

# Zbrinjavanje mulja septičkih jama

---

Rudeš, Mate

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:123:938755>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*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**

**Mate Rudeš**

**Split 2018**

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

KANDIDAT: MATE RUDEŠ

BROJ INDEKSA: 4214

KATEDRA: Katedra za gospodarenje vodama i zaštitu voda

PREDMET: Vodoopskrba i kanalizacija

## **ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: **Zbrinjavanje mulja septički jama**

Opis zadatka: Polazeći od podataka koji su prikupljeni i izračunati u prethodno izrađenom diplomskom radu odabrati najprihvatljivije rješenje zbrinjavanje mulja septičkih jama na otoku Braču. Izbor rješenja će se provesti korištenjem metodologije sustavnog pristupa te primjenom alata višekriterijske analize. Cilj je odabrati održivo rješenje za date prirodne i društveno-ekonomske uvjete otoka Brača. Izbor kriterija za vrjednovanje/rangiranje alternativnih rješenja odrediti će se uvažavajući smjernice strategije kružnog gospodarstva te druge relevantne smjernice za zbrinjavanje mulja.

U Splitu, rujan 2018.

Voditelj Završnog rada:  
Prof. dr. sc. Jure Margeta

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

**Zbrinjavanje mulja septički jama**

**Završni rad**

**Split, 2018**

**Sažetak:** U ovom radu, smo odabrali najprihvatljivije rješenje zbrinjavanja septički jama na otoku Braču. Izbor rješenja će se provesti višekriterijskom analizom. Izbor kriterija za rangiranje alternativnih rješenja odredit će se uvažavajući smjernice strategije kružnog gospodarstva te druge smjernice za zbrinjavanje mulja.

**Ključne riječi:** Zbrinjavanje mulja, višekriterijska analiza, septičke jame, kružno gospodarstvo, otok Brač

## Disposal of sludge septic tanks

**Abstract:**

In this paper, we choose the most acceptable solution for septic tank disposal on the island of Brač. Choice of solutions will be implemented by multi-criteria analysis. Selection of criteria for ranking alternative solutions will be based on the guidelines of the circular economy strategy and other sludge management guidelines

**Keywords:**

Disposal of sludge, multi-criteria analysis, septic tanks, circular economy, island of Brač

## Sadržaj

### Sadržaj

1.UVOD .....	6
2.Septičke jame kao rješenje za zbrinjavanje kućanskih otpadnih voda .....	6
3.Korištenje septičkih jama na otocima, prednosti i nedostaci.....	8
4.Mulj septičkih jama, osnovne značajke i smjernice za zbrinjavanje .....	9
5.Stanje na otoku Braču .....	12
6.Alternativna rješenja za otok Brača .....	15
6.1 Koncept tehnološkog rješenja .....	18
6.2 Alternativna rješenja.....	20
7.Metodologija .....	22
7.1 Kriterij za rangiranje .....	25
8.Alternative.....	27
8.1 Rangiranje.....	29
9.Zaključak.....	33
Popis literature.....	34

## 1.UVOD

Podaci koji su prikupljeni i izračunati u prethodno izrađenom diplomskom radu odabrali smo najprihvatljivije rješenje zbrinjavanje mulja septičkih jama na otoku Braču. Izbor rješenja će se provesti korištenjem metodologije sustavnog pristupa te primjenom alata višekriterijske analize. Cilj je odabrati održivo rješenje za date prirodne i društveno-ekonomske uvjete otoka Brača. Izbor kriterija za vrjednovanje/rangiranje alternativnih rješenja odrediti će se uvažavajući smjernice strategije kružnog gospodarstva te druge relevantne smjernice za zbrinjavanje mulja.

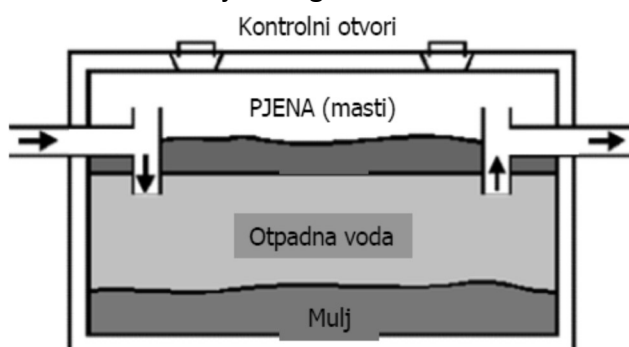
## 2.Septičke jame kao rješenje za zbrinjavanje kućanskih otpadnih voda

U naseljima gdje imamo izgrađene vodovodne sustave ,a veći broj kućanskih objekata nije priključen na javni kanalizacijski sustav. Kao izlaz iz takve situacije ljudi svoje otpadne vode ispuštaju u svoje septičke jame,uz odgovarajuće higijenske uvjete.Otpadna voda u septičkim jamama se pročišćava,te se uz veći nadzor upuštaju u okoliš preko upojnih bunara. No često mjesta ispuštanja nisu uređena u skladu normi i propisa te zbog toga dolazi do raznih onečišćenja i neugodnih mirisa.

U septičkim jamama se taloženjem izvajaju suspendirane stvari te se s obzirom na postupak taloženja dijele na:

- jednostavne septičke jame
- Dvokatni taložnici ili Emscherski septici

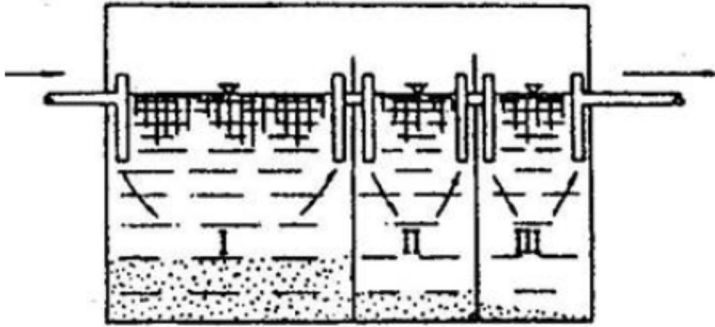
Jednostavne septičke jame se sastoje najčešće od dvije komore ,ali ponekad i od tri komore. Najvažnija je prva komora u kojoj se odvija taloženje ,a druge komore su preljevne. Vrijeme zadržavanja vode u jednostavnim septičkim jamama je 24h. Na samom dnu komore se nalaze nataložene tvari koje se anaerobnim procesima razgrađuju te se otpušta razni plinovi poput: metana,sumporovodika,ugljični dioksida i dušika ,stoga je potrebno redovito ventilirati septičke jame. Septičke jame se grade ispod zemlje zbog funkcionalnosti ,ali i estetike te su najčešće građene od betona.



*Slika 2.1 Jednokatna septička jama*

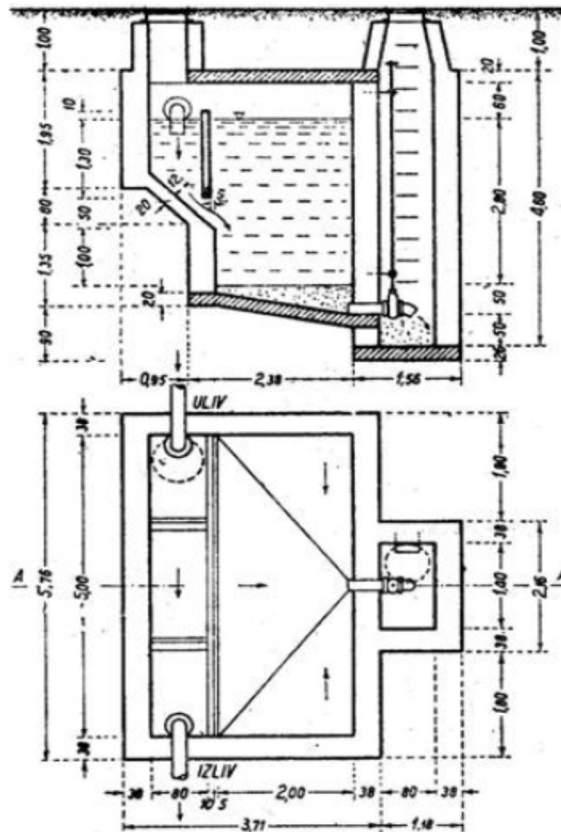


*Slika 2.2 Shema dvodjelne septičke jame*



*Slika 2.3 Shema trodjelne septičke jame*

Dvokatni taložnici ili Emscherski septicci su složeniji od jednostavne septičke jame. Razlika između ova dva tipa je u vremenu zadržavanja otpadne vode i konstrukciji objekta. U Emscherskim septicima voda u vremenu od 1h prolazi kroz taložnik, te istječe bez suspenzija. Ona se ispušta u prijemnik ili se odvodi uređaj biološkog pročišćavanja.



