

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Neven Šunjerga**

**Split, 2015.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Neven Šunjerga**

**Izbor i usklađivanje rada strojeva za  
iskop tunela i izradu prometnice**

**Završni rad**

**Split, 2015.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **STRUČNI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Neven Šunjerga

BROJ INDEKSA: 1537

KATEDRA: **Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja**

PREDMET: Tehnologija Građenja

### **ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Izbor i usklađivanje rada strojeva za iskop tunela i izradu prometnice

Opis zadatka: Student će na temelju teorijskog znanja prezentirati hipotetski slučaj tvrtke koje ima zadatak odabrati i uskladiti rada strojeva za konkretan primjer za iskop tunela i izradu prometnice.

U Splitu, 1.04.2015.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc Snježana Knezić

# **Izbor i usklađivanje rada strojeva za iskop tunela i izradu prometnice**

## ***Sažetak:***

Za iskop tunela i izradu prometnice potrebno je uskladiti rad strojeva. Rad prikazuje metodologiju usklađivanja rada strojeva na hipotetskom primjeru.

## ***Ključne riječi:***

građevinski strojevi, usklađivanje rada strojeva, iskop tunela, izrada prometnice

# **Selection and harmonisation of machinery for boring tunnel and building road**

## ***Abstract:***

For tunnel boring and road building construction activities it is necessary to harmonize the work of machines. The work herein applies the methodology for harmonisation of machinery using the hypothetical example.

## ***Keywords:***

Construction machinery, machinery harmonisation, boring tunnel, building road

## **SADRŽAJ:**

1. UVOD.....	1
2.OPIS POSLA.....	2
2.1 STROJEVI KOJI SE KORISTE:.....	2
3.PRIKAZ AKTIVNOSTI.....	10
4.ODABIR STROJEVA.....	12
5.USKLAĐIVANJE RADA STROJEVA .....	13
5. 1 ISKOP TUNELA: .....	13
5.1.1 PRORAČUN: .....	13
5.2 IZGRADNJA CESTE.....	15
5.2.1 PRORAČUN: .....	15
5.3. ODABIR STROJEVA.....	17
6. ZAKLJUČAK.....	18
7. LITERATURA.....	19
7.1. LITERATURA.....	19
7.2. OSTALI IZVORI.....	19

## **1. UVOD**

U radu se prikazuje zadatak planiranja rada strojeva na hipotetskom projektnom zadatku iskopa tunela i izrade prometnice.

Pretpostavlja se da hipotetska tvrtka izvodi radove sa svojim i iznajmljenim strojevima.

U radu se detaljno proračunava usklađivanje rada odabranih strojeva i daje se preporuka za njihovo korištenje u okviru zadanog vremena.

## 2.OPIS POSLA

Treba izvršiti iskop tunela dužine 5,5km i iskopanim materialom izraditi tamponski sloj prometnice.

Radovi bi se trebali izvršiti u roku od 365 dana.

Iskop tunela je udaljen 1 kilometar od glavne osi naše prometnice. Početak prometnice se nalazi na udaljenosti od 10kilometara,a zavrsetak 22kilometara. Višak materijala će se odvesti na deponiju udaljenu 7 kilometara. Tlo na kojem se izvodi iskop je V. Kategorije.

### 2.1 STROJEVI KOJI SE KORISTE:

*Krtica-herrenknecht EPB shields* (Slika 1.10)

Promjer: 6,15 m

Brzina iskopa: 18 m/dan

Kapacitet iskopa: 45 m<sup>3</sup>/h



Slika 1.10 Krtica-Herrenknecht EBS shields

(izvor: <http://thatif.ru/herrenknecht-epb-shield-s300-prokladyvaem-tuneli/> )

Vagonete (Slika 1.11)

