

Integracija sustava upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja otpada na otocima Splitsko-dalmatinske županije, na primjeru otoka Brača i Šolte

Lipovac, Matko

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:123:256359>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-09**



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

Matko Lipovac

Split, 2023.

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

**Integracija sustava upravljanja otpadnim vodama i
sustava prikupljanja komunalnog otpada na otocima
Splitsko-dalmatinske županije, na primjeru otoka
Brača i Šolte**

Završni rad

Split, 2023.

Integracija sustava upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja komunalnog otpada na otocima Splitsko-dalmatinske županije, na primjeru otoka Brača i Šolte

Sažetak:

Ovaj rad obrađuje temu integracije sustava za upravljanje otpadnim vodama i prikupljanje komunalnog otpada na otocima Srednje Dalmacije, fokusirajući se na organski otpad. Cilj rada je predočiti inovativne i uspješne modele integracije koji doprinose održivom odlaganju otpada te uključuju efikasno korištenje resursa, zaštitu okoliša i unaprjeđenja lokalne zajednice. Kvantitativnom procjenom analizirali smo i usporedili ekonomski i ekološki učinak oba sustava.

Ključne riječi:

Gospodarenje otpadnim vodama, prikupljanje komunalnog otpada, jadranski otoci, održivo gospodarenje otpadom.

Integration of wastewater management system and municipal waste collection system on the islands of the Split-Dalmatia County, case study: islands of Brač and Šolta

Absract:

In this paper, we explore the issue of integrating municipal waste collection with wastewater management systems in Central Dalmatia's islands, with a particular emphasis on organic waste. Our objective is to present innovative and effective integration models that promote sustainability of waste disposal by including efficient resource utilization and environmental preservation while enhancing community well-being. We have analyzed and compared the economic and ecological impact of both systems through quantitative assessment.

Keywords:

Wastewater management, municipal waste collection, Adriatic islands, sustainable waste management.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **SVEUČILIŠNI STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Matko Lipovac

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083222187

KATEDRA: **Katedra za gospodarenje vodama i zaštitu voda**

PREDMET: Vodoopskrba i kanalizacija

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema:

Integracija sustava upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja komunalnog otpada na otocima Splitsko-dalmatinske županije, na primjeru otoka Brača i Šolte

Opis zadatka:

Tema završnog rada ispituje integraciju sustava upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja komunalnog otpada s naglaskom na frakciju organskog otpada na srednjodalmatinskim otocima. Jedinstveni izazovi s kojima se suočavaju ovi otoci u smislu ograničene dostupnosti zemljišta za odlaganje otpada, sezonskih varijacija stanovništva i osjetljivih ekosustava zahtijevaju inovativne pristupe kako bi se osiguralo održivo gospodarenje otpadom. Ovaj rad istražuje različite strategije i najbolje prakse koje se koriste u integraciji sustava za prikupljanje otpadnih voda i komunalnog otpada kako bi se postiglo učinkovito korištenje resursa, očuvanje okoliša i dobrobit zajednice. Kroz analizu predmetnog područja (demografska, gospodarska, geografska i analiza postojećeg i planiranog sustava gospodarenja otpada i upravljanja otpadnim vodama) te relevantne literature, ovaj rad ima za cilj pružiti uvid u uspješne modele integracije koji mogu poslužiti kao putokaz donosiocima odluka, urbanistima, ekolozima i predmetnim jedinicama lokalne samouprave koji rade na održivom gospodarenju otpadom na dalmatinskim otocima

U Splitu,

Voditelj Završnog rada:

Izv. prof.dr.sc. Ivo Andrić, dipl. ing. građ.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Pozadina i značaj završnog rada	1
1.2. Ciljevi istraživanja	1
1.3. Izazovi gospodarenja otpadom na dalmatinskim otocima	1
2. Gospodarenje otpadnim vodama i komunalnim otpadom na otocima	2
2.1. Analiza demografskih kretanja predmetnih otoka	2
2.2. Sezonske varijacije i utjecaj turizma	4
2.3. Pregled upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja komunalnog otpada	5
2.4. Sustavi gospodarenja otpadnim vodama	7
2.5. Sustavi prikupljanja komunalnog otpada: metode i tehnologije	8
3. Integracijske strategije i najbolje prakse	10
Predmetno područje 1: Otok Brač	
3.1. Prikaz otočnog sustava gospodarenja otpadom	11
3.2. Određivanje količina otpadnih voda (sezonski i godišnje)	12
3.3. Određivanje količina organskog otpada (sezonski i godišnje)	14
Predmetno područje 2: Otok Šolta	
3.4. Prikaz otočnog sustava gospodarenja otpadom	16
3.5. Određivanje količina otpadnih voda (sezonski i godišnje)	17
3.6. Određivanje količina organskog otpada (sezonski i godišnje)	19
4. Strategije integracije sustava na otocima	21
4.1. Usporedba integriranog i planiranog sustava (financijska i ekološka komponenta)	23
5. Održivost sustava gospodarenja komunalnim otpadom i otpadnim vodama	
5.1. Prednosti za okoliš	29
5.2. Ekonomske koristi	30
5.3. Tehnološki napredak i inovacije	32
6. Zaključak	33
6.1. Sažetak ključnih nalaza	33
6.2. Implikacije za održivo gospodarenje otpadom na dalmatinskim otocima	33
6.3. Smjerovi budućih istraživanja	35
7. Literatura	37

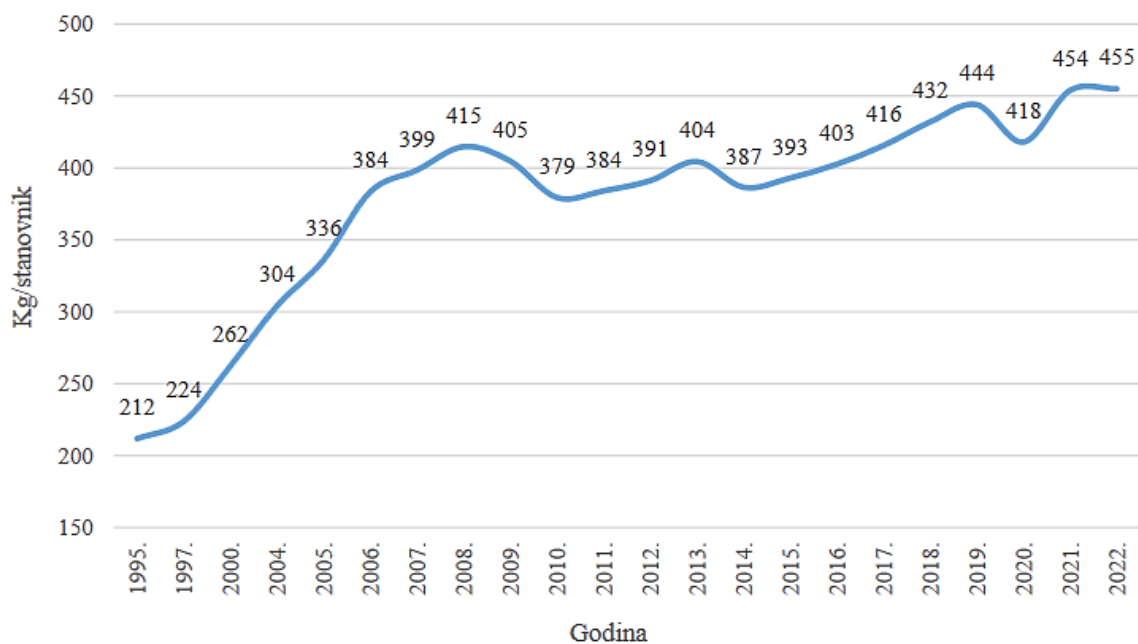
1. Uvod

Suvremeni stil života, urbana koncentracija, brza industrijska proizvodnja i potrošnja doprinose rastućem trendu povećanja otpada po stanovniku kako je prikazano na slici 1. Nakon provedenog popisa stanovništva u 2021. godini, utvrđeno je da je Splitsko-dalmatinska županija jedna od najmnogoljudnijih županija u Republici Hrvatskoj. S obzirom na intenzivnu turističku djelatnost u regiji, rezultirajuće količine komunalnog otpada su također najveće u cijeloj državi. Kako bi se suočila s ovim izazovom, planirane su intervencije radi rješavanja problema povećanog komunalnog otpada.

Poseban izazov u rješavanju problematike otpada u Splitsko-dalmatinskoj županiji proizlazi iz otoka i nedostatka prostora za izgradnju odlagališta, kao i zbog velikih sezonskih varijacija u generiranju otpada. Dodatno, visoki troškovi prijevoza otpada na kopno predstavljaju povećani izazov. Trenutno, otpad s otoka se prevozi trajektom do Splita, a zatim cestovnim putem dalje do centra za gospodarenje otpadom u Lećeveci.

U ovom završnom radu ću se fokusirati na rješavanje dijela problematike otpada na otocima Brač i Šolta. Konkretno, istraživat ću alternativna rješenja za zbrinjavanje biootpada, s posebnim naglaskom na integraciju sustava upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja komunalnog otpada, s ciljem efikasnijeg upravljanja frakcijom organskog otpada.

Kroz analizu demografskih, gospodarskih i geografskih karakteristika otoka Brača i Šolte te pregled postojećeg i planiranog sustava gospodarenja otpadom s ekonomskom i ekološkom komponentom, kao i analizu upravljanja otpadnim vodama i relevantne literature, ovaj rad ima za cilj pružiti uvid u uspješne modele integracije koji mogu poslužiti kao putokaz donositeljima odluka, urbanistima, ekolozima i jedinicama lokalne samouprave u procesu održivog gospodarenja otpadom na otocima te pridonijeti boljem razumijevanju i pronalasku optimalnih rješenja za održivo gospodarenje otpadom.



Slika 1. Godišnje količine nastalog komunalnog otpada po stanovniku u RH, 1995.-2022., (HAOP, Izvješće o nastalom i odloženom komunalnom otpadu za 2022. godinu)

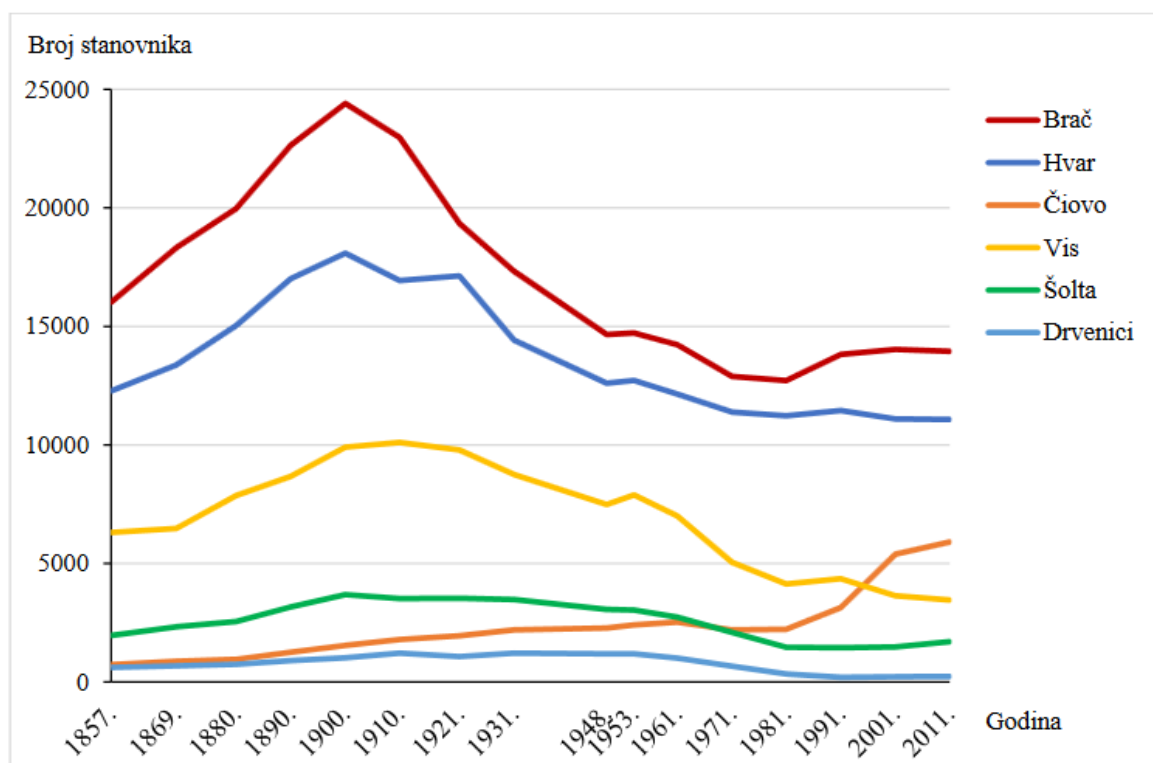
2. Gospodarenje otpadnim vodama i komunalnim otpadom na otocima

2.1. Analiza demografskih kretanja predmetnih otoka

Zabilježen je značajan pad broja stalnih stanovnika na mnogim otocima Splitsko-dalmatinske županije.

Ovaj demografski trend može se objasniti činjenicom da su otoci koji su udaljeni od kopna često suočeni s izazovima poput ograničenog pristupa i povezanosti s kopnom. To može rezultirati manjim mogućnostima za zapošljavanje, pružanje usluga i pristup infrastrukturi. Kao rezultat toga, mnogi ljudi su napustili otoke u potrazi za boljim gospodarskim i životnim uvjetima na kopnu.