*Slika 2.4 Shema pravokutnog dvokatnog taložnika*

Dvokatne taložnike možemo pronaći u dva oblika: pravokutnog i kružnog oblika. Proces je sličan kao i kod jednostavnih septički jama.

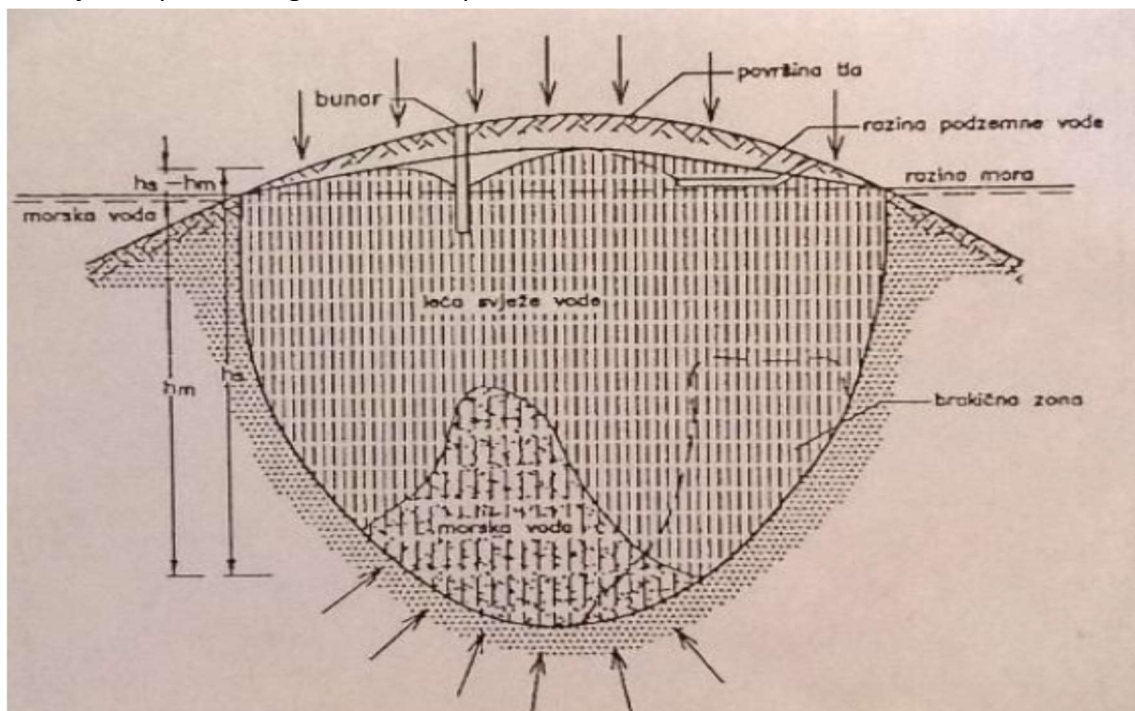


Postupak za rješavanje problema otpadnih voda je u tijeku zbog EU normi kojih se Hrvatska obvezala ispuniti kad je postala punopravna članica. Rješavanje tog problema je dug i skup proces te je zbog toga potrebno urediti sustav prikupljanja, odvoza i pražnjenja sadržaja septički jama kako bi bio sanitarno, ekonomski i tehnološki prihvatljiv. Ambiciozno je očekivat da će kanalizacijska mreža sve kućanske objekte obuhvatiti te potreba za prihvatljivim odlaganjem sadržaja septički jama uvijek postojati.

### 3. Korištenje septičkih jama na otocima, prednosti i nedostaci

Na otocima zbog nedostatka kanalizacijske mreže te su stanovnici primorani korištenju septičkih jama. Problematika korištenja septičkih jama na otocima je nekontrolirano pražnjenje i različit dotok tijekom godišnjih doba. Najveći je tijekom špice sezone, a i time i potreba za pražnjenjem septičkih jama je najveća tada.

Temeljem navedenog, postavlja se pitanje, koliko su štete i posljedica ostavilo na okoliš i čovjeka. Voda koja iscure iz septičkih jama odlazi u podzemlje zemlje i ulazi u podzemne vode otoka. Podzemnu vodu otoka čini leća slatke vode koja pluta iznad slane morske vode. Leća slatke vode istječe u more u području dodira sa morskom vodom. Tijekom zimskih dana, leća slatke vode se puni zbog većeg broja padalina, a u vrijeme ljetnih dana punjenje leće je smanjeno upravo zbog nedostatka padalina.



**Slika 3.1** Shematski prokaz podzemnih voda otoka

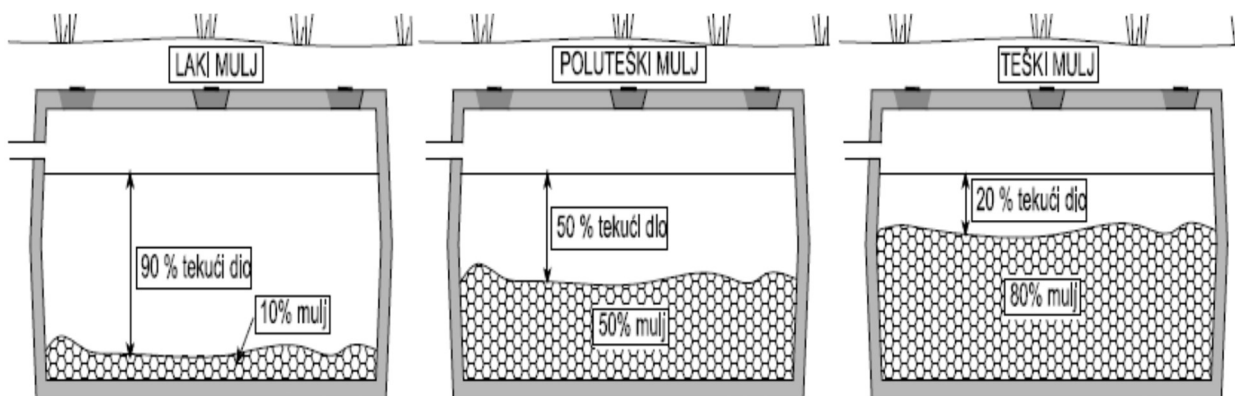
Zbog ovakvih obilježja podzemna voda se vrlo malo zagađuje od strane septički jama. Utjecaj septičkih jama na podzemnu vodu je ovisan o topografskom položaju. Septičke jame koje se nalaze u unutrašnjosti otoka te na višim kotama ne utječu na podzemnu vodu zbog procesa filtracije i odumiranja bakterija koje se događa u tlu. Obalno i priobalno područje se nalazi na nižim kotama te se tu odvija veće onečišćenje podzmenne vode. U ovom području leća slatke vode se ne koristi. Iako je onečišćenje veće kod ovog područja i dalje je pogodno za kupanje jer je vrijeme putovanja štetnih bakterija vrlo dugo i one u tom periodu većinom odumru.

Problem zagađenja podzemne slatke vode nije velik za otoke osim eventualno za područje uz more, ali se problem za ostalo otočno područje može riješit boljim skrbljenjem o odlaganju i odvozu mulja iz septički jama.