<b>Širina kolosijeka:</b>	1435 mm
<b>Broj osovina:</b>	4
<b>Dužina preko odbojnika:</b>	13040 mm
<b>Dužina preko grudnih greda:</b>	11800 mm
<b>Razmak okretnih postolja:</b>	8000 mm
<b>Širina vagona:</b>	3060 mm
<b>Osovinski pritisak punog vagona:</b>	200 kN (250 kN)
<b>Volumen sanduka vagona:</b>	32 m <sup>3</sup>
<b>Visina vagona od GRT:</b>	2890 mm
<b>Vlastita masa vagona:</b>	31 t
<b>Nosivost:</b>	49 t (59 t)
<b>Radijus krivine:</b>	60 m



Slika 1.11 vagonete

(izvor: [http://www.dds.hr/vagon\\_eamos-z\\_1.html](http://www.dds.hr/vagon_eamos-z_1.html) )



**2 Utovarivača Caterpillar 982 M** (Slika 1.12)

Zapremnina lopate 2,5 m<sup>3</sup>

Spremnik za gorivo 116.5 gal

Maksimalni uspon jednog kotača i pad 1.87 ft

Snaga 110 KW

3600 sati rada  $K_d = 0,90$

Radna težina 34209 lb



Slika 1.12 Utovarivač Caterpillar 982 M

(izvor: [http://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/wheel-loaders](http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/wheel-loaders))

**4 Kamiona kiper Mercedes Benz actros 4150** (Slika 1.13)

Volumen koša 15 928 m<sup>3</sup>

Najveća dopuštena masa 41000 kg

4 osovine

Snaga 370 KW



Slika 1.13 Kamion kiper Mercedes actors 4150

(izvor <http://www.joning.hr/prodaja-kamioni-radni-strojevi-bageri-poluprikolice/kamioni/mercedes-benz-actros-4150-v8-kiper-8x4-909-116.html>)

**5 Grejder Caterpillar 12 M3/12 M3 AWD** (Slika 1.14.)

Snaga 133 kW

Širina noža 3.7 m

Radna težina 19 344 kg

Kut zakošenja prema smjeru kretanja 50°



Slika 1.14 Grejder Caterpillar 12 M3/12 M3 AWD

(izvor: <http://www.constructionequipment.com/caterpillar-m-series-3-motor-graders.>)

**6 Valjak-CB-434d** (Slika 1.15)

Težina: 7220 kg

Snaga: 53 kw=72k.s.



Slika 1.15 Valjak cb-434d

(izvor: <http://www.webgradnja.hr/katalog/4273/vibracijski-valjci-za-asfalt/>)

**7 Vögele Super 1300-2 Ergoplus** (Slika 1.16)

Težina: 10 900 kg



*Slika 1.16 Vögele Super 1300-2 Ergoplus*

(izvor: <http://hr.machinerypark.com/fini%C5%A1er-za-asfalt-v%C3%B6gele-super-1300-2-ergoplus-polovno-nl-6603-av-4>)

**8 Valjak Riko VP 200** (Slika 1.17.)

Snaga 85 kW

Težina 8570 kg

Radnih sati 1649



Slika 1.17 Valjak Riko VP 200

(izvor <http://www.polovnemasine.rs/?view=product&id=1407146203>)

