

# Usklađivanje rada strojeva za izgradnju lukobrana i šetnice

---

**Dragan, Mirjana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:559335>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Mirjana Dragan**

**Split, 2019.**

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

**Mirjana Dragan**

**Usklađivanje rada strojeva za izgradnju lukobrana i**  
**šetnice**

**Završni rad**

**Split, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

**STUDIJ: STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Mirjana Dragan**

**BROJ INDEKSA: 1692**

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

**PREDMET: Tehnologija građenja**

### **ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

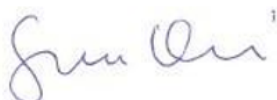
Tema: Izbor i usklađivanje rada strojeva pri izgradnji lukobrana i šetnice

Opis zadatka: Studentica će na temelju teorijskog znanja i raspoložive literature prezentirati hipotetski slučaj izgradnje lukobrana i šetnice, te za odabrane radove odabrati i uskladiti rad strojeva.

U Splitu, 22.03.2019.

Voditeljica Završnog rada:

Prof.dr.sc. Snježana Knezić



# **Izbor i usklađivanje rada strojeva za izgradnju lukobrana i šetnice**

## ***Sažetak:***

U ovom završnom radu rješava se problem usklađivanja rada strojeva prilikom izgradnje lukobrana i šetnice. Cilj je postizanje što veće učinkovitosti uz zadovoljavajuću kvalitetu.

## ***Ključne riječi:***

građevinski strojevi, usklađivanje rada strojeva, lukobran, šetnica

# **Selection and harmonisation of machinery for construction of breakwater and walking trail**

## ***Abstract:***

The aim of this final thesis is to resolve the problem of the synchronisation of the machinery during the construction of the breakwater and walking trail. The purpose is to achieve maximum efficiency with suitable quality.

## ***Keywords:***

Construction machinery, machinery harmonisation, breakwater, walking trail

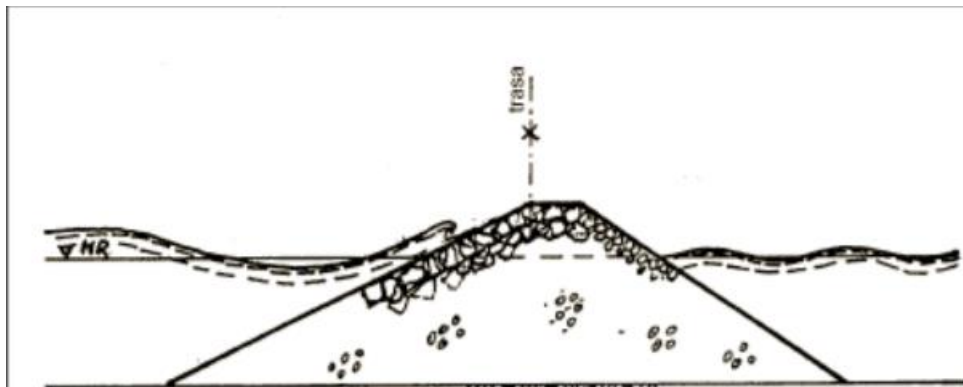
## Sadržaj:

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. OPIS PROJEKTA</b> .....	2
<b>3. OPIS AKTIVNOSTI</b> .....	4
<b>4. ODABIR STROJEVA</b> .....	6
<b>4.1. Buldozer</b> .....	7
4.1.1. Opći podatci .....	7
4.1.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	7
<b>4.2. Utovarivač</b> .....	8
4.2.1. Opći podatci .....	8
4.2.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	8
<b>4.3. Kamion kiper</b> .....	10
4.3.1. Opći podatci .....	10
4.3.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	10
<b>4.4. Vibrovaljak</b> .....	11
4.4.1. Opći podatci .....	11
4.4.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	11
<b>4.5. Plovno jaružalo</b> .....	13
4.5.1. Opći podatci .....	13
4.5.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	13
<b>4.6. Grejder</b> .....	14
4.6.1. Opći podatci .....	14
4.6.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	14
<b>4.7. Plovno jaružalo s hidrauličkim grajferom</b> .....	16
4.7.1. Opći podatci .....	16
4.7.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	16
<b>4.8. Automiješalica</b> .....	17
4.8.1. Opći podatci .....	17
4.8.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	17
<b>4.9. Vibro igla</b> .....	19
4.9.1. Opći podatci .....	19
4.9.2. Izabrani stroj za obavljanje radova .....	19
<b>5. USKLADIVANJE RADA STROJEVA</b> .....	21
5.1. Pripremni radovi – Izgradnja pristupnog puta .....	21
5.2. Iskop do tvrde gline za temelje lukobrana .....	23
5.3. Izgradnja jezgre nasutog lukobrana od sitnog agregata .....	24
5.4. Izgradnja filterskog sloja od krupnog agregata .....	25
5.5. Izgradnja zaštitne obloge od masivnog kamenja .....	27
5.6. Pripremanje tla i betoniranje šetnice .....	29
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	31
<b>7. LITERATURA</b> .....	32

## 1. UVOD

U ovom radu se prikazuje hipotetski slučaj usklađivanja rada strojeva za odabrane aktivnosti u svrhu izgradnje lukobrana i šetnice uz obalu. Lukobran se radi u svrhu sprječavanja velikih valova koji djeluju na obalu i uzrokuju poplave obalnog pojasa. Lokacija lukobrana nalazi se u blizini lokalne ceste, ali je potrebno izgraditi kraći pristupni put. Svrha pristupnog puta je omogućiti pristup potrebnih strojeva i neometano odvijanje transporta (odvoz viška materijala i dovoz potrebnog materijala). Nakon izgradnje lukobrana, u planu je privremeni put pretvoriti u šetnicu koja će se prostirati uz obalu. Aktivnosti koje će se izvoditi u svrhu izgradnje lukobrana i šetnice obuhvaćaju: izgradnju pristupne ceste, čišćenje dna, utovar i odvoz materijala na deponij, dovoz i istovar potrebnog agregata za lukobran, dovoz betona iz obližnje betonare i betoniranje šetnice.

Riječ je o troslojnom lukobranu koji se sastoji od primarne obloge, filtera i jezgre, čija je skica prikazana na slici 1.1. Slojevi nasutog lukobrana složeni su po filterskom pravilu. Filtersko pravilo definira princip da sitna zrna materijala ispod filtera (donji sloj) ne mogu biti strujanjem vode izvučena kroz šupljine filtera (gornji sloj). Glavnina presjeka lukobrana je od sitnijeg materijala, a samo obloga pokosa i krune od krupnih blokova. Ovakav tip lukobrana primjenjuje se za sve vrste tla. Može se oštetiti, ali ne i potpuno uništiti tako da nikada ne gubi zaštitnu funkciju [1].



Slika 1.1 Skica troslojnog nasutog lukobrana

[Izvor: [http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni\\_putevi\\_i\\_luke/predavanja/SCR\\_PPL\\_Pogl%206\\_8%20Lukobr\\_200510.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni_putevi_i_luke/predavanja/SCR_PPL_Pogl%206_8%20Lukobr_200510.pdf)]

Prednost izvedbe ovih građevinskih radova predstavlja što se u blizini lokacije nalaze kamenolom, betonara i deponij. Cilj ovog rada je rješenje problema usklađivanja strojeva uz iskorištavanje što veće učinkovitosti pri što manjim gubitcima. Odabrani radovi i strojevi, kao i njihov opis i usklađivanje, prikazani su u sljedećim poglavljima.