#### 4. Mulj septičkih jama, osnovne značajke i smjernice za zbrinjavanje

U septičkim jamama se taloženjem izvajaju suspendirane tvari ,a istaloženi mulj i dalje truli na dnu. Sadržaj je karakterističan po većem udjelu krutih tvari i masnoća, vrlo neugodnom mirisu,jako slabim karakteristikama taloženja i odvodnje. Sadržaj septički jama u pravilu najveći udio čine suspendirane tvari i masnoće koje kućanstva ispuštaju. Udio tvari pojedinih ovisi o kućanstvu, o vremenu između dva pražnjenja, temperaturi/klimi , navikama u prehrani kućanstva i drugo.

Mulj s obzirom na tip i vrijeme zadržavanja dijeli se na : laki,poluteški i teški mulj.



*Slika 4.1 Grafički prikaz vrste mulja*

Laki mulj nastaje kad nam je vrijeme zadržavanja vode u jamama iznimno kratko te se kolicina štetnih i otpadni tvari koje se nalaze u mulju sve bliže količini navedenim u tablici 1 drugi stupac

Poluteški mulj nastaje kad se mješa svježa otpadna voda i stari mulj koji još stoji od prošle godine. Mješanjem se donekle razblažuju tvari, te je prosječno zadržavanje mulja 3-6 mjeseci. Koncentracija je negdje između prvog i drugog stupca u navedenoj tablici 1

Teški mulj nastaje kad je zadržavanje mulja veće od 6 mjeseci. Voda iz septičkih jama većinom iscure jer su septičke jame većinom propusne. Talog i kora koje se nalaze na dnu povećava im se koncentracija otpadnih tvari. Koncentracija je bliže stupcu 2 u tablici 1. Mogući sadržaj pojedinih tvari u septičkoj jami naveden je u sljedećim tablicama

Parametar	Sadržaj jama	Kućanske otpadne vode	Omjer talog/kućanske vode
	1	2	3
US	40.000	720	55:01:00
BPK5	7.000	220	32:01:00
KPK	15.000	500	30:01:00
NH3-N	150	25	6:01
UP	250	8	31:01:00
Masnoće	8.000	100	80:01:00
pH	6	-	-

*Tablica 4.1 Usporedba stambenih otpadnih voda*

Parametar	Srednja vrijednost	Minimum	Maximum	Varijanca	EPA-prijedlog	Prijedlog za projektiranje
US	33800	200	123860	619	38800	40000
BPK5	8343	700	25000	36	5000	7000
KPK	28975	1300	114870	88	42850	15000
NH3-N	-	-	-	-	157	150
UP	155	20	636	32	253	250
Masnoće	-	-	-	-	9090	8000
pH	-	5,2	9	-	6,9	6

*Tablica 4.2 Fizikalne i kemijske karakteristike sadržaja septički jama(mg/l)*

Parametar	EPA-prijedlog	Prijedlog za projektiranje
Al	48	50
As	0,16	0,2
Cd	0,71	0,7
Cr	1,1	1
Cu	6,4	8
Fe	200	200
Hg	0,28	0,25
Mn	5	5
Ni	0,9	1
Pb	8,4	10
Se	0,1	0,1
Zn	49	40

*Tablica 4.3 Teški metali/kovine u septičkoj jami(mg/)*

Tip mulja	Ukupni koliformi	Fekalni koliformi	Fekalni streptokoki	Aneorobni sproformers, Clastridium perfringens
Sadržaj jama	$3,5 \times 10^7$	$3,9 \times 10^6$	$4,7 \times 10^3$	$3,3 \times 10^5$
Mulj iz primarnog taložnika sirove otpadne vode	$5,6 \times 10^7$	$2,0 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6$	$3,4 \times 10^5$

*Tablica 1.4 Koncetracija patogenih organizama*

Parametar	Tipične veličine (broj/100ml)
Ukupni koliformi	$10^7 - 10^9$
Fekalni koliformi	$10^6 - 10^8$
Fekalni streptokoki	$10^6 - 10^7$
Ps. Aeruginosa	$10^1 - 10^3$
Salmonela	$1 - 10^2$
Paraziti	prisutni
Toxacara, Ascaris, Lumbricoides, Trichuris, Trichiura, Trichuris Vulpis	

*Tablica 4.5 Veličina patogenih organizama u septičkoj jami*

Imamo tri osnovna načina zbrinjavanja mulja iz septičkih jama:

- Odlaganje na tlo i u tlo
- Zajedničko pročišćavanje s otpadnim vodama naselja u kojeg ispuštamo mulj u kanalizacijsku mrežu ili izravno u uređaj
- Odvojeno pročišćavanje mulja i ispuštanje u okoliš ili u kanalizacijsku mrežu naselja

Svaki način zbrinjavanja ima više načina rješenja, te izbor ovisi o više parametara i faktora o kojima ćemo pričati u poglavlju alternativna rješenja.

## 5. Stanje na otoku Braču

S obzirom na podatke s kojima raspoložemo o broju vodovodnih i kanalizacijskih priključaka utvrđen je broj mogući septički jama (tablica 2). Prilikom računanja nisu uzeti u obzir vodovodna mjerila koja se koriste u poljoprivredi. Uzeto je u obzir da svatko tko je priključen na vodovodnu mrežu, da ima riješen problem odvoda kanalizacije.

Iz navedenih podataka se analizom ustvrdilo da se na otoku Braču nalazi 6043 septičke jame. Stanje nije uređeno niti vjerojatno neće u sljedećih pet godina jer su naselja većinom manja i gradnja kanalizacijske mreže nije prioritet.

Općina	Mjesto	Broj mjerila		Broj kanalizacijskih priključaka	Mogući broj jama
		Domaćinstvo	Gospodarstvo		
<b>Grad Supetar</b>	Mirca	282	50	0	332
	Splitska	427	46	134	339
	Supetar	1985	324	1486	823
	Škrip	108	10	0	118
<b>UKUPNO</b>		<b>2802</b>	<b>430</b>	<b>1620</b>	<b>1612</b>
<b>Bol</b>	Bol	1261	325	1478	108
	Murvica	6	10	0	16
<b>UKUPNO</b>		<b>1267</b>	<b>335</b>	<b>1478</b>	<b>124</b>
<b>Milna</b>	Bobovišća	187	23	0	210
	Ložišća	144	9	0	153
	Milna	816	188	0	1004
<b>UKUPNO</b>		<b>1147</b>	<b>220</b>	<b>0</b>	<b>1367</b>
<b>Nerežišća</b>	Donji Humac	94	13	0	107
	Dračevica	72	11	0	83
	Nerežišća	303	44	0	347
<b>UKUPNO</b>		<b>469</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>537</b>
<b>Postira</b>	Dol	79	7	0	86
	Postira	892	135	855	172
<b>UKUPNO</b>		<b>971</b>	<b>142</b>	<b>855</b>	<b>258</b>
<b>Pučišća</b>	Gornji Humac	123	18	0	141
	Pražnica	152	11	0	163
	Pučišća	742	69	693	118
<b>UKUPNO</b>		<b>1017</b>	<b>98</b>	<b>693</b>	<b>422</b>
<b>Selca</b>	Novo Selo	96	5	0	101
	Povlja	342	32	103	271
	Puntinak	107	20	0	127
	Selca	387	34	0	421
	Sumartin	337	42	63	316
<b>UKUPNO</b>		<b>1269</b>	<b>133</b>	<b>166</b>	<b>1236</b>
<b>Sutivan</b>	Sutivan	1100	215	828	487
<b>UKUPNO</b>		<b>1100</b>	<b>215</b>	<b>828</b>	<b>487</b>
<b>Sveukupno</b>		<b>10042</b>	<b>1641</b>	<b>5640</b>	<b>6043</b>