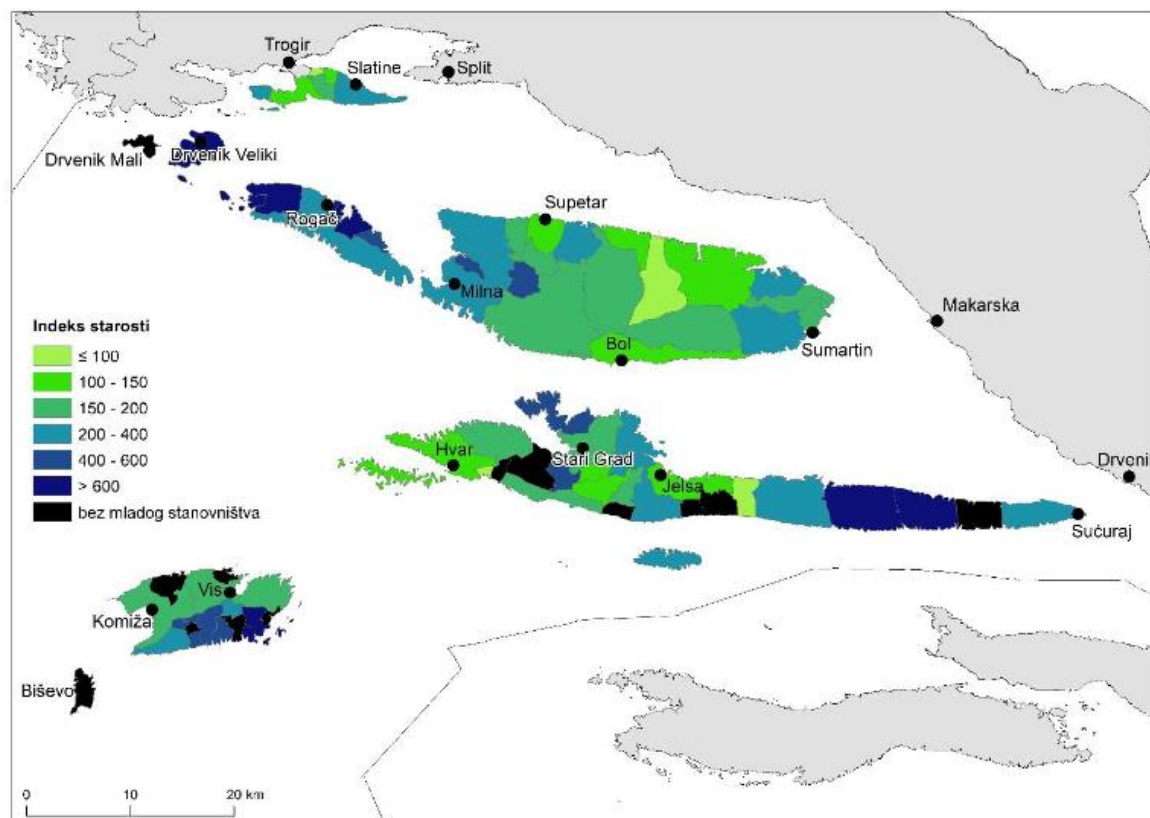
S druge strane, otoci poput Brača i Šolte, koji imaju bolju povezanost s kopnom putem češćih brodskih linija, mogu privući više stanovnika i turista. Povećana dostupnost prijevoza olakšava ljudima da putuju između otoka i kopna, što može potaknuti gospodarski rast i razvoj na tim otocima. Kao rezultat toga, ti otoci su primijetili blagi rast broja stanovnika od 1980-ih godina naovamo.



Slika 2. Kretanje broja stanovnika otoka Splitsko-dalmatinske županije 1857.-2011.g, (Državni zavod za statistiku, 2013.)

Osim toga, primjećuje se da su otoci sve više naseljeni stanovništvom starije životne dobi (slika 3.). To je posljedica sve većeg udaljavanja od poljoprivrede kao primarne djelatnosti te rastuće potrebe za visokim obrazovanjem i uredskim poslovima. Ova promjena onemogućava mladim ljudima da žive na otocima zbog udaljenosti od većih gradova i otežanog putovanja na posao. Osim toga, ograničeni pristup infrastrukturi, uslugama i kulturnim sadržajima na otocima može predstavljati dodatnu prepreku za mlade ljude koji žele ostati ili se vratiti na otoke.

Na slici 3. je prikazan indeks starosti na dijelovima Splitsko-dalmatinskih otoka. Uočavamo kao i na slici 2. da su udaljeniji otoci u nepovoljnijem položaju.



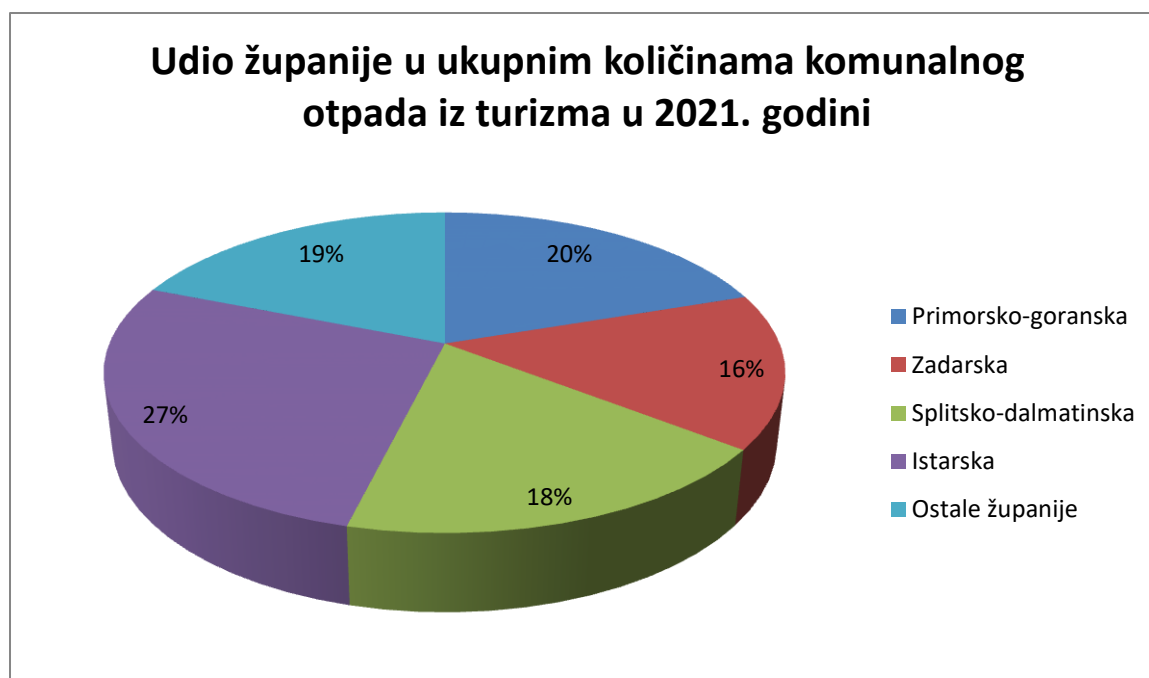
Slika 3. Indeks starosti otočnih naselja Splitsko-dalmatinske županije 2011.g.
(Državni zavod za statistiku, 2013.)

2.2. Sezonske varijacije i utjecaj turizma

Tijekom turističke sezone, broj ljudi naglo se povećava, što stvara veliki pritisak na sustav prikupljanja i gospodarenja otpadom. Najveći skok u količini otpada primjećuje se tijekom mjeseci lipnja, srpnja, kolovoza i rujna.

Turisti generalno generiraju veću količinu komunalnog otpada, kao i otpadnih voda. To je rezultat većeg broja ljudi koji borave na određenom području i koriste usluge turizma što dovodi do preopterećenosti i nagomilavanja smeća na ulicama, što negativno utječe na estetski izgled. Uz to, visoke temperature tijekom ljetnih mjeseci mogu pridonijeti stvaranju neugodnih mirisa. Stoga je potrebno povećati broj odvoza smeća tijekom turističke sezone, pri čemu se broj odvoza može povećati s dosadašnjih 2 puta tjedno na 5 puta tjedno ili čak svakodnevno.

Županije uz obalu, koje bilježe znatan broj turista, obično imaju veće količine nastalog otpada u usporedbi s ostalim županijama u Republici Hrvatskoj. (slika 4.)



Slika 4. Udio Županije u ukupnim količinama komunalnog otpada u turizmu u 2021.g.

2.3. Pregled upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja komunalnog otpada

Trenutni način prikupljanja otpadnih voda na otocima kao što su Brač i Šolta, odvija se na individualan način, gdje svaki objekt ima vlastitu septičku jamu ili direktan ispus u more. Jame mogu biti vodopropusne ili vodonepropusne te se u tom slučaju moraju periodično prazniti. Međutim, nedostaje klasična kanalizacijska mreža koja bi omogućila centralizirano prikupljanje otpadnih voda.

Što se tiče prikupljanja komunalnog otpada, koriste se kamioni smećari za prijevoz otpada. Otpad se prikuplja od objekata i prevozi do odlagališta. Reciklabilni materijali poput papira, stakla i plastike se baliraju te odvoze do Splita, dok se ostali otpad trajno odlaže na predviđena odlagališna mjesta prikazana na slici 5.

Primjenom inovativnih rješenja moguće je smanjiti negativan utjecaj na okoliš i osigurati održivu budućnost otoka.



Slika 5. Aktivna i zatvorena odlagališta otpada na području Splitsko-dalmatinske županije (Izvješće o komunalnom otpadu za 2018.g, MZOE, <https://www.dalmacija.hr/>)

U Tablici 1. prikazana je količina miješanog komunalnog otpada koja je bila odložena na promatranim otocima u Splitsko-dalmatinskoj županiji tijekom prethodnih godina. Te brojke su znatno veće od kapaciteta koji područja mogu podnijeti te stvaraju ozbiljne probleme u gospodarenju otpadom na otocima.

Tablica 1. Prikaz količina odloženog komunalnog otpada na otocima SDŽ u 2018. i 2019.g. (Izvešće o komunalnom otpadu za 2017 i 2018.g, MZOE, <https://www.dalmacija.hr/>)

ODLAGALIŠTE	Ukupno odloženo otpada (t)		Ukupno odloženo MKO (t)		Udio MKO u ukupno odloženom otpadu (%)	
	2017.	2018.	2017.	2018.	2017.	2018.
Brdo Košer	7.903,16	8.402,64	5.796,79	6.120,78	73	73
Kupinovica	8.028,80	6.663,20	3.071,20	3.526,00	38	53
Ukupno otok Brač	15.931,96	15.065,84	8.867,99	9.646,78	55,50	63,00
Borovik	1.793,00	1.220,00	1.793,00	1.220,00	100	100
Ukupno otok Šolta	1.793,00	1.220,00	1.793,00	1.220,00	100	100

2.4. Sustavi gospodarenja otpadnim vodama

U Splitsko-dalmatinskoj županiji primjenjuju se različiti sustavi za gospodarenje otpadnim vodama s ciljem prikupljanja, obrade i ispuštanja otpadnih voda. Neki od tih sustava uključuju:

- komunalnu kanalizaciju: u urbanim područjima postoji sustav javne kanalizacije koji prikuplja otpadne vode iz kućanstava, industrije i drugih izvora te preko kanalizacijske mreže preusmjerava otpadne vode prema uređajima za pročišćavanje.
- uređaje za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV): u Splitsko-dalmatinskoj županiji postoje postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda koja se koriste za obradu otpadnih voda prije njihovog ispuštanja u okoliš. Ova postrojenja koriste različite tehnologije, uključujući mehaničko i biološko pročišćavanje, kako bi uklonila štetne tvari iz otpadnih voda.
- individualne septičke jame: u ruralnim područjima ili područjima bez mogućnosti priključenja na javnu kanalizaciju, koriste se individualne septičke jame. Septičke jame omogućuju taloženje krutih tvari i razgradnju otpadnih voda prije nego što se infiltriraju u tlo. Redovito održavanje i pražnjenje septičkih jama važno je kako bi se spriječilo onečišćenje tla i podzemnih voda.

- lokalne sustave odvodnje: u manjim naseljima ili ruralnim područjima koriste se lokalni sustavi odvodnje koji prikupljaju i odvođe otpadne vode na lokalne odlagališne površine ili druge prikladne lokacije.

S obzirom na specifične uvjete na otocima, gospodarenje otpadnim vodama trenutno se provodi putem septičkih jama, iako to nije optimalno rješenje. Ipak, bitno je istaknuti da se kontinuirano ulažu napori u poboljšanje i modernizaciju sustava gospodarenja otpadnim vodama kako bi se poštivali propisi i standardi zaštite okoliša.

2.5. Sustavi prikupljanja komunalnog otpada: metode i tehnologije

U Splitsko-dalmatinskoj županiji postoje različiti sustavi za prikupljanje komunalnog otpada. U većim gradovima i naseljima koristi se kontejnerski sustav u kojem se postavljaju kontejneri na javnim prostorima, a građani svoj otpad odlažu prema rasporedu odvoza. U ruralnim područjima i manjim naseljima primjenjuje se kućno prikupljanje, gdje građani stavljaju vreće ili spremnike s otpadom ispred svojih kuća, a ovlaštena vozila redovito obilaze područje i prikupljaju otpad. Za zeleni otpad, poput granja i vrtnog otpada, postoji poseban sustav prikupljanja. Također, dostupna su reciklažna dvorišta za odvojeno prikupljanje materijala poput stakla, papira, plastike i metala.

Prikupljanje komunalnog otpada na otocima Splitsko-dalmatinske županije može se malo razlikovati u odnosu na kopnene dijelove. Budući da su otoci često manja naselja s manje stanovnika, primjenjuje se sustav kućnog prikupljanja, u kojem građani odlažu otpad ispred svojih kuća ili stambenih zgrada, a ovlaštena vozila redovito obilaze otok i prikupljaju otpad. Kontejnerski sustavi mogu biti manje rasprostranjeni ili se koristiti samo u većim naseljima.

Osim toga, otoci se suočavaju s posebnim izazovima vezanim za otpad koji se ne može jednostavno prikupiti ili obraditi na licu mjesta. Stoga, postoji veća potreba za organizacijom prijevoza reciklažnog otpada s otoka do kopna, gdje se može provesti daljnja obrada i recikliranje. Važno je napomenuti da se sustavi prikupljanja komunalnog otpada na otocima kontinuirano unaprjeđuju kako bi se postigla veća učinkovitost i održivost, uz poštivanje propisa i standarda zaštite okoliša.