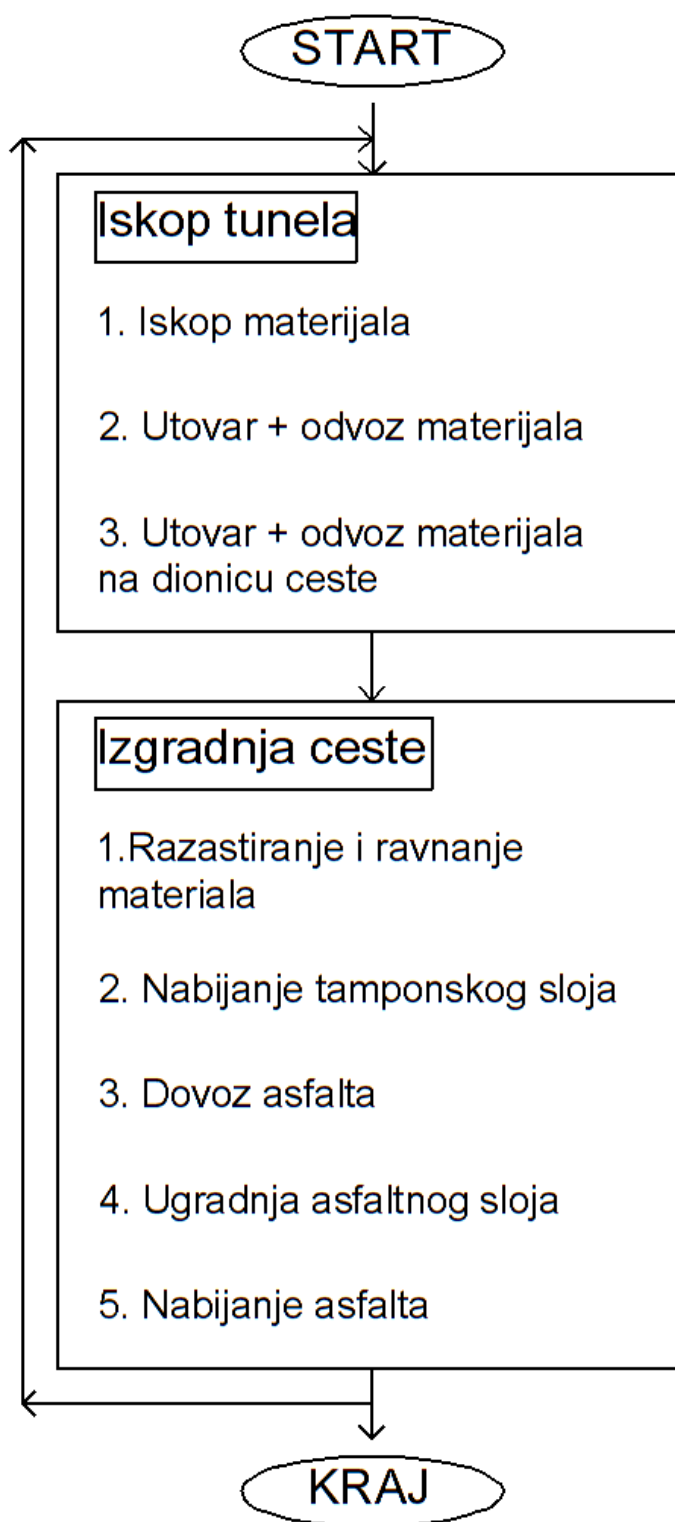
### 3.PRIKAZ AKTIVNOSTI

Utablici 3.1. su prikazane aktivnosti i određeni strojevi, te na slici 3.2. je prikazan detaljan dijagram toka

Tablica 3.1.Prikaz aktivnosti i odgovarajućih strojeva

AKTIVNOSTI	PODAKTIVNOSTI	VRSTA STROJEVA
Iskop tunel	Iskop tunela	Krtica
	Utovar + odvoz materijala	Utovarivač, vagonete
	Utovar + odvoz materijala na dionicu ceste	Utovarivač, kamion kiper
Izgradnja ceste	Razastiranje i ravnanje materijala	Grejder
	Nabijanje tamponskog sloja	Valjak
	Dovoz asfalta	Kamion kiper
	Ugradnja asfaltnog sloja	Finišer
	Nabijanje asfalta	Valjak

Dijagram toka:



Slika 3.2. Dijagram toka



## 4. ODABIR STROJEVA

Na tablici 4.1. prikazan je pretpostavljen broj strojeva za rad:

Tablica 4.1. Prikaz broja potrebnih strojeva, koliko ih tvrtka ima i koliko će ih uzeti u najam