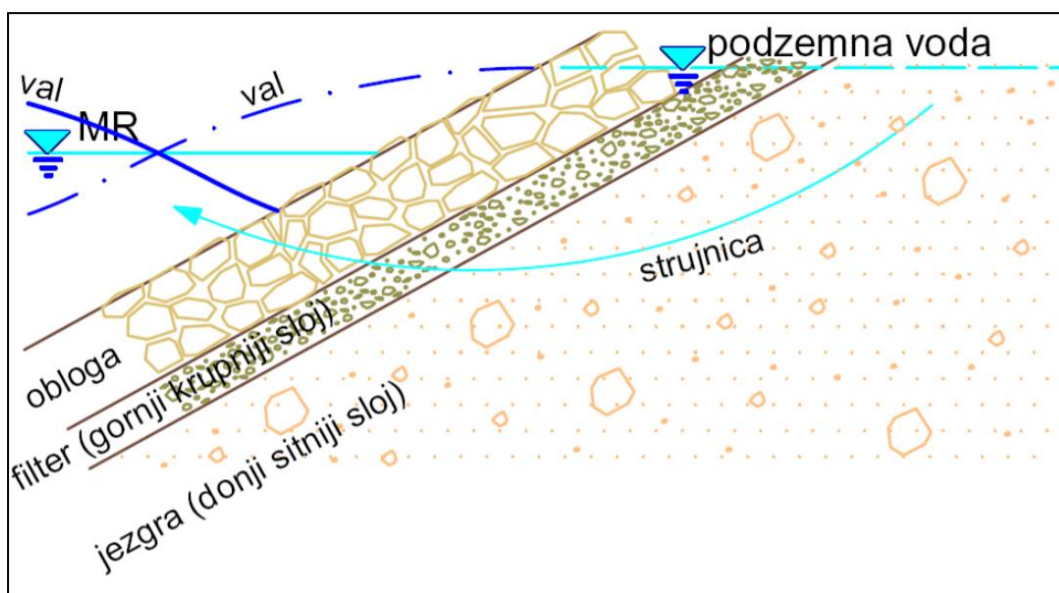
## 2. OPIS PROJEKTA

Projekt izgradnje nasutog lukobrana i šetnice realizira se kroz dvije faze.

### 1.FAZA

Prvom fazom započinju radovi na gradilištu. Potrebno je prvo osigurati siguran pristup do gradilišta, što znači da je prvi korak izgradnja pristupnog puta. Nakon što je omogućen pristup do mjesta gdje će se nalaziti lukobran, potrebno je ukloniti mulj s dna prije početka njegovog građenja. Višak materijala utovari se u kiper, te odvozi na deponij udaljen 2 km. Kada je tlo spremno za opterećenje budućeg lukobrana, dovozi se sitni agregat za formiranje jezgre, iz kamenoloma udaljenog 5 km.

Sitni agregat koji tvori jezgru potrebno je zaštititi od strujanja mora, a to se postiže filterskim slojem koji se sastoji od krupnog agregata. Filterskim slojem sprječava se izvlačenjem sitnog agregata kroz šupljine prilikom strujanja mora. Strujanje mora unutar nasutog lukobrana prikazano je na slici 2.1. Zadnja zaštita lukobrana je primarna obloga, što zapravo predstavlja estetski lijepo posložena velika, masivna kamenja. Tim činom dobiva se gotov lukobran s njegovim konačnim izgledom, od korijena, preko trupa, do glave [1].



Slika 2.1. Strujanje mora unutar nasutog lukobrana

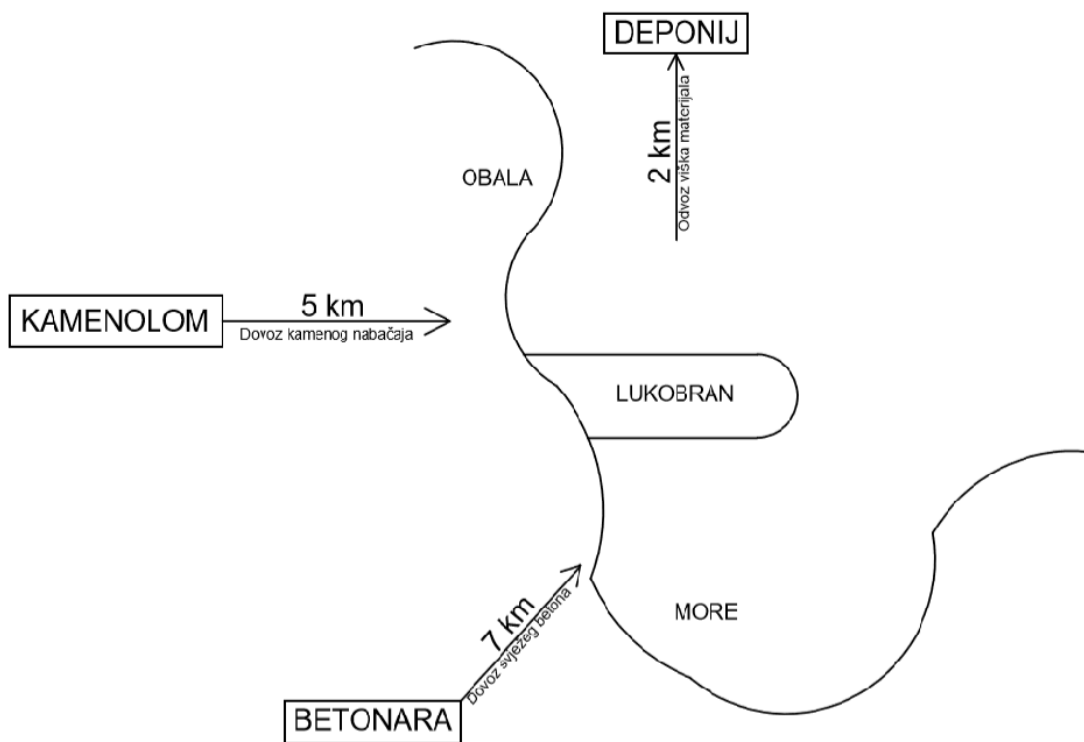
[Izvor: [http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni\\_putevi\\_i\\_luke/predavanja/SCR\\_PPL\\_Pogl\\_206\\_8%20Lukobr\\_200510.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni_putevi_i_luke/predavanja/SCR_PPL_Pogl_206_8%20Lukobr_200510.pdf)]



## 2.FAZA

U drugoj fazi odvija se betoniranje šetnice, odnosno nekadašnjeg pristupnog puta od kojeg će se izraditi šetnica do lukobrana. Beton se dovozi automiješalicom i vrši se direktna ugradnja na već prethodno, dobro zbijeno tlo, uz istovremeno vibriranje pervibratorima. Betonara je udaljena 7 km od gradilišta.

Već spomenuto je da prednost ovog gradilišta predstavlja blizina kamenoloma (5 km), deponija (2 km) i betonare (7 km). Također, i lokalne ceste su odgovorne za dobar transport. Na slici 2.2. shematski je prikazano gradilište i udaljenosti.



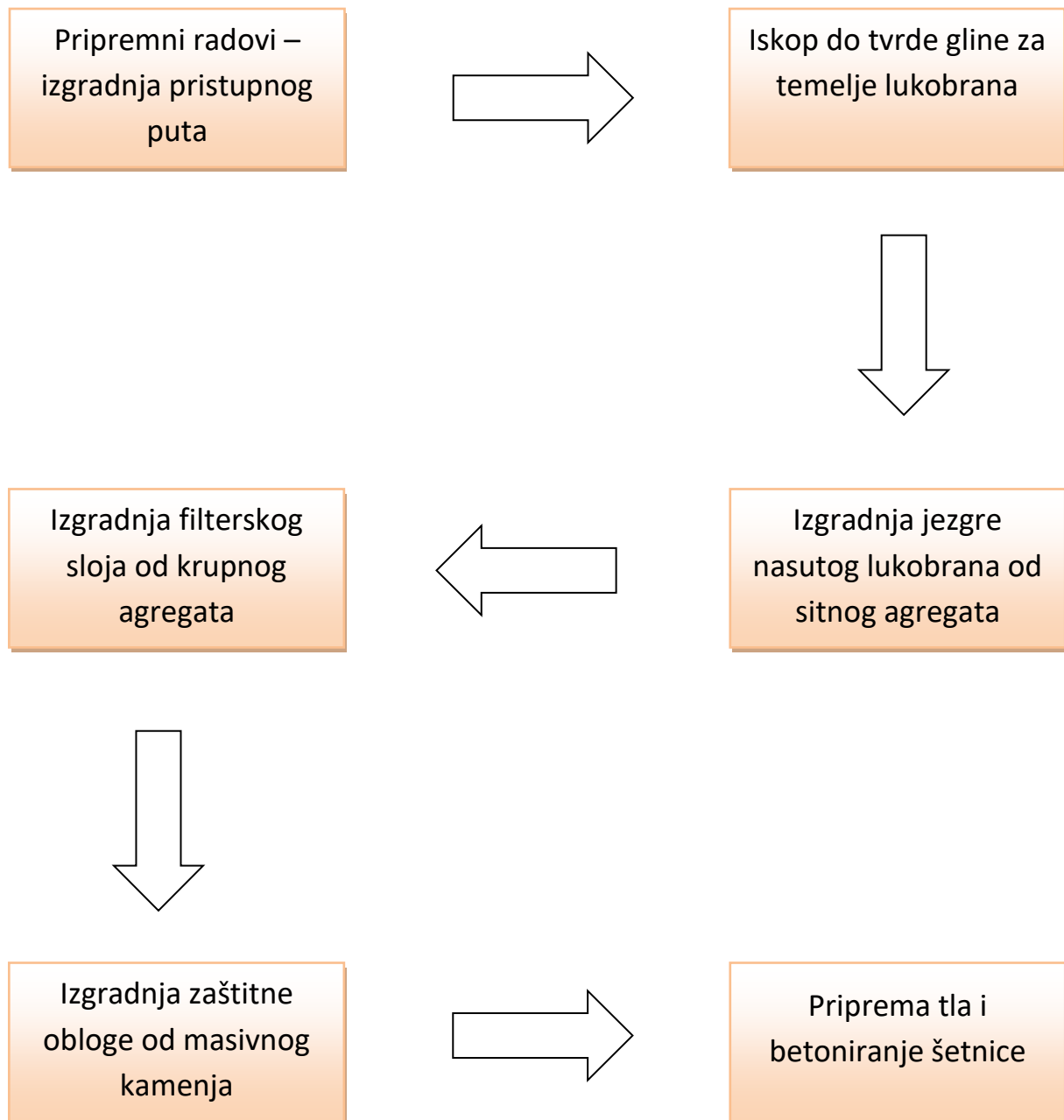
Slika 2.2. Shematski prikaz gradilišta i udaljenosti

