

# Izbor i usklađivanje rada strojeva za dio radova izgradnje uzletno-sletne staze, okretišta i stajanke

---

**Grubišić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:971911>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Ivan Grubišić**

**Split, 2018.**

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

**Izbor i usklađivanje rada strojeva za dio radova  
izgradnje uzletno-sletne staze, okretišta i stajanke.**

**Završni rad**

**Split, 2018.**

**Sažetak:**

Zadatak je napraviti uzletno-sletnu stazu, stajanku i okretište na krškom području. Posao je podijeljen na šest glavnih aktivnosti. Poprečni presjeci tla su poznati. Potrebno je uskladiti rad strojeva, kako bi financijski i vremenski gubitci bili što manji.

**Ključne riječi:**

Avioni, uzletno-sletna staza, stajanka, građevinski strojevi, usklađivanje rada građevinskih strojeva, asfalt, beton

## **Selection and coordination of machines for the part of the activities on the construction of runway and apron**

**Abstract:**

The task is to construct of both airplane runway and apron on the karst area. The work is split into the six main activities. The soil cross sections are known. It is needed to coordinate the work of constructing machines, so the financial and time losses are as less as possible.

**Keywords:**

Planes, runway, apron, constructing machines, coordinating the work of constructing machines, asphalt, concrete

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **Ivan Grubišić**

BROJ INDEKSA: **4274**

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

PREDMET: **Proizvodnja u građevinarstvu**

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Izbor i usklađivanje rada strojeva za dio radova izgradnje uzletno-sletne staze, okretišta i stajanke.

Opis zadatka: Student će na temelju teorijskog znanja prezentirati hipotetski slučaj izgradnje uzletno-sletne staze, okretišta i stajanke, te za odabrane radove odabrati strojeve i uskladiti njihov rad.

U Splitu, 12.03.2018.

Voditelj Završnog rada: prof.dr.sc. Snježana Knezić



## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Izvođač radova.....	4
2.1. Strojevi potrebni za rad .....	5
3. Potrebni radovi.....	12
4. Opis aktivnosti.....	13
4.1. Rušenje i odvoz kamenih samaca.....	14
4.2. Ugradnja gornjeg nosivog sloja USS, okretišta i stajanke.....	14
4.3. Izrada bitumeniziranog sloja zastora USS.....	14
4.4. Izrada završnog sloja uzletno-sletne staze .....	15
4.5. Cementna stabilizacija za stajanku i okretište.....	15
4.6. Betoniranje stajanke i okretišta .....	15
5. Usklađivanje rada strojeva .....	16
5.1. Rušenje i odvoz kamenih samaca.....	16
5.2. Ugradnja gornjeg nosivog sloja USS, okretišta i stajanke.....	18
5.3. Izrada bitumeniziranog sloja USS .....	22
5.4. Izrada završnog sloja USS .....	23
5.5. Cementna stabilizacija za stajanku i okretište.....	25
5.6. Betoniranje stajanke i okretišta .....	26
6. Zaključak .....	27
7. Literatura .....	28

## 1. Uvod

Zadatak je uskladiti rad strojeva za izvedbu uzletno-sletne staze, stajanke i okretišta. Fiktivna staza duljine 1800 metara će biti napravljena u zaleđu urbane zone, na krškom polju, te će na nju moći sletjeti avioni raspona krila od 31 do 51.99 metara [2].

Radove će izvoditi tvrtka koja je do sada sudjelovala u izgradnji 15 aerodroma u državi i inozemstvu i ima potrebno iskustvo. O samoj tvrtki se više može pročitati u dijelu 2.

Zemljani radovi su izvedeni te je posteljica pripremljena za izvedbu zastora kolnika uzletno-sletne staze, okretišta i stajanke.

Obzirom da je područje gradnje na krškom području, u prvoj fazi je potrebno izvesti pripreme radove koji uključuju rušenje kamenih samaca koji predstavljaju prepreku izvedbi avionske piste, odvoz srušenog materijala te poravnanje terena.

U drugoj fazi će se obaviti ugradnja nosivog sloja uzletno-sletne staze, stajanke i okretišta, gdje će biti izvedeno razastiranje, fino planiranje i nabijanje materijala.

U trećoj fazi je potrebno izvesti bitumenizirani sloj zastora uzletno-sletne staze. Asfalt će biti dopremljen kiperima iz obližnje asfaltne baze, a nakon toga ugrađen i nabijen.

U četvrtoj fazi se izvodi završni sloj uzletno-sletne staze. Asfalt se doprema iz iste asfaltne baze, kao i za prethodnu fazu.

U petoj fazi je potrebno dopremiti cementnu stabilizaciju za okretište i stajanku te izvršiti ugradnju i valjanje.

Konačno, u šestoj fazi se vrši betoniranje stajanke i okretišta.

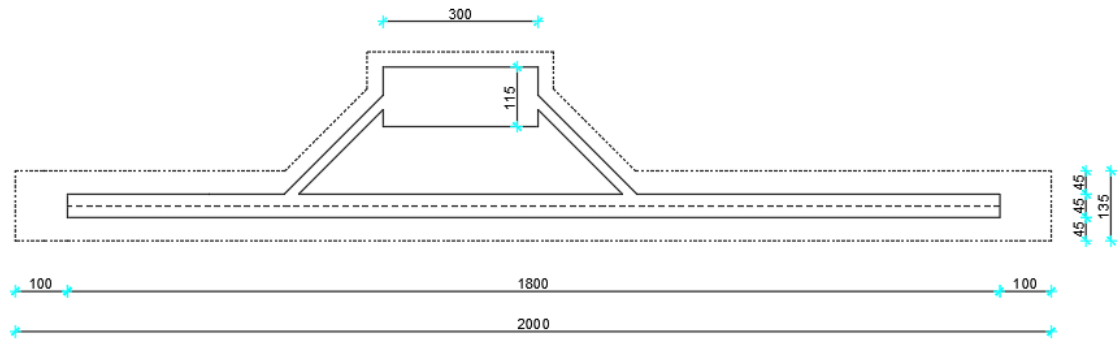
Na sljedećim slikama su prikazani tlocrt aerodroma i poprečni presjeci uzletno-sletne staze, stajanke, okretišta te udaljenosti asfaltne baze, betonare, deponija i kamenoloma.

Slika 1 – tlocrt aerodroma

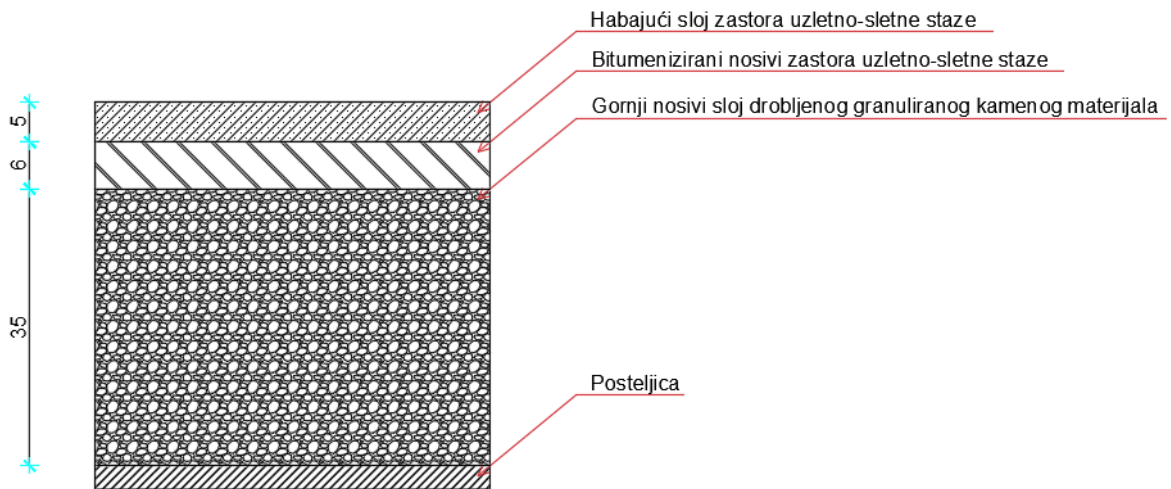
Slika 2 – poprečni presjek tla uzletno-sletne staze

