

ANALIZA I PRIMENA BAGERA REFULERA PRI IZMULJENJU KANALA OSNOVNE KANALSKE MREŽE HIDROSISTEMA DUNAV-TISA-DUNAV**ANALYSIS AND APPLICATION OF REUSER EXCAVATOR WHEN ATTACHING THE CHANNEL OF THE BASIC CHANNEL NETWORK DANUBE-TISA-DANUBE HYDROSYSTEM**Nikola Stepanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu opisana je analiza i primena bagera refulera pri izmuljenju kanala Dunav-Tisa-Dunav, prikazane su tri osnovne tehnologije izmuljenja: klasično izmuljenje, izmuljenje pomoću resuspenzije materijala sa dna i specijalne tehnike izmuljenja. Cilj rada na izmuljenju je uklanjanje kontaminiranog mulja iz Kanala korišćenjem rentabilne i brze metode. Da bi se ovo postiglo, mora da se definiše takva strategija izmuljenja koja predstavlja najefikasniju kombinaciju raspoloživih ili novih materijala sa fizičkom i geografskom situacijom u i oko Kanala.

Ključne reči: *Izmuljenje kanala, Bager refuler, Analiza troškova*

Abstract – *This paper describes the analysis and application of the refuler excavator in the siltation of the Danube-Tisa-Danube canal, three basic grinding technologies are presented: classical grinding, grinding by resuspension of material from the bottom and special grinding techniques. The goal of the sludge work is to remove contaminated sludge from the Canal using a cost-effective and fast method. To achieve this, such a cheating strategy must be defined that represents the most effective combination of available or new materials with the physical and geographical situation in and around the Channel.*

Keywords: *Channel muddying, Excavator refuler, Analysis of the expenses*

1. UVOD

Kanal DTD nosi znatne količine sedimenta (nanosa/mulja). Količina sedimenta zavisi od količine padavina i posledične erozije u slivnom području. Velike padavine uzrok su jače erozije i većih količina sedimenta i boje vode u tamniju nijansu braon boje nego što je to slučaj u sušnim periodima. U poređenju sa pritokama proticaj u Kanalu je relativno spor. Sediment koji se unosi u Kanal preko brzih pritoka taloži se u sporijem delu Kanala izazivajući znatno smanjenje dubine vode. Ovo se najbolje može zapaziti duž obala gde je proticaj sporiji nego u sredini Kanala. Opadanje dubine stvara dobre uslove za bujanje rastinja. Tokom procesa revitalizacije Kanala sediment će biti uklonjen (iskopan/izmuljen). Zagađeni sediment se mora odložiti na ekološki način.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Mučenski, vanr. prof.

Krajnji cilj projekta revitalizacije Kanala jeste održivo upravljanje vodama. U tom kontekstu kvalitet sedimenta je značajan iz nekoliko razloga: utiče na kvalitet vode u kanalu i živi svet kanala (posredno i na ljude preko lanca ishrane), prilikom revitalizacije kanala određene količine sedimenta će biti izmuljene pa je neophodno izvršiti njegovo odlaganje i remedijaciju bez negativnih posledica po životnu sredinu. Podaci o hemijskim karakteristikama sedimenta su osnova za izbor remedijacione tehnike i kasniji monitoring kvaliteta sedimenta u toku same remedijacije do konačne dispozicije koja neće imati štetnih posledica po okolinu. Štetni efekti mogu da se ispolje pri čišćenju kanala usled neadekvatnog rukovanja muljem ili neadekvatnog deponovanja ako sadrži toksične materije u količini većoj nego što je prihvatljivo.

2. METODE IZMULJENJA

Kanal može da se podeli u tri deonice za izmuljenje: nasipi duž Kanala, obalni delovi Kanala, središnji deo Kanala.