### 3. OPIS AKTIVNOSTI

U tablici 3.1. prikazane su glavne aktivnosti s pripadajućim podaktivnostima i strojevima, koje se moraju izvršiti da bi se lukobran i šetnica uspješno izgradili. Pretpostavlja se da će se poštivanjem redosljeda aktivnosti koji je prikazan na slici 3.2. postići željena kvaliteta buduće građevine.

<b>GLAVNE AKTIVNOSTI</b>	<b>PODAKTIVNOSTI</b>	<b>STROJEVI</b>
<b>PRIPREMNI RADOVI – Izgradnja pristupnog puta</b>	Čišćenje i guranje materijala na hrpe	Buldozer
	Utovar materijala i odvoz na deponij	Utovarivač, Kamion kiper
	Nabijanje tla	Vibrovaljak
<b>Iskop do tvrde gline za temelje lukobrana</b>	Čišćenje dna ( mulj )	Plovno jaružalo
	Utovar materijala i odvoz na deponij	Kamion kiper
<b>Izgradnja jezgre nasutog lukobrana od sitnog agregata</b>	Utovar sitnog agregata u kamenolomu	Utovarivač
	Dovoz i istovar materijala na gradilište	Kamion kiper
	Nasipanje materijala na dno	Plovno jaružalo
<b>Izgradnja filterskog sloja od krupnog agregata</b>	Utovar krupnog agregata u kamenolomu	Utovarivač
	Dovoz i istovar materijala na mjestu lukobrana	Kamion kiper
	Razastiranje materijala	Buldozer
<b>Izgradnja zaštitne obloge od masivnog kamena (škojera)</b>	Utovar kamenih blokova u transportno sredstvo	Kamion kiper
	Dovoz na gradilište i prekrćavanje u pomorski transport	Kamion kiper, Plovno jaružalo s hidrauličkim grajferom
	Ugradnja kamenih blokova	Plovno jaružalo s hidrauličkim grajferom
<b>Priprema tla i betoniranje šetnice</b>	Planiranje tla šetnice	Grejder
	Zbijanje tla	Vibrovaljak
	Dovoz svježeg betona i ugradnja	Automiješalica
	Vibriranje betona	Vibro igla

Tablica 3.1. Prikaz glavnih aktivnosti s pripadajućim podaktivnostima i strojevima



Slika 3.2. Prikaz redoslijeda aktivnosti

#### 4. ODABIR STROJEVA

U tablici 4.1. sumarno su prikazani svi potrebni strojevi za izgradnju lukobrana. Strojevi su odabrani u svrhu obavljanja podaktivnosti, a iste smo dobili analizom glavnih aktivnosti. U nastavku ovog poglavlja prikazan je izbor strojeva po pojedinačnim aktivnostima, te su detaljno obrađeni uz prikaz njihovih karakteristika.

Tablica 4.1. Sumarni prikaz potrebnih strojeva

<b>STROJEVI</b>
Buldozer
Utovarivač
Kamion kiper
Vibrovaljak
Plovno jaružalo
Grejder
Plovno jaružalo s grajferom
Automiješalica
Vibro igla

## 4.1. BULDOZER

### 4.1.1. Opći podatci

Buldozer je građevinski stroj za iskop zemljanog materijala u slojevima guranjem i premještanjem na određenu udaljenost, za razastiranje i grubo planiranje. Temeljni je dio stroja traktor s gusjenicama ili gumenim kotačima koji sprijeda ima nož sa sječivom, a otraga trnove (rijače) [2].

Prema položaju noža i njegovu obliku razlikuju se:

- *buldožer* (buldozer) – stroj kojemu je nož čvrsto vezan za okvir i pomiče se okomito, tako da služi za iskop tla u slojevima i njegovo premještanje prema naprijed; rijači služe za razrahljivanje tla kako bi se lakše obavio iskop;
- *anglozer* – stroj kojemu se nož može zaokretati oko okomite osi i tako bočno gurati iskopani materijal; pogodan je za iskope u zasjeku;
- *tildozer* – stroj kojemu se nož zaokreće oko okomite i vodoravne osi, tako da može obavljati sve vrste radova guranjem, pogodan je za iskope u tvrdim zemljanim materijalima [2].

### 4.1.2. Izabrani stroj za obavljanje radova

Za obavljanje radova odabran je buldozer CAT D5K2 koji je prikazan na slici 4.1., a u tablici 4.2. prikazane su njegove pripadajuće karakteristike [3].



Slika 4.1. Buldozer CAT D5K2

[Izvor: [https://www.cat.com/en\\_GB/products/new/equipment/dozers/small-dozers/4036913104120125.html](https://www.cat.com/en_GB/products/new/equipment/dozers/small-dozers/4036913104120125.html)]

Tablica 4.2. Karakteristike buldozera CAT D5K2

<b>BULDOZER CAT D5K2</b>	NETO SNAGA	<b>77,6 kW</b>
	VISINA NOŽA	<b>950 mm</b>
	ŠIRINA NOŽA	<b>2575 mm</b>
	KAPACITET NOŽA	<b>2,0 m<sup>3</sup></b>
	RADNA TEŽINA	<b>10226 kg</b>

## 4.2. UTOVARIVAČ

### 4.2.1. Opći podatci

Utovarivač je građevinski stroj sa širokom vertikalno pokretljivom lopatom, namjenjen utovaru zemljanog ili kamenoga materijala te njegovu prijenosu na kraće udaljenosti, a može izvoditi i iskop nekih vrsta rastresita materijala. Sastoji se od traktora na pneumaticima, rjeđe na gusjenicama, na koji je pričvršćena utovarna lopata pokretana hidraulički; utovar se obavlja zahvaćanjem materijala kretanjem stroja naprijed, podizanjem lopate na utovarnu visinu, te njezinim izvrtnjem, koje se kod nekih utovarivača obavlja sprijeda (s čela), a kod drugih unazad (preko vozačeve glave). Utovarivači se uglavnom razlikuju prema obujmu lopate (od 0.3 do više od 10 m<sup>3</sup>) i pogonskoj snazi motora (od 20 do više od 400 kW), a neki od njih, radi veće pokretljivosti, imaju dvodijelnu zgloбно povezanu šasiju [4].

### 4.2.2. Izabrani stroj za obavljanje radova

Za obavljanje radova odabran je utovarivač CAT 908K WHEEL LOADERS koji je prikazan na slici 4.2., a u tablici 4.3. prikazane su njegove pripadajuće karakteristike [5].



Slika 4.2. Utovarivač CAT 908K WHEEL LOADERS

[Izvor: [https://www.cat.com/en\\_MX/products/new/equipment/wheel-loaders/compact-wheel-loaders/100002827.html](https://www.cat.com/en_MX/products/new/equipment/wheel-loaders/compact-wheel-loaders/100002827.html)]

Tablica 4.3. Karakteristike utovarivača CAT 908K WHEEL LOADERS

<b>UTOVARIVAČ CAT 908K</b>	NETO SNAGA	<b>51 kW</b>
	ZAPREMINA LOPATE	<b>1,10 m<sup>3</sup></b>
	RADNA TEŽINA	<b>6 365 kg</b>
	NAJVEĆA BRZINA	<b>35 km/h</b>

## 4.3. KAMION KIPER

### 4.3.1. Opći podatci

Samoistovarivač (kamion kiper) je kamion za prijevoz sipkoga tereta (zemlje, šljunka, rude i sl.) opremljen uređajem za samoistovar teretnoga sanduka iskretanjem; također kiper. Uređaj za istovar najčešće je hidraulični ili pneumatski, njime se sanduk iskreće unazad ili na bok, a istresanje tereta omogućuje se otvaranjem pomičnih stranica sanduka [6].