Slika 3 – poprečni presjek okretišta i stajanke

Slika 4 – udaljenosti postrojenja od gradilišta

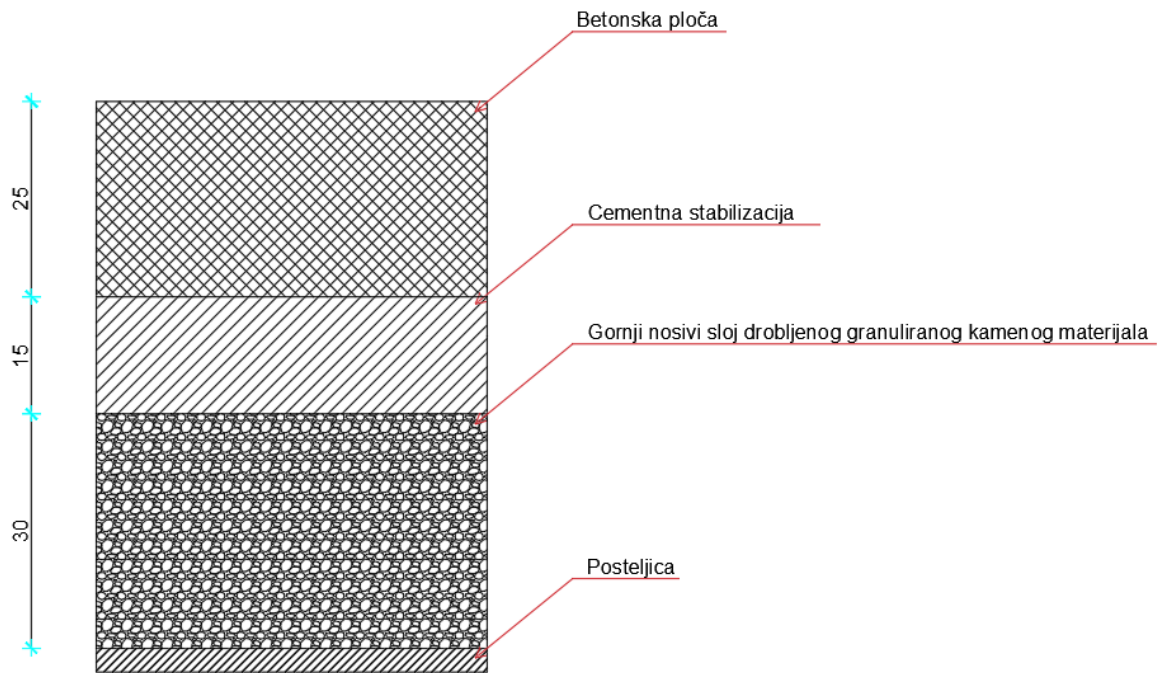


Slika 1. Tlocrt aerodroma  
Napravljeno po uzoru na: [4]



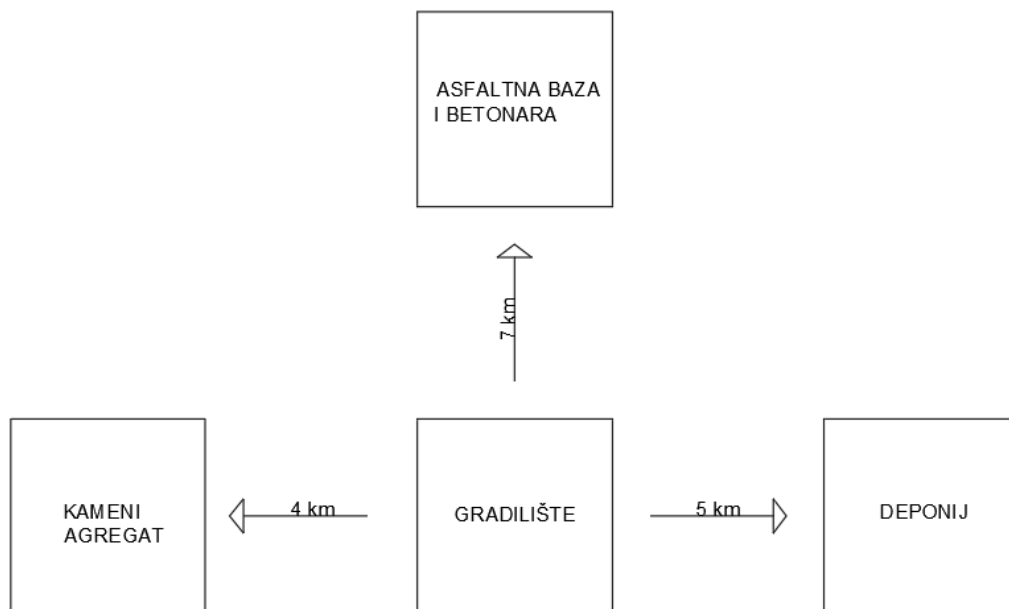
Slika 2. Poprečni presjek tla uzletno-sletne staze  
Napravljeno po uzoru na [5]





Slika 3. Poprečni presjek tla stajanke i okretišta

Napravljeno po uzoru na [5]



Slika 4. Udaljenosti postrojenja od gradilišta

## 2. Izvođač radova

Izvođač radova je tvrtka osnovana 1915. godine, u početku kao mala obiteljska tvrtka za radove u niskogradnji. Vremenom tvrtka kvalitetno posluje i počinje rasti. Danas je veliko i respektabilno građevinsko poduzeće koje djeluje u svim područjima građevinske industrije. Kao jedan od vodećih ponuđača građevinskih usluga, tvrtka zapošljava više od 75000 djelatnika na više od 500 lokacija te odrađuje poslove vrijedne gotovo 15 milijardi EUR. Sudjelovala je u brojnim poslovima u niskogradnji i visokogradnji. Za projekt izvedbe fiktivne avionske staze, važno je spomenuti dosadašnji rad na preko 15 aerodroma. Ciljevi tvrtke su sljedeći:

- 1) kvalitetno i u roku obaviti posao, na zadovoljstvo klijenta,
- 2) učvrstiti položaj na tržištu,
- 3) stvoriti poticajnu atmosferu za rad ljudi te im omogućiti usavršavanje
- 4) biti prepoznatljivi budućim klijentima.

Tvrtka posjeduje brojne strojeve, a oni potrebni za rad će biti navedeni u dijelu 2.1.