<b>VRSTA STROJEVA</b>	<b>PRETPOSTAVLJENO</b>	<b>TVRTKA POSJEDUJE</b>	<b>NAJAM</b>
Krtica	1	1	0
Vagonete	1	1	0
Utovarivač	2	2	0
Kamion kiper	8	6	2
Grejder	2	1	1
Valjak	2	1	1
Finišer	2	1	1
Valjak za asfalt	2	1	1

### 4.2. Strojevi koje tvrtka ima :

- 1 Krtica
- 1 Transportna traka
- 2 Utovarivač
- 4 Kamiona kipera
- 1 Grejder
- 1 Valjak
- 1 Finišer
- 1 Valjak za asfalt

### 4.3. Strojevi koje će tvrtka uzeti u najam :

- 2 Kamiona kipera
- 1 Grejder
- 1 valjak
- 1 Valjak za asfalt

## 5.USKLAĐIVANJE RADA STROJEVA

Kako bi se projekt uspješno izvršio treba uskladiti rad strojeva. Proračun je izvršen tako da su strojevi tijekom radnog vremena maksimalno iskorišteni kako bi se osigurao minimalan prazan hod uz uvjet da radovi budu gotovi unutar 365 dana.

### 5. 1 ISKOP TUNELA:

Usklađivanje rada krtice, utovarivača, vagonete, utovarivača i kamion kipera

#### Potrebni podaci:

Ut1 – dužina iskopa po danu (18 m/dan)

Ut2 – količina iskopa po satu (45 m<sup>3</sup>/h)

L– dužina (5500 m)

Kr – koeficijent rastresitosti tla (za IV. kategoriju odabrano 0,74)

Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 54 min čistog rada po satu odabrano 0,90)

Ti-vrijeme potrebno za punjenje lopate (30 s)

Ttr-vrijeme potrebno za guranje (30 s)

Tpov- vrijeme potrebno za povratak (15 s)

To-gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)

d1 – udaljenost na koju se odvozi materijal iz tunela (3000 m)

d2 – udaljenost na koju se odvozi materijal do prometnice (7000 m)

q – zapremnina lopate utovarivača (2,5 m<sup>3</sup>)

-

#### 5.1.1 PRORAČUN:

##### Krtica

Teorijski učinak : Ut2=45 (m<sup>3</sup>/h)

Stvarni učinak : Up = Ut\*Kv\*Kd= 45\*0,74\*0,90\*= 29,97 (m<sup>3</sup>/h)

### **Utovarivač**

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 2.5 / 80 = 112,5 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Stvarni učinak :  $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 112,5 \cdot 0,74 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 67,43 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Ukupan broj utovarivača:  $U_{p_{krtica}} / U_{p_{utovarivač}} = 29,97 / 67,43 = 1 \text{ utovarivač}$

### **Vagoneta**

$T(\text{utovar}) = q / U_p = 32 / 67,43 = 1708 \text{ (s)}$

$T(\text{puna+prazna voznja}) = d / v_{\text{pun}} + d / v_{\text{pra}} = 3 / 25 + 3 / 35 = 740 \text{ (s)}$

$T(\text{istovar}) = 60 \text{ (s)}$

Ciklus :  $T_c = T_i + m + T_u + T_v = 2508 \text{ (s)}$

Stvarni učinak :  $U_p = q / T_c \cdot K = 32 / 2508 \cdot 1,0 = 45,93 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Izračun broja potrebnih vagoneta:

$N_{\text{potrebnih vagoneta}} = \text{ciklus vagoneta} / \text{vrijeme utovara} = 2508 / 1708 = 2 \text{ vagoneta}$

### **Utovarivač**

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 2.5 / 80 = 112,5 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Stvarni učinak :  $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d \text{ (m}^3/\text{h)} = 112,5 \cdot 0,74 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 67,43 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Ukupan broj utovarivača:  $U_{p_{vagoneta}} / U_{p_{utovarivač}} = 45,93 / 67,43 = 1 \text{ utovarivač}$