Hijerarhijski pristup gospodarenja otpadom prikazan je na slici 6. Piramide ilustriraju različite metode postupanja s otpadom, s najpoželjnijim i najodrživijim na vrhu, a najmanje poželjnim na dnu.

Na vrhu piramide nalazi se metoda izbjegavanja otpada, koja se odnosi na smanjenje nastanka otpada putem svjesnog planiranja potrošnje i upotrebe resursa. Cilj je minimalizirati količinu otpada koji se stvara.

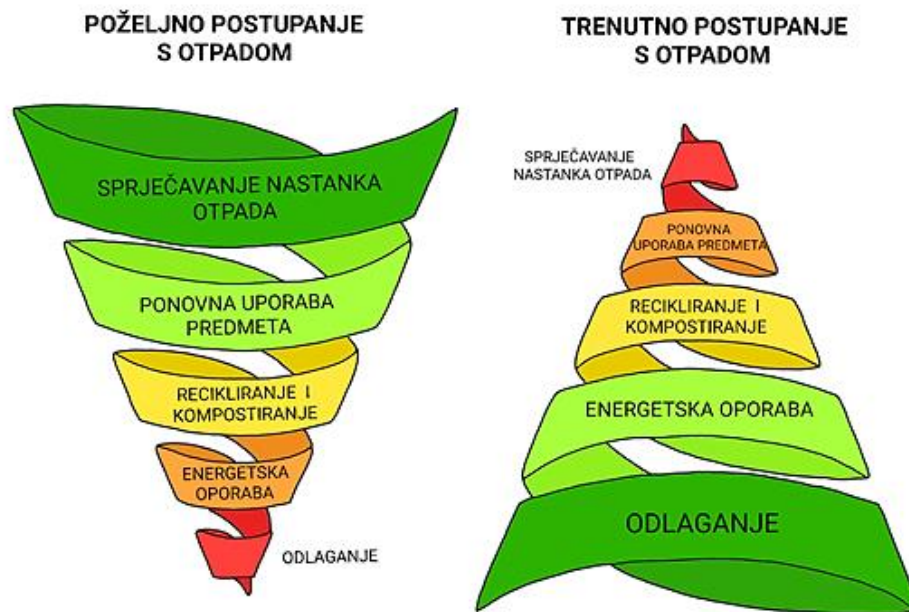
Sljedeća razina piramide predstavlja ponovnu uporabu otpada gdje se otpadni materijali ili predmeti koriste ponovno na isti ili sličan način kako bi se produžio njihov životni vijek. To uključuje popravak, obnavljanje, doniranje ili prodaju rabljenih predmeta.

Treća razina piramide odnosi se na recikliranje otpada. Ovdje se otpadni materijali obrađuju kako bi se pretvorili u nove proizvode ili sirovine. Recikliranje smanjuje potrebu za ekstrakcijom novih sirovina i smanjuje količinu otpada koji završava na odlagalištu.

Nakon recikliranja dolazi razina energetske iskoristivosti otpada gdje se otpad koristi kao izvor energije putem procesa poput proizvodnje električne energije ili toplinske energije. Ova metoda omogućuje iskorištavanje energije iz otpada koji se ne može reciklirati.

Na dnu piramide nalazi se odlaganje otpada na deponije. Ova metoda se koristi samo za otpad koji se ne može reciklirati, iskoristiti energetski ili obraditi na druge načine. Odlaganje otpada na deponije može imati negativne posljedice za okoliš i zahtijeva odgovarajuće mjere zaštite i sanacije.

Hijerarhijski pristup gospodarenju otpadom ističe važnost smanjenja, ponovne upotrebe i recikliranja kao ključne metode za minimiziranje količine otpada koja završava na odlagalištima i smanjenje ukupnog utjecaja otpada na okoliš.



Slika 6. grafički prikaz hijerarhijskog pristupa gospodarenja otpadom

3. Integracijske strategije i najbolje prakse

Na području Splitsko-dalmatinske županije postoje neodrživi i ekološki neprihvatljivi sustavi za gospodarenje otpadom, te svaka komunalna jedinica lokalne samouprave individualno rješava problem zbrinjavanja otpada. Nedostaju potrebne infrastrukture, recikliranje komunalnog otpada je nedovoljno razvijeno, a znatan dio otpada završava na neodgovarajućim odlagalištima. S obzirom na rast turizma i porast količine otpada, planira se izgradnja Centra za gospodarenje otpadom (CGO) u naselju Kladnjice, općina Lećeveca. (slika 7.)

CGO će obrađivati miješani komunalni otpad putem mehaničko-biološke obrade, odvajanjem otpada za recikliranje i energetska valorizaciju, odlaganjem neupotrebljivih dijelova otpada, te obradom i odlaganjem građevinskog otpada. Također će biti uspostavljeno reciklažno dvorište. CGO će također imati postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda kako bi se obradio otpadni vodni tok.

Otpad koji nastaje u blizini će se direktno dostavljati u CGO, dok će se otpad iz udaljenijih dijelova Županije prevoziti putem pretovarnih stanica. Prijenos će se obavljati manjim vozilima koja sakupljaju otpad, a zatim se otpad prebacuje u veće kontejnere ili vozila za

prijevoz do CGO-a. Ovaj sustav prijenosa omogućuje smanjenje troškova prijevoza otpada i optimizaciju radnog vremena lokalnih sakupljača otpada.



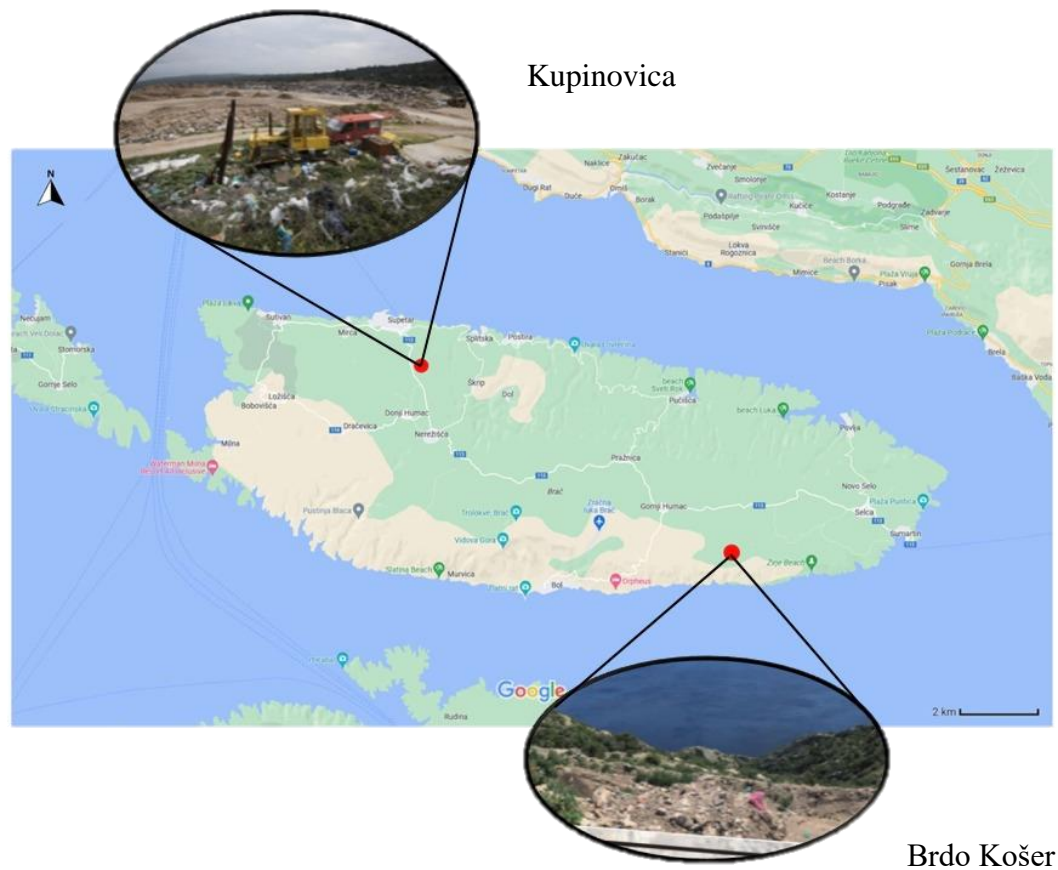
Slika 7. Županijski centar za gospodarenje otpadom Lećevice
(regionalni centar čistog okoliša <https://rcco.hr/>)

Predmetno područje 1: **Otok Brač**

3.1. Prikaz otočnog sustava gospodarenja otpadom

Na otoku Braču, komunalni otpad se trenutno odlaže na odlagalištu "Kupinovica", koje će ostati u funkciji sve do izgradnje Centra za gospodarenje otpadom "Lećevice". U međuvremenu, na odlagalištu "Kupinovica" provode se mjere sanacije i uređenja. Projektna dokumentacija je već izrađena, dobivena je pravomoćna građevinska dozvola, provedene su istražne bušotine, a Ministarstvo zaštite okoliša i prirode izdalo je rješenje.

Osim odlagališta "Kupinovica", na otoku Braču nalazi se odlagalište "Brdo Košer" u blizini Gornjeg Humca. Važno je napomenuti da odlagalište "Brdo Košer" nema građevinsku, lokacijsku ni uporabnu dozvolu. Na tom odlagalištu se trenutno odlaže komunalni i glomazni otpad. Prema prostorno-planskim dokumentima, lokacija odlagališta "Košer" je predviđena kao centralno odlagalište za otok Brač. (slika 8.)



Slika 8. prikaz trenutnih odlagališta komunalnog otpada na otoku Braču

([Google Maps](https://google.hr/), <https://google.hr/>)

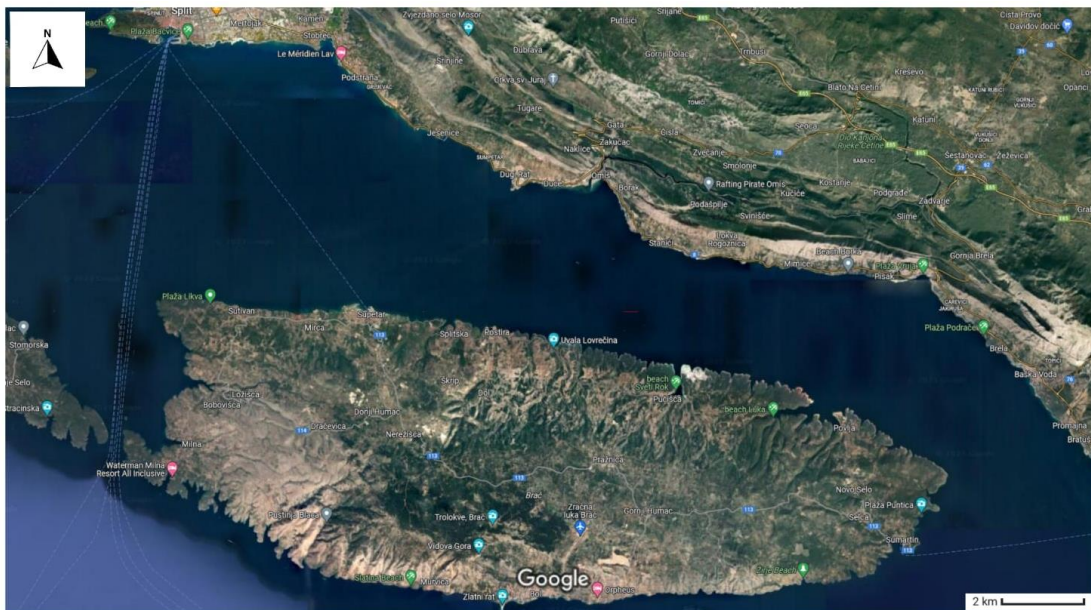
Izgradnja pretovarne stanice za otok Brač na lokaciji Gornji Humac predviđena je prostorno - planskom dokumentacijom općine Pučišća i Splitsko-dalmatinske županije. Sama lokacija udaljena je oko 30 km od grada Supetra. Pretovarna stanica nalazi se uz odlagalište „Košer” koje je zatvoreno te je u procesu sanacije. (slika 9.)



Slika 9. prikaz planirane lokacije pretovarne stanice na otoku Braču (regionalni centar čistog okoliša <https://rcco.hr/>)

3.2. Određivanje količina otpadnih voda (sezonski i godišnje)

Otok Brač, prikazan na slici 10., je otok u Splitsko-dalmatinskoj županiji te pripada skupini srednjodalmatinskih otoka. Nalazi se u splitskom arhipelagu udaljen od grada Splita zračnom linijom oko 16 kilometara. Najveći je srednjodalmatinski otok s površinom od 395,4 km² i duljinom obalne linije od 180,6 kilometara. Brački kanal dijeli otok od kopna, pružajući prirodnu granicu prema kopnu. Splitska vrata su važan prolaz između Brača i otoka Šolte, dok Hvarski kanal odvaja Brač od otoka Hvara. Geografski, otok Brač se prostire u smjeru zapad-istok.



Slika 10. Geografski položaj otoka Brač, (<https://earth.google.com/web>)

Prema zadnjem popisu stanovništva iz 2021. godine, otok Brač ima 13.825 stanovnika raspodijeljenih u 7 općina i grad Supetar. Prema podacima sa službene stranice Turističke zajednice Splitsko-dalmatinske županije broj turističkih noćenja iznosi 1.626.855 od čega je najveći broj noćenja ostvaren za vrijeme turističke sezone od lipnja do rujna kao što je prikazano u tablici 2.