## 2.1. Strojevi potrebni za rad

### **Rovokopač CAT 336F XE** (slika 5)

Snaga motora: 228 kW

Udar: 149,00 mm

Max.brzina: 4.8 km/h



Slika 5. Rovokopač [6]

### **Utovarivač Bobcat S850 Skid-Steer Loader** (slika 6)

Zapremnina utovarne žlice:  $q=1.1 \text{ m}^3$

Snaga: 68.7 kW

Koeficijent punjenja –  $K_p=0.7$

Koeficijent zastarjelosti stroja –  $K_d=1.0$

Vrijeme čistog rada utovarivača –  $t_r=52 \text{ min}$



Slika 6. Utovarivač [7]

### **Utovarivač JCB 456 (slika 7)**

Snaga motora: 160 kW

Zapremnina žlice:  $q=3.5 \text{ m}^3$

Koeficijent punjenja:  $K_p=0.7$

Koeficijent zastarjelosti stroja:  $K_d=0.98$

Trajanje ciklusa:  $T_c=45 \text{ min}$

Vrijeme čistog rada utovarivača:  $t_r=50 \text{ min}$



Slika 7. Utovarivač [8]

### **Kamion kiper CAT CT680 (slika 8)**

Snaga motora: 410 KS

Brzina praznog kamiona:  $V_{pr}=70 \text{ km/h}$

Brzina punog kamiona:  $V_p=60 \text{ km/h}$

Zapremnina:  $20 \text{ m}^3$

Koeficijent punjenja:  $K_p=0.7$

Vrijeme čistog rada:  $T_r=52 \text{ min}$



Slika 8. Kamion kiper [9]

### **Dozer CAT D8T** (slika 9)

Širina noža:  $B=5.05$  m

Visina noža:  $H= 1.18$  m

Duljina prizme ispred noža:  $d=1.32$  m

Vrijeme guranja:  $T_{gr}=30$  sec

Vrijeme povratka:  $T_{pov}=25$  sec

Vrijeme okretanja:  $T_{okr}=10$  sec

Koeficijent dotrajalosti stroja:  $K_d=0.95$

Koeficijent korištenja radnog vremena:  $K_v=0.90$



Slika 9. Dozer [10]

### **Valjak za zbijanje CAT CB54B** (slika 10)

Snaga motora: 98 kW

Širina valjanja:  $B= 170$  cm

Radna brzina valjka: 0-12 km/h

Koeficijent korištenja radnog vremena:  
 $K_v=0.75$

Broj prijelaza:  $n=3$

Duljina preklapanja: 20 cm



Slika 10. Valjak za zbijanje [11]

## **Grejder CAT 140M AWD (slika 11)**

Snaga motora: 159 kW

Širina noža: 3.7 m

Maksimalna brzina: 46.6 km/h

Brzina planiranja: 5 km/h

Broj prijelaza:  $n=3$

Koeficijent korištenja radnog vremena:  
 $K_v=0.75$



Slika 11. Grejder [12]

## **Finišer CAT AP555F (slika 12)**

Snaga motora: 106 kW

Širina rada: 5.0 m

Teorijski učinak:  $U_t=210\text{ m}^3/\text{h}$

Maksimalna brzina rada: 25 m/min

Koeficijent korištenja radnog vremena:  
 $K_v=0.75$

Koeficijent punjenja:  $K_p=0.60$



Slika 12. Finišer [13]

### **Automiješalica CAT CT681 (slika 13)**

Snaga motora: 316 kW

Volumen bubnja: 12 m<sup>3</sup>

Brzina prazne automiješalice:  $V_{pr} = 60$  km/h

Brzina pune automiješalice:  $V_{pu} = 50$  km/h

Koeficijent punjenja:  $K_p = 0.80$

Vrijeme čistog rada:  $T_r = 50$  min



Slika 13. Automiješalica [14]

### **Finišer za beton Wirtgen SP 64 (slika 14)**

Snaga motora: 155 kW

Ugradna širina betona: 7.5 m

Maksimalna debljina ugradnje: 45 cm

Koeficijent korištenja radnog vremena:  
 $K_v = 0.80$

Koeficijent punjenja:  $K_p = 0.65$



Slika 14. Finišer za beton [15]



**Rezač miješalica Tractor-towed stabilizer WS220 (slika 15)**

Snaga motora: 180 kW

Radna širina: 2.15 m

Radna dubina: 0-0.5 m



Slika 15. Rezač miješalica [16]

**Stroj za prskanje emulzije 90B / 36 – ES (slika 16)**

Snaga motora: 3.1 kW

Rezervoar za emulziju: 250 l

Crijevo za prskanje emulzije: 4.0 m

Rampa za prskanje emulzije: 2.0 m

Cijev: 1.6 m

Planski učinak: 2000 m<sup>2</sup>/h



Slika 16. Stroj za prskanje emulzije [17]



### **Hidraulički čekić CAT H120Es (slika 17)**

Raspon težine stroja: 17-26 t

Promjer šiljka: 119.5 mm

Tempo udaranja: 352-620 udaraca u minuti

Učinak (pretpostavljeno): 10 m<sup>3</sup>/h



Slika 17. Hidraulički čekić [18]

### **Razastirač cementa Large Area Spreader Profi SPS 1902 (slika 18)**

Širina razastirača: 2.15 m

Kapacitet: 19 m<sup>3</sup>

Maksimalna brzina: v= 50 km/h



Slika 18. Razastirač cementa [19]

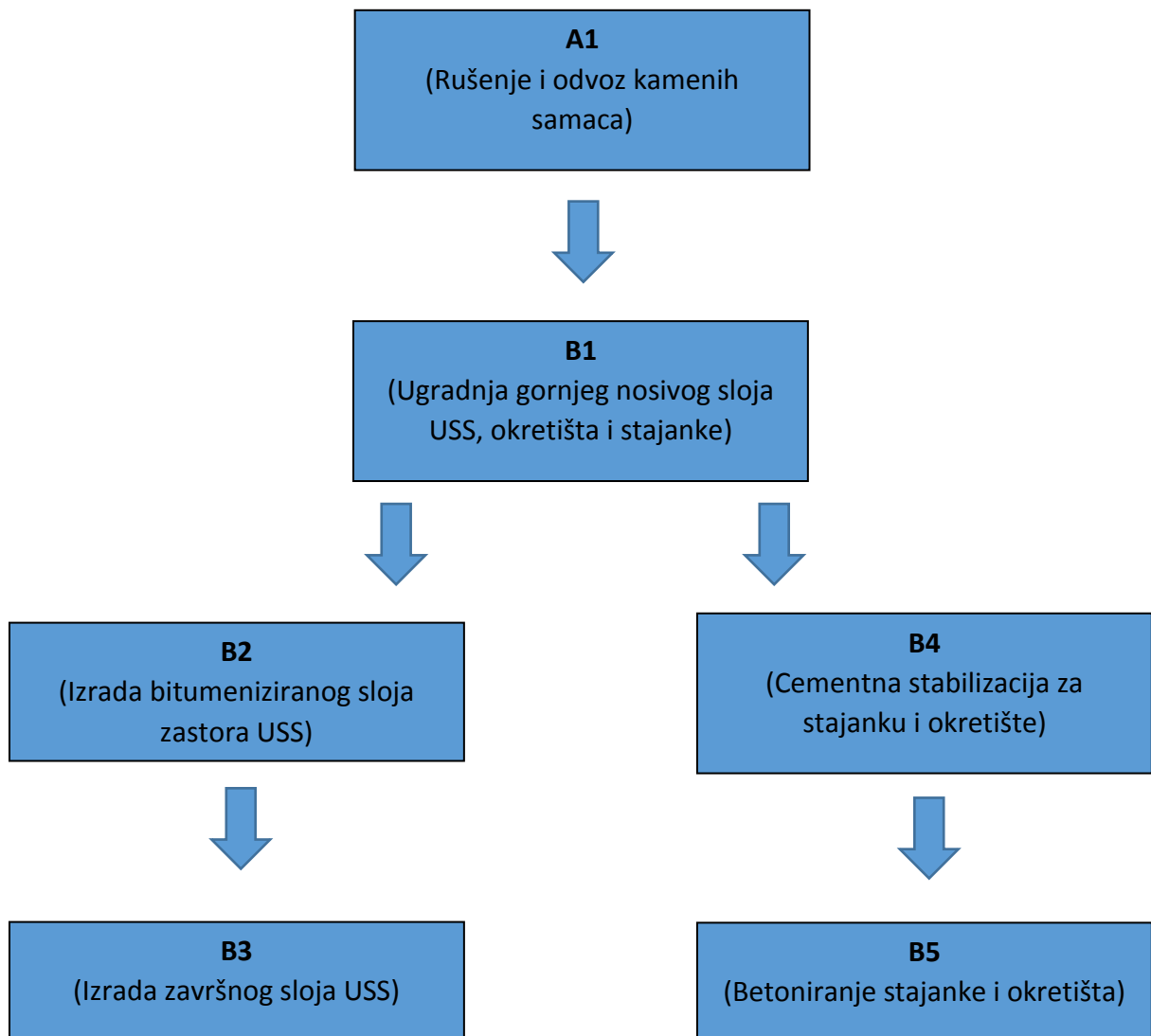
### 3. Potrebni radovi

U tablici 1 su prikazane glavne aktivnosti, podaktivnosti te potrebni strojevi za njihovo izvršenje.