*Tablica 5.1 Vodovodna mjerila i kanalizacijski priključci-2012*

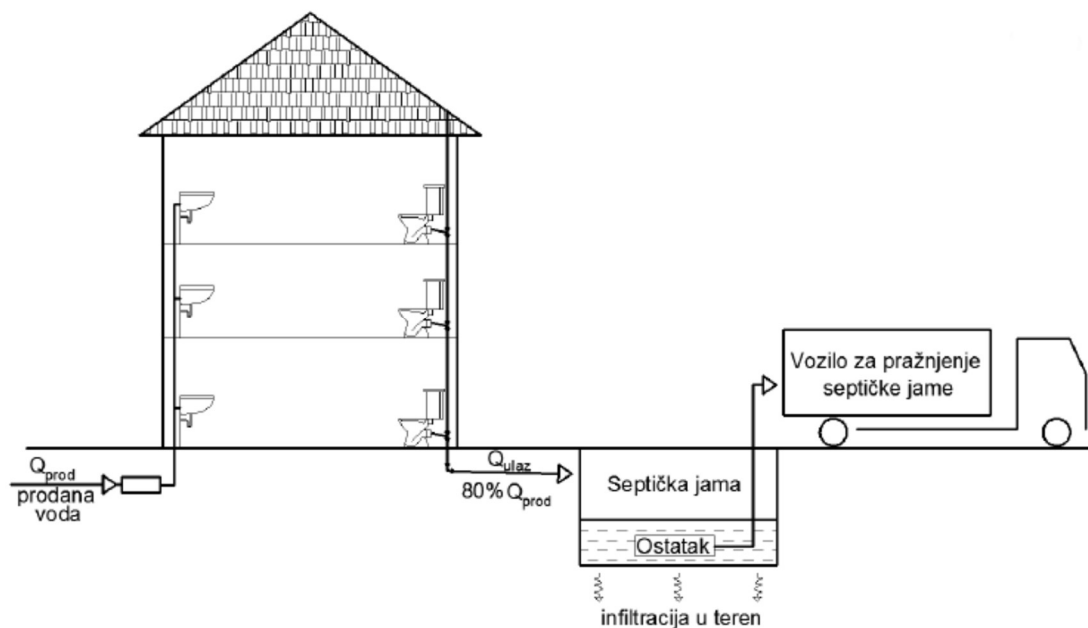
Podaci o odvozu i pražnjenju mulja i otpadnih voda nije poznato. Jedino je poznato da se najveći broj septički jama odvozi i prazni u kanalizacijski sustav Supetar. Većina jama se prazni nekontrolirano u teren. Za Brač je specifično da se mijenja zadržavanje mulja tijekom ljeta/zima. Tijekom zime otpadnu vodu stvara samo stanovništvo, te se mulj zadržava duže u septičkim jamama. Tijekom kasnog proljeća kada počinje turistička sezona na otoku Braču povećava se i dotok otpadnih voda u septičke jame. Na vrhuncu sezone dolazi do najvećih dotoka otpadnih voda u septičke jame, te je potrebno češće pražnjenje.

Ukupna godišnja količina otpadnih voda, tvari i mulja koje se skupljaju je nepoznata jer ne postoji odgovarajući podaci za to. Te se pretpostavlja da će 80-85 % ukupne prodane količine vode otići u septičku jamu. Proračun količine vode koja dolazi u septičku jamu se izvodi sljedećom formulom :

$$Q_{ulaz} = (N_{mn} - N_{kp}) \cdot Q_{prod} \cdot K_u \quad , \text{gdje su}$$

- $Q_{ulaz}$  – Količina otpadne vode koja ulazi u septičku jamu
- $N_{mn}$  – Broj vodovodnih mjerila
- $N_{kp}$  – Broj kanalizacijskih priključaka
- $Q_{prod}$  – Prosječna količina prodane vode po mjerilu
- $K_u$  – Postotak prodane vode koja dospije u sustav

Shematski prikaz kruženja vode od ulaza vode iz vodovoda u kućanstvo pa sve do vozila za pražnjenje septičke jame je zorno prikazan na slici 7.



*Slika 5.1 Grafički prikaz kruženja vode u kućanstvu*

## 6. Alternativna rješenja za otok Brača

Na otoku Braču imamo veći broj septički jama koje treba pravilno zbrinuti, te su moguća neka alternativna rješenja tog problema.

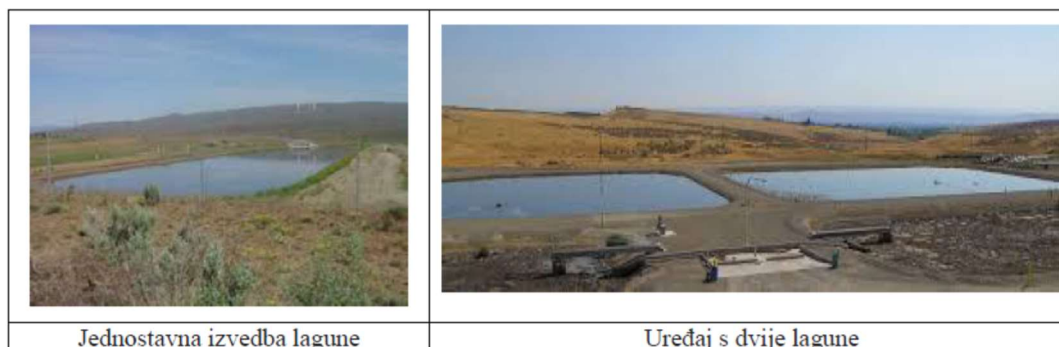
Problem Brača je što će uvijek imati septičke jame jer ima puno manji naselja, vikendice i slično. Stoga je iznimno skupo i neispativo praviti kanalizacijsku mrežu do svake stambene jedinice. Zbog sezonskog turizma na otoku Braču vrijeme putovanja otpadnih voda nije isto te se javljaju zbog toga teški, poluteški i laki mulj, te naše rješenje treba uzeti u obzir i ovu posebnu karakteristiku septički jama.

Postoji veći broj rješenja, ali zbog specifičnosti otoka Brača moguća su samo neka od njih. Izgrađen je samo dio kanalizacije, a uređaji drugog stupnja pročišćavanja i uređaji za obradu mulja još uvijek nisu napravljeni. Ako na Braču ikad budu izgrađeni uređaji za obradu mulja s uređajem za pročišćavanje otpadnih voda, bit će moguć odvoz otpadne vode na uređaje za obradu mulja uz naravno prethodne odgovarajuće tretmane.

Najjednostavnije rješenje bi bilo da se septička voda ispusti direktno u kanalizaciju, ali to nije moguće zbog jačine otpadnih voda, te je potrebno prilikom ispuštanja razblažiti. Direktno ispuštanje septičkih voda nije moguće jer su lokalni kanalizacijski sustavi manjeg kapaciteta. Jedino je moguće tijekom ljeta ispuštanje jer je jakost otpadne vode manja, ali opet može se samo dio ispuštati u kanalizacijsku mrežu i to isključivo u kolektore većeg profila. Tijekom ostatka godine je moguće jedino odvoditi septičku vodu na uređaj, ali uz prethodne tretmane za smanjenje koncentracije organskih i tvari ostali.

Moguće je i rješenje u kojem se koristi sustav odvojenog pročišćavanja.

Jedno od dugoročnih rješenja za zbrinjavanje septičkih jama je primjena laguna. Lagune su mjesta na kojima se odvija pročišćavanje otpadne vode u prirodnim uvjetima. To su vodonepropusni zemljani bazeni. Od izuzetne važnosti je kod izgradnje laguna pripremiti tlo da bude nepropusno kako procjedne vode ne bi ugrozile kvalitetu podzemnih voda.



**Slika 6.1 Način izvedbe lagune**

.Prednosti upotrebe laguna su:



- Ekonomičnost,osobito ako teren na kojem se nalazi nije skup
- Mali pogonski troškovi
- Lako rukovođenje – nije potrebno školovani i obrazovani kadri
- Robusno rješenje u odnosu na dotok i uvjete rada
- Lako se širi i modificira
- Patogene organizme uspješno uklanja
- Mulj je dobre kvalitete te su troškovi za daljnju brigu veoma maleni

Nedostaci korištenja laguna.