### 4.3.2. Izabrani stroj za obavljanje radova

Za obavljanje radova odabran je kamion kiper MERCEDES-BENZ Actros 4141 K koji je prikazan na slici 4.3., a u tablici 4.4. prikazane su njegove pripadajuće karakteristike [7].



Slika 4.3. Kamion kiper MERCEDES-BENZ Actros 4141 K

[Izvor: <https://autoline.hr/-/prodaja/kiperi/MERCEDES-BENZ-Actros-4141-K--18100602181593651700>]



Tablica 4.4. Karakteristike kamiona kiperu MERCEDES-BENZ Actros 4141 K

<b>KAMION KIPER MERCEDES-BENZ Actros 4141 K</b>	PRETPOSTAVLJENA MAX BRZINA PUNOG KAMIONA	<b>60 km/h</b>
	SNAGA MOTORA	<b>300 kW</b>
	ZAPREMINA KOŠA	<b>13,33 m<sup>3</sup></b>
	PRETPOSTAVLJENA MAX BRZINA PRAZNOG KAMIONA	<b>80 km/h</b>

#### **4.4. VIBROVALJAK**

##### **4.4.1. Opći podatci**

Valjak je u građevinarstvu građevinski stroj za zbijanje tla, kamenoga materijala, ili materijala stabiliziranih nekim vezivom (krupnozrnatih betona, asfaltnih mješavina). Zbijanjem se skraćuje vrijeme slijeganja, te povećava nosivost nasutih slojeva ili prirodnoga tla, npr. cestovnoga zastora, nasipa, nasutih brana i sl. Valjak može biti vučeni ili samokretni, imati jedan, dva ili više glatkih čeličnih cilindara (cestovni valjak), nazubljenih cilindara (jež), ili nizova pneumatika, odnosno imati pneumatike s navučenim nazubljenim plaštevima (kompaktor); zbijanje se provodi samo kretanjem valjka (valjanjem), ili uz vibriranje, kada se predviđena zbijenost postiže regulacijom amplitude (odskoka) valjka, broja vibracija i broja prijelaza [8].

##### **4.4.2. Izabrani stroj za obavljanje radova**

Za obavljanje radova odabran je vibro valjak CAT CC24B koji je prikazan na slici 4.4., a u tablici 4.5. prikazane su njegove pripadajuće karakteristike [9].



Slika 4.4. Vibro valjak CAT CC24B

[Izvor: [https://www.cat.com/en\\_GB/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548180.html](https://www.cat.com/en_GB/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548180.html)]

Tablica 4.5. Karakteristevibro valjka CAT CC24B

<b>VIBRO VALJAK CAT CS 68 B</b>	SNAGA MOTORA	<b>27 kW</b>
	ŠIRINA VALJKA	<b>1312 mm</b>
	NAJVEĆA BRZINA	<b>10,5 km/h</b>
	RADNA TEŽINA	<b>2441 kg</b>

## 4.5. PLOVNO JARUŽALO

### 4.5.1. Opći podatci

Bager (jaružalo, ekskavator; gliboder) je stroj za iskop, prebacivanje i utovar zemljane mase, pijeska, šljunka i kamenja, te za iskop i utovar ugljena i ostalih ruda u rudarskim površinskim kopovima. To su također univerzalni građevinski strojevi koji se rabe kao radna podvozja i strojevi za pogon ostale tehnološke opreme za potrebe gradnje. Bager može biti kopneni (na gusjenicama, na kotačima, na vagonском podnožju) ili plovni, a konstrukcijski se razlikuju bager s krakom i jednom žlicom, bager s više žlica (vjedrica) i bager bez žlica [10].

*Plovni bager* može biti sa žlicama ili vjedricama slične konstrukcije kao u kopnenih bagera, a postavljen je na poseban brod ili kao portalni bager na ponton. Obično ima i opremu za kontinuirani transport iskopanog materijala na kopno u obliku plovne transportne vrpce ili plovnog cjevovoda [10].

Poseban je tip *plovni usisni bager* (tzv. *refuler*), koji usisnom cijevi, vezanom na snažne crpke, s podvodnoga dna siše mulj, pijesak i šljunak. Na vrhu usisne cijevi često se nalazi otkopna rotacijska glava za rahljenje tla [10].

### 4.5.2. Izabrani stroj za obavljanje radova

Za obavljanje radova odabrano je plovno jaružalo WATERMASTER koje je prikazano na slici 4.5., a u tablici 4.6. prikazane su njegove pripadajuće karakteristike [11].



Slika 4.5. Plovno jaružalo WATERMASTER

[Izvor: <http://www.hidrogradnja.hr/prodaja/izvodenje-radova/>]

Tablica 4.6. Karakteristike plovnog jaružala WATERMASTER

<b>PLOVNO JARUŽALO WATERMASTER</b>	ISKOP DO DUBINE:	<b>5 m</b>
	ODLAGANJE MATERIJALA DO:	<b>400 m</b>
	DNEVNI KAPACITET	<b>300 – 500 m<sup>3</sup>/dan</b>

## **4.6. GREJDER**

### **4.6.1. Opći podatci**

Grejder je građevinski stroj za finije zemljane radove, npr. za planiranje tla, razastiranje pijeska, šljunka, tucanika, skidanje humusa, uređenje kosina te za kopanje jaraka i iskop u pjeskovitome tlu. Glavni radni dio grejdera je nož (grejderski nož), pokretljiv u svim smjerovima. Smješten je između prednjih i stražnjih kotača i pričvršćen za nazubljeni prsten. Uz pomoć hidrauličkih sklopova upravlja se položajem prstena, čime se nož može podizati ili spuštati, može se mijenjati njegov kut s obzirom na smjer kretanja vozila i ravninu tla ili ga se može izbaciti u stranu. Područje primjene grejdera i njegov učinak mogu se proširiti različitom priključnom opremom i uređajima: rijačem s trnovima za razrahljivanje tla, dozerskim nožem za čišćenje snijega i uklanjanje grmlja, vibracijskim uređajem za stabilizaciju tla. Ovisno o masi (8 do 25 tona) i snazi motora (do 200 kW), grejder se izrađuje s 4 ili 6 kotača [12].

### **4.6.2. Izabrani stroj za obavljanje radova**

Za obavljanje radova odabran je grejder CATERPILLAR 120/120 AWD koji je prikazan na slici 4.6., a u tablici 4.7. prikazane su njegove pripadajuće karakteristike [13].



Slika 4.6. Grejder CATERPILLAR 120/120 AWD

[Izvor: [https://www.cat.com/en\\_GB/products/new/equipment-19/Motor-Graders/motor-graders/4525403297538975.html](https://www.cat.com/en_GB/products/new/equipment-19/Motor-Graders/motor-graders/4525403297538975.html)]

Tablica 4.7. Karakteristike grejdera CATERPILLAR 120/120 AWD

<b>GREJDER CAT 160M3</b>	SNAGA MOTORA	<b>104 kW</b>
	ŠIRINA NOŽA	<b>3 700 mm</b>
	RADNA TEŽINA	<b>15 906 kg</b>

## 4.7. PLOVNO JARUŽALO S HIDRAULIČKIM GRAJFEROM

### 4.7.1. Opći podatci

Bager (jaružalo, ekskavator; gliboder) je stroj za iskop, prebacivanje i utovar zemljane mase, pijeska, šljunka i kamenja, te za iskop i utovar ugljena i ostalih ruda u rudarskim površinskim kopovima. To su također univerzalni građevinski strojevi koji se rabe kao radna podvozja i strojevi za pogon ostale tehnološke opreme za potrebe gradnje. Bager može biti kopneni (na gusjenicama, na kotačima, na vagonском podnožju) ili plovni, a konstrukcijski se razlikuju bager s krakom i jednom žlicom, bager s više žlica (vjedrica) i bager bez žlica [14].