Tablica 1. Aktivnosti i pripadajući strojevi

GLAVNE AKTIVNOSTI		PODAKTIVNOSTI		STROJEVI
A1	Rušenje i odvoz kamenih samaca	A1.1	Rušenje kamenih samaca	Hidraulički čekić
		A1.2	Utovar kamenja	Utovarivač
		A1.3	Odvoz kamenja	Kamion kiper
		A1.4	Planiranje	Dozer
B1	Ugradnja gornjeg nosivog sloja USS, okretišta i stajanke	B1.1	Doprema agregata	Kamion kiper
		B1.2	Razastiranje materijala	Dozer
		B1.3	Fino planiranje	Grejder
		B1.4	Nabijanje materijala	Valjak
B2	Izrada bitumeniziranog sloja zastora USS	B2.1	Doprema asfalta	Kamion kiper
		B2.2	Ugradnja asfalta	Finišer
		B2.3	Nabijanje asfalta	Valjak
B3	Izrada završnog sloja za USS	B3.1	Čišćenje površine	Bobcat
		B3.2	Prskanje bitumenske mješavine	Stroj za prskanje emulzije
		B3.3	Doprema asfalta	Kamion kiper
		B3.4	Ugradnja asfalta	Finišer
		B3.5	Nabijanje asfalta	Valjak
B4	Cementna stabilizacija za stajanku i okretište	B4.1	Razastiranje cementa	Razastirač cementa
		B4.2	Stabilizacija tla	Rezač miješalica
		B4.3	Fino planiranje	Grejder
		B4.4	Valjanje stabilizacije	Valjak
B5	Betoniranje stajanke i okretišta	B5.1	Izvedba oplata	Ručno
		B5.2	Doprema betona	Automiješalica
		B5.3	Ugradnja betona	Finišer za beton
		B5.4	Vibriranje betona	Finišer za beton
		B5.5	Njega betona	Ručno

Glavne aktivnosti su zbog bolje preglednosti prikazane na slici 19.



Slika 19. Grafički prikaz glavnih aktivnosti

## 4. Opis aktivnosti

### 4.1. Rušenje i odvoz kamenih samaca

Gradilište se nalazi na krškom području i shodno tome, obiluje kamenim samcima koji stvaraju prepreku za izvedbu uzletno-sletne staze, stoga ih je potrebno srušiti, odnijeti na deponij te poravnati površinu kako bi bila spremna za izvedbu ostalih aktivnosti. Pomoću hidrauličkog čekića, priključenog na rovokopač, izvodi se rušenje samaca, koje kamion kiper odnosi na deponij, udaljen otprilike 5 km. Slijedi zaravnavanje terena dozerom, kao priprema za zemljane radove.

### 4.2. Ugradnja gornjeg nosivog sloja USS, okretišta i stajanke

Gornji nosivi sloj drobljenog granuliranog materijala, veličine zrna 0-63 mm se ugrađuje na već pripremljenu posteljicu u jednom sloju. Za slojeve određene debljine, zahtijeva se modul stišljivosti  $MS = 100 \text{ MN/m}^2$  te stupanj zbijenosti  $S_z = 100\%$ . Odstupanje od ravnosti površine smije biti najviše 2 cm, a odstupanje visinskog položaja najviše 1.5 cm [1]. Obavit će se doprema agregata s obližnjeg deponija kamionom kiperom, zatim obavljamo razastiranje dozerom i planiranje grejderom, te naposljetku vršimo nabijanje materijala valjkom.

### 4.3. Izrada bitumeniziranog sloja zastora USS

Potrebno je izraditi nosivi sloj AC 22 Base (bit 50/70) AG4M4 debljine 6 cm. Izvedba i kakvoća su određeni prema HRN EN13108-1. Bitumenska mješavina se dostavlja kamionima kiperima, čiji sanduk mora biti čist, bez nakupine prašine ili blata [5]. Asfalt se doprema iz asfaltne baze. Pri prijevozu asfaltne mješavine, potrebno ju je zaštititi od hlađenja, kiše i drugih štetnih utjecaja [1]. Bitumensku mješavinu mora preuzeti nadzorni inženjer i podloga mora biti prethodno ispitana. Vremenski razmak između ispitivanja podloge i ugradnje bitumena mora biti najviše 24 sata i tada se mora zabraniti gradilišni promet [5]. Ugradnju bitumeniziranog sloja ćemo obaviti finišeom, a nakon toga valjati valjkom.

#### 4.4. Izrada završnog sloja uzletno-sletne staze

Potrebno je izraditi habajući sloj AC 16 Surf (bit 50/70) AG4M4 debljine 5 cm. Izvedba i kakvoća su određeni prema HRN EN13108-1. Asfaltna mješavina se može polagati nakon što se površina očisti, osuši i popraska bitumenskom emulzijom. Prskanje započinje najranije 3 sata prije polaganja asfalta kako bi voda isparila i bitumenski dio se vezao za podlogu. Prethodno izvedeni asfaltni sloj prska se polustabilnom kationskom bitumenskom emulzijom u količini od 0.15 do 0.35 kg/m<sup>2</sup>, što uvjetuje onečišćenost i istrošenost podloge. Prskanje bitumenskom emulzijom se ne smije vršiti po kiši, odnosno dok je relativna vlažnost zraka veća od 75% te dok je temperatura zraka i podloge manja od 5°C [5]. Čišćenje površine će biti izvedeno pomoću utovarivača Bobcat-a na kojeg ćemo staviti metlice. Emulziju ćemo prskati strojem za prskanje emulzije, ugradnja će se obaviti finišerom, a valjanje valjkom.

#### 4.5. Cementna stabilizacija za stajanku i okretište

Cementna stabilizacija će se proizvesti od drobljenog kamena te cementa kao veznog sredstva uz dodatak vode. Stabilizacija će se proizvesti u postrojenju za miješanje i dopremiti cisternom. Ugradnja se mora obaviti na temperaturi većoj od 5°C. Vrijeme od miješanja stabilizacijske mješavine do završenog zbijanja ne smije biti duže od 2 sata [3]. Stabilizacija će se obaviti rezač miješalicom, ugradnja finišerom, a valjanje valjkom.

#### 4.6. Betoniranje stajanke i okretišta

Beton se doprema automiješalicom, zaštićen od atmosferskih utjecaja. Na gradilištu se ručno izvodi oplatni sklop gdje će se izliti beton. Nakon što je beton spreman, vrši se ugradnja finišerom i vibriranje, također finišerom. Nakon završetka radova se preporučuje njega betona prskanjem vode i zaštitnim folijama u trajanju od 7 dana.