- Ne uklapa se estetikom u okoliš
- Zahtijeva veći prostor
- Mogu se pojaviti oštri i neugodni mirisi
- Ne može se izgraditi blizu naseljenog mjesta

Za lagunu je iznimno važno odabrati pravu lokaciju zbog navedenih karakteristika.Prilikom traženja lokacije za lagunu potrebno je uzeti u obzir i i prostorne planove i imovinsko-pravne odnose. Na Braču se nalaze mnoga izolirana mjesta ,te ne bi bio problem pronaći teren za gradnju lagune.

Na Braču su predviđeni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda i to jedan na sjevernoj i jedan na južnoj strani otoka.



*Slika 6.2 Područje usluge uređaja za pročišćavanje*

Zapadni podsustav obuhvaća uređaj za pročišćavanje koji se nalazi u Supetru, dok istočni podsustav obuhvaća uređaj za pročišćavanje u Bolu. Potrebno je daljnjom analizom utvrditi da li su lokacije za uređaje pogodne sa ekonomske i ekološke strane.

Umjesto dva uređaja moguće je odabrati rješenje samo za jedan uređaj koji bi se nalazio blizu odlagališta krutog otpada "Košer". Lokacija je ispitana hidrološki te je potvrđeno da nema podzemnih voda. Također ne ulazi u prostor zaštićene prirodne ili kulturne baštine.

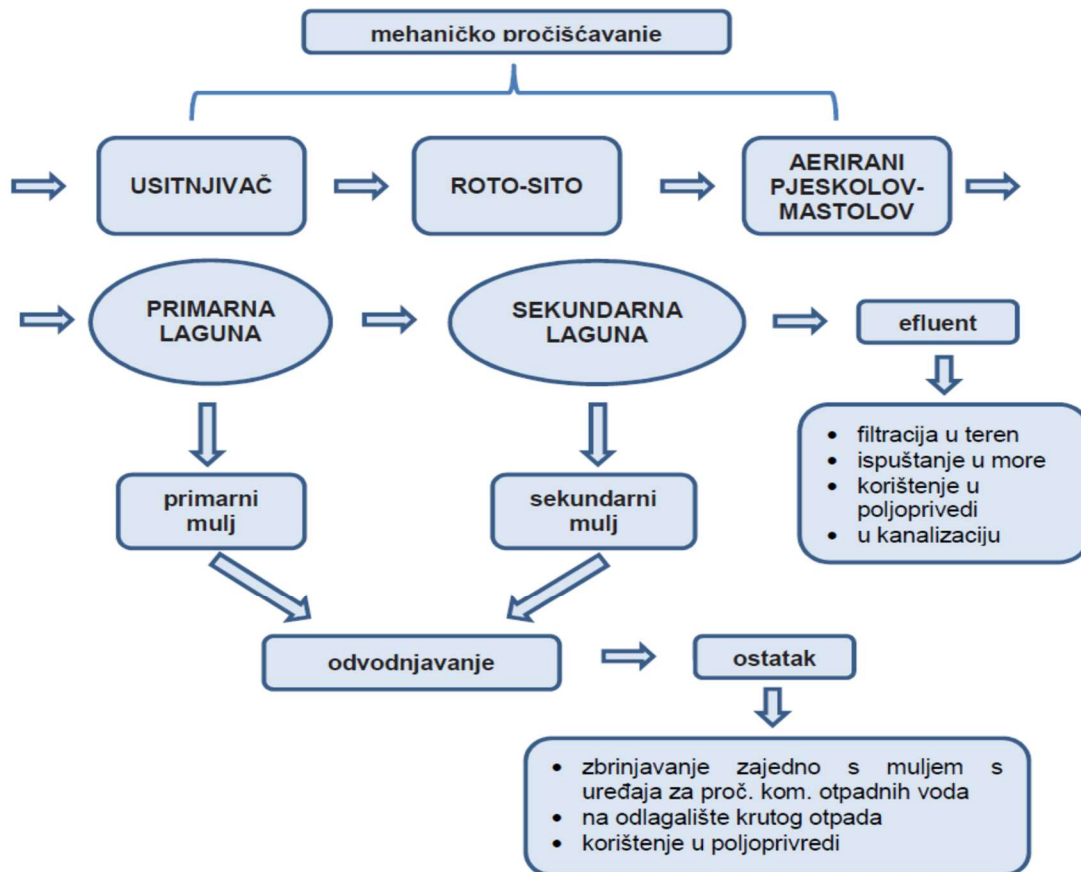


*Slika 6.3 Odlagalište "Košer"*

Ukoliko se ovo rješenje uzme kao zadovoljavajuće onda je potrebno osigurati zbrinjavanje efluenta s uređaja ili naoraviti spoj na postojeću kanalizacijsku mrežu. Kod ovog rješenja prednost je blizina odlagališta jer je moguće da se mulj sa uređaja sa krutim otpadom iz odlagališta zajedno riješe.

## 6.1 Koncept tehnološkog rješenja

Na slici je prikazan koncept za odvodnju i pročišćavanje septički jama kojeg čine lagune i mehaničko pročišćavanje.



**Slika 6.4 Koncept za odlaganje sadržaja septički jama**

Vozilo koje vrši istovar sadržaja na prihvatnoj stanici i to pomoću crijeva, te se dalje tretira sadržaj koji se usitnjava radi daljnje učinkovitosti. Usitnjeni sadržaj dalje ide u bubanj roto-sita, gdje se veće čestice zadržavaju na mreži, a dok ostatak odlazi u pjeskolov. U pjeskolovu se postiže dobro taloženje pijeska i anorganski tvari te se vodi dodaje kisik. Ovim postupkom su stvoreni uvjeti za areobnu razgradnju i suzbija se neugodni miris.

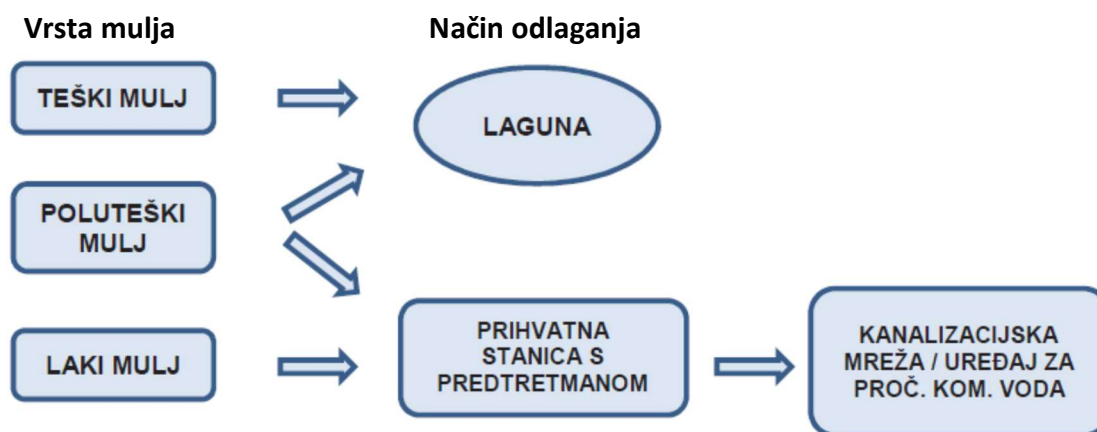
Tvari koje su ostale u bubnju se ispiru vodom radi organski tvari te se podiže u presu gdje se dodatno obrađuje.

Nakon mehaničkog prethodnog tretmana voda se odlaže u primarnu lagunu. Tu se odvija taloženje suspendirani tvari aerobna/anaerobna razgradnja. Ukoliko se želi trajno riješiti neugodnih mirisa onda se ugrade plutajući aeratori.