*Plovni bager* može biti sa žlicama ili vjedricama slične konstrukcije kao u kopnenih bagera, a postavljen je na poseban brod ili kao portalni bager na ponton. Obično ima i opremu za kontinuirani transport iskopanog materijala na kopno u obliku plovne transportne vrpce ili plovnog cjevovoda [14].

### 4.7.2. Izabrani stroj za obavljanje radova

Za obavljanje radova odabrano je plovno jaružalo WATERMASTER prikazan na slici 4.5. s postavljenim hidrauličkim grajferom model BG13, koji je prikazan na slici 4.7. U ovom slučaju, hidraulički grajfer se koristi za postavljanje obloge lukobrana (škojera). Riječ je o samostalnoj jedinici, priključen direktno na ploču za priključivanje na bageru. U tablici 4.8. prikazane su karakteristike odabranog hidrauličkog grajfera.



Slika 4.7. Hidraulički grajfer model BG13

[Izvor: <http://www.balavto.com.hr/proizvodnja/prikljucci-za-bagere/grajferi/bg13>]

Tablica 4.8. Karakteristike hidrauličkog grajfera BG13 [15]

<b>GRAJFER Model BG13</b>	MAKSIMALNO OTVARANJE	<b>1573 mm</b>
	ŠIRINA	<b>700 mm</b>
	VISINA	<b>770 mm – 885 mm</b>
	TEŽINA	<b>500 kg</b>

## 4.8. AUTOMIJEŠALICA

### 4.8.1. Opći podatci

Automješalica, pretovarni silos za beton (engl. truck mixer, transit mixer), tipično građevinsko transportno sredstvo za autoprijevoz svježeg betona između tvornica betona i gradilišta. Automješalicu čini kamionsko podvozje na kojemu se nalazi okretni bubanj s lopaticama. Bubanj se okreće pomoću posebnog motora ili motora vezanog na pogonski motor vozila. Okretanje bubnja u jednom smjeru omogućava miješanje svježeg betona, a u drugom pražnjenje bubnja. Automješalica se prazni ili neposredno u posudu ("kiblu") za prijenos betona građevinskom dizalicom ili u betonsku crpku ili u pretovarni silos za beton. Pretovarni silos služi za postupno punjenje "kible" ili betonske crpke kako bi automješalica u međuvremenu dopremila novu količinu betona. Sastavni dio automješalice može biti crpka za beton ili transportna traka kojima se beton dotura iz bubnja neposredno na mjesto ugradnje [16].

### 4.8.2. Izabrani stroj za obavljanje radova

Za obavljanje radova odabrana je automješalica SCANIA MIXER koja je prikazana na slici 4.8., a u tablici 4.9. prikazane su njezine pripadajuće karakteristike [17].



Slika 4.8. Automiješalica SCANIA MIXER

[Izvor: <https://www.njuskalo.hr/kamioni-mikseri/scania-mixer-8-m3-oglas-26782995>]

Tablica 4.9. Karakteristike automiješalice SCANIA MIXER

<b>AUTOMIJEŠALICA SCANIA MIXER</b>	SNAGA MOTORA	<b>280 kW</b>
	RADNI OBUJAM	<b>123 cm<sup>3</sup></b>
	ZAPREMINA	<b>8 m<sup>3</sup></b>
	PRETPOSTAVLJENA MAKSIMALNA BRZINA PUNOG VOZILA	<b>60 km/h</b>
	PRETPOSTAVLJENA MAKSIMALNA BRZINA PRAZNOG VOZILA	<b>70 km/h</b>



## 4.9. VIBRO IGLA

### 4.9.1. Opći podatci

Vibrator (prema lat. vibrare: tresti; treperiti), uređaj za zbijanje betona i slična građev. materijala vibriranjem. Njime se zrna agregata svježe mješavine međusobno približavaju, popunjavaju se šupljine, istiskuju se zračni mjehurići, pa i određen višak vode, što bi u suprotnom loše utjecalo na kvalitetu betona. Današnji se vibratori prema načinu primjene razvrstavaju na one koji na ugrađenu betonsku mješavinu djeluju izvana, tj. na njezinu površinu ili na oplatu (*vibracijske ploče, oplatni vibratori i vibracijski stolovi*), te na one s unutrašnjim djelovanjem, tj. one koji se uvode u samu mješavinu (*pervibratori ili vibracijske igle*) [18].

*Pervibratori ili vibracijske igle* strojevi su koji se sastoje od pogonskoga dijela, savitljivoga crijeva s osovinom, te izvršnog elementa (tzv. igla); to je cijev duljine do 1 m, a promjera do 10 cm, u kojoj rotacija ekscentrične mase proizvodi vibracije. Uranjanjem igle vertikalno u svježi beton dolazi do njegova zbijanja [18].

### 4.9.2. Izabrani stroj za obavljanje radova

Za obavljanje radova odabrana je vibro igla AX 58 koja je prikazana na slici 4.9., a u tablici 4.10. prikazane su njezine pripadajuće karakteristike [19].



Slika 4.9. Vibro igla AX 58

[Izvor: <http://www.hrgic.hr/proizvod/pervibrator-vibro-igla-avmu/>]

Tablica 4.10. Karakteristike vibro igle AX 58

<b>VIBRO IGLA AX 58</b>	PROMJER IGLE	<b>58 mm</b>
	DUŽINA IGLE	<b>385 mm</b>
	BROJ VIBRACIJA PO MINUTI	<b>12 500</b>
	KAPACITET	<b>35 m<sup>3</sup>/h</b>
	TEŽINA	<b>5,5 kg</b>

## 5. USKLADIVANJE RADA STROJEVA

Proračun je izvršen uz pretpostavku da je osiguran minimalan prazan hod, koji se postiže tako da su strojevi maksimalno iskorišteni tijekom radnog vremena. Potrebno je uskladiti rad strojeva po aktivnostima kako bi se projekt izgradnje lukobrana i šetnice uspješno izvršio.

### 5.1. PRIPREMNI RADOVI – IZGRADNJA PRISTUPNOG PUTA

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad buldozera, utovarivača, kamiona kiperu i vibrovaljka.

Potrebni podaci:

- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,80)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- $d$  - udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal (2000 m)

**Buldozer** (Slika 4.1.):

- $q$  - volumen lopate buldozera ( $2,0 \text{ m}^3$ )
- $T_i$  – vrijeme potrebno za iskop (45 s)
- $T_r$  – vrijeme potrebno za guranje (20 s)
- $T_{pov}$  – vrijeme potrebno za povratak (15 s)
- $T_o$  – vrijeme izgubljeno u promjeni smjera (5 s)

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_i + T_r + T_{pov} + T_o = 45 + 20 + 15 + 5 = 85 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 2,0 / 85 = 84,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 84,71 * 0,80 * 0,85 * 1,0 = 57,60 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Utovarivač** (Slika 4.2.):

- $q$  – zapremina lopate utovarivača ( $1,10 \text{ m}^3$ )
- $T_1$  – vrijeme potrebno za podizanje lopate (25 s)
- $T_t$  – vrijeme potrebno za manevar i okret lopate (5 s)
- $T_e$  – vrijeme potrebno za pražnjenje lopate (5 s)

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_1 + T_t + T_e = 25 + 5 + 5 = 35 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 1,10 / 35 = 113,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 113,14 * 0,80 * 0,85 * 1,0 = 76,94 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_{p_{\text{utovarivač}}} / U_{p_{\text{buldozer}}} = 76,94 / 57,60 = 1,34 = 1 \text{ BULDOZER ZA 1 UTOVARIVAČ}$$

### Kamion kiper (Slika 4.3.):

- $q$  – volumen koša ( $13,33 \text{ m}^3$ )
- $V_{\text{pun}}$  - brzina vožnje punog kamiona ( $60 \text{ km/h}$ )
- $V_{\text{prazan}}$  - brzina vožnje praznog kamiona ( $80 \text{ km/h}$ )

### Proračun:

$$T_{\text{utovar}} = q/U_p = 13,33/57,60 = 833 \text{ s}$$

$$T_{\text{puna+prazna vožnja}} = d/V_{\text{pun}} + d/V_{\text{prazan}} = 2/60 + 2/80 = 0,058 \text{ h} = 210 \text{ s}$$

$$T_{\text{istovar i manevar}} = 140 \text{ s}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_u + T_{\text{pun+praz}} + T_{i+m} = 833 + 210 + 140 = 1183 \text{ s}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = q/T_c * K_d = 13,33/1183 * 1,0 = 40,56 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Broj potrebnih kamiona:

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c/T_{\text{utovar}} = 1183/833 = 1 \text{ KAMION KIPER}$$

#### Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:

$$T = V_{\text{krupnog agregata}}/U_{p\text{utovarivača}} = 3500/76,94 = 45,49 \text{ (sati)} \approx 6 \text{ radni dana}$$

#### Vrijeme potrebno za čišćenje:

$$T = V_{\text{otpada}}/U_{p\text{buldozera}} = 800/57,60 = 13,89 \text{ h} \approx 2 \text{ radna dana}$$

### Vibrovaljak (Slika 4.4.)

- $v$  - brzina kretanja valjka ( $4000 \text{ m/h}$ )
- $d$  – debljina sloja ( $0,25 \text{ m}$ )
- $b$  – radna širina valjka ( $1,312 \text{ m}$ )
- $n$  – broj prijelaza valjka ( $4$ )
- $\check{s}$  – širina prijelaza ( $1 \text{ m}$ )
- $K_d$  – koeficijent dotrajivosti stroja ( $1,0$ )
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena ( $0,85$ )

### Proračun:

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = ((v*d*b)/n) = ((4000*0,25*(1,312-1,0))/4) = 164 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_v * K_d = 164 * 0,85 * 1,0 = 139,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Zaključak:** Za izgradnju pristupnog puta potreban je **1 buldozer, 1 utovarivač, 1 kamion kiper i 1 vibrovaljak.**

## 5.2. ISKOP DO TVRDE GLINE ZA TEMELJE LUKOBRANA

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad plovnog jaružala i kamiona kiperera.

Potrebni podaci:

- $V_{\text{mulja}}$  – volumen mulja ( $9\,500\text{ m}^3$ )
- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 1,27)
- $K_p$  – koeficijent punjenja lopate (odabrano 0,85)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,83)
- $K_z$  – kut zaokreta (odabrano 0,98)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- $d$  – udaljenost do deponija na koji se odvozi materijal (2000 m)

**Plovno jaružalo** (Slika 4.5.):

- $q$  – volumen lopate jaružala ( $3,9\text{ m}^3$ )
- $T_i$  – vrijeme iskopa (40 s)
- $T_p$  – vrijeme punjenja (20 s)
- $T_o$  – gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_i + T_p + T_o = 40 + 20 + 5 = 65\text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 3,9 / 65 = 216\text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_z * K_p * K_d = 216 * 1,27 * 0,83 * 0,98 * 0,85 * 1,0 = 189,66\text{ m}^3/\text{h}$$

**Kamion kiper** (Slika 4.3.):

- $q$  – volumen koša ( $13,33\text{ m}^3$ )
- $V_{\text{pun}}$  - brzina vožnje punog kamiona (60 km/h)
- $V_{\text{prazan}}$  - brzina vožnje praznog kamiona (80 km/h)

**Proračun:**

$$T_{\text{utovar}} = q / U_p = 13,33 / 189,66 = 253\text{ s}$$

$$T_{\text{puna+prazna vožnja}} = d / V_{\text{pun}} + d / V_{\text{prazan}} = 2 / 60 + 2 / 80 = 0,058\text{ h} = 210\text{ s}$$

$$T_{\text{istovar i manevar}} = 140\text{ s}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_u + T_{\text{pun+praz}} + T_{i+m} = 253 + 210 + 140 = 603\text{ s}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = q / T_c * K_d = 13,33 / 603 * 1,0 = 79,58\text{ m}^3/\text{h}$$

Broj potrebnih kamiona:

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c / T_{\text{utovar}} = 603 / 253 = 2\text{ KAMIONA KIPERA}$$

Vrijeme potrebno za prijevoz materijala:

$$T = V_{\text{mulja}} / U_{p\text{jaružala}} = 9500 / 189,66 = 50,09\text{ (sati)} \approx 7\text{ radni dana}$$

**Zaključak:** Za iskop do tvrde gline za temelje lukobrana potrebno je **1 plovno jaružalo i 2 kamiona kiper**a.

### 5.3. IZGRADNJA JEZGRE NASUTOG LUKOBRANA OD SITNOG AGREGATA

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad utovarivača, kamiona kiper a i plovnog jaružala.

Potrebni podaci:

- $d$  – udaljenost gradilišta od kamenoloma (5 000 m)
- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,80)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)

**Utovarivač** (Slika 4.2.):

- $q$  – zapremina lopate utovarivača (1,10 m<sup>3</sup>)
- $T_1$  – vrijeme potrebno za podizanje lopate (25 s)
- $T_t$  – vrijeme potrebno za manevar i okret lopate (5 s)
- $T_e$  – vrijeme potrebno za pražnjenje lopate (5 s)

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_1 + T_t + T_e = 25 + 5 + 5 = 35 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 1,10 / 35 = 110 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 113,14 * 0,80 * 0,85 * 1,0 = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Kamion kiper** (Slika 4.3.):

- $q$  – volumen koša (13,33 m<sup>3</sup>)
- $V_{\text{pun}}$  - brzina vožnje punog kamiona (60 km/h)
- $V_{\text{prazan}}$  - brzina vožnje praznog kamiona (80 km/h)

**Proračun:**

$$T_{\text{utovar}} = q / U_p = 13,33 / 159,01 = 302 \text{ s}$$

$$T_{\text{puna+prazna vožnja}} = d / V_{\text{pun}} + d / V_{\text{prazan}} = 5 / 60 + 5 / 80 = 0,146 \text{ h} = 525 \text{ s}$$

$$T_{\text{istovar i manevar}} = 140 \text{ s}$$

$$T_{\text{čekanja}} = 720 \text{ s}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_u + T_{\text{pun+praz}} + T_{i+m} + T_{\check{c}} = 302 + 525 + 140 + 720 = 1687 \text{ s}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = q / T_c * K_d = 13,33 / 1687 * 1,0 = 28,45 \text{ m}^3/\text{h}$$

Broj potrebnih kamiona:

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c / T_{\text{utovar}} = 1687 / 302 = 6 \text{ KAMIONA KIPERA}$$

**Plovno jaružalo (Slika 4.5.):**

- $q$  – volumen lopate jaružala ( $3,9 \text{ m}^3$ )
- $T_p$  – vrijeme punjenja (25 s)
- $T_o$  – gubitak vremena zbog promjene smjera (5 s)
- $T_i$  – vrijeme ispusta (20 s)

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_p + T_o + T_i = 25 + 5 + 20 = 50 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 3,9 / 50 = 280,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_z * K_p * K_d = 280,8 * 0,80 * 0,85 * 0,98 * 0,85 * 1,0 = 159,01 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Zaključak:** Za izgradnju jezgre nasutog lukobrana od sitnog agregata potreban je **1 utovarivač, 6 kamiona kiperi i 1 plovno jaružalo.**

## 5.4. IZGRADNJA FILTERSKOG SLOJA OD KRUPNOG AGREGATA

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad utovarivača, kamiona kiperi i buldozera.

Potrebni podaci:

- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 0,80)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,85)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- $d$  – udaljenost gradilišta od kamenoloma (5 000 m)
- $V_{\text{krup.agr.}}$  – volumen krupnog agregata ( $13\ 000 \text{ m}^3$ )

**Utovarivač (Slika 4.2.):**

- $q$  – zapremina lopate utovarivača ( $1,10 \text{ m}^3$ )
- $T_1$  – vrijeme potrebno za podizanje lopate (25 s)
- $T_t$  – vrijeme potrebno za manevar i okret lopate (5 s)
- $T_e$  – vrijeme potrebno za pražnjenje lopate (5 s)

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_1 + T_t + T_e = 25 + 5 + 5 = 35 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 1,10 / 35 = 110 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 113,14 * 0,80 * 0,85 * 1,0 = 75 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Kamion kiper (Slika 4.3.):**

- $q$  – volumen koša ( $13,33 \text{ m}^3$ )
- $V_{\text{pun}}$  - brzina vožnje punog kamiona (60 km/h)
- $V_{\text{prazan}}$  - brzina vožnje praznog kamiona (80 km/h)

### Proračun:

$$T_{\text{utovar}} = q/U_p = 13,33/57,60 = 833 \text{ s}$$

$$T_{\text{puna+prazna vožnja}} = d/V_{\text{pun}} + d/V_{\text{prazan}} = 5/60 + 5/80 = 0,146 \text{ h} = 525 \text{ s}$$

$$T_{\text{istovar i manevar}} = 140 \text{ s}$$

$$T_{\text{čekanja}} = 720 \text{ s}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_u + T_{\text{pun+praz}} + T_{i+m} + T_{\check{c}} = 833 + 525 + 140 + 720 = 2218 \text{ s}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = q/T_c * K_d = 13,33/2218 * 1,0 = 21,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Broj potrebnih kamiona:

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c/T_{\text{utovar}} = 2218/833 = 3 \text{ KAMIONA KIPERA}$$

#### Vrijeme potrebno za prijevoz krupnog agregata:

$$T = V_{\text{krupnog agregata}} / U_{\text{putovarivača}} = 13\,000 / 75 = 173,33 \text{ (sati)} \approx 22 \text{ radna dana}$$

### Buldozer (Slika 4.1.):

- $q$  - volumen lopate buldozera ( $2,0 \text{ m}^3$ )
- $T_i$  – vrijeme potrebno za iskop (45 s)
- $T_r$  – vrijeme potrebno za guranje (20 s)
- $T_{\text{pov}}$  – vrijeme potrebno za povratak (15 s)
- $T_o$  – vrijeme izgubljeno u promjeni smjera (5 s)

### Proračun:

$$\text{Ciklus: } T_c = T_i + T_r + T_{\text{pov}} + T_o = 45 + 20 + 15 + 5 = 85 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 2,0 / 85 = 84,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_d = 84,71 * 0,80 * 0,85 * 1,0 = 57,60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_{\text{putovarivač}} / U_{\text{buldozer}} = 75 / 57,60 = 1,30 = 1 \text{ buldozer potreban za 1 utovarivač}$$

**Zaključak:** Za izgradnju filterskog sloja lukobrana od krupnog agregata potreban je **1 utovarivač, 3 kamiona kiperi i 1 buldozer.**



## 5.5. IZGRADNJA ZAŠTITNE OBLOGE OD MASIVNOG KAMENJA

Postavljanje blokova školjere vrši se pomoću plovnog jaružala s hidrauličkim grajferom (Slika 4.7.) nakon što se potrebna količina blokova dovede pomoću kamiona kiperu iz kamenoloma. Prirodni kameni blokovi postavljaju se s čela prema korijenu lukobrana.

Primarna obloga „A“ ima funkciju zaštite sitnijih unutarnjih slojeva lukobrana od hidrodinamičkog djelovanja valova. U pravilu je grubo hrapava jer se izvodi od velikih kamenih ili umjetnih (betonskih elemenata), promjera većeg od metra, postavljenih na pokos bez velikog slaganja. Na taj način se dobije izgled jednoličnog pokosa od nepravilno složenih blokova, metarske hrapavosti i velike šupljikavosti. Ako su blokovi od prirodnog kamena, primarna obloga se naziva školjera [20].

Obzirom na djelovanje valova, od elemenata primarne obloge (školjere) se traži:

- Da im težina bude u skladu s veličinom valova prema Hudsonovoj formuli kako bi ostali stabilni na pokosu tj. onemogućili oštećenje lukobrana.
- Da budu međusobno biti dobro ukliješteni, jer se tako težina pojedinog bloka povećava tlakom okolnih blokova. Iz tog razloga ugradnja teče po horizontalnim slojevima
- Da budu čvrsti. Naime školjera je konstrukcija od točkasto oslonjenih elemenata, pa bi lom na točkama oslonca olabavio konstrukciju i doveo do oštećenja cijelog lukobrana uslijed erozije obloge.
- Da budu kompaktni; t.j. da budu teški uz to da položeni u školjeru imaju napadne plohe izložene valovima što manje.
- Da imaju veliku šupljikavost između elemenata, jedan od osnovnih zahtjeva kako bi što više vode kod valnog djelovanja moglo ući u šupljine i tamo izgubiti valnu energiju uslijed disipacije. Disipacija smanjuje uspinjanje vala na pokosu i omogućava nižu krunu. Time se školjera bitno razlikuje od obloge u, mirnijim riječnim nasipima [20].

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad plovnog jaružala i kamiona kiperu.

Potrebni podaci:

- $K_r$  – koeficijent rastresitosti tla (odabrano 1,27)
- $K_p$  – koeficijent punjenja lopate (odabrano 0,85)
- $K_v$  – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (odabrano 0,83)
- $K_z$  – kut zaokreta (odabrano 0,98)
- $K_d$  – koeficijent zastarjelosti (1,0)
- $d$  – udaljenost kamenoloma (5000 m)

**Plovno jaružalo** (Slika 4.5.; slika 4.7.):

- $q$  – volumen lopate jaružala ( $3,9 \text{ m}^3$ )
- $T_i$  – vrijeme ispuštanja (120 s)
- $T_p$  – vrijeme punjenja (60 s)
- $T_o$  – gubitak vremena zbog promjene smjera (15 s)

**Proračun:**

$$\text{Ciklus: } T_c = T_i + T_p + T_o = 120 + 60 + 15 = 195 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = 3600 * q / T_c = 3600 * 3,9 / 195 = 72 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_r * K_v * K_z * K_p * K_d = 72 * 1,27 * 0,83 * 0,98 * 0,85 * 1,0 = 63,22 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Kamion kiper (Slika 4.3.):**

- $q$  – volumen koša (13,33 m<sup>3</sup>)
- $V_{\text{pun}}$  - brzina vožnje punog kamiona (60 km/h)
- $V_{\text{prazan}}$  - brzina vožnje praznog kamiona (80 km/h)

**Proračun:**

$$T_{\text{utovar}} = q / U_p = 13,33 / 63,22 = 759 \text{ s}$$

$$T_{\text{puna+prazna vožnja}} = 5 / V_{\text{pun}} + d / V_{\text{prazan}} = 5 / 60 + 2 / 80 = 0,146 \text{ h} = 525 \text{ s}$$

$$T_{\text{istovar i manevar}} = 140 \text{ s}$$

$$\text{Ciklus: } T_c = T_u + T_{\text{pun+praz}} + T_{i+m} = 759 + 525 + 140 = 1424 \text{ s}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = q / T_c * K_d = 13,33 / 1424 * 1,0 = 33,69 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Broj potrebnih kamiona:**

$$N_{\text{potrebnih kamiona}} = T_c / T_{\text{utovar}} = 1424 / 759 = 2 \text{ KAMIONA KIPERA}$$

**Zaključak:** Za izgradnju zaštitne obloge od masivnog kamenja potrebna su **2 kamiona kiper** i **1 plovno jaružalo**.

## 5.6. PRIPREMA TLA I BETONIRANJE ŠETNICE

U ovoj aktivnosti je potrebno uskladiti rad grejdera, vibrovaljka, automiješalice i vibro igle.

**Grejder** (Slika 4.6.):

- b – širina noža (3,7 m<sup>2</sup>)
- b – korisna širina noža (3,4 m<sup>2</sup>)
- v – srednja brzina planiranja (4 km/h = 1,11 m/s)
- n – broj prijelaza (5)
- K<sub>prekl</sub> – koeficijent preklapanja prijelaza (0,95)
- K<sub>d</sub> – koeficijent dotrajalosti grejdera (0,90)
- K<sub>v</sub> – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (0,80)
- A – površina planiranja (10 000 m<sup>2</sup>)

**Proračun:**

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = ((v \cdot b) / n) = ((1,11 \cdot 3,4) / 5) \cdot 3600 = 2718 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t \cdot K_v \cdot K_{prekl} \cdot K_d = 2718 \cdot 0,80 \cdot 0,95 \cdot 0,90 = 1859,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vrijeme potrebno za planiranje:

$$A / U_p = 10000 / 1859,11 = 5,38 \text{ h} \approx 1 \text{ radni dan}$$

**Vibrovaljak** (Slika 4.4.):

- v - brzina kretanja valjka (4000 m/h)
- d – debljina sloja (0,25 m)
- b – radna širina valjka (1,312 m)
- n – broj prijelaza valjka (4)
- š – širina prijelaza (1 m)
- K<sub>d</sub> – koeficijent dotrajalosti stroja (1,0)
- K<sub>v</sub> – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (0,85)

**Proračun:**

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = ((v \cdot d \cdot b) / n) = ((4000 \cdot 0,25 \cdot (1,312 - 1,0)) / 4) = 164 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t \cdot K_v \cdot K_d = 164 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 139,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Automiješalica** (Slika 4.8.):