Tablica 2. Broj noćenja turista u mjesecima sezone za otok Brač

BROJ NOĆENJA TURISTA U MJESECIMA SEZONE (6., 7., 8., 9. MJESEC)					
GRAD/OPĆINA	6. MJESEC	7. MJESEC	8. MJESEC	9. MJESEC	UKUPNO
Grad Supetar	81.098	152.701	158.407	71.360	463.566
Općina Bol	74.751	153.997	159.872	79.867	468.487
Općina Milna	24.626	45.967	49.202	20.263	140.058
Općina Postira	16.462	55.633	57.622	16.963	146.680
Općina Pušišća	4.066	12.349	13.665	3.335	33.415
Općina Selca	10.327	36.301	38.777	9.783	95.188
Općina Sutivan	13.398	37.686	39.732	11.550	102.366
UKUPNO	224.728	494.634	517.277	213.121	1.449.760

Količina otpadnih voda izvan turističke sezone po danu

$$N_{stan} = 13.825 \text{ stan}$$

$$q_{spec. \text{ kanalizacije}} = 150 \text{ l/stan/dan}$$

$$Q_{stan} = N_{stan} \cdot q_{spec. \text{ kanalizacije}}$$

$$Q_{stan} = 13.825 \text{ stan} \cdot 150 \text{ l/stan/dan} = 2.073.750 \text{ l/dan} = \mathbf{2.073,75 \text{ m}^3/\text{dan}}$$

Količina otpadnih voda unutar turističke sezone po danu

$$N_{tur} = 12.081 \text{ tur}$$

$$q_{spec. \text{ kanalizacije}} = 350 \text{ l/tur/dan}$$

$$Q_{tur} = N_{tur} \cdot q_{spec. \text{ kanalizacije}}$$

$$Q_{tur} = 12.081 \text{ tur} \cdot 350 \text{ l/tur/dan} = 4.228.350 \text{ l/dan} = 4.228,35 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{ukupno} = Q_{stan} + Q_{tur} = 2.073,75 \text{ m}^3/\text{dan} + 4.228,35 \text{ m}^3/\text{dan} = \mathbf{6.302,1 \text{ m}^3/\text{dan}}$$

Pokazano je u izračunu da je količina otpadnih voda nastalih unutar sezone na dnevnoj bazi tri puta veća od količine nastale van sezone.

Stoga je važno uložiti napore u prilagodbu infrastrukture i kapaciteta za obradu otpadnih voda na otoku Braču kako bi se moglo nositi sa sezonskim fluktuacijama. To uključuje izgradnju ili unaprjeđenje postrojenja za obradu otpadnih voda koji bi mogli učinkovito i ekološki prihvatljivo upravljati većim količinama otpada tijekom turističke sezone. Održivo gospodarenje otpadnim vodama je ključno za očuvanje okoliša otoka Brača i zaštiti prirodnih resursa na dugoročnoj osnovi.

3.3. Određivanje količina organskog otpada (sezonski i godišnje)

Prema dostupnim podacima, u Hrvatskoj živi 3.871.833 stanovnika. U 2022. godini, ukupna količina otpada generirana u zemlji iznosila je 1.768.614 tona. Od te ukupne količine, 993.758 tona otpada je bilo miješani komunalni otpad.

To znači da je prosječna količina otpada generirana u Hrvatskoj u 2022. godini iznosila 456 kg po stanovniku ili 1,25 kg dnevno. Što se tiče miješanog komunalnog otpada, prosječna količina po stanovniku iznosila je 257 kg godišnje ili 0,7 kg dnevno. Procjenjuje se da oko

30% miješanog komunalnog otpada čini organski otpad, što na godišnjoj razini iznosi 77,1 kg po stanovniku. Dnevno, to je otprilike 0,21 kg po stanovniku.

Kada govorimo o turistima, prosječna količina miješanog komunalnog otpada koju generira jedan turist iznosi 2,4 kg dnevno. Ako pretpostavimo da je 45% tog otpada organski otpad, to znači da turist dnevno generira 1,08 kg organskog otpada.

Količina organskog otpada izvan turističke sezone po danu

$$N_{stan} = 13.825 \text{ stan}$$

$$m_{ORG} = 0,21 \text{ kg/stan/dan}$$

$$m_{ORG,stan} = N_{stan} \cdot m_{ORG}$$

$$m_{ORG,stan} = 13.825 \text{ stan} \cdot 0,21 \text{ kg/stan/dan} = 2.903,3 \text{ kg/dan}$$

Količina organskog otpada unutar turističke sezone po danu

$$N_{TUR} = 12.081 \text{ tur}$$

$$m_{ORG} = 1,08 \text{ kg/stan/dan}$$

$$m_{ORG,tur} = N_{tur} \cdot m_{ORG}$$

$$m_{ORG,tur} = 12.081 \text{ tur} \cdot 1,08 \text{ kg/tur/dan} = 13.047,48 \text{ kg/dan}$$

$$m_{ukupno} = m_{ORG,stan} + m_{ORG,tur}$$

$$= 2.903,3 \text{ kg/dan} + 13.047,48 \text{ kg/dan} = \mathbf{15.950,78 \text{ kg/dan}}$$

Iz izračuna se vidi da je količina nastalog organskog otpada za vrijeme turističke sezone 5,5 puta veća nego tijekom ostatka godine, odnosno izvan turističke sezone.

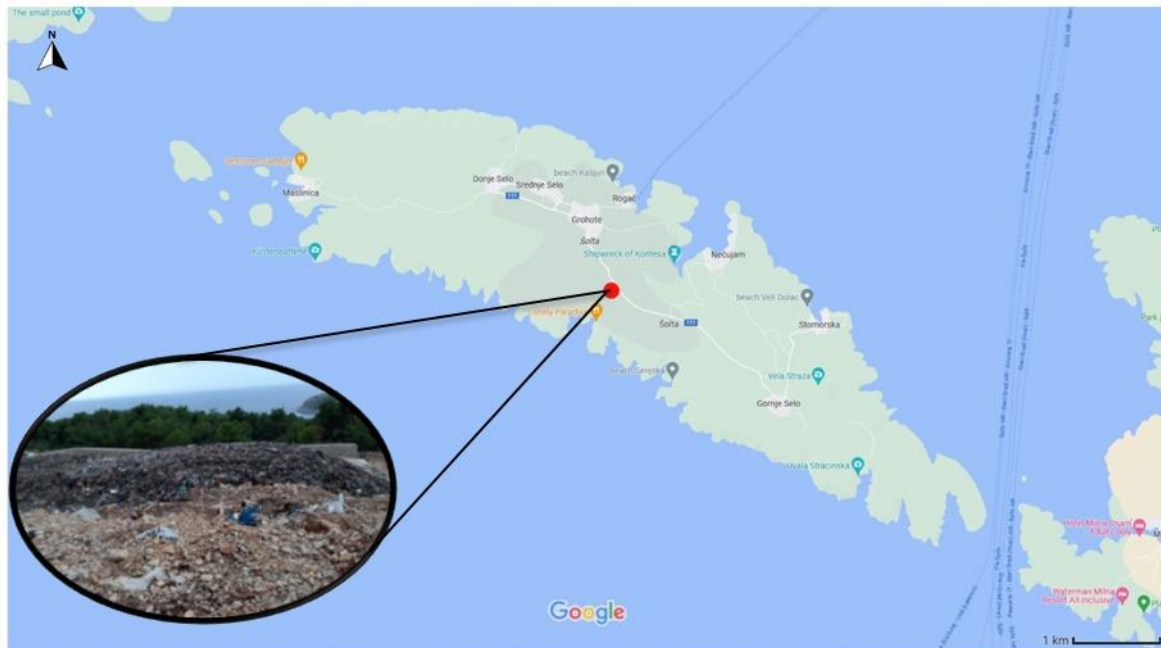
Povećanje količine organskog otpada tijekom turističke sezone postavlja pitanje kapaciteta sustava za prikupljanje, obradu i recikliranje. Postojeći kapaciteti često nisu dovoljni da se učinkovito upravlja većim opterećenjem u obradi organskog otpada u tom razdoblju. Ovo može rezultirati problemima u pravilnom zbrinjavanju otpada i negativnim utjecajima na okoliš.

Povećana količina organskog otpada tijekom turističke sezone može izazvati neugodne mirise, privlačiti štetnike i povećati rizik od širenja bolesti. Osim toga, nedovoljna obrada i zbrinjavanje organskog otpada mogu negativno utjecati na okoliš, uključujući tlo, vode i bioraznolikost otoka Brača.

Predmetno područje 2: Otok Šolta

3.4. Prikaz otočnog sustava gospodarenja otpadom

Nakon izgradnje Centra za gospodarenje otpadom "Lećeveica" prema Prostornom planu gospodarenja otpadom Splitsko-dalmatinske županije, planirano je zatvaranje odlagališta otpada "Borovik" na otoku Šolti. Općina Šolta ima planove za izmjenu sanacijskih mjera i uređenje odlagališta otpada "Borovik" koji je prikazan na slici 11. Osim toga, planirano je nastaviti odlaganje komunalnog otpada na tom mjestu sve do njegovog konačnog zatvaranja.



Borovik

Slika 11. prikaz trenutnog odlagališta komunalnog otpada na otoku Šolti
([Google Maps](https://google.hr/), <https://google.hr/>)

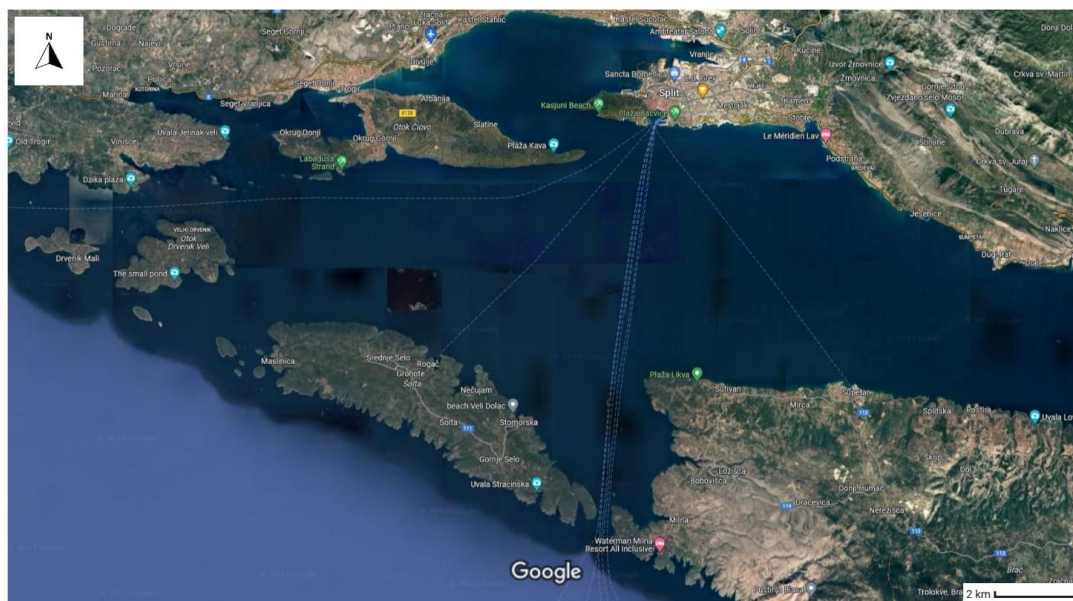
Zbog malih količina nastalog komunalnog otpada godišnje radi veće isplativosti na otoku Šolti projektom nije predviđena izgradnja pretovarne stanice već će se otpad sakupljen na otoku direktno trajektom prevoziti u CGO Lećeveica. (slika 12.)



Slika 12. prikaz planirane metode sakupljanja otpada na otoku Šolti
(regionalni centar čistog okoliša <https://rcco.hr/>)

3.5. Određivanje količina otpadnih voda (sezonski i godišnje)

Slika 13. prikazuje otok Šoltu koji se također nalazi u splitskom arhipelagu i pripada srednjodalmatinskim otocima. Od grada Splita do luke Rogač udaljen je oko 16 kilometara s površinom od 57,89 km² i duljinom obalne linije koja iznosi oko 19 kilometara. Nalazi se između otoka Brača na istoku odvojen Splitskim vratima, Drvenika Velikog na zapadu odvojenog Šoltanskim kanalom, Čiova na sjeveru odvojenog Splitskim kanalom, Visa na jugu, Hvara na jugoistoku i kopna na sjeveroistoku.



Slika 13. Geografski položaj otoka Šolte, (<https://earth.google.com/web>)

Prema zadnjem popisu stanovništva iz 2021. godine otok Šolta broji 2.011 stanovnika raspoređenih u 8 naselja od kojih je glavno naselje Grohote gdje je smješten najveći broj stanovnika. Broj zabilježenih noćenja tijekom turističke sezone 2022. godine prema službenoj stranici turističke zajednice Splitsko-dalmatinske županije iznosi 131.697 od čega je najveći broj noćenja ostvaren za vrijeme turističke sezone od lipnja do rujna. Tablica 3. prikazuje broj noćenja ostvarenih noćenja na otoku Šolti za vrijeme turističke sezone.

Tablica 3. Broj noćenja turista u mjesecima sezone za otok Šoltu

BROJ NOĆENJA TURISTA U MJESECIMA SEZONE (6., 7., 8., 9. MJESEC)					
GRAD/OPĆINA	6. MJESEC	7. MJESEC	8. MJESEC	9. MJESEC	UKUPNO
Općina Šolta	15.470	47.057	49.350	12.214	124.091
UKUPNO	15.470	47.057	49.350	12.214	124.091

Količina otpadnih voda izvan turističke sezone po danu

$$N_{stan} = 2.011 \text{ stan}$$

$$q_{spec. \text{ kanalizacije}} = 150 \text{ l/stan/dan}$$

$$Q_{stan} = N_{stan} \cdot q_{spec. \text{ kanalizacije}}$$

$$Q_{stan} = 2.011 \text{ stan} \cdot 150 \text{ l/stan/dan} = 301.650 \text{ l/dan} = \mathbf{301,65 \text{ m}^3/\text{dan}}$$

Količina otpadnih voda unutar turističke sezone po danu

$$N_{tur} = 1.034 \text{ tur}$$

$$q_{spec. \text{ kanalizacije}} = 350 \text{ l/tur/dan}$$

$$Q_{tur} = N_{tur} \cdot q_{spec. \text{ kanalizacije}}$$

$$Q_{tur} = 1.034 \text{ tur} \cdot 350 \text{ l/tur/dan} = 361.900 \text{ l/dan} = 361,9 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{ukupno} = Q_{stan} + Q_{tur} = 301,65 \text{ m}^3/\text{dan} + 361,9 \text{ m}^3/\text{dan} = \mathbf{663,55 \text{ m}^3/\text{dan}}$$

Pokazano je u izračunu da je količina otpadnih voda nastalih unutar sezone na dnevnoj bazi približno dva puta veća od količine nastale izvan sezone. Povećanje količine otpadnih voda tijekom turističke sezone zahtijeva adekvatnu infrastrukturu i kapacitete za prikupljanje, obradu i tretman otpadnih voda. Sustavi za pročišćavanje

otpadnih voda moraju biti u stanju učinkovito se nositi s ovim povećanim opterećenjem kako bi se očuvala kvaliteta okoliša.