## 5. Usklađivanje rada strojeva

### 5.1. Rušenje i odvoz kamenih samaca

Potrebno je srušiti i odnijeti na deponij kamene samce volumena  $V=200 \text{ m}^3$ . Kamene samce se ne protežu kroz cijelo gradilište, već samo dijelom uzletno-sletne staze.

$$\text{Teorijski učinak utovarivača: } U_{tu} = q \cdot \frac{3600}{T_c} = 3.5 \cdot \frac{3600}{45} = 280 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} \text{Planski učinak utovarivača: } U_{pu} &= U_{tu} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_v = 280 \cdot 0.7 \cdot 0.95 \cdot 0.98 \cdot \frac{50}{60} \\ &= 152.06 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \end{aligned}$$

$$\text{Planski učinak čekića: } U_{pč} = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Za brže izvršenje posla iskoristit ćemo 2 čekića. To će uzrokovati prazan hod transportera, međutim, transporter je najpovoljniji stroj, stoga je prazan hod prihvatljiv.

$$\text{Ukupno vrijeme rušenja: } T_r = \frac{V}{2 \cdot U_{pč}} = \frac{200}{2 \cdot 10} = 10 \text{ h} \rightarrow 2 \text{ radna dana}$$

$$\text{Ukupno vrijeme utovara: } T_{ut} = \frac{V}{U_{pu}} = \frac{200}{152.06} = 1.32 \text{ h} \rightarrow 1 \text{ radni dan}$$

$$\text{Vrijeme ciklusa kamiona: } T_c = T_u + T_{vpu} + T_i + T_{vpr}$$

$$\text{Vrijeme utovara: } T_u = \frac{V}{U_{pu}} = \frac{20}{152.06} = 0.13 \cdot 3600 = 468 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme vožnje punog kamiona: } T_{vpu} = \frac{L}{v_{pu}} = \frac{5}{60} = 0.08 \cdot 3600 = 288 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme vožnje praznog kamiona: } T_{vpr} = \frac{L}{v_{pr}} = \frac{5}{70} = 0.07 \cdot 3600 = 252 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme istovara s manevrom: } T_i = 200 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme ciklusa kamiona: } T_c = 468 + 288 + 200 + 252 = 1208 \text{ sec} = 0.34 \text{ h}$$

$$\begin{aligned} \text{Planski učinak kamiona: } U_{pk} &= \frac{3600}{T_c} \cdot V_k \cdot T_r \cdot K_p \cdot K_r = \frac{3600}{1208} \cdot 20 \cdot \frac{52}{60} \cdot 0.7 \cdot 0.95 \\ &= 34.35 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

$$\text{Potreban broj kamiona za usklađen rad s čekićem: } n_k = \frac{U_{pč}}{U_{pk}} = \frac{20}{34.35} = 0.58$$

→ odabran 1 kamion

$$\text{Broj tura kamiona: } n_t = \frac{V}{n_k \cdot V_k} = \frac{200}{1 \cdot 20} = 10 \text{ tura}$$

$$\text{Vrijeme odvoza: } T_o = \frac{V}{n_k \cdot U_{pk}} = \frac{200}{1 \cdot 34.35} = 5.82 \text{ h} \rightarrow 1 \text{ radni dan}$$

$$\text{Teorijski učinak dozera: } U_{td} = \frac{3600}{T_c} \cdot q$$

$$\text{Planski učinak dozera: } U_{pd} = U_{td} \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d$$

$$q = B \cdot H \cdot \frac{d}{2} = 5.05 \cdot 1.18 \cdot \frac{1.32}{2} = 3.93 \text{ m}^3$$

$$\text{Vrijeme ciklusa dozera: } T_c = T_{gr} + T_{pov} + T_{okr} = 30 + 25 + 10 = 65 \text{ sec}$$

$$\text{Teorijski učinak dozera: } U_{td} = \frac{3600}{T_c} \cdot q = \frac{3600}{65} \cdot 3.93 = 217.66 \frac{m^3}{h}$$

$$\begin{aligned} \text{Planski učinak dozera: } U_{pd} &= U_{td} \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 217.66 \cdot 0.75 \cdot 0.95 \cdot 0.9 = 139.57 \frac{m^3}{h} \\ &\rightarrow \frac{139.57}{0.03} = 4652.33 \frac{m^2}{h} \end{aligned}$$

$$\text{Površina planiranja: } A = 81000 \text{ m}^2$$

$$\text{Vrijeme planiranja: } T_{pl} = \frac{A}{U_{pd}} = \frac{81000}{4652.33} = 17.41 \text{ h} \rightarrow 3 \text{ radna dana}$$

## 5.2. Ugradnja gornjeg nosivog sloja USS, okretišta i stajanke

Kamion kiper odlazi po kameni agregat koji će se iskoristiti za nosivi sloj. Utovar će se izvršiti utovarivačem u vlasništvu tvrtke koja je vlasnik deponija. Planski učinak njihovog utovarivača je  $70 \text{ m}^3/\text{h}$

Vrijeme ciklusa kamiona:  $T_c = T_u + T_{vpu} + T_i + T_{vpr}$

$$\text{Vrijeme utovara: } T_u = \frac{V}{U_{pu}} = \frac{20}{70} = 0.29 \cdot 3600 = 1044 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme vožnje punog kamiona: } T_{vpu} = \frac{L}{v_{pu}} = \frac{4}{60} = 0.07 \cdot 3600 = 252 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme vožnje praznog kamiona: } T_{vpr} = \frac{L}{v_{pr}} = \frac{4}{70} = 0.06 \cdot 3600 = 216 \text{ sec}$$

Vrijeme istovara s manevrom:  $T_i = 200 \text{ sec}$

Vrijeme ciklusa kamiona:  $T_c = 1044 + 252 + 200 + 216 = 1712 \text{ sec} = 0.48 \text{ h}$

$$\begin{aligned} \text{Planski učinak kamiona: } U_{pk} &= \frac{3600}{T_c} \cdot V_k \cdot T_r \cdot K_p \cdot K_r = \frac{3600}{1712} \cdot 20 \cdot \frac{52}{60} \cdot 0.7 \cdot 0.75 \\ &= 19.14 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \end{aligned}$$

Za ovaj posao ćemo koristiti 7 kamiona.

$$\text{Broj tura kamiona: } n_t = \frac{V}{n_k \cdot V_k} = \frac{42159.63}{7 \cdot 20} = 301.14 \rightarrow 302 \text{ ture}$$

$$\text{Vrijeme dovoza: } T_d = \frac{V}{n_k \cdot U_{pk}} = \frac{42159.63}{7 \cdot 19.14} = 314.67 \text{ h} \rightarrow 40 \text{ radnih dana}$$

$$\text{Teorijski učinak dozera: } U_{td} = \frac{3600}{T_c} \cdot q$$

Planski učinak dozera:  $U_{pd} = U_{td} \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d$

$$q = B \cdot H \cdot \frac{d}{2} = 5.05 \cdot 1.18 \cdot \frac{1.32}{2} = 3.93 \text{ m}^3$$



Vrijeme ciklusa dozera:  $T_c = T_{gr} + T_{pov} + T_{okr} = 30 + 25 + 10 = 65 \text{ sec}$

Teorijski učinak dozera:  $U_{td} = \frac{3600}{T_c} \cdot q = \frac{3600}{65} \cdot 3.93 = 217.66 \frac{m^3}{h}$

Planski učinak dozera:  $U_{pd} = U_{td} \cdot K_r \cdot K_v \cdot K_d = 217.66 \cdot 0.75 \cdot 0.95 \cdot 0.9 = 139.57 \frac{m^3}{h}$

Potreban volumen za nasipanje USS:  $V_1 = 31809.63 \text{ m}^3$

Vrijeme rada dozera:  $T_1 = \frac{V_1}{U_{pd}} = \frac{31809.63}{139.57} = 227.91 \text{ h} \rightarrow 29 \text{ radnih dana}$

Potreban volumen za nasipanje okretišta i stajanke:  $V_2 = 10350 \text{ m}^3$

Vrijeme rada dozera:  $T_2 = \frac{V_2}{U_{pd}} = \frac{10350}{139.57} = 74.16 \text{ h} \rightarrow 10 \text{ radnih dana}$