Mulj koji se nalazi u primarnoj i sekundarnoj laguni i dalje treba obraditi. Mulj koji je nastao daljnjom obradom u lagunama ima dobre kvalitete te se može čak u poljoprivedi upotrijebiti kao gnojivo. Ispuštanje efluenta je najjednostavnije da se ispusti u kanalizaciju. Ujedno je to gledano sa ekonomske i tehnološke strane najbolje rješenje. Ključni problem ispuštanja u kanalizaciju je onaj koji se javlja tijekom vrhunca sezone, a to je povećane količine otpadne vode. Ako bi povećali promjer kanalizacijske cijevi da bi mogli nesmetano ispuštati efluent je opet neekonomski jer u ostatku godine nema tolikog protoka.

## Koncept privremenog prijelaznog rješenja

Pretpostavlja se da stanovništvo u unutrašnjosti zadržava mulj duže od 6 mjeseci te se stvara tkz teški mulj. Na obalnom području zbog dolaska turista povećava dotok otpadne vode te se stvara tkz poluteški mulj. Privremeno rješenje odlaganja sadržaja septički jama ovisi o mulju koji se nalazi u septičkoj jami.



Slika 6.5. Shema privremenog rješenja odlaganja mulja

## 6.2 Alternativna rješenja

Umjesto laguna mogu se upotrijebiti drugi postupci za pročišćavanje otpadnih voda, Jedan od tih postupaka je anaerobna tehnologija. Prednosti ovih tehnologija:

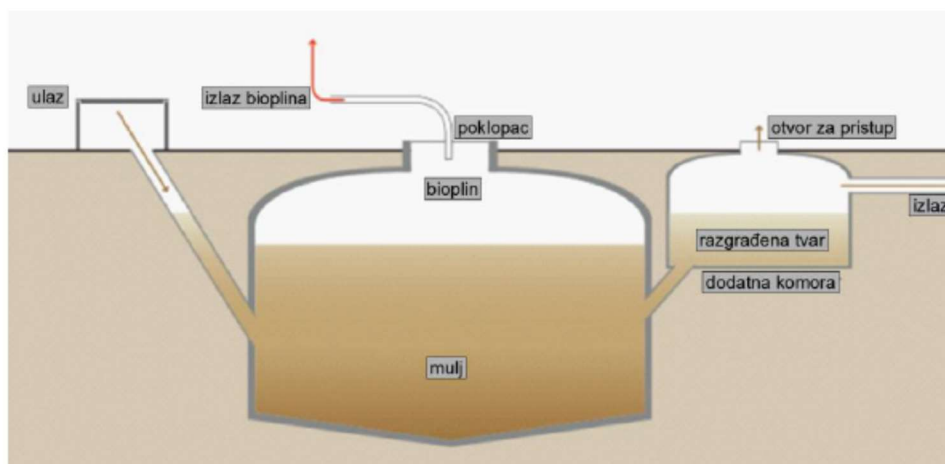
- Ne zauzima velik prostor
- Kontrola mirisa i plinova

- Zatvoren objekt
- Dobre karakteristike mulja
- Plin koji je oslobođen se može koristiti kao izvor energije

Nedostatci su :

- Potreban školovan i obrazovan kadar
- Procesi su složenog karaktera
- Patogene bakterije su u većoj mjeri prisutne
- Veliki investicijski i pogonski troškovi

Lokacija kod anaerobne tehnologije nije važna jer može biti blizu naseljenog mjesta, ipak se preporučuju da bude dalje zbog neugodnih i oštih mirisa koji se mogu pojaviti prilikom pretovara mulja. Anaerobna tehnologija ovisna je o investicijskom fondu. Njen oblik može biti jednostavan i jeftin, ali ako su veće investicije može se uklopiti u okoliš i bit siguran za njega.



*Slika 6.6 Grafički prikaz anaerobnog digestora*



*Slika 6.7. Složeni oblik digestora*

Osim anaerobnih može se upotrijebiti i aerobna tehnologija. No one nisu baš prikladne za ovo područje uoravo zbog jakosti i gustoće sadržaja. Takav sadržaj uzrokuje veće vrijeme stabilizacije, pa se u konačnici i povećavaju ukupne dimenzije objekta. Skuplja je izgradnja, ali i održavanje spram anaerobnog digestora.

## 7. Metodologija

Novi trend u svijetu, pa tako u Hrvatskoj je koncept kružnog gospodarstva. Cilj toga je efikasno korištenje resursa i otpada, odnosno efluenta mulja koji se generiraju u kanalizacionoj jami. Treba spriječiti da efluent i mulj postanu otpad, već da postanu resurs koji se može koristiti. Jedan od načina kako da ih ponovo koristimo je :

-Navodnjavanje

-Gnojivo

-Izdvajanje fosfora

-Za proizvodnju energije korištenjem bioplina kao zelene energije



**Slika7.1 Koncept kružnog gospodarstva**

Primjene kružnog gospodarstva u otpadnim vodama se zove “rudarenje kanalizacija”. Koncept rudarenja kanalizacije je jako upotrebljiv za izolirana područja kao i za otoke. Ovim konceptom postižu se veća održivost otoka i jača se energetska neovisnost. Jedna bitna značajka rudarenja kanalizacije je što se može provoditi kontinuirano jer sirovine neće nestati pošto je ljudi generiraju.

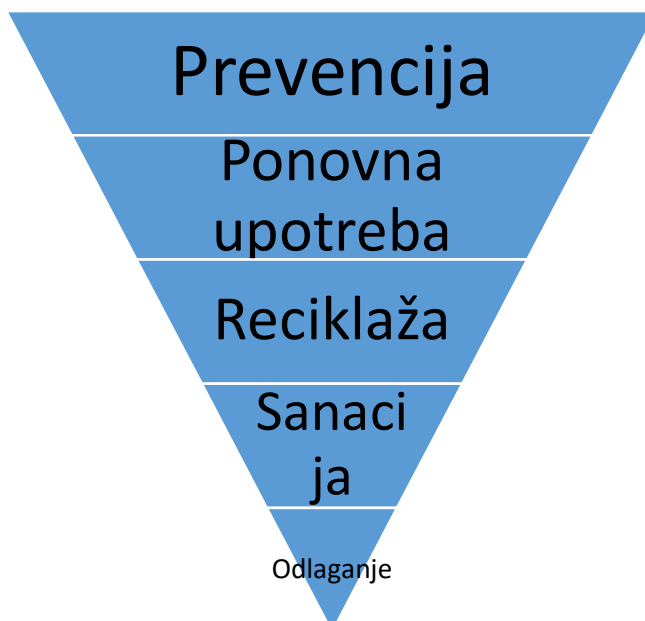
U slučaju kakvom mi imamo da je sustav manji jer se radi o otoku, zbog ekonomskih i drugih ograničenja uglavnom koristi pojednostavljeni pristup bez korištenja složenih modela za utvrđivanje veličine utjecaja i donošenja odluka. Umjesto toga koriste se jednostavne desk-



top metode,alati te najčešće procjene stručnjaka. Metodologija za utvrđivanje održivosti sustava zbrinjavanja efluenta i mulja podrazumijeva sljedeće postupke:

- Definiranje problema
- Prikupljanje podataka
- Utvrđivanje alternativnih rješenja
- Definiranje kriterija vrjednovanja alternativa u skladu s funkcijom cilja
- Procjena ekoloških učinaka
- Procjena ekonomskih učinaka
- Procjena društvenih učinaka
- Identifikacija scenarija
- Senzitivna analiza
- Izbor najbolje alternative
- Projektiranje i gradnja

Mulj iz septički jama na otoku treba obraditi i pročistiti tako da troškovi zbrinjavanja mulja ne budu preveliki te uz to treba paziti štetni utjecaj mulja na okoliš. Odnosno u skladu sa hijerarhijom otpada, slika 10.



Spriječavanje nakupljanja mulja izgradnjom kanalizacije.Smanjenje nakupljanja otpadnih voda primjenom sustava smanjenja vode.