Kod izbora tehnologije izmuljenja i tipa bagera, moraju se uzeti u obzir sledeći uslovi i zahtevi:

- Tehnološke mogućnosti i ograničenja pojedinih tipova bagera, u odnosu na morfološke karakteristike zone izmuljenja (dubina sa koje se bageruje materijal konvencionalnom opremom je najčešće ograničena na 30 m);
 - Tehnološke mogućnosti i ograničenja pojedinih tipova bagera, u odnosu na geotehničke karakteristike materijala za izmuljenje (glina, pesak, šljunak, mekše stene);
 - Ukupna količina nanosa koga treba ukloniti direktno utiče na trošak izmuljenja;
 - Geometrija (položaj i debljina) nanosnih naslaga - utiče na troškove izmuljenja, jer od toga zavisi učestalost premeštanja mehanizacije;
 - Učinak pojedinih tipova bagera i jedinična cena izmuljenja;
 - Način odlaganja izmuljenog materijala i udaljenost odlagališta;
 - Uticaj tehnologije izmuljenja na životnu sredinu (posebno u slučaju kontaminiranih sedimenata)
- Postoje tri osnovne tehnologije izmuljenja:
- Klasično izmuljenje**, uz korišćenje suvozemne ili plovne mehanizacije, **Izmuljenje pomoću resuspenzije materijala sa dna** generisanjem veštačkog strujanja iznad sedimenata (agitation dredging), **Specijalne tehnike** za izmuljenje sa većih dubina (mlazne i vazdušne pumpe).

2.1. Mehanički bageri

Postoji bezbroj varijacija kod mehaničkih bagera, ali na svakom se koristi kašika ili vedro kojim se odvaja materijal sa rečnog dna.

Bager vedričar (slika 1.) je stacionarni tip plovnog bagera, koji ima beskonačni lanac vedara, vezanih za tzv. merdevine. Vedra se pune tokom rotacije, a prazne se u baržu privezanu uz bager. Maksimalna dubina izmuljenja zavisi od veličine bagera, ali najčešće ne prelazi 20 m. S druge strane, minimalna dubina vode u kojoj mogu da rade je skoro 8 m. Danas se često koriste za izmuljenje kontaminiranog mulja, zato što ne remete materijal na mestu iskopa.



Slika 1. Plovni bager vedričar

Bager grajfer koristi kašiku za iskop materijala sa dna ili obala reke (slika 2.). Kašikom se upravlja pomoću kablova ili hidraulički. Dizalica sa kašikom može biti montirana na pontonu, koji se stacionira na nekoj lokaciji. U tom slučaju se izmuljeni materijal tovari u barže. To je jednostavna i relativno jeftina mašina, koja je najbolja za iskop konsolidovanog mulja, gline i peska.



Slika 2. Bager grajfer

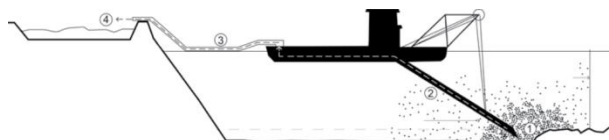
Bageri sa čeonom kašikom (slika 3.) se najčešće postavljaju na preuređene teretne brodove. Kašika je čvrsto pričvršćena na rešetkastu konstrukciju. Da bi se povećao kapacitet iskopa, brod bagera je pričvršćen za dva stuba koji prenose težinu prednjeg dela broda na dno. Ovaj tip bagera je snažna mašina koja može odstraniti sa dna naslage koje se sastoje od gline, jako konsolidovanog peska, čvrstog materijala, kamenitog materijala ili raspadnute stene.



Slika 3. Bager sa čeonom kašikom

2.2. Hidraulički bageri

Hidraulički bageri podižu sa dna materijal u vidu suspenzije kroz sistem cevi koje su povezane sa centrifugalnom pumpom (slika 8.). Koriste se samo za iskop nevezanog materijala. Hidrauličko izmuljenje je najefikasnije u slučaju finih materijala, koji se mogu lako održati u suspenziji. Postoji nekoliko podvrsta bagera refulera: (1) Refuler koji utovara iskopani materijal u barže. Ovaj tip se koristi kada je transportna daljina velika, tako da nije ekonomično koristiti hidraulički transport; (2) Refuler koji pumpa iskopani materijal prema obali kroz cevovod (slika 9.); (3) Refuler za veće dubine, opremljen podvodnom pumpom, tako da dubina iskopa može da dostigne i 80 m.