Povećana količina otpadnih voda tijekom turističke sezone može imati negativne učinke na vodne ekosustave i kvalitetu voda na otoku Šolta. Otpadne vode mogu sadržavati štetne tvari koje mogu uzrokovati onečišćenje voda i imati negativne posljedice na ekosustav otoka.

3.6. Određivanje količina organskog otpada (sezonski i godišnje)

Prema dostupnim podacima, u Hrvatskoj živi 3.871.833 stanovnika. U 2022. godini, ukupna količina otpada generirana u zemlji iznosila je 1.768.614 tona. Od te ukupne količine, 993.758 tona otpada je bilo miješani komunalni otpad.

To znači da je prosječna količina otpada generirana u Hrvatskoj u 2022. godini iznosila 456 kg po stanovniku ili 1,25 kg dnevno. Što se tiče miješanog komunalnog otpada, prosječna količina po stanovniku iznosila je 257 kg godišnje ili 0,7 kg dnevno. Procjenjuje se da oko 30% miješanog komunalnog otpada čini organski otpad, što na godišnjoj razini iznosi 77,1 kg po stanovniku. Dnevno, to je otprilike 0,21 kg po stanovniku.

Kada govorimo o turistima, prosječna količina miješanog komunalnog otpada koju generira jedan turist iznosi 2,4 kg dnevno. Ako pretpostavimo da je 45% tog otpada organski otpad, to znači da turist dnevno generira 1,08 kg organskog otpada.

Količina organskog otpada izvan turističke sezone po danu

$$N_{stan} = 2.011 \text{ stan}$$

$$m_{ORG} = 0,21 \text{ kg/stan/dan}$$

$$m_{ORG,stan} = N_{stan} \cdot m_{ORG}$$

$$m_{ORG,stan} = 2.011 \text{ stan} \cdot 0,21 \text{ kg/stan/dan} = 422,31 \text{ kg/dan}$$

Količina organskog otpada unutar turističke sezone po danu

$$N_{TUR} = 1.034 \text{ tur}$$

$$m_{ORG} = 1,08 \text{ kg/stan/dan}$$

$$m_{ORG,tur} = N_{tur} \cdot m_{ORG,TUR}$$

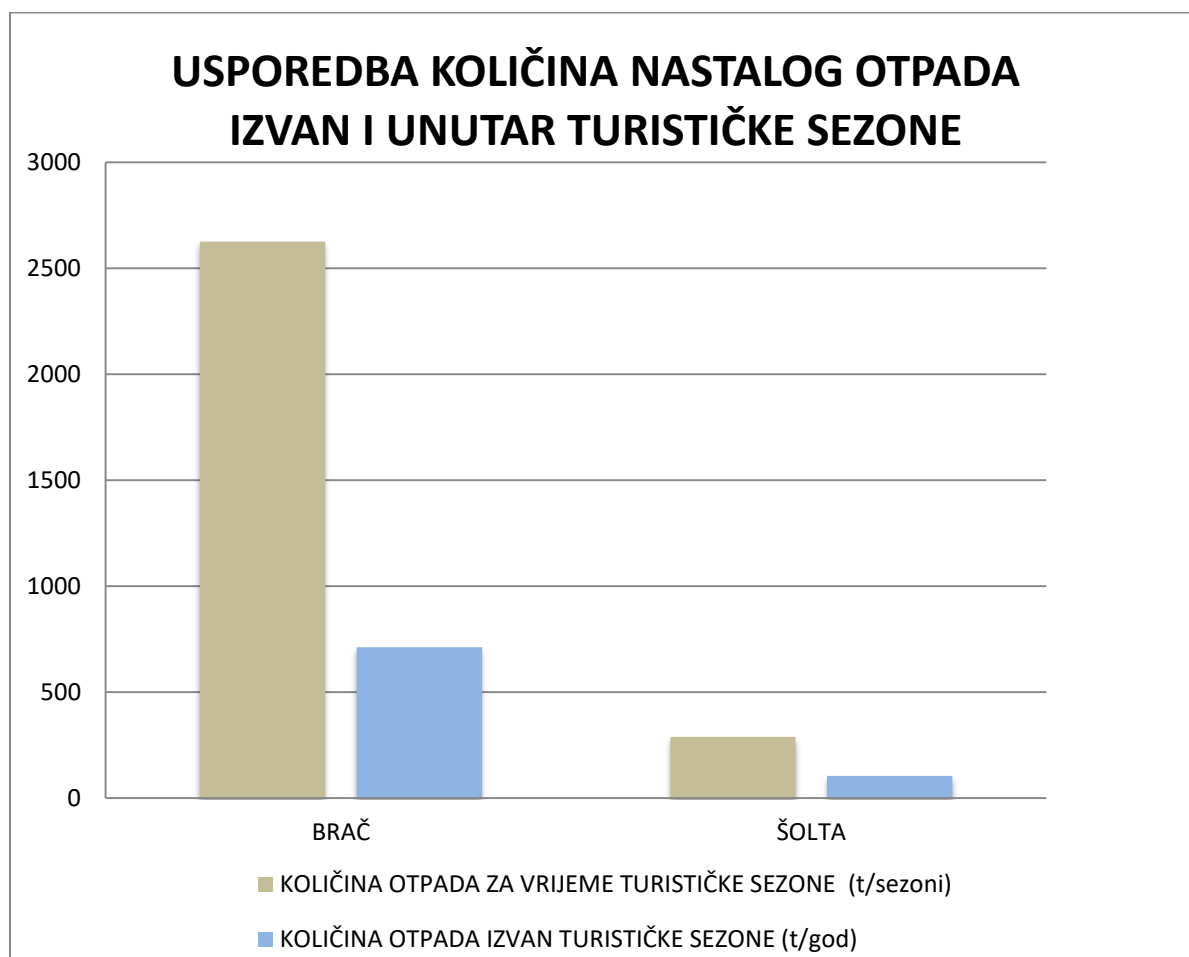
$$m_{ORG,tur} = 1.034 \text{ tur} \cdot 1,08 \text{ kg/tur/dan} = 1.116,72 \text{ kg/dan}$$

$$m_{ukupno} = m_{ORG,stan} + m_{ORG,tur} = 422,31 \text{ kg/dan} + 1.116,72 \text{ kg/dan} = \mathbf{1.539,03 \text{ kg/dan}}$$

Iz izračuna se vidi da je količina nastalog organskog otpada za vrijeme turističke sezone 3 puta veća nego tijekom ostatka godine izvan turističke sezone. Graf 1.prikazuje usporedbu u količinama nastalog otpada za vrijeme i izvan turističke sezone za otoke Brač I Šolta

Povećana količina organskog otpada tijekom turističke sezone zahtijeva primjerene mjere i infrastrukturu za prikupljanje, obradu i odlaganje otpada. Potrebno je osigurati dovoljne kapacitete i resurse kako bi se pravilno upravljalo s povećanim otpadom te očuvala čistoća otoka i zaštitio okoliš.

Osim što može opteretiti postojeće sustave upravljanja otpadom, povećana količina organskog otpada tijekom turističke sezone može imati negativan utjecaj na okoliš. Neadekvatno rukovanje otpadom može rezultirati onečišćenjem tla, voda i zraka te narušavanjem prirodnih ekosustava na otoku Šolti.



Graf 1. Usporedba u nastalim količinama komunalnog otpada izvan i za vrijeme turističke sezone

4. Strategije integracije sustava na otocima

Postoje različite strategije upravljanja organskim otpadom. Neke od njih su:

Kompostiranje

Kompostiranje je proces koji se koristi za razgradnju organskog otpada uz pomoć mikroorganizama u prisutnosti kisika. Ova tehnika omogućuje pretvaranje organskog otpada u korisno gnojivo poznato kao kompost. Kompostiranje se može provoditi na različitim razinama, uključujući individualnu razinu (kućno kompostiranje) ili na većim razmjerima putem centraliziranih postrojenja za kompostiranje. Proces kompostiranja uključuje odgovarajuću smjesu organskog otpada, vlage i zraka koja potiče mikroorganizme da razgrade materijal u stabilan i hranjiv kompost.

Anaerobna digestija

Anaerobna digestija je proces koji se koristi za razgradnju organskog otpada u odsutnosti kisika. Tijekom ovog procesa nastaju dva glavna produkta:

- bioplin je plinoviti produkt anaerobne digestije i sastoji se uglavnom od metana (CH_4) i ugljičnog dioksida (CO_2). Bioplin se može koristiti kao obnovljivi izvor energije na nekoliko načina. Može se spaljivati kako bi se proizvela toplinska energija za grijanje ili pretvoriti u električnu energiju
- digestat je nusprodukt anaerobne digestije i predstavlja materijal koji ostaje nakon što se organski otpad razgradi. Ovaj materijal ima visok sadržaj hranjivih tvari i koristi se kao gnojivo u poljoprivredi

Anaerobna kodigestija

Anaerobna kodigestija je proces u kojem se različiti organski materijali, kao što su hrana, biljni otpad, stajski gnoj i drugi biorazgradivi materijali, zajedno razgrađuju anaerobno u specifičnom postrojenju poznatom kao anaerobni digester

Integracija organskog otpada s otpadnim vodama

Pristup koji kombinira ili povezuje upravljanje organskim otpadom i otpadnim vodama kako bi se optimizirali resursi i smanjili negativni utjecaji na okoliš. Korištenje otpadnih voda za razgradnju organskog otpada omogućuje iskorištavanje resursa koji bi inače bili otpad, čime

se postiže održivo kružno gospodarstvo i smanjuje se potreba za konvencionalnim metodama zbrinjavanja otpada.

Objedinjavanje organskog otpada s otpadnim vodama je strategija koju obrađuje ovaj rad.

Pristupi i metode integracije sustava odnose se na strategije kojima se povezuju različiti sustavi, aplikacije ili tehnologije kako bi se postigla sinergija i poboljšalo njihovo međusobno djelovanje. Cilj je uspostaviti učinkovit i kohezivan sustav.

Pristup integracije sustava upravljanja otpadnim vodama i sustava prikupljanja komunalnog otpada, posebno biootpada iz kuhinja, pomoću drobilice u sudoperu može se provesti na sljedeći način:

Analiza sustava

Otpad iz kuhinja često predstavlja izazov u postojećem sustavu upravljanja otpadom, posebno tijekom vrućih ljetnih mjeseci kada se suočava s povećanom količinom otpada zbog dolaska sezonskih gostiju. Zbrinjavanje ovakve velike količine otpada postaje teško na otocima. U cjelokupnom komunalnom otpadu, biootpad iz kuhinja predstavlja najveći problem zbog brzog procesa razgradnje koji rezultira neugodnim mirisima na ulicama.

Odabir drobilice

Uzimajući u obzir potrebe otoka i dostupnosti na tržištu odabrana je drobilica otpada InSinkErator Model 46 kao primjer u ovom radu.

Glavne tehničke karakteristike bitne za ovaj rad su:

kapacitet – 980 ml

prosječna potrošnja vode – oko 4 l po članu domaćinstva dnevno

prosječna potrošnja električne energije – 3-4 kWh godišnje

Slika 14. prikazuje izgled drobilice otpada, a slika 15. Prikazuje njezin poprečni presjek sa istaknutim dimenzijama.



Slike 14 i 15. Prikaz drobilice otpada

(<https://www.allmall.hr/droblilica-otpada-insinkerator-model-46/43820/product/>)

Priprema sustava otpadnih voda

Prije ugradnje drobilice u sudoperu, neophodno je provesti pripreme kanalizacijskog sustava kako bi se omogućilo prihvaćanje dodatnog otpada. Ove pripreme uključuju provjeru kapaciteta kanalizacije, prilagodbe kanalizacijskog sustava i osiguranje pravilnog spoja s kanalizacijskom mrežom.

Instalacija drobilice

Nakon priprema kanalizacijskog sustava, sljedeći korak je instalacija drobilice u sudoperu. Za pravilnu instalaciju potrebno je angažirati stručnjaka koji ima iskustvo u radu s vodovodnim i kanalizacijskim sustavima.

Edukacija korisnika

Edukacija korisnika o pravilnom korištenju drobilice je ključna te se može provesti putem pisanih uputa ili priručnika koje će korisnici dobiti prilikom instalacije drobilice. Redovna komunikacija s korisnicima i pružanje podrške ključni su za osiguranje pravilnog korištenja drobilice i maksimalnu iskoristivost.

Droblilica u sudoperu pruža brojne prednosti u gospodarenju otpadom iz kuhinje čime omogućuje smanjenje količine otpada iz kuhinje drobljenjem biootpada poput voćnih i

povrtnih ostataka. Time se smanjuje količina otpada koja završava na odlagalištima, smanjuje se potreba za češćim odvozom otpada i doprinosi se smanjenju opterećenja odlagališta. Smanjenje količine otpada na odlagalištima također ima pozitivan utjecaj na okoliš. Drobilica pridonosi očuvanju prirodnih resursa i smanjenju potrošnje energije i vode potrebne za prikupljanje, transport i zbrinjavanje otpada.

Osim toga, drobilica omogućuje stvaranje drobljenog biootpada koji se može iskoristiti za kompostiranje ili kao gnojivo u vrtlarstvu. Time se pridonosi održivom kružnom gospodarstvu i ponovnoj upotrebi otpada.