Korištenje neobrađenog otpada je nepoželjno s gledišta javnog zdravlja.Bez obzira na zdravstvene

probleme, korištenje mulja je vrlo učinkovito postupak recikliranja nutrienata.

Recikliranje obrađenog mulja može se koristiti kao gnojivo ili kao poboljšivač tla. Recikliranje mulja putem kompostiranja,

Korištenje mulja za dobivanje energije npr: anaerobna digestija.

Odlaganje neizbježnog na sanitarna odlagališta sa korištenjem odlagališnog plina kao zadnje opcije.

### ***Slika 7.2. Interpretacija hijerarhije zbrinjavanja mulja***

Dužnost rješenja ovog problema da zadovoljava tri cilja .

-Ekonomsku održivost

-Ekološku održivost

-Društvenu održivost

To znači da se rješenje ne može odabrati bez strukturalne analize koja obuhvaća više kriterija izvedenih iz gore navedena osnovna tri.

## **7.1 Kriterij za rangiranje**

Prvo se analiziraju svojstva problema: određuju se količine efluenta i mulja i njihove karakteristike, raspored korisnika u prostoru, značajke prostora i prometnica, urbanistički planovi, potencijalne lokacije objekata i njihove značajke, dosadašnja praksa, planovi i odnos javnosti prema problemu , zakonska ograničenja i sl. Potom se definiraju kriteriji za vjednovanje alternativa u skladu s funkcijom cilja. Korak koji tada radimo je određivanje izvedivosti alternativnih rješenja. Moguća rješenja se dimenzioniraju, te se potom utvrđuju utjecaji, ekonomski, ekološki i društveni.

Obuhvat	Kriterij
Okoliš	-Utjecaj na klimatske promjene kg CO <sub>2</sub> /ES -Neto emisija staklenički plinova u okoliš -Veličina recikliranja -Količina oporabljene energije, itd
Ekonomija	-Troškovi pročišćavanja €/t,t -Troškovi sakupljanja €/t LCC,ITD.
Društvo	-Zdravlje i sigurnost uposlenika -Zdravlje i sigurnost životne sredine na otoku -Lokalno zapošljavanje, itd.
Tehnologija	-Učinkovitost -Sigurnost -Pouzdanost -Zrelost itd

Tablica 7.1 Tipični kriteriji vrjednovanja alternativa

Od svih mogućih rješenja koje smo imali odabire se onaj koji najbolje ispunjava kriterije(Tablica1). Utvrđuju se težinske vrijednosti pri odlučivanju, te se provodi višekriterijska analiza i rangiranje mogućih opcija. U ovom slučaju moguće je uvažiti dvije razine preferencija: globalne i lokalne. Globalni poredak opcija se ne može mijenjati mijenjati dok lokalni utjecaji rezultat nastao rješavanjem lokalnih karakteristika i interesa lokalnog stanovništva.Ukupna preferencija produkt opće prihvaćenih preferencija, te lokalnih utjecaja i interesa.

Preferencija = (hijerarhijski poredak) · (preferencije dionika)

Poželjno je koristiti više metoda rangiranja rješenja jer svaka metoda ima specifičan postupak korištenja ulaznih podataka i rangiranja što utječe na rezultat.

## 8.Alternative

Alternativna rješenja za zbrinjavanje mulja na otoku Braču su :

-Lagune – ALT1

-Anaerobna tehnologija – ALT2

-Aerobna tehnologija – ALT3

-Dodavanje u otpadnu vodu,kanalizaciju -ALT4

Obuhvat w	Kriterij	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4
<b><u>Okoliš</u>1.0,0375</b>	-Utjecaj na klimatske promjene kg CO <sub>2</sub> /ES	8	4	6	4
2. <b>0,0375</b>	-Neto emisija staklenički plinova u okoliš	8	4	6	4
3. <b>0,0375</b>	-Veličina recikliranja	5	5	5	1
4. <b>0,0375</b>	-Količina oporabljene energije, itd	1	1	9	1
<b><u>Ekonomija</u></b>					
5. <b>0.05</b>	-Troškovi pročišćavanja €/t,t	9	7	6	8
6. <b>0.05</b>	-Troškovi sakupljanja €/t	5	5	5	6
7. <b>0.05</b>	LCC,ITD.	9	7	6	8
<b><u>Društvo</u></b>					
8. <b>0.13</b>	-Zdravlje i sigurnost uposlenika	7	5	3	9
9. <b>0.13</b>	-Zdravlje i sigurnost životne sredine na otoku	8	6	4	7
10. <b>0,13</b>	-Lokalno zapošljavanje, itd.	4	7	9	2
<b><u>Tehnologija</u></b>					
11. <b>0,075</b>	-Učinkovitost	6	7	9	2
12. <b>0,075</b>	-Sigurnost	8	6	5	8
13. <b>0,075</b>	-Pouzdanost	8	6	5	9
14. <b>0,075</b>	-Zrelost itd	8	6	4	9

Tablica 8.1

$$\Sigma=1 \text{ Društvo} - \frac{0,4}{3} = 0,13$$

$$\text{Tehnologija} - \frac{0,3}{4} = 0,075$$

$$\text{Okoliš} - \frac{0,15}{4} = 0,0375$$

$$\text{Ekonomija} - \frac{0,15}{3} = 0,05$$

## 8.1 Rangiranje

Najčešća spominjana i korištena mjera utvrđivanja efikasnosti rješenja su ekonomske karakteristike, odnosno kriteriji. Naša nastojanja su u cilju postizanja najveće moguće pozitivne razlike između dobrobiti i troškova.

Doprinos razvoju se najčešće karakterizira kroz zaradu i zapošljavanje. Ekonomski razvoj rezultira i većim zapošljavanjem stanovništva. Ovdje se misli na direktno zapošljavanje u održavanju voda i indirektno u drugim sektorima zapošljavanja.

Kvaliteta okoline je kategorija doprinosa razvoja društva koja se vrlo teško može kvantificirati općenito, a pogotovo ekonomski. U ovu kategoriju spadaju elementi kao što su:

-fizikalno-kemijske karakteristike

-biološke karakteristike

-ekološki odnosi

-kulturni faktori

-prirodne ljepote

-korištenje prirodne sredine itd

Kad se govori o vrednovanju vodnih resursa, govori se o višekriterijskom pristupu. Funkcija društvene dobrobiti se može izraziti na slijedeći način:

$$DD = a_1 \cdot c_1 + a_2 \cdot c_2 + \dots + a_n \cdot c_n = \sum_{i=1}^n a_i \cdot c_i$$

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1$$

gdje je:

DD-Društvena dobrobit

$a_i$ =težinski faktor/preferencije

$c_i$ =mjera zadovoljavanja određenog cilja

Težinski faktor predstavljaju interes ili preferenciju u odnosu na pojedine mjere. Mjere za zadovoljavanje cilja su rezultat tehnički analiza i nekompromisne su i ne mogu se dogovoriti. Na ovaj način se mogu direktno valorizirati različiti pristupi vrednovanju mjera za zadovoljavanje osnovnog cilja. Međutim, u našem slučaju se svi kriteriji ne mogu direktno uspoređivati, zbog čega je potrebno koristiti jednu od metoda višekriterijske analite. Najjednostavniji postupak je korištenje matrice zadovoljavanja kriterija ili cilja ili metoda procjene.

Ukoliko je pojedini kriterij u odnosu na pojedine grupe zadovoljen, tada je on pozitivan i, obrnuto, negativan. Matrica sama po sebi ne daje direktno rangiranje alternativa već samo informacije potrebne za analiziranje.