Slika 4. Rad bagera refulera (1) iskop, (2) podizanje, (3) transport kroz cevovod, (4) istovar na deponiju

Refuleri imaju mogućnost transporta iskopanog materijala plovnim cevovodom ili kombinacijom plovnog i suvozemnog cevovoda. Iskopani materijal se može ispuštati direktno u vodu ili formirane kasete, gde se voda oceduje i materijal postepeno suši.

Pored navedenih najčešće korišćenih bagera, u svetu se koriste i druge vrste. To su:

Bager "čistač", hidraulički usisni bager koji koristi široku glavu sa vodenim mlazevima za izmuljenje; Bager sa kontejnerom, brod-samohotka, koji se najčešće koristi na moru; Hidraulički bager sa rotacionim sekačima (slika 5.) Ovakav bager ima najširu primenu jer može efikasno kopati i pumpati sve tipove aluvijalnih materijala, ali i čvršćih materijala, kao što je glina. Osnovni nedostatak ovog bagera je nepovoljan efekat rotacionih sekača, koji stvaraju veliku koncentraciju suspendovanog nanosa pri dnu i mogu imati negativne posledice po životnu sredinu.



Slika 5. Bager refuler sa rotacionim sekačima

2.3. Specijalne tehnike izmuljenja

U ovu grupu spada izmuljenje pomoću resuspenzije materijala sa dna, koje se ostvaruje veštački generisanim strujanjem. Resuspendovani nanos se dalje transportuje prirodnim tokom, u vodotoku ili akumulaciji. Veštačko strujanje na dnu vodotoka ili akumulacije može se generisati na dva osnovna načina:

(1) radom usisnih bagera, pri čemu se podižu istaložene čestice nanosa i podižu u suspenziju ili (2) dejstvom propelera, instaliranih na specijalno konstruisanim plovilima, kojima se, stvara vrtložno strujanje u zoni dna.

3. IZBOR OPTIMALNE METODOLOGIJE I RAZRADA OPTIMALNOG TEHNIČKOG REŠENJA I DEFINISANJE DEPONIJA

3.1. Tehnički podaci refulera

Za iskop materijala – mulja iz kanala predviđen je refuler tipa IHC Beaver 300 C. Refuler ima dužinu 12m, širinu 4.05m i dubinu gaza od 1.3m. Pogonski motor refulera ima snagu od 240 kW. Rezač tla ima snagu od 30 kW, sa 5 nazubljenih noževa, prečnik rezanja je 83 cm. Usisna pumpa ima snagu 177 kW i usisana smesa vode i mulja se transportuje kroz crevo prečnika 26 cm. Dužina dohvata rezača je 6m. Očekivani učinak iskopa i transporta materijala u deponiju je 800 m³ mulja na dan i pri tome refuler prepumpava 4000 m³ suspenzije vode i mulja na dan. Radno vreme je 12 sati na dan.

3.2. Opis tehničkog rešenja deponija

Na terenu su identifikovane lokacije na kojima je vodoprivreda planirala izradu deponije ili započela radove na izradi deponije. Obilaskom i detaljnim osmatranjem terena utvrđeno je da su tri lokacije za deponovanje mulja vrlo pogodne i lokacijski dobro postavljene za predstojeće radove.

Izrađene varijante varirale su način izmuljenja i način remedijacije. Konačno je obrađeno i prikazano pet varijanti.

Vrednost radova ukazuje odlučujući uticaj investicije u opremu za remedijaciju. U varijanti 1 nabavlja se 1 set opreme za remedijaciju, u varijanti 2 nabavlja se 8 setova, u varijanti 3 nabavlja se 8 setova sa 4 centrifuge, u varijanti 4 nabavlja se 8 setova sa 2 centrifuge i u varijanti 5 se uopšte ne nabavlja oprema za remedijaciju. Po vrednosti radova varijanta 5 je najpovoljnija, sledi varijanta 1.