4.1. Usporedba integriranog i planiranog sustava (financijska i ekološka komponenta)

Slika 16. prikazuje cijene transporta mješovitog otpada u pet zemalja. Uzimajući u obzir navedene vrijednosti, u daljnjem proračunu koristim prosječnu vrijednost troška transporta otpada koja za kamion iznosi 0,06 €/t/km, a za brod 0,02 €/t/km.

Table 4: Example of transport costs of mixed waste from the five countries to Stockholm (own calculations based on a transport cost equation used in Dijkgraaf et al. (2001)). Observe that the truck costs require that the trucks have a return transport.

	Truck (€ tonne ⁻¹)	Boat (€ tonne ⁻¹)	Total (€ tonne ⁻¹)	Comment
Denmark	52		52	800 km truck, including bridge fee 11 € tonne ⁻¹
Finland	27	11	38	500 km truck, 500 km boat
Germany	27	13	40	500 km truck, 1000 km boat
The Netherlands	11	15	27	150 km truck, 1600 km boat
Norway	32		32	600 km truck

Slika 16. Prikaz cijena transporta mješovitog otpada u pet zemalja [7]

Slika 17. prikazuje trošak obrade otpadnih voda na UPOV-u. U daljnjem proračunu koristim prosječnu vrijednost od 0,22 €/m³.

Table 2
Operating costs of WWTPs expressed in €/m³.

WWTP	Energy	Staff	Reagents	Waste management	Maintenance	Total
1	0.0342	0.0801	0.0371	0.0212	0.0471	0.2197
2	0.0156	0.0442	0.0245	0.0108	0.0292	0.1243
3	0.0221	0.0628	0.0288	0.0385	0.0398	0.1920
4	0.0243	0.0563	0.0181	0.0458	0.0243	0.1688
5	0.0432	0.0611	0.0185	0.0149	0.0383	0.1760
6	0.0329	0.0425	0.0162	0.0105	0.0235	0.1256
7	0.0214	0.0499	0.0123	0.0084	0.0238	0.1158
8	0.0521	0.0851	0.0209	0.0194	0.0411	0.2186
9	0.0708	0.0698	0.0305	0.0453	0.0471	0.2635
10	0.0952	0.1243	0.1137	0.2542	0.1617	0.7491
11	0.0469	0.0952	0.0535	0.0085	0.0668	0.2709
12	0.0864	0.1038	0.0419	0.0541	0.0652	0.3514
13	0.0278	0.0482	0.0128	0.0136	0.0252	0.1276
14	0.0367	0.0896	0.0096	0.0686	0.0183	0.2228
15	0.0507	0.1274	0.0403	0.0232	0.0645	0.3061
16	0.0841	0.0554	0.0575	0.0115	0.1009	0.3094
17	0.0965	0.1758	0.0915	0.1537	0.1272	0.6447
18	0.1758	0.2441	0.0821	0.0527	0.1407	0.6954
19	0.0369	0.1142	0.0715	0.0413	0.1232	0.3871
20	0.0573	0.0718	0.0274	0.0928	0.0538	0.3031
21	0.0628	0.0473	0.0144	0.0181	0.0373	0.1799
22	0.0265	0.0435	0.0142	0.0068	0.0248	0.1158
Average	0.0392	0.0712	0.0301	0.0342	0.0453	0.2200

Slika 17. Operativne cijene obrade otpadnih voda na UPOV-u. [6]

Količina tekućine koju mlin za organski otpad proizvede iz jednog kilograma organskog otpada može varirati ovisno o različitim čimbenicima, kao što su vrsta otpada i udio vlage u njemu, učinkovitost sustava za zbrinjavanje i specifični dizajn postrojenja. Općenito, sustavi za preradu otpada u sudoperima mogu proizvesti otprilike 1 do 2 litre tekućine iz jednog kilograma organskog otpada. Važno je napomenuti da ova procjena može varirati u različitim situacijama i nije univerzalno primjenjiva.

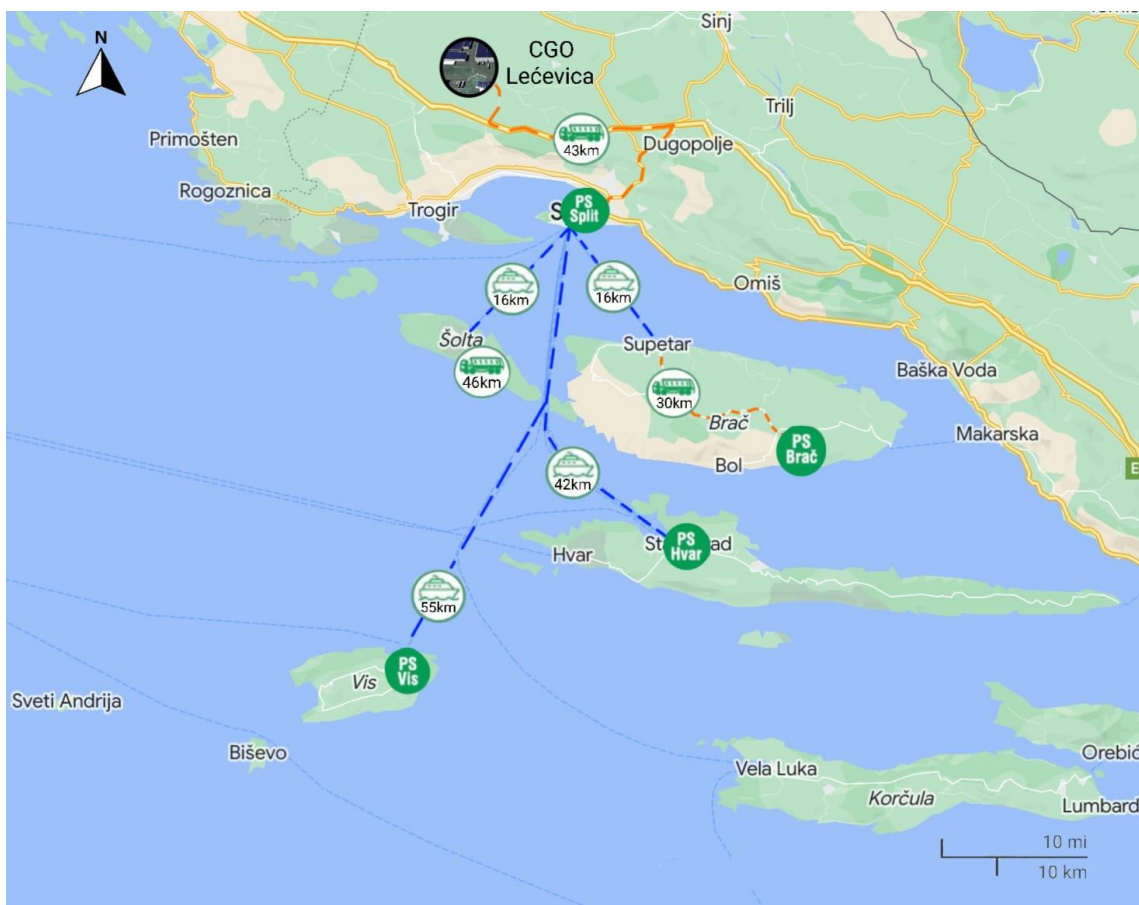
Što se tiče emisija CO₂ u teretnom prometu, moderni teretni brodovi mogu emitirati između 10 i 40 grama CO₂ po toni-kilometru za kontejnerski teret. U cestovnom teretnom prometu emisije CO₂ su nešto veće. Prosječan kamion s dizelskim motorom emitira otprilike 2,68 kg CO₂ po litri dizela. Učinkovitost goriva kamiona može varirati, ali procjenjuje se da je uobičajeno oko 4-6 kilometara po litri dizela. Stoga, za prijeđeni 1 kilometar udaljenosti, emisije CO₂ za 1 tonu tereta prevezenog kamionom iznose otprilike:

$$(2,68 \text{ kg CO}_2 / \text{litra}) * (1 \text{ litra} / 4\text{-}6 \text{ km}) = 0,45\text{-}0,67 \text{ kg CO}_2/\text{km}$$

Kada je riječ o pročišćavanju otpadnih voda, u grubo se procjenjuje da emisije CO₂ mogu biti između 0,2 i 1,0 kilograma CO₂ po kubnom metru pročišćene otpadne vode, ovisno o energetskej učinkovitosti postrojenja i procesima pročišćavanja. Stoga, za 1000 litara otpadne vode, emisije CO₂ se mogu procijeniti u rasponu od 0,2 do 1,0 kilograma CO₂.

U daljnjem proračunu su korištene najveće vrijednosti svih procjena.

Slika 18, prikazuje udaljenosti brodskih i kopnenih linija koje su nam potrebne u daljnjem izračunu.



Slika 16. Prikaz otoka sa naznačenim morskim i kopnenim udaljenostima

(<https://GoogleMaps>, <http://rcco.hr/>)

PLANIRANI SUSTAV**BRAČ****VAN SEZONE (245 dana)**

$$m_{ORG,STAN} = 2.903,3 \text{ kg/dan}$$

$$m_{ORG,GOD} = m_{ORG,STAN} \cdot 245 = 711.308,5 \text{ kg} = 711,31 \text{ t/god}$$

UNUTAR SEZONE (120 dana)

$$m_{UKUPNO} = 15.950,78 \text{ kg/dan}$$

$$m_{SEZONA} = 15.950,78 \cdot 120 = 1.914.093,6 \text{ kg} = 1.914,09 \text{ t/sez}$$

$$\mathbf{m_{UKUPNO,BRAČ} = m_{ORG,GOD} + m_{sezona} = 711,31 + 1.914,09 = 2.625,40 \text{ t/god}}$$

EMISIJE CO₂

Udaljenost: (slika 16.)

$$s_{more} = 16 \text{ km/smjer}$$

$$s_{kopno} = s_{ST-LEČEVICA} + s_{PS-SUPETAR} = 43 + 30 = 73 \text{ km/smjer}$$

BROD (0,04 kg CO₂/t/km)

$$m_{CO_2,brod} = 0,04 \cdot 2.625,40 \cdot 16 = 1.680,26 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

KAMION (0,67 kg CO₂/t/km)

$$m_{CO_2,kamion} = 0,67 \cdot 2.625,40 \cdot 73 = 128.408,31 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

$$\mathbf{m_{CO_2,ukupno} = m_{CO_2,brod} + m_{CO_2,kamion} = 130.088,57 \text{ kg CO}_2/\text{god}}$$

Ukupna emisija CO₂ brod i kamiona u oba smjera:

$$\mathbf{m_{CO_2,ukupno} = (m_{CO_2,brod} + m_{CO_2,kamion}) \cdot 2 = 260.177,14 \text{ kg CO}_2/\text{god}}$$

TROŠKOVI PRIJEVOZA

BROD (0,02 €/km/t)

$$c_{brod} = 0,02 \cdot m_{UKUPNO,BRAČ} = 0,02 \cdot 2.625,40 \cdot 16 = 840,13 \text{ €/god}$$

KAMION (0,06 €/km/t)

$$c_{kamion} = 0,06 \cdot m_{UKUPNO,BRAČ} = 0,06 \cdot 2.625,40 \cdot 73 = 11.490,25 \text{ €/god}$$

$$c_{ukupno} = c_{brod} + c_{kamion} = 12.339,38 \text{ €/god}$$

Ukupan trošak prijevoza otpada brodom i kamionom u oba smjera iznosi:

$$c_{ukupno} = (c_{brod} + c_{kamion}) \cdot 2 = 24.678,76 \text{ €/god}$$

INTEGRIRANI SUSTAV

Sustav za odlaganje smeća u sudoperu može proizvesti približno 2 litre tekućine iz jednog kilograma organskog otpada.

$$V_{org,BRAČ} = m_{UKUPNO,BRAČ} \cdot 1000 \cdot 2 = 5.250.800 \text{ l/god} = 5.250,8 \text{ m}^3/\text{god}$$

EMISIJE CO₂

Prema gruboj procjeni, emisije CO₂ u pročišćavanju otpadnih voda kreće se oko 1,0 kilograma CO₂ po kubnom metru pročišćene otpadne vode:

$$m_{CO_2,UPOV} = 1,0 \cdot V_{org,BRAČ} = 5.250,8 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

TROŠAK UPOVA-a (0,22 €/m³)

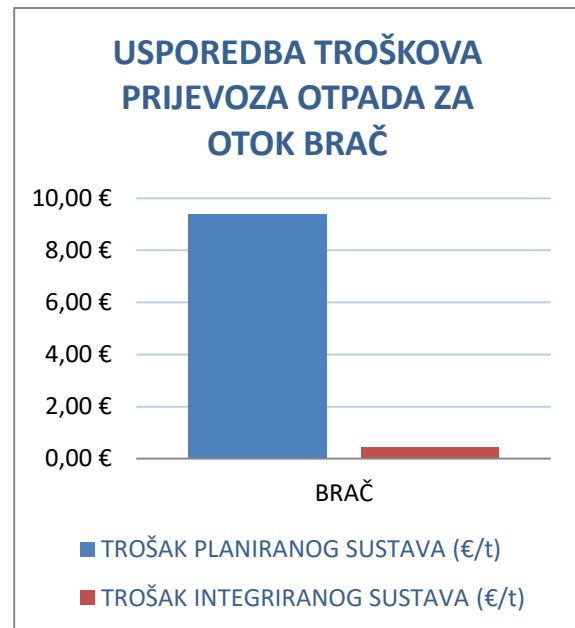
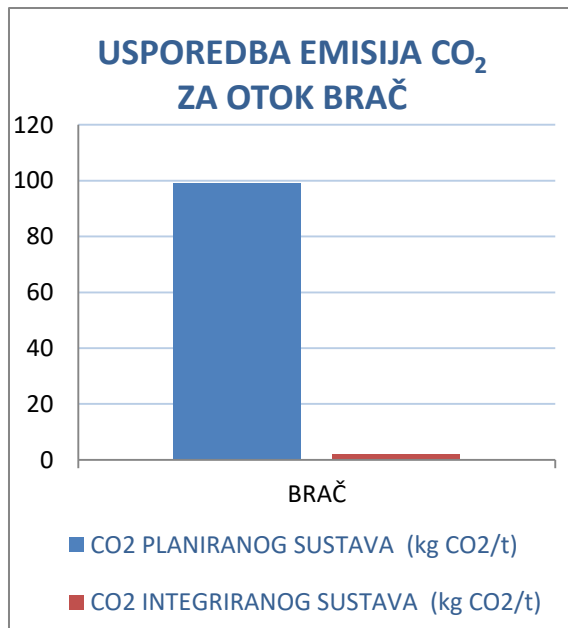
$$C_{UPOV} = 0,22 \cdot V_{org,BRAČ} = 0,22 \cdot 5.258,8 = 1.155,18 \text{ €/god}$$

Tablica 4. prikazuje trošak ugradnje drobilica na području otoka Brača. Međutim, kako u analizu nisu ušli kapitalni troškovi UPOVa, niti izgradnja sustava Lećevica, troškovi ugradnje drobilica nisu uspoređeni.

