastresito stanje)

$$U_{pr} = \frac{U_{pr}^*}{k_r} = \frac{26.46}{1.25} = 21.17 \text{ m}^3/\text{h}$$

(samoniklo stanje)

Potrebno vreme za izvršenje iskopa:

$$n_{rd} = \frac{Q}{U_{pr,B} \cdot n_B \cdot n_{sm} \cdot n_h} = \frac{50}{21.17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 8} = 0.29 \cong 1 \text{ radni dan}$$

Pokazatelj iskorišćenja

$$i_B = \frac{n_{rd}}{n_{rd,usv}} = \frac{0.29}{1} = 0.29526$$

Stalni troškovi

$$T_{st} = J_t + \frac{\Sigma}{n_g} \cdot n_{rd} = 20\,000 + 2\,100 \cdot 1 = 22\,100 \text{ din}$$

Promenljivi troškovi

$$T_{pr} = \frac{\Sigma E + \Sigma LD}{U_{pr,B} \cdot i_B} \cdot Q = \frac{\frac{7\,500}{8} + 200}{21.17 \cdot 0.29526} \cdot 50 = 9\,099 \text{ din}$$

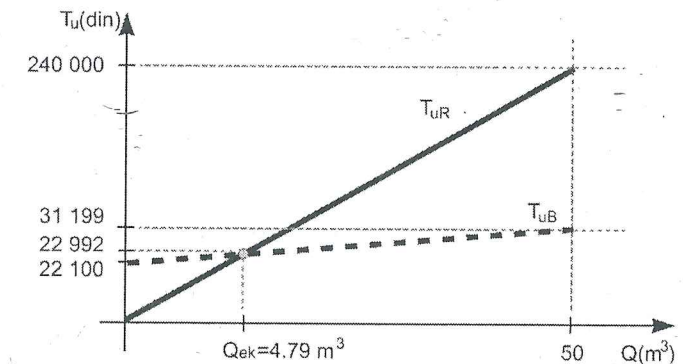
Ukupni troškovi

$$T_{uk} = T_{st} + T_{pr} = 22\,100 + 9\,099 = 31\,199 \text{ din}$$

Jedinična cena

$$C_k = \frac{T_u}{Q} = \frac{31\,199}{50} = 624 \text{ din/m}^3$$

b) Nomogram



Slika 1.4.4 – Prave ukupnih troškova za iskop ručno i bagerom (rešenje zadatka 1.4.6)

c) Prag ekonomičnosti

Ukupni troškovi za količinu ekonomičnosti mogu se sračunati preko prave ukupnih troškova rada bagera:

$$T_{u,ek} = \frac{T_u - J_t}{Q} \cdot Q_{ek} + J_t = \frac{31\,199 - 22\,100}{50} \cdot Q_{ek} + 22\,100$$

i prave ukupnih troškova ručnog rada:

$$T_{u,ek} = \frac{T_u}{Q} \cdot Q_{ek} = \frac{240\,000}{50} \cdot Q_{ek}$$

Rešavanjem sistema od dve jednačine sa dve nepoznate, dobija se količina iskopa za koju je jednaka jedinična cena iskopa ručno i bagerom.

$$Q_{ek} = 4.79 \text{ m}^3$$

$$T_{u,ek} = 22\,971 \text{ din}$$

$$T_{u,ek} = 181,98 \cdot Q_{ek} + 22\,100$$

$$T_{u,ek} = 4800 \cdot Q_{ek}$$

$$181,98 \cdot Q_{ek} + 22\,100 = 4800 \cdot Q_{ek}$$

$$4618,02 \cdot Q_{ek} = 22\,100$$

$$Q_{ek} = 4,79 \text{ m}^3$$

$$T_{u,ek} = 22\,992 \text{ din}$$

## 2. ORGANIZACIJA GRAĐENJA