Prema vremenu trajanja radova varijante 3, 4 i 5 su najpovoljnije.

Prema zaposlenoj radnoj snazi u varijanti 1 potrebno je 5 radnika tokom pedeset dva meseca rada, u varijanti 2 potrebno je 40 radnika tokom sedam meseci rada i 5 radnika tokom tri meseca rada, u varijantama 3 i 4 potrebno je 40 radnika tokom sedam meseci rada. U varijanti pet nije potrebna radna snaga, a od ostalih varijanti najmanje radne snage potrebno je u varijanti 1. Od obrađenih varijanti izdvajaju se dve – varijanta 1 i varijanta 5.

Varijanta 5 znači da zagađen otrovan sediment bude trajno deponovan na bezbedan način, a varijanta 1 je najekonomičnija od ostalih varijanti jer se sa minimalnim ulaganjem u opremu za remedijaciju zagađen sediment prerađuje u neopasan materijal i trajno deponuje. Varijanta 1 je najopravdanija da se realizuje.

4. PRORAČUN KOŠTANJA EFEKTIVNOG RADNOG ČASA MAŠINA

Struktura cene efektivnog sata rada angažovane mašine definisana je izrazom:

$$Kh = Jt/hgr + (EE + EOS) * (1 + \phi) \text{ [€/h]}$$

gde su:

Jt - jednokratni troškovi

hgr - planirani fond radnih sati mašine na gradilištu

EE - eksploatacioni troškovi

EOS - troškovi osnovnog sredstva

ϕ – faktor kalkulisanja - faktor kojim se kalkulišu režijski troškovi i dobit

4.1. Jednokratni troškovi

Jednokratni troškovi predstavljaju sve troškove dopreme mehanizacije na gradilište, njeno puštanje u rad, montaže, probnog rada, demontaže kao i uklanjanje sa gradilišta.

Ovi troškovi direktno zavise od nabavne vrednosti mašine:

$$Jt = pJt * NV$$

gde je:

pJt – procentualni iznos usvojen prema vrsti mašine

NV – nabavna vrednost građevinske mašine

4.2. Eksploatacioni troškovi

Eksploatacioni troškovi predstavljaju grupu troškova koja obuhvata:

$$EE = ERS + EEN + EMAZ + ETO + EHAB$$

gde su:

ERS - troškovi radne snage, odnosno bruto lični dohodak angažovanih radnika.

EEN - troškovi utrošene energije ($EEN = gEN * CEN$) koji zavise od količine (gEN) energije utrošene sagorevanjem naftnih derivata ili električne energije, a srazmerni su ceni (CEN) jedinice utrošene energije.

$$EEN = N * gs * Ko * CEN$$

EMAZ - troškovi utrošenog maziva za jedan efektivni rad sata.

$$EMAZ = N * gMAZ * Ko * CMAZ$$

ETO - troškovi tekućih opravki

$$ETO = p * NV/15000$$

EHAB - troškovi habajućih delova

$$EHAB = 1.1 * NVhab/hEK,hab$$

gde su hEK,hab i NVhab ekonomski vek trajanja habajućeg dela i nabavna vrednost habajućeg dela.