Teorijski učinak grejdera:  $U_{tg} = \frac{v \cdot (l_r - l_p)}{n} \cdot 1000 = \frac{2 \cdot (3.7 - 0.3)}{3} \cdot 1000$   
 $= 2266.67 \frac{m^2}{h}$

Planski učinak grejdera:  $U_{pg} = U_{tg} \cdot K_r \cdot K_v = 2266.67 \cdot 0.75 \cdot 0.75 = 1275.00 \frac{m^2}{h}$

Površina planiranja USS:  $A_1 = 90884.65 \text{ m}^2$

Površina planiranja stajanke i okretišta:  $A_2 = 34500 \text{ m}^2$

Vrijeme planiranja USS:  $T_1 = \frac{A_1}{U_{pg}} = \frac{90884.65}{1275.00} = 71.28 \text{ h} \rightarrow 9 \text{ radnih dana}$

Vrijeme planiranja okretišta i stajanke:  $T_2 = \frac{A_2}{U_{pg}} = \frac{34500}{1275.00} = 27.06 \text{ h}$

$\rightarrow 4 \text{ radna dana}$

Broj grejdera za usklađen rad s dozerom:  $n_g = \frac{U_{pd}}{U_{pg}} = \frac{465.23}{1275} = 0.36$

$\rightarrow \text{odabran 1 grejder}$

$$\text{Teorijski učinak valjka: } U_{tv} = \frac{(B - 0.2) \cdot d \cdot v}{n} = \frac{(1.7 - 0.2) \cdot 0.35 \cdot 3000}{3} = 525 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Planski učinak valjka: } U_{pv} = U_{tv} \cdot K_r \cdot K_v$$

$$\text{Planski učinak valjka za USS: } U_{pv1} = 525 \cdot 0.75 \cdot 0.75 = 295.31 \frac{m^3}{h}$$

Planski učinak valjka za okretište i stajanku:

$$U_{pv2} = \frac{(1.7 - 0.2) \cdot 0.30 \cdot 3000}{3} \cdot 0.75 \cdot 0.75 = 253.13 \frac{m^3}{h}$$

Za ovaj posao ćemo koristiti 2 valjka.

$$\text{Volumen USS: } V_1 = 31809.63 m^3$$

$$\text{Volumen okretišta i stajanke: } V_2 = 10350 m^3$$

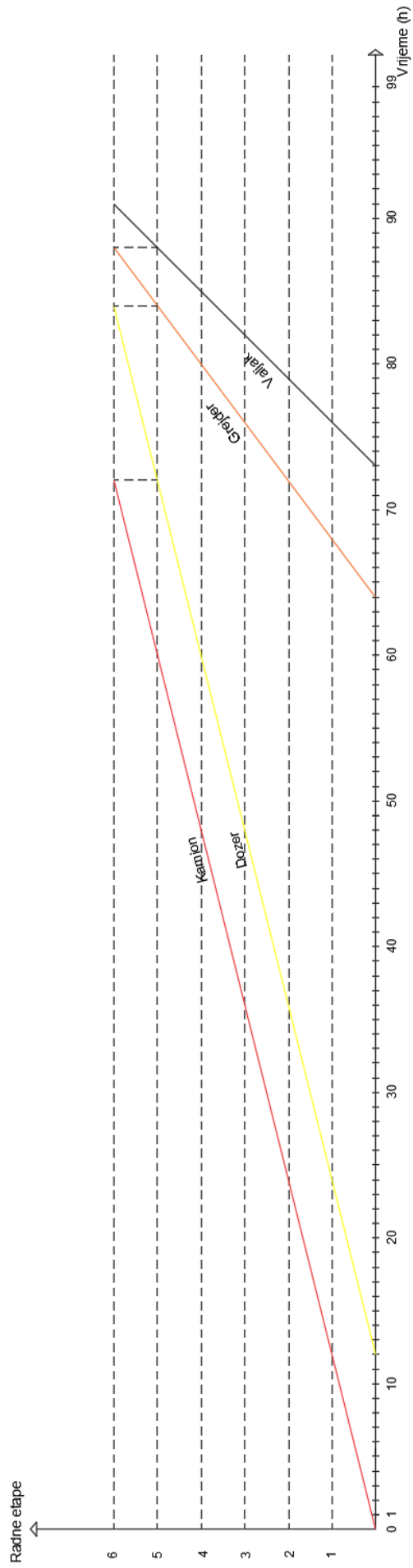
$$\text{Potrebno vrijeme za izvedbu nosivog sloja USS: } T_1 = \frac{V_1}{n_v \cdot U_{pv1}} = \frac{31809.63}{2 \cdot 295.31} = 53.86 h$$

→ 7 radnih dana

Potrebno vrijeme za izvedbu nosivog sloja okretišta i stajanke:

$$T_2 = \frac{V_2}{n_v \cdot U_{pv2}} = \frac{10350}{2 \cdot 253.13} = 20.44 h \rightarrow 3 \text{ radna dana}$$

Na slici 20 je prikazan ciklogram usklađivanja navedenih strojeva za izvedbu jednog dijela uzletno-sletne staze.



Slika 20. Ciklogram

### 5.3. Izrada bitumeniziranog sloja USS

Volumen bitumeniziranog sloja USS:  $V = 5453.08 \text{ m}^3$

Teorijski učinak finišera (pretpostavljeno):  $U_{tf} = 210 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Planski učinak finišera:  $U_{pf} = U_{tf} \cdot K_r \cdot K_p \cdot K_v = 210 \cdot 0.9 \cdot 0.6 \cdot 0.75 = 85.05 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Vrijeme rada finišera:  $T = \frac{V}{U_{pf}} = \frac{5453.08}{85.05} = 64.12 \text{ h} \rightarrow 8 \text{ radnih dana}$

Vrijeme ciklusa kamiona:  $T_c = T_u + T_{vpu} + T_i + T_{vpr}$

Vrijeme utovara:  $T_u = \frac{V}{U_{pu}} = \frac{20}{70} = 0.29 \cdot 3600 = 1044 \text{ sec}$

Vrijeme vožnje punog kamiona:  $T_{vpu} = \frac{L}{v_{pu}} = \frac{7}{60} = 0.12 \cdot 3600 = 432 \text{ sec}$

Vrijeme vožnje praznog kamiona:  $T_{vpr} = \frac{L}{v_{pr}} = \frac{7}{70} = 0.10 \cdot 3600 = 360 \text{ sec}$

Vrijeme istovara s manevrom:  $T_i = 200 \text{ sec}$

Vrijeme ciklusa kamiona:  $T_c = 1044 + 432 + 200 + 360 = 2036 \text{ sec} = 0.57 \text{ h}$

Planski učinak kamiona:  $U_{pk} = \frac{3600}{T_c} \cdot V_k \cdot T_r \cdot K_p \cdot K_r = \frac{3600}{2036} \cdot 20 \cdot \frac{52}{60} \cdot 0.70 \cdot 0.90$   
 $= 19.31 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Potreban broj kamiona za usklađen rad s finišerom:  $n_k = \frac{U_{pf}}{U_{pk}} = \frac{85.05}{19.31} = 4.40$

$\rightarrow$  odabrano 5 kamiona

Broj tura kamiona:  $n_t = \frac{V}{n_k \cdot V_k} = \frac{5453.08}{5 \cdot 20} = 54.53 \rightarrow 55 \text{ tura}$

Vrijeme dovoza:  $T_o = \frac{V}{n_k \cdot U_{pk}} = \frac{5453.08}{5 \cdot 19.31} = 56.48 \text{ h} \rightarrow 7 \text{ radnih dana}$

$$\text{Teorijski učinak valjka: } U_{tv} = \frac{(B - 0.2) \cdot d \cdot v}{n} = \frac{(1.7 - 0.2) \cdot 0.06 \cdot 3000}{3} = 90 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Planski učinak valjka: } U_{pv} = U_{tv} \cdot K_r \cdot K_v = 90 \cdot 0.90 \cdot 0.75 = 60.75 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Potreban broj valjaka za usklađen rad s finišerom: } n_v = \frac{U_{pf}}{U_{pv}} = \frac{85.05}{60.75} = 1.40$$