Najjednostavniji postupak rangiranja alternativa, uz korištenje više kriterija od kojih svi nisu mjerljivi je metoda linearnog zbrajanja li težinske sredine. Vrijednost neke alternative  $U_j$  definiran je:

$$U_j = \sum_{i=1}^m w_i \cdot r_{ij}$$

gdje je:

$w$  – težinska vrijednost pojedinog kriterija, odnosno relativna važnost

$r$  – numerička vrijednost dobivena za svaki kriterij pripadne alternative

$i$  – broj kriterija (ukupno  $m$ )

$j$  – broj alternativa (ukupno  $n$ )

Najbolja alternativa je ona koja ima maksimalnu vrijednost, odnosno:

$$U_{\text{optimalno}} = \max U_j \quad j=1, \dots, n$$

Numeričke vrijednosti kriterija se kreću od 1 do  $n$  gdje je "n" ukupni broj alternativa.

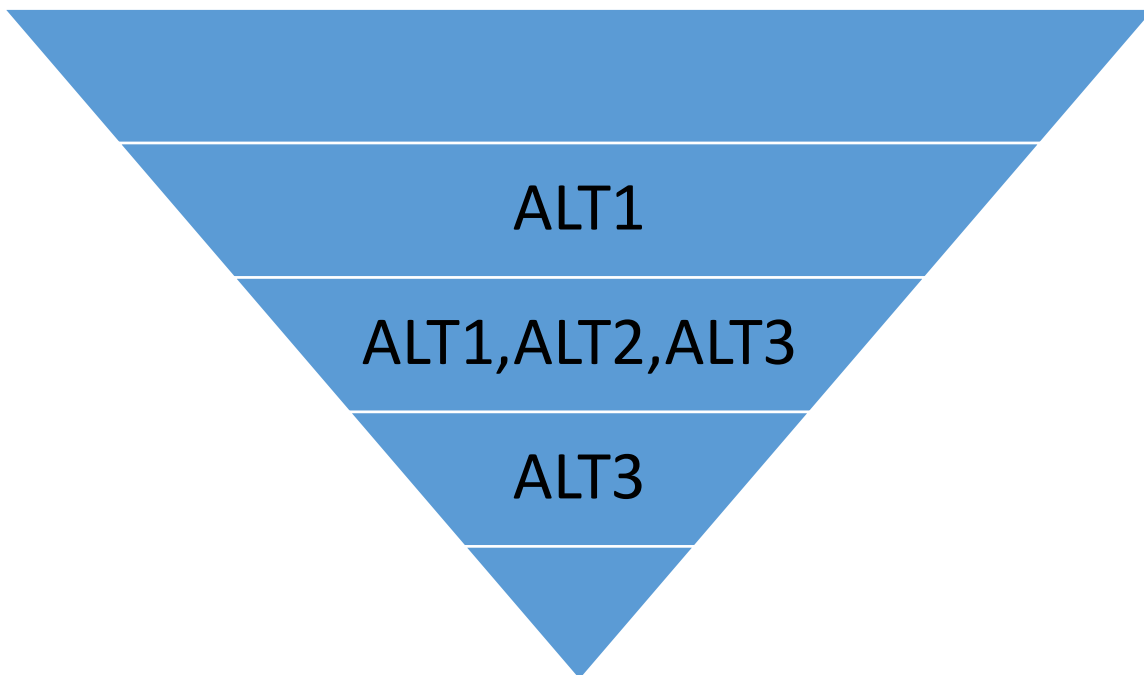
Vrijednost ( $r$ ) se množi sa težinskim faktorom ili faktorom relativne važnosti pojedinog kriterija ( $w$ ) i dobije se kombinirana procjena (KP) vrijednost alternative u odnosu na dotični kriterij. Težinski faktor se procjenjuje vrijednosti od 1 do 10. Zbrajanjem svih kombiniranih vrijednosti dobije se ukupna vrijednost alternative. Alternativa sa najvećom vrijednošću je najpovoljnija za dobivene ulazne podatke.

Broj	w	ALT1		ALT2		ALT3		ALT4	
1.	0,0375	8	0,3	4	0,15	6	0,225	4	0,15
2.	0,0375	8	0,3	4	0,15	6	0,225	4	0,15
3.	0,0375	5	0,1875	5	0,1875	5	0,1875	1	0,0375
4.	0,0375	1	0,0375	1	0,0375	9	0,3375	1	0,0375
5.	0,05	9	0,45	7	0,35	6	0,3	6	0,3
6.	0,05	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25
7.	0,05	9	0,45	7	0,35	6	0,3	8	0,4
8.	0,13	7	0,91	5	0,65	3	0,39	9	1,17
9.	0,13	8	1,04	6	0,78	4	0,52	7	0,91
10.	0,13	4	0,52	7	0,91	9	1,17	2	0,26
11.	0,075	6	0,45	7	0,525	9	0,675	2	0,15
12.	0,075	8	0,6	6	0,45	5	0,525	8	0,6
13.	0,075	8	0,6	6	0,45	5	0,525	9	0,675
14.	0,075	8	0,6	6	0,45	4	0,3	9	0,675
	$\Sigma=1$		6.695		5.69		5,93		5,765

**Tablica 8.2**



Ako bi se sagledala hijerarhija tada alternative su hijerarhijski poredane na sljedeći način



*Tablica 8.3 Hijerarhija alternativa*

Kada bi se gledao ovakav sustav preferencija tada su lagune najispaltivije.

## 9. Zaključak

Provedenom analizom sadašnjeg stanja odlaganja septičkih voda i postojećeg mulja vidimo da nisu u skladu hrvatskim i europskim regulativama. Jame na Braču će uvijek postojati bez obzira na postojanje kanalizacijske mreže zbog svojih reljefnih obilježja.

Da bi smo zadovoljili regulative koje nam Europska unija propisala , proveli smo jednu višekriterijsku analizu i hijerarhiju. Provedenom višekriterijskom analizom smo ustvrdili da je najbolji način za rješavanja otpadnih voda i mulja su lagune. Lagune su također najbolje u hijerarhiji , što znači da bi prilikom izgradnje lagune na otoku Braču one bile velikim dijelom financirane iz fonda Europske unije. Ostale alternative bi puno manje bile financirane od strane EU fondova , ali i ne zadovoljavaju sa društvenog i ekološkog pogleda.

Ovakav sustav zbrinjavanja otpadnih/septičkih voda i mulja iznimno je povoljan sa socio-ekonomskog i ekološkog pogleda, jer doprinosi održivom razvoju i uređenju mjesta, sprječava zagađenje podzemnih voda i okolnog mora, otvara nova radna mjesta, nije opasan za ekološke katastrofe, lagunu je lako održavat i nadzirat, a ne smije se niti zaboraviti ni da je otok Brač veoma popularno turističko središte i kao takvo mora ovaj problem riješiti što brže i učinkovitije jer bi se poboljšala glavna grana ovog otoka – turizam.

Odabrano rješenje je u skladu provedbe zelene odnosno plave strategije održivog razvoja ,kao i kružnog gospodarstva koje Europska unija preferira.

## Popis literature

- [1] *United States Environmental Protection Agency: „Handbook - Septage treatment and disposal“, 1984.*
- [2] *Prostorni plan uređenja Splitsko-dalmatinske županije ("Službeni glasnik Splitskodalmatinske županije", broj 1/03, 8/04, 5/05, 5/06, 13/07, 9/13)*
- [3] *Prof. dr. sc. Jure Margeta: „Oborinske i otpadne vode: teret onečišćenja, mjere zaštite“, Fakultet arhitekture, geodezije i građevinarstva, Split 2007.*
- [4] *Prof. dr. sc. Jure Margeta: „Kanalizacija naselja“, Fakultet arhitekture, geodezije i građevinarstva, Split 1998.*
- [5] *Vodoopskrbni plan Splitsko-dalmatinske županije*
- [6] *mag.ing. Sanja Grahovac: „Diplomki rad“ Fakultet arhitekture, geodezije i građevinarstva, Split 2015*
- [7] *Prof.dr.sc. Jure Margeta: : „Osnove gospodarenja vodama“, Fakultet arhitekture, geodezije i građevinarstva, Split 1992.*
- [8] <http://www.jwce.com/muni/honey-monster-septage-receiving-system/>
- [9] <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/site-storage-and-treatments/anaerobic-di>