- q – zapremina automiješalice (8 m<sup>3</sup>)
- v<sub>puna</sub> – maksimalna brzina pune automiješalice (60 km/h)
- v<sub>prazna</sub> – maksimalna brzina prazne automiješalice (70 km/h)
- d – udaljenost gradilišta od betonare (7 km)
- K<sub>v</sub> – koeficijent iskorištenosti radnog vremena (0,85)
- K<sub>d</sub> – koeficijent dotrajalosti stroja (1,0)
- V<sub>betona</sub> – volumen betona kojeg je potrebno ugraditi (4500 m<sup>3</sup>)
- T<sub>u</sub> – trajanje utovara (180 s)
- T<sub>p</sub> – trajanje puta  $(7/60 + 7/70) \cdot 3600 = 780 \text{ s}$

- $T_i$  – trajanje istovara (1900 s)

**Proračun:**

$$T_c = T_u + T_p + T_i = 180 + 780 + 1900 = 2860 \text{ s}$$

$$\text{Teorijski učinak: } U_t = (q/T_c) * 3600 = (8/2860) * 3600 = 10,07 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Planski učinak: } U_p = U_t * K_v * K_d = 10,07 * 0,85 * 1,0 = 8,56 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Vibro igla (Slika 4.9.):**

- $d$  – debljina igle (80 mm)
- $R$  – radijus djelovanja (45 cm)
- $T_c$  – vrijeme vibriranja (40 s) + vrijeme premještanja (15 s) = 55 s
- $K_v$  – (1,0)

**Proračun:**

$$\text{Planski učinak: } U_p = 2 * R^2 * d * 3600 / T_c * K_v = 2 * 0,452 * 0,080 * 3600 / 55 * 1,0 = 4,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

Broj potrebnih vibro igli:

$$U_{p\text{automiješalice}} / U_{p\text{vibro igle}} = 8,56 / 4,73 = 2 \text{ VIBRO IGLE}$$

**Zaključak:** Za uređenje tla potreban je **1 grejder** i **1 vibro valjak**, a za betoniranje šetnice potrebne su **2 automiješalice** i **2 vibro igle**.

## 6. ZAKLJUČAK

Svrha izgradnje ovog lukobrana je zaštita obale od poplavlivanja uslijed velikih valova. Riječ je o nasutom lukobranu koji se sastoji od tri sloja, prekriven u cijelosti škojerom. Mjesto na kojem će se graditi lukobran nalazi se u blizini lokalne ceste, ali je potrebno izgraditi kraći pristupni put. Projekt je osmišljen tako da se po završetku gradnje lukobrana, pristupni put koji će se prostirati uz obalu, pretvori u betoniranu šetnicu.

Za pripremne radove, tj. za čišćenje pristupnog puta potrebni su nam 1 buldozer koji pomoću svog noža gura materijal na hrpu, 1 utovarivač koji utovaruje materijal za deponij u 1 kamion kiper kako bi se rad odvijao kontinuirano. Nakon što se teren očisti, nabije se pomoću 1 vibrovaljka.

Kako bi se izbjeglo slijeganje prilikom izgradnje lukobrana, potrebno je osigurati tvrdo tlo za temelj lukobrana. Ako se s dna ne očisti mulj, i ukoliko je velika količina mulja, vrlo vjerojatno će doći do slijeganja uslijed opterećenja prilikom građenja. Visina lukobrana je veoma bitna, a ovisi o tome za koju se namjenu lukobran gradi. Da bi iskopali mulj do tvrde gline potrebno nam je 1 plovno jaružalo koji crpi mulj i 2 kamiona kiperera koji ga odvoze na obližnji deponij. Za taj proces potrebno je 7 radnih dana.

S obzirom da se radi o troslojnom nasutom lukobranu, prvo se nasipa jezgra od sitnog agregata. Prvi korak je osigurati dovoz sitnog agregata iz kamenoloma pomoću 1 utovarivača i 6 kamiona kiperera. Istovareni materijal se nasipa pomoću 1 plovnog jaružala.

Zatim slijedi sloj od krupnijeg agregata kako bi se zaštitio sloj sitnog agregata od ispiranja i odnošenja djelovanjem valova. Za izgradnju sloja od krupnog agregata potrebni su: 1 utovarivač, 3 kamiona kiperera i 1 buldozer. Buldozerom se istovareni materijal razastire, a potrebno vrijeme za ovu aktivnost iznosi 22 radna dana.

Završni sloj je od masivnog kamena (škojera) koji smo odlučili slagati pomoću plovnog jaružala s hidrauličkim grajferom, ubiti samo nastavak koji se stavi na jaružalo. Redoslijed postavljanja blokova je od čela prema korijenu. Proces postavljanja blokova odvija se relativno brzo jer se strojem upravljaju iskusni ljudi. Blokovi su ključni za lukobran jer su oni upravo ti koji štite cijelu konstrukciju lukobrana prilikom djelovanja razornih valova.

Nakon završetka lukobrana, pristupni put je potrebno malo urediti pomoću grejdera i potom nabiti vibrovaljkom, kako bi dobili tvdu podlogu za ugradnju betona. Beton se doprema iz betonare s 2 automiješalice, te se vrši direktna ugradnja. Ugrađeni beton je potrebno zbiti s 2 vibro igle kako bi se što bolje ugradio i postigao željenu čvrstoću. Za čvrstoću betona je vrlo važna njega betona nakon ugradnje, stoga je beton potrebno njegovati minimalno 7 dana nakon njegove ugradnje, a u nekim slučajevima i dulje.

## 7. LITERATURA

[1] [http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni\\_putevi\\_i\\_luke/predavanja/SCR\\_PPL\\_Pogl%206\\_8%20Lukobr\\_200510.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni_putevi_i_luke/predavanja/SCR_PPL_Pogl%206_8%20Lukobr_200510.pdf)

(Zadnji pristup: Rujan, 2019.)

[2] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16085>

(Zadnji pristup: Kolovoz, 2019.)

[3] [https://www.cat.com/en\\_GB/products/new/equipment/dozers/small-dozers/4036913104120125.html](https://www.cat.com/en_GB/products/new/equipment/dozers/small-dozers/4036913104120125.html)

(Zadnji pristup: Kolovoz, 2019.)

[4] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63517>

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[5] [https://www.cat.com/en\\_MX/products/new/equipment/wheel-loaders/compact-wheel-loaders/1000002827.html](https://www.cat.com/en_MX/products/new/equipment/wheel-loaders/compact-wheel-loaders/1000002827.html)

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[6] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=68597>

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[7] <https://autoline.hr/-/prodaja/kiperi/MERCEDES-BENZ-Actros-4141-K--18100602181593651700>

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[8] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63797>

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[9] [https://www.cat.com/en\\_GB/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548180.html](https://www.cat.com/en_GB/products/new/equipment/compactors/tandem-vibratory-rollers/18548180.html)

(Zadnji pristup: Kolovoz, 2019.)

[10] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=5232>

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[11] <http://www.hidrogradnja.hr/prodaja/izvođenje-radova/>

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[12] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=23302>

(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)

[13] [https://www.cat.com/en\\_GB/products/new/equipment-19/Motor-Graders/motor-graders/4525403297538975.html](https://www.cat.com/en_GB/products/new/equipment-19/Motor-Graders/motor-graders/4525403297538975.html)

(Zadnji pristup: Kolovoz, 2019.)

[14] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=5232>

(Zadnji pristup: Rujan, 2019.)

- [15] [http://www.balavto.com.hr/sites/default/files/seznam\\_katalogov/PROIZVODNJA%20PRIKLJUCA\\_KA\\_2013\\_JUG\\_web.pdf](http://www.balavto.com.hr/sites/default/files/seznam_katalogov/PROIZVODNJA%20PRIKLJUCA_KA_2013_JUG_web.pdf)  
(Zadnji pristup: Rujan, 2019.)
- [16] <http://www.gradnja.org/gradevinski-strojevi/leksikon-strojeva/350-automjealica.html>  
(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)
- [17] <https://www.njuskalo.hr/kamioni-mikseri/scania-mixer-8-m3-oglas-26782995>  
(Zadnji pristup: Svibanj, 2019.)
- [18] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=64468>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2019.)
- [19] <http://www.hrgic.hr/proizvod/pervibrator-vibro-igla-avmu/>  
(Zadnji pristup: Kolovoz, 2019.)
- [20] [http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni\\_putevi\\_i\\_luke/predavanja/SCR\\_PPL\\_Pog1%206\\_8%20Lukobr\\_200510.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/plovni_putevi_i_luke/predavanja/SCR_PPL_Pog1%206_8%20Lukobr_200510.pdf)  
(Zadnji pristup: Rujan, 2019.)