→ odabrana 2 valjka

$$\text{Potrebno vrijeme valjanja: } T = \frac{V}{n_v \cdot U_{pv}} = \frac{5453.08}{2 \cdot 60.75} = 44.88 \text{ h} \rightarrow 6 \text{ radnih dana}$$

#### 5.4. Izrada završnog sloja USS

$$\text{Volumen bitumeniziranog sloja USS: } V = 4544.23 \text{ m}^3$$

$$\text{Teorijski učinak finišera (pretpostavljeno): } U_{tf} = 210 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Planski učinak finišera: } U_{pf} = U_{tf} \cdot K_r \cdot K_p \cdot K_v = 210 \cdot 0.9 \cdot 0.6 \cdot 0.75 = 85.05 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Vrijeme rada finišera: } T = \frac{V}{U_{pf}} = \frac{4544.23}{85.05} = 53.43 \text{ h} \rightarrow 7 \text{ radnih dana}$$

$$\text{Vrijeme ciklusa kamiona: } T_c = T_u + T_{vpu} + T_i + T_{vpr}$$

$$\text{Vrijeme utovara: } T_u = \frac{V}{U_{pu}} = \frac{20}{70} = 0.29 \cdot 3600 = 1044 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme vožnje punog kamiona: } T_{vpu} = \frac{L}{v_{pu}} = \frac{7}{60} = 0.12 \cdot 3600 = 432 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme vožnje praznog kamiona: } T_{vpr} = \frac{L}{v_{pr}} = \frac{7}{70} = 0.10 \cdot 3600 = 360 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme istovara s manevrom: } T_i = 200 \text{ sec}$$

$$\text{Vrijeme ciklusa kamiona: } T_c = 1044 + 432 + 200 + 360 = 2036 \text{ sec} = 0.57 \text{ h}$$

$$\begin{aligned} \text{Planski učinak kamiona: } U_{pk} &= \frac{3600}{T_c} \cdot V_k \cdot T_r \cdot K_p \cdot K_r = \frac{3600}{2036} \cdot 20 \cdot \frac{52}{60} \cdot 0.70 \cdot 0.90 \\ &= 19.31 \frac{m^3}{h} \end{aligned}$$

$$\text{Potreban broj kamiona za usklađen rad s finišerom: } n_k = \frac{U_{pf}}{U_{pk}} = \frac{85.05}{19.31} = 4.40$$

→ odabrano 5 kamiona

$$\text{Broj tura kamiona: } n_t = \frac{V}{n_k \cdot V_k} = \frac{4544.23}{5 \cdot 20} = 45.44 \rightarrow 46 \text{ tura}$$

$$\text{Vrijeme dovoza: } T_o = \frac{V}{n_k \cdot U_{pk}} = \frac{4544.23}{5 \cdot 19.31} = 47.07 \text{ h} \rightarrow 6 \text{ radnih dana}$$

$$\text{Teorijski učinak valjka: } U_{tv} = \frac{(B - 0.2) \cdot d \cdot v}{n} = \frac{(1.7 - 0.2) \cdot 0.05 \cdot 3000}{3} = 75 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Planski učinak valjka: } U_{pv} = U_{tv} \cdot K_r \cdot K_v = 75 \cdot 0.90 \cdot 0.75 = 50.63 \frac{m^3}{h}$$

$$\text{Volumen bitumeniziranog sloja USS: } V = 4544.23 \text{ m}^3$$

$$\text{Potreban broj valjaka za usklađen rad s finišerom: } n_v = \frac{U_{pf}}{U_{pv}} = \frac{85.05}{50.63} = 1.68$$

→ odabrana 2 valjka

$$\text{Potrebno vrijeme valjanja: } T = \frac{V}{n_v \cdot U_{pv}} = \frac{4544.23}{2 \cdot 50.63} = 44.88 \text{ h} \rightarrow 6 \text{ radnih dana}$$

$$\text{Planski učinak stroja za prskanje emulzije: } U_{pse} = 2000 \frac{m^2}{h}$$

Potreban broj strojeva za prskanje emulzije usklađen s radom finišera:

$$n_{pse} = \frac{U_{pf}}{U_{pse}} = \frac{1701}{2000} = 0.85$$

→ odabran 1 stroj za prskanje emulzije

Planski učinak Bobcat utovarivača s metlicama za čišćenje površine:

$$U_{pB} = 20000 \frac{m^2}{h}$$

Površina koju treba očistiti:  $A = 90844.65 m^2$

$$\text{Vrijeme potrebno za čišćenje: } T = \frac{A}{U_{pB}} = \frac{90844.65}{20000} = 4.54 h \rightarrow 1 \text{ radni dan}$$

## 5.5. Cementna stabilizacija za stajanku i okretište

Površina koju treba stabilizirati:  $A = 34500 m^2$

$$\text{Pretpostavljeni učinak razastirača cementa: } U_{pr} = 5500 \frac{m^2}{h}$$

$$\text{Vrijeme potrebno za razastiranje cementa: } T = \frac{A}{U_{pr}} = \frac{34500}{5500} = 6.27 h \\ \rightarrow 1 \text{ radni dan}$$

Za razastiračem cementa vozi rezač miješalica te odmah vrši stabilizaciju.

$$\text{Teorijski učinak grejdera: } U_{tg} = \frac{v \cdot (l_r - l_p)}{n} \cdot 1000 = \frac{2 \cdot (3.7 - 0.3)}{3} \cdot 1000 \\ = 2266.67 \frac{m^2}{h}$$

$$\text{Planski učinak grejdera: } U_{pg} = U_{tg} \cdot K_r \cdot K_v = 2266.67 \cdot 0.83 \cdot 0.75 = 1411.00 \frac{m^2}{h}$$

$$\text{Vrijeme planiranja: } T = \frac{A}{U_{pg}} = \frac{34500}{1411} = 24.45 h \rightarrow 4 \text{ radna dana}$$

$$\text{Teorijski učinak valjka: } U_{tv} = \frac{(B - 0.2) \cdot d \cdot v}{n} = \frac{(1.7 - 0.2) \cdot 0.15 \cdot 3000}{3} = 225 \frac{m^3}{h}$$

Planski učinak valjka:  $U_{pv} = U_{tv} \cdot K_r \cdot K_v = 225 \cdot 0.83 \cdot 0.75 = 140.06 \frac{m^3}{h}$

Potreban broj valjaka za usklađen rad s grejderom:  $n_v = \frac{U_{pg}}{U_{pv}} = \frac{1411}{933.73} = 1.51$

→ odabrana 2 valjka

Potrebno vrijeme valjanja:  $T = \frac{V}{n_v \cdot U_{pv}} = \frac{5175}{2 \cdot 140.06} = 18.47 h \rightarrow 3 \text{ radna dana}$

## 5.6. Betoniranje stajanke i okretišta

Volumen za betoniranje stajanke i okretišta:  $V = 8625 m^3$

Teorijski učinak finišera za beton (pretpostavljeno):  $U_{tf} = 60 \frac{m^3}{h}$

Planski učinak finišera za beton:  $U_{pf} = U_{tf} \cdot K_r \cdot K_p \cdot K_v = 60 \cdot 0.72 \cdot 0.65 \cdot 0.80 = 22.46 \frac{m^3}{h}$

Vrijeme rada finišera za beton:  $T = \frac{V}{U_{pf}} = \frac{8625}{22.46} = 384.02 h \rightarrow 48 \text{ radnih dana}$