### **Kamion kiper**

$T(\text{utovar}) = q / U_p = 16 / 67,43 = 854 \text{ (s)}$

$T(\text{puna+prazna voznja}) = d / v_{\text{pun}} + d / v_{\text{pra}} = 7 / 30 + 7 / 45 = 1400 \text{ (s)}$

$T(\text{istovar i manevar}) = 300 \text{ (s)}$

Ciklus :  $T_c = T_i + m + T_u + T_v = 2554 \text{ (s)}$

Stvarni učinak :  $U_p = q / T_c \cdot K = 16 / 2554 \cdot 1,0 = 22,55 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Izračun broja potrebnih kamiona:

$N_{\text{potrebnih kamiona}} = \text{ciklus kamiona} / \text{vrijeme utovara} = 2554 / 854 = 2 \text{ kamiona}$

Vrijeme potrebno za iskop tunela:

$T = L(\text{tunela}) / U_p(\text{krtice}) = 5500 / 18 = 305,56 \text{ dana}$

**Zaključak: Potrebno nam je 3 kamiona , 1vagoneta, 1 krtica i 2 utovarivač**

## 5.2 IZGRADNJA CESTE

Usklađivanje rada grejdera, valjka, kamiona kipera, finišera i valjka za asfalt

### Potrebni podaci:

Kr – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,74)

Kv – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (za 54 min čistog rada po satu odabrano 0,90)

d – udaljenost sa koje se dovozi materijal (5000 m)

q – zapremnina lopate utovarivača (7 m<sup>3</sup>)

Ut – teorijski učinak buldozera (171,2 m<sup>3</sup>)

Tc – ciklus buldozera (90 s)

### 5.2.1 PRORAČUN:

#### Grejder

Teorijski učinak :  $U_t = 3600 \cdot q / T_c = 3600 \cdot 4,28 / 90 = 171 \text{ (m}^3/\text{h)}$

Stvarni učinak :  $U_p = U_t \cdot K_r \cdot K_v = 171 \cdot 0,65 \cdot 0,90 = 100 \text{ (m}^3/\text{h)} = 67 \text{ (m}^3/\text{h)}$

$L / U_p \cdot 8 = 9,32 \text{ (dana)}$

#### Valjak

Brzina kretanja valjka  $v = 5 \text{ km/h}$

Debljina sloja = 40 cm

Broj prijelaza  $n = 4$

Širina valjka  $b = 2 \text{ m}$

Stvarni učinak :  $U_p = (v \cdot b \cdot d / n) \cdot K_v = ((5000 \cdot 2 \cdot 0,10) / 4) \cdot 0,90 = 225 \text{ (m}^3/\text{h)} = 75 \text{ (m}^3/\text{h)}$

$L / (U_p \cdot 8) = 8,33 \text{ (dana)}$

### **Kamion kiper**

$$T(\text{utovar}) = q/U_p = 16/67,43 = 854 \text{ (s)}$$

$$T(\text{puna+prazna voznja}) = d/v_{\text{pun}} + d/v_{\text{pra}} = 5/30 + 5/45 = 1000 \text{ (s)}$$

$$T(\text{istovar i manevar}) = 300 \text{ (s)}$$

$$\text{Ciklus : } T_c = T_i + m + T_u + T_v = 2154 \text{ (s)}$$

Izračun broja potrebnih kamiona:

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = \text{ciklus kamiona} / \text{vrijeme utovara} = 2154 / 854 = 3 \text{ kamiona}$$

### **Finišer**

Brzina kretanja finišera  $v=40 \text{ m/min}$

Debljina sloja  $=10 \text{ cm}$

Broj prijelaza  $n=3$

Širina finišera  $b=7,5 \text{ m}$

$$\text{Stvarni učinak : } U_p = (v \cdot b \cdot d/n) \cdot K_v = ((2400 \cdot 7,5 \cdot 0,10)/3) \cdot 0,90 = 540 \text{ (m}^3/\text{h)} = 240 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$L/(U_p \cdot 8) = 2,60 \text{ (dana)}$$