Tablica 4. Broj stambenih jedinica na otoku Braču i ukupan trošak drobilica sa njihovom ugradnjom:

TROŠAK DROBILICA I UGRADNJA ZA OTOK BRAČ					
GRAD/OPĆINA	BR. SMJEŠTAJNIH JEDINICA	UKUPNO	CIJENA DROBILICE	UGRADNJA	UKUPAN TROŠAK (€)
Grad Supetar	4.564	13.983	280,00 €	50,00 €	4.614.390,00
Općina Bol	1.717				
Općina Milna	1.776				
Općina Postira	1.496				
Općina Nerečišće	698				
Općina Selca	1.860				
Općina Sutivan	1.872				

U grafovima ispod je prikazana usporedba emisije CO₂ (graf 2.) i troška prijevoza otpada (graf 3.) na planiranom i integriranom sustavu po 1 toni otpada. Vidljivo je da je razlika između planiranog i integriranog sustava značajna, točnije za emisije CO₂ 49,6 puta, a za troškove 21,4 puta.

Graf 2. Usporedba emisije CO₂ planiranog i integriranog sustava na otoku Braču

Graf 3. Usporedba troškova prijevoza otpada planiranog i integriranog sustava na otoku Braču

PLANIRANI SUSTAV

ŠOLTA

VAN SEZONE (245 dana)

$$m_{ORG,STAN} = 422,31 \text{ kg/dan}$$

$$m_{ORG,GOD} = m_{ORG,STAN} \cdot 245 = 103.465,95 \text{ kg} = 103,5 \text{ t/god}$$

UNUTAR SEZONE (120 dana)

$$m_{UKUPNO} = 1.539,03 \text{ kg/dan}$$

$$m_{SEZONA} = 1.539,03 \cdot 120 = 184.683,6 \text{ kg} = 184,68 \text{ t/sez}$$

$$m_{UKUPNO,ŠOLTA} = m_{ORG,GOD} + m_{sezona} = 103,5 + 184,68 = 288,18 \text{ t/god}$$

EMISIJE CO₂

Udaljenost: (slika 16.)

$$s_{more} = 16 \text{ km/smjer}$$

$$s_{kopno} = s_{ST-LEČEVICA} + s_{ŠOLTA} = 43 + 46 = 89 \text{ km/smjer}$$

BROD (0,04 kg CO₂/t/km)

$$m_{CO_2,brod} = 0,04 \cdot 288,18 \cdot 16 = 184,44 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

KAMION (0,67 kg CO₂/t/km)

$$m_{CO_2,kamion} = 0,67 \cdot 288,18 \cdot 89 = 17.184,17 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

$$m_{CO_2,ukupno} = m_{CO_2,brod} + m_{CO_2,kamion} = 17.368,61 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

Ukupna emisija CO₂ brod i kamiona u oba smjera:

$$m_{CO_2,ukupno} = (m_{CO_2,brod} + m_{CO_2,kamion}) \cdot 2 = 34.737,23 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

TROŠKOVI PRIJEVOZA

BROD (0,02 €/km/t)

$$c_{brod} = 0,02 \cdot m_{UKUPNO,ŠOLTA} = 0,02 \cdot 288,18 \cdot 16 = 92,22 \text{ €/god}$$

KAMION (0,06 €/km/t)

$$c_{kamion} = 0,06 \cdot m_{UKUPNO,ŠOLTA} = 0,06 \cdot 288,18 \cdot 89 = 1.538,88 \text{ €/god}$$

$$c_{ukupno} = c_{brod} + c_{kamion} = 1.631,10 \text{ €/god}$$

Ukupan trošak prijevoza otpada brodom i kamionom u oba smjera iznosi:

$$c_{ukupno} = (c_{brod} + c_{kamion}) \cdot 2 = 3.262,20 \text{ €/god}$$

INTEGRIRANI SUSTAV

Sustav za odlaganje smeća u sudoperu može proizvesti približno 2 litre tekućine iz jednog kilograma organskog otpada.

$$V_{org,ŠOLTA} = m_{UKUPNO,ŠOLTA} \cdot 1000 \cdot 2 = 576.360 \text{ l/god} = 576,36 \text{ m}^3/\text{god}$$

EMISIJE CO₂

Prema gruboj procjeni, emisije CO₂ u pročišćavanju otpadnih voda kreće se oko 1,0 kilograma CO₂ po kubnom metru pročišćene otpadne vode:

$$m_{CO_2,UPOV} = 1,0 \cdot V_{org,ŠOLTA} = 576,36 \text{ kg CO}_2/\text{god}$$

TROŠAK UPOVA-a (0,22 €/m³)

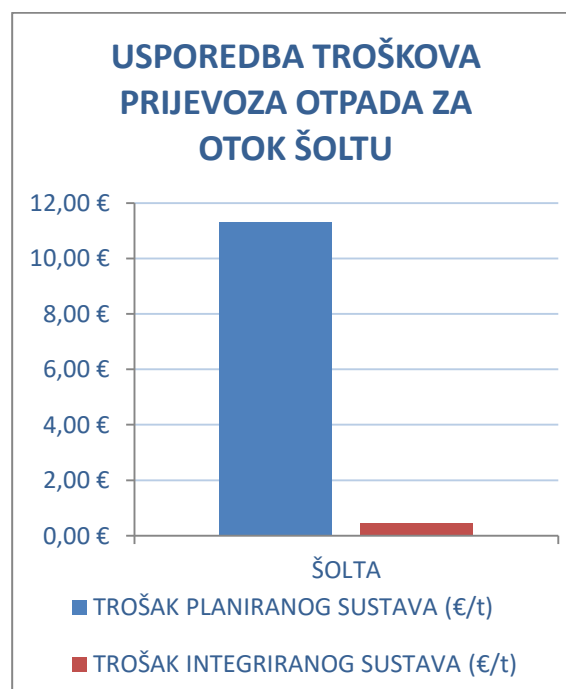
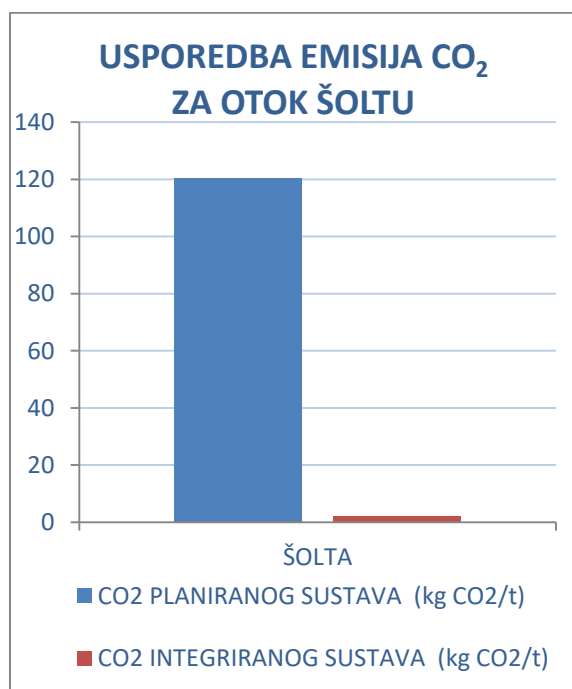
$$C_{UPOV} = 0,22 \cdot V_{org,ŠOLTA} = 0,22 \cdot 576,36 = 126,80 \text{ €/god}$$

Tablica 5. prikazuje trošak ugradnje drobilica na području otoka Šolte. Međutim, kako u analizu nisu ušli kapitalni troškovi UPOVa, niti izgradnja sustava Lećevica, troškovi ugradnje drobilica nisu uspoređeni.

Tablica 5. Broj stambenih jedinica na otoku Šolti i ukupan trošak drobilica sa njihovom ugradnjom

TROŠAK DROBILICA I UGRADNJA ZA OTOK ŠOLTU					
GRAD/OPĆINA	BR. SMJEŠTAJNIH JEDINICA	UKUPNO	CIJENA DROBILICE	UGRADNJA	UKUPAN TROŠAK (€)
Općina Šolta	3.453	3.453	280,00 €	50,00 €	1.139.490,00

U grafovima ispod je prikazana usporedba emisije CO₂ (graf 4.) i troška prijevoza otpada (graf 5.) na planiranom i integriranom sustavu po 1 toni otpada. Vidljivo je da je razlika između planiranog i integriranog sustava značajna, točnije za emisije CO₂ 60,3 puta, a za troškove 25,7 puta.



Graf 4. Usporedba emisije CO₂ planiranog i integriranog sustava na otoku Šolti

Graf 5. Usporedba troškova prijevoza otpada planiranog i integriranog sustava na otoku Šolti

5. Održivost sustava gospodarenja komunalnim otpadom i otpadnim vodama

5.1. Prednosti za okoliš

Korištenje integriranog sustava za odvoz biootpada, koji uključuje drobljenje biootpada iz kuhinja domaćinstava i ugostiteljskih objekata, donosi značajne prednosti za okoliš na otocima:

Smanjenje ukupne količine otpada

Integrirani sustav omogućuje drobljenje biootpada, kao što su voćni i povrtni ostaci, čime se smanjuje volumen otpada koji se odlaže na odlagalištima. To rezultira manjom potrebom za prostorom za odlaganje otpada i smanjenjem proizvodnje metana, koji je izuzetno snažan staklenički plin.

Zaštita okoliša

Manja količina otpada na odlagalištima smanjuje rizik od onečišćenja tla, voda i smanjuje potrebu za korištenjem kemijskih sredstava za dezinfekciju otpada.

Smanjenje emisija stakleničkih plinova

Smanjenje razgradnje organskog otpada na odlagalištima doprinosi smanjenju emisija metana, štetnog stakleničkog plina koji doprinosi globalnom zatopljenju. Smanjenjem emisija metana postigao bi se i pozitivan učinak na usporavanje klimatskih promjena.

Održivost i ponovna upotreba

Stvaranje drobljenog biootpada omogućuje njegovu upotrebu u kompostiranju i kao gnojivo u vrtlarstvu, smanjujući potrebu za umjetnim gnojivima i smanjujući količinu otpada koja se mora odlagati.

Smanjenje neugodnih mirisa

Integrirani sustav smanjuje neugodne mirise koji se mogu javljati kod tradicionalnog odlaganja biootpada, poboljšavajući kvalitetu života lokalnog stanovništva i turista.

Ukupno gledano, implementacija integriranog sustava za odvoz biootpada može donijeti značajne ekološke koristi. To uključuje smanjenje troškova odlaganja otpada i uštede na

tretmanu otpada, stvaranje dodatne ekonomske vrijednosti od drobljenog biootpada, poboljšanje turističke privlačnosti otoka te smanjenje troškova održavanja infrastrukture. Ove ekonomske koristi doprinose održivom i učinkovitom upravljanju otpadom na otocima.

5.2. Ekonomske koristi

Integrirani sustav za odvoz biootpada na otocima donosi značajne ekonomske prednosti:

Smanjenje troškova odlaganja otpada

Droblicom se organski otpad drobi u manje čestice, što rezultira smanjenjem volumena otpada. Smanjenje količine otpada ima financijske koristi jer se smanjuju troškovi transporta i odlaganja otpada. Manja količina otpada znači manje vozila i manje frekvencija prijevoza otpada na odlagališta. To smanjuje potrošnju goriva i povezane troškove prijevoza. Također, smanjenje volumena otpada smanjuje potrebu za velikim odlagalištima i troškove povezane s njihovim održavanjem i upravljanjem.

Uštede na tretmanu otpada

Drobljenje biootpada putem integriranog sustava pomoću drobilice u sudoperu smanjuje potrebu za dodatnim tretmanom otpada na odlagalištu. Manja količina otpada koja se šalje na tretman ima financijske prednosti jer se smanjuju troškovi povezani sa sortiranjem, kompostiranjem ili drugim oblicima obrade otpada. Uobičajeni postupci obrade otpada mogu biti skupi i zahtijevati dodatne resurse. Međutim, drobljenje biootpada smanjuje tu potrebu, jer se otpad već pretvara u manje čestice i prikladniji oblik za daljnju obradu.

Potencijalna ekonomska vrijednost drobljenog biootpada

Drobljeni biootpad, koji se može dobiti putem integriranog sustava s drobilicom, ima mnoge primjene u poljoprivredi, vrtlarstvu i uređenju okoliša. Proizvodnja komposta je jedna od ključnih primjena drobljenog biootpada. Kompostiranje je proces razgradnje biootpada uz pomoć mikroorganizama, koji rezultira organskom tvari bogatom hranjivim tvarima. Ovo pruža dodatnu ekonomsku vrijednost drobljenog biootpada, jer se kompost može prodavati kao proizvod ili koristiti lokalno za poboljšanje plodnosti tla, održavanje zelenih površina, poput vrta, parkova, sportskih terena i drugih površina koje zahtijevaju hranjive tvari za rast biljaka.