Vrijeme ciklusa automješalice:  $T_c = T_u + T_{vpu} + T_i + T_{vpr}$

Vrijeme utovara:  $T_u = 300 \text{ sec}$

Vrijeme vožnje pune automješalice:  $T_{vpu} = \frac{L}{v_{pu}} = \frac{7}{50} = 0.14 \cdot 3600 = 504 \text{ sec}$

Vrijeme vožnje prazne automješalice:  $T_{vpr} = \frac{L}{v_{pr}} = \frac{7}{60} = 0.12 \cdot 3600 = 432 \text{ sec}$

Vrijeme istovara s manevrom:  $T_i = 350 \text{ sec}$

Vrijeme ciklusa automješalice:  $T_c = 300 + 504 + 350 + 432 = 1586 \text{ sec} \rightarrow 0.44 h$

Planski učinak automješalice:  $U_{pa} = \frac{3600}{T_c} \cdot V_b \cdot T_r \cdot K_p = \frac{3600}{1586} \cdot 12 \cdot \frac{50}{60} \cdot 0.80 = 18.16 \frac{m^3}{h}$



$$\text{Potreban broj automješalica za usklađen rad s finišerom: } n_{am} = \frac{U_{pf}}{U_{pam}} = \frac{22.46}{18.16} \\ = 1.24$$

→ Odabrane 2 automiješalice

$$\text{Vrijeme rada automješalice: } T = \frac{V}{n_{am} \cdot U_{pa}} = \frac{8625}{2 \cdot 18.16} = 237.47 \text{ h} \\ \rightarrow 29.68 \text{ radnih dana}$$

## 6. Zaključak

Za izvršenje zadatka fiktivne avionske piste, bilo je potrebno obaviti više vrsta radova – pripremne, zemljane, betonsko-armiračke te asfalterske radove. Obzirom da se pista nalazi na krškom području, duž gradilišta su se pružali kameni samci volumena 200 m<sup>3</sup>, koje je bilo potrebno srušiti i odnijeti na deponij. Za rušenje kamenih samaca su iskorištena 2 hidraulička čekića. Ukupno vrijeme rušenja je iznosilo 10 radnih sati. Za sinkroniziran rad s hidrauličkim čekićima je bio potreban 1 kamion kiper, koji je srušeni materijal nosio na deponij. Iskorišten je i dozer za aktivnost planiranja, kako bi teren bio spreman za izvedbu zemljanih radova. Nakon obavljenih pripremljenih radova, uslijedili su zemljani radovi. Prvi zadatak je bio ugradnja nosivog sloja za USS, okretište i stajanku. Za ovaj posao je na raspolaganju bilo 7 kamiona kiper, koji su donosili agregat iz obližnjeg kamenoloma. S odabranih 7 kamiona, praktički je postignuta taktna gradnja s dozerom, koji je razastirao dopremljeni agregat. Paralelno s radom dozera, grejder je vršio fino planiranje. Za usklađen rad s grejderom, za valjanje su bila potrebna 2 valjka. Nakon ugradnje gornjeg nosivog sloja, slijedi paralelna izvedba bitumeniziranog sloja USS te izvedba cementne stabilizacije. Za izvedbu bitumeniziranog sloja, korišteno je 5 kamiona kiper za dovoz asfalta iz obližnje asfaltne baze, kako bi se dobio usklađen rad s finišerom za asfalt, pomoću kojeg se obavila ugradnju asfalta. Također, za usklađen rad su bila potrebna 2 valjka za izvedbu nabijanja asfalta. Za izvedbu cementne stabilizacije, korišten je razastirač cementa za aktivnost razastiranja cementa, rezač miješalica za samu stabilizaciju tla, grejder za fino planiranje te 2 valjka za usklađen rad za valjanje stabilizacije. Nakon izvedenog bitumeniziranog sloja USS, pristupilo se aktivnosti izvedbe završnog sloja USS. Asfalt se doprema s 5 kamiona kiper iz iste asfaltne baze, kao i za bitumenizirani sloj. Ugradnju asfalta obavlja finišer za asfalt, za nabijanje asfalta, za usklađen rad su potrebna 2 valjka. Također, korišten je 1 stroj za prskanje emulzije, a za čišćenje površine iskorišten je Bobcat utovarivač na kojeg se stavljaju metlice. Nakon izvedene cementne stabilizacije za stajanku i okretište, potrebno je obaviti njihovo betoniranje. Oplata za beton se izvela ručno. Beton je dopremljen s 2 automiješalice iz obližnje betonare. Nakon toga su uslijedili ugradnja i vibriranje betona pomoću finišera za beton. Na samom kraju je provedena njega betona.

## 7. Literatura

(1) Institut Građevinarstva Hrvatske, Zagreb, Janka Rakuše, 10000 Zagreb, Hrvatska.

Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Knjiga III – Kolnička konstrukcija, Zagreb, prosinac 2001.

<http://www.hrvatske-ceste.hr/UserDocsImages/knjiga3.pdf>

(2) Ljubiša Marić. Aerosvijet, hrvatska zrakoplovna revija, Desprimska ulica, 10257 Brezovica, Hrvatska. Aerodromi s odobrenjem za uporabu i registrirane površine za slijetanje i uzlijetanje, prosinac 2013.

[https://www.ccaa.hr/download/documents/read/broj-4--aerodromi\\_735](https://www.ccaa.hr/download/documents/read/broj-4--aerodromi_735)

(3) Marina Cindori Kovačević, Ceste donji i gornji ustroj, svibanj 2013.

[http://ss-graditeljska-zg.skole.hr/upload/ss-graditeljska-zg/images/static3/2021/File/CESTE\\_2\\_RAZ.pdf](http://ss-graditeljska-zg.skole.hr/upload/ss-graditeljska-zg/images/static3/2021/File/CESTE_2_RAZ.pdf)

(4) <http://www.zeljeznice.net/forum/index.php?/topic/13529-rijeka-airport/>, zadnji pristup 15.06.2018.

(5) <http://www.airport-dubrovnik.hr/images/stories/nadmetanja/asfalt.pdf>

(6) [https://www.cat.com/en\\_GB/products/new/equipment/excavators/large-excavators/1000026566.html](https://www.cat.com/en_GB/products/new/equipment/excavators/large-excavators/1000026566.html)

(7) <https://www.bobcat.com/loaders/skid-steer-loaders/models/s850/specs-options>

(8) <https://www.jcb.com/en-za/products/wheel-loaders/456-zx>

(9) [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/on-highway-trucks/on-highway-trucks/1000004244.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/on-highway-trucks/on-highway-trucks/1000004244.html)

(10) [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers/18582378.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/dozers/large-dozers/18582378.html)

(11) [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18349914.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18349914.html)

(12) [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/motor- graders/m-series-motor- graders/18458709.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/motor- graders/m-series-motor- graders/18458709.html)

(13) [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/asphalt-pavers/track-asphalt-pavers/1000012261.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/asphalt-pavers/track-asphalt-pavers/1000012261.html)

(14) [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/equipment/on-highway-trucks/on-highway-trucks/18581765.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/on-highway-trucks/on-highway-trucks/18581765.html)

- (15) <https://www.wirtgen.de/sr/line-products/slipform-pavers/inset-slipform-pavers/sp-64-sp-64i.php>
- (16) <https://www.wirtgen.de/en/products/cold-recyclers-soil-stabilizers/tractor-towed-stabilizers/ws220.php>
- (17) <http://www.uniwab.rs/gradjevinske-masine/290/tip-90-b-36-es>
- (18) [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/attachments/hammers/hammers/18106326.html](https://www.cat.com/en_US/products/new/attachments/hammers/hammers/18106326.html)
- (19) <http://www.stetter-boden.de/en/engineering/spreader/>