### **Valjak**

Brzina kretanja valjka  $v=5 \text{ km/h}$

Debljina sloja  $=30 \text{ cm}$

Broj prijelaza  $n=3$

Širina valjka  $b=2 \text{ m}$

$$\text{Stvarni učinak : } U_p = (v \cdot b \cdot d/n) \cdot K_v = ((5000 \cdot 2 \cdot 0,10)/3) \cdot 0,90 = 300 \text{ (m}^3/\text{h)} = 133 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$L/(U_p \cdot 8) = 4,7 \text{ (dana)}$$

Vrijeme potrebno za iskop tunela:

$$T = L(\text{prometnice})/U_p(\text{grejdera}) = 5000/67 = 9,32 \text{ (dana)}$$

**Zaključak:** Potrebno nam je **2 grejdera, 3 kamiona kiper, 1 finišer, 1 valjak, i 1 valjak za asfalt.**

### 5.3. ODABIR STROJEVA

Na tablici 5.3.1. je prikazan točan broj strojeva koji nam je potreban. Broj strojeva dobiven je iz proračuna.

5.3.1. Tablica nam daje prikaz potrebnog broja strojeva

<b>VRSTA STROJEVA</b>	<b>POTREBNO</b>	<b>TVRTKA</b>	<b>NAJAM</b>
Krtica	1	1	0
Vagoneta	1	1	0
Utovarivač	2	2	0
Kamion kiper	5	4	1
Grejder	2	1	1
Valjak	1	1	0
Finišer	1	0	1
Valjak za asfalt	1	0	1

## 6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazno usklađivanje rada stroja za prikazani primjer.

Nakon analize dobiveni su slijedeći rezultati:

Iskop tunela traje 305,56 dana i za to je potreban 1 krtica, 2 utovarivač i 2 vagoneta. Dok se vrši iskop tunela, material se odvozi do prometnice s pomoću 2 kamiona kiperera. Za izgradnju ceste nam je potrebno 9,32 dana. Kod izrade ceste koristimo 2 grejdera, 3 kamiona kiperera, 1 finišer, 1 valjak i 1 valjak za asfalt. Dio materijala se dovozi iz kamenoloma.

Ukupan broj strojeva: krtica x 1, utovarivač x 2, , kamion kiper x 5, vagoneta x 2, grejder x 2, finišer x 1, valjak x 1 i valjak za asfalt x 1 .

Nakon što je utvrđen broj strojeva izračunato je ukupno vrijeme potrebno za izvršenje rada.

$$T_{\text{ukupno}} = T_{\text{iskop tunela}} + T_{\text{izgradnja ceste}} = 305,56 + 9,32$$

$$T_{\text{ukupno}} = 314,88 \text{ (dana)} \approx 315 \text{ radnih dana}$$

Radovi će biti završeni u roku od 315 dana kao što je u skladu s planom.

## 7. LITERATURA

### 7.1. LITERATURA

Eduard Slunjski, STROJEVI U GRAĐEVINARSTVU, Zagreb, 1995.

### 7.2. OSTALI IZVORI

<http://www.polovnemasine.rs/?view=product&id=1407146203>

<http://hr.machinerypark.com/fini%C5%A1er-za-asfalt-v%C3%B6gele-super-1300-2-ergoplus-polovno-603-av-4>

<http://www.webgradnja.hr/katalog/4273/vibracijski-valjci-za-asfalt>

<http://www.constructionequipment.com/caterpillar-m-series-3-motor-graders>

<http://www.ioning.hr/prodaja-kamioni-radni-strojevi-bageri-poluprikolice/kamioni/mercedes-benz-actros-4150-v8-kiper-8x4-909-116.html>

[http://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/wheel-loaders](http://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/wheel-loaders)

[http://www.ddsv.hr/vagon\\_eamos-z\\_1.html](http://www.ddsv.hr/vagon_eamos-z_1.html)

<http://thatif.ru/herrenknecht-epb-shield-s300-prokladyvaem-tuneli>