4.3. Troškovi osnovnog sredstva

Troškovi osnovnog sredstva obuhvataju izdatke za investiciono održavanje mašine, amortizaciju i troškove kamate i osiguranja mašine.

$$EOS = EINV + EAM + EKIOS$$

gde su:

EINV - troškovi investicionog održavanja

$$EINV = 0.15 * NV/hgod$$

gde su: NV - nabavna vrednost mašine, hgod - godišnji fond radnog vremena mašine

EAM - troškovi amortizacije

$$EAM = NV/hEK$$

gde su: NV - nabavna vrednost mašine, hEK - ekonomski vek trajanja mašine

EKIOS - troškovi kamate i osiguranja

$$EKIOS = 0.1 * NV/hgod$$

gde su: NV - nabavna vrednost mašine, hgod - godišnji fond radnog vremena mašine

4.4. Proračun koštanja efektivnog radnog časa za bager refuler Ihc Beaver 300c

Varijanta 1

Nosivost radnog organa	q	t	23,00
Snaga motora	N	kW	240,00
Nabavna vrednost	NV	din	42.000.000,00
Jednokratni troškovi	Jt	din	126.000,00
Fond radnih sati na gradilištu (hgr)	h		1.600,00
	Jt/hgr	din/h	78,75
Troškovi radne snage	ERS	din/h	400,00
Utrošak energije	gs	lit/kWh	0,15
Koeficijent opterećenja motora (KO) -			0,60
Jedinična cena energenata CEN		din/lit	150,00
Troškovi utrošene energije EEN		din/h	3.150,00
Utrošak maziva	gMAZ	kg/kWh	0,01
Jedinična cena maziva CMAZ		din/lit	370,00
Troškovi utrošenog maziva EMAZ		din/h	532,80
Procentualni iznos prema mašini PTO -			0,50
Troškovi tekućih opravki ETO		din/h	1.400,00
Troškovi habajućih delova EHAB		din/h	275,00
Troškovi eksploatacije EE		din/h	5.757,80
Ekonomski vek trajanja mašine hEK		h	12.000,00
Troškovi amortizacije EAM		din/h	3.500,00
Godišnji fond radnog vremena mašine hGOD		h	1.600,00
Troškovi investicionog održavanja EINV		din/h	5.250,00
Troškovi kamate i osiguranja EKIOS		din/h	3.500,00
Troškovi osnovnog sredstva EOS		din/h	10.062,50
Faktor kalkulisanja ϕ			0,25
Cena efektivnog radnog sata Kh		din/h	19.854,13

	Ljudski resursi	Tehnički resursi IHC Beaver 300C
Količina radnih sati [h]	40.000,00	1.600,00
Cena [din/h]	400,00	19.854,13
Ukupno [din]	16.000.000,00	31.766.600,00

$$C_p = (E_{id} + E_{os}) \times (1 + \rho')$$

gde je:

C_p – prodajna cena građevinske usluge

E_{id} – troškovi radne snage

E_{os} – troškovi osnovnih sredstava (mašina)

ρ' – faktor režije i dobiti

$$C_p = (16\,000\,000 + 31\,766\,600) \times (1 + 0.5) = 71\,649\,900 \text{ din}$$

5. ZAKLJUČAK

Za svaku reku u Srbiji određena je količina nanosa koja se na godišnjem nivou sme ukloniti iz rečnog korita. Ona je jednaka količini nanosa koja se prirodnim putem može obnoviti preko vučenog nanosa koji dospeva sa uzvodnog dela sliva ili nastaje kroz mehanizam fluvijalne erozije.

Kako se u Srbiji ne vrše merenja vučenog nanosa, za definisanje dozvoljenih količina korišćeni su podaci o transportu suspendovanog nanosa i hipoteza da je transport vučenog nanosa približno jednak 10 % transporta suspendovanog nanosa na posmatranom sektoru vodotoka.

6. LITERATURA

- [1] M.Trivunić, Z.Matijević, "Tehnologija i organizacija građenja-praktikum", Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2009. Godina
- [2] Normativi i standardi u građevinarstvu, Građevinska knjiga, Beograd 1999. Godina
- [3] Uređenje vodotoka, Dr Marina Babić Mladenović
- [4] Prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom izmuljivanja, deponovanja i remedijacije sedimenta kanala Vrbas – Bezdan u Vrbasu km 0+000 do km 6+000
- [5] www.royalihc.com

Kratka biografija:



Nikola Stepanović rođen je u Valjevu 1988. god. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo odbranio je 2020. god.