Poboljšana turistička privlačnost

Smanjenje vidljivosti otpada i neugodnih mirisa na otocima značajno poboljšava dojam kod turista. Turistički posjetitelji često cijene čistoću, estetiku i očuvanost okoliša prilikom odabira odredišta. Implementacija integriranog sustava za odvoz biootpada, koji uključuje drobilicu, smanjuje količinu otpada koji je vidljiv i smanjuje rizik od neugodnih mirisa koji mogu utjecati na turističko iskustvo. Ovo može poboljšati zadovoljstvo turista, potaknuti pozitivne recenzije i preporuke te povećati vjerojatnost ponovnog posjeta. Turizam je često jedan od glavnih izvora prihoda za otoke, stoga povećanje atraktivnosti otoka kao turističke destinacije može imati pozitivan utjecaj na gospodarske uvjete i poboljšati kvalitetu života lokalnog stanovništva.

Smanjenje troškova održavanja infrastrukture

Smanjenje opterećenja postojeće infrastrukture za odlaganje otpada jedna je od ključnih prednosti integriranog sustava. Drobilica za biootpad omogućuje smanjenje ukupne količine otpada koja se mora odložiti na odlagalištima. To znači da infrastruktura za odlaganje otpada, kao što su odlagališta i kontejneri, neće biti toliko opterećeni velikom količinom otpada. Smanjenje opterećenja infrastrukture rezultira smanjenjem troškova održavanja i produžuje njihov vijek trajanja.

Ukupno gledano, implementacija integriranog sustava za odvoz biootpada može donijeti značajne ekonomske koristi. To uključuje smanjenje troškova odlaganja otpada i uštede na tretmanu otpada, stvaranje dodatne ekonomske vrijednosti od drobljenog biootpada, poboljšanje turističke privlačnosti otoka te smanjenje troškova održavanja infrastrukture. Ove ekonomske koristi doprinose održivom i učinkovitim upravljanju otpadom na otocima.

5.3. Tehnološki napredak i inovacije

Uvođenje drobilice u sudoperu u okviru integriranog sustava za odvoz biootpada predstavlja značajan tehnološki napredak u upravljanju otpadom. Napredna tehnologija drobljenja koju koristi drobilica omogućuje pretvaranje organskog otpada, poput ostataka voća, povrća i drugih prehrambenih materijala, u manje čestice. Ova tehnološka inovacija ima nekoliko ključnih prednosti.

Prvo, drobljenje otpada rezultira smanjenjem njegove ukupne voluminoznosti. Drobljenje organskog otpada čini ga kompaktnijim, što olakšava njegov transport s otoka. Manji volumen otpada također smanjuje potrebu za velikim prostorima za skladištenje otpada, što je posebno važno na otocima gdje je prostor često ograničen. Osim toga, smanjena voluminoznost otpada omogućuje veću učinkovitost u procesima obrade i recikliranja. Drobljeni biootpad zauzima manje prostora u postrojenjima za obradu i recikliranje, što povećava njihovu kapacitet i omogućuje veću obradu otpada u istom vremenskom periodu. To pridonosi povećanoj učinkovitosti procesa obrade i recikliranja otpada.

Napredna tehnologija drobilice za biootpad ne samo da omogućuje drobljenje otpada, već može biti opremljena i senzorima koji prate različite parametre i omogućuju detaljno praćenje procesa rukovanja otpadom. Ti senzori mogu pratiti razinu otpada, vrstu otpada, temperaturu i druge relevantne podatke. Ove informacije su važne za praćenje generiranja otpada, planiranje odvoza i održavanja sustava.

Automatizirane kontrole također igraju važnu ulogu u naprednoj tehnologiji drobilice. One osiguravaju siguran i jednostavan rad drobilice te minimiziraju rizik od nepravilnog korištenja ili potencijalnih ozljeda. Ove kontrole mogu uključivati automatsko zaustavljanje drobilice u slučaju preopterećenja ili nepravilnog rada, a također mogu omogućiti daljinsko upravljanje i nadzor sustava.

Integrirani sustav za odvoz biootpada s naprednom tehnologijom drobilice, senzorima i automatiziranim kontrolama donosi revolucionarne inovacije u upravljanju otpadom na otocima. Tehnološke inovacije povećavaju učinkovitost transporta i obrade otpada, smanjujući ukupni volumen otpada i optimizirajući procese. Senzori omogućuju praćenje i upravljanje otpadom na temelju stvarnih podataka, dok automatizirane kontrole osiguravaju sigurnost i jednostavnost u radu sa sustavom.

6. Zaključak

6.1. Sažetak ključnih nalaza

Na temelju sveobuhvatne analize provedene na području upravljanja otpadom na dalmatinskim otocima Braču i Šolti, ugradnja drobilice u integrirani sustav za upravljanje otpadom jasno ukazuje da takvo rješenje pruža niz održivih i financijskih koristi u usporedbi s planiranim sustavom klasičnog odvoza otpada.

Prvenstveno, drobilice omogućuju značajno smanjenje volumena biootpada putem napredne tehnologije drobljenja. To rezultira manjom količinom otpada koju treba prevoziti i zbrinjavati, smanjujući troškove transporta. Integrirani sustav s drobilicama pruža ekonomski učinkovito rješenje dugoročnog gospodarenja otpadom.

Ugradnja drobilica u sudopere također donosi praktičnost i jednostavnost u rukovanju otpadom. Drobljenje biootpada u samom domu eliminira potrebu za dodatnim transportom otpada. Osim toga, drobljeni biootpad može se koristiti za kompostiranje ili kao kvalitetno gnojivo, smanjujući potrebu za vanjskim izvorima gnojiva i potičući održivu praksu recikliranja otpada.

Implementacija integriranog sustava s drobilicama pruža poboljšanu ekološku održivost, praktičnost i dugoročnu financijsku isplativost. Smanjenje količine otpada koja se prevozi i zbrinjava doprinosi smanjenju troškova vezanih uz transport i poboljšanju učinkovitosti rukovanja otpadom, što rezultira financijskim koristima.

Uzimajući u obzir sve navedene prednosti, ugradnja drobilica kao dio integriranog sustava za upravljanje otpadom nadmašuje planirani sustav klasičnog odvoza otpada na dalmatinskim otocima. Takvo inovativno rješenje pruža poboljšanu ekološku održivost, praktičnost te dugoročnu financijsku isplativost, stvarajući temelj za održivo i učinkovito gospodarenje otpadom na tim otocima.

6.2. Implikacije za održivo gospodarenje otpadom na dalmatinskim otocima

Potreba za integriranim pristupom

Za uspješno održivo gospodarenje otpadom na otocima, integrirani pristup koji obuhvaća sve faze upravljanja otpadom, uključujući prikupljanje, obradu, recikliranje i zbrinjavanje otpada, ključan je za optimizaciju ukupnog sustava i postizanje sinergijskih učinaka.

Prilagođavanje sezonskom turizmu

Dalmatinski otoci doživljavaju veliki porast populacije tijekom turističke sezone, što dovodi do znatnog povećanja količine otpada. Prilagođavanje sezonskom turizmu je od velike važnosti, jer je potrebno osigurati da infrastruktura i kapaciteti budu dostatni za rukovanje povećanom količinom otpada tijekom turističke sezone.

Primjena naprednih tehnologija

Primjena naprednih tehnologija, poput drobilica u sudoperima, ima značajan potencijal za poboljšanje učinkovitosti gospodarenja otpadom. Ove tehnologije omogućuju smanjenje volumena otpada, bolju obradu i smanjenje negativnih utjecaja na okoliš. Stoga je važno istraživati i primjenjivati nove tehnologije kako bi se postigla veća održivost i učinkovitost u upravljanju otpadom na otocima.

Edukacija i svijest

Edukacija i podizanje svijesti su također ključni faktori. Informiranje lokalnog stanovništva, turista i dionika o održivom gospodarenju otpadom i pravilnom postupanju s otpadom pomaže u stvaranju svijesti o važnosti odvajanja otpada, recikliranja i smanjenja otpada. Kampanje, edukacija i informiranje o pravilnom korištenju infrastrukture za gospodarenje otpadom mogu biti učinkoviti alati u podizanju svijesti i poticanju pozitivnih promjena u ponašanju.

Monitoring i evaluacija

Kontinuirano praćenje i evaluacija učinkovitosti sustava gospodarenja otpadom ključni su za identifikaciju slabih područja i mjera poboljšanja. Kontinuirano praćenje omogućuje prepoznavanje trendova i donošenje utemeljenih odluka za daljnje unaprjeđenje sustava gospodarenja otpadom. Evaluacija rezultata omogućuje identifikaciju uspješnih praksi i identifikaciju područja koja zahtijevaju poboljšanje.

Ukratko, implementacija integriranog pristupa, primjena naprednih tehnologija, edukacija i podizanje svijesti, suradnja te praćenje i evaluacija ključni su za postizanje održivog gospodarenja otpadom na dalmatinskim otocima. Ove mjere pomažu u smanjenju negativnih utjecaja na okoliš, očuvanju prirodnih ljepota otoka i stvaranju održivog okruženja za lokalno stanovništvo i turiste.

6.3. Smjerovi budućih istraživanja

Razvoj naprednih tehnologija za obradu otpada

Uz drobilicu kao ključnog elementa integriranog sustava, postoji mnogo drugih tehnologija i inovacija koje se mogu istražiti i primijeniti u integriranom sustavu upravljanja otpadom na otocima. Navedeni prijedlozi kao što su različite vrste drobilica, tehnologije kompostiranja, anaerobne digestije ili termičke obrade mogu biti vrlo korisni i doprinijeti daljnjem unaprjeđenju efikasnosti i održivosti procesa gospodarenja otpadom.

Poboljšanje senzora i automatizacije

Razvoj naprednih senzora i automatiziranih kontrola također ima veliki potencijal za poboljšanje nadzora sustava i povećanje sigurnosti i pouzdanosti. Mogućnost prepoznavanja i obrade podataka putem sustava umjetne inteligencije može značajno olakšati praćenje i upravljanje sustavom.

Održavanje i optimizacija sustava

Održavanje i optimizacija sustava također su ključni aspekti koji se mogu istražiti. Razvoj metoda praćenja stanja i strategija optimizacije procesa pomaže u održavanju dugoročne učinkovitosti i pouzdanosti sustava upravljanja otpadom.

Praćenje utjecaja na okoliš i evaluacija održivosti

Praćenje utjecaja na okoliš i evaluacija održivosti integriranog sustava upravljanja otpadom izuzetno su važni. Praćenje smanjenja volumena otpada ključno je jer ukazuje na uspješnost sustava u smanjenju ukupne količine otpada koja se zbrinjava. To može biti rezultat primjene drobilica, kompostiranja ili drugih tehnologija koje doprinose smanjenju volumena otpada. Praćenje emisija stakleničkih plinova također je važno jer pomaže u procjeni utjecaja sustava na klimatske promjene. Poboljšanje kvalitete zraka i vode također je bitan aspekt praćenja. Odgovarajuća obrada otpada, uključujući drobljenje, kompostiranje ili anaerobnu digestiju,

može smanjiti onečišćenje zraka i vode. Praćenje kvalitete tih elemenata okoliša omogućuje identifikaciju potencijalnih izazova ili problema i omogućuje pravovremene intervencije za poboljšanje stanja.

Evaluacija ekonomskih, socijalnih i ekoloških aspekata održivosti sustava pruža cjelovitu sliku njegove uspješnosti. To uključuje procjenu troškova i financijskih koristi sustava, socijalnih učinaka na lokalno stanovništvo i zajednicu te ocjenu ekoloških koristi i šteta. Evaluacija održivosti pomaže u identifikaciji područja u kojima se mogu postići poboljšanja, primijeniti prilagodbe ili optimizirati cjelokupni sustav.

Buduća istraživanja u praćenju utjecaja na okoliš i evaluaciji održivosti omogućuju kontinuirano poboljšanje sustava upravljanja otpadom na otocima. Informacije dobivene kroz ove aktivnosti pomažu u informiranom donošenju odluka, identifikaciji područja za unaprjeđenje i osiguranju da sustav bude u skladu s ciljevima održivosti i zaštite okoliša.

Implementacija integriranog pristupa, primjena naprednih tehnologija, kontinuirano praćenje i evaluacija, te edukacija i podizanje svijesti ključni su za postizanje održivog gospodarenja otpadom na otocima. Kroz ove aktivnosti, može se stvoriti održivo okruženje koje odgovara specifičnim potrebama otoka, smanjuje negativne utjecaje na okoliš i osigurava dugoročnu održivost i prosperitet.

7. Literatura

- [1] Andrić, I., Vodoopskrba i kanalizacija – predavanja (2021.)
- [2] Erdelez, A., Margeta, J., Knezić, S., Integralni pristup upravljanju sustavom prikupljanja komunalnog otpada (2006.)
- [3] Ivković, E., 2012: Zbrinjavanje otpada, interni materijal, Srednja škola Antuna Matije Reljkovića, Slavonski brod
- [4] Margeta, J., Kanalizacija naselja, (2009.)
- [5] Margeta, J., Upravljanje krutim komunalnim otpadom, Split: Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu, 2017.
- [6] Molinos-Senante, M., Hernandez-Sancho, F., Sala-Garrido, R., Economic feasibility study for wastewater treatment: A cost-benefit analysis (2010.)
- [7] Olofsson, M., Sahlin, J., Ekvall, T., Sundberg, J., Driving forces for import of waste for energy recovery in Sweden (2005.)

INTERNETSKE VEZE

Domanovac, T, Orašani, R.: Composition and Quantity of Waste from Tourist Services, VIII International Waste Management Symposium Zagreb 2004, Proceedings:

https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/NASLOVNE%20FOTOGRAFIJE%20I%20KORI%205%A0TENI%20LOGOTIPOVI/doc/waste_management_plan_og_85-207.pdf

(pristupljeno: 20.5.2023.)

Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. – 2022. godine na području Splitsko-dalmatinske županije i objedinjena izvješća jedinica lokalne samouprave:

<https://www.dalmacija.hr/>

(pristupljeno: 20.5.2023.)

Izvješće o komunalnom otpadu za 2017. godinu, MZOE:

<https://www.dalmacija.hr/>

(pristupljeno: 20.5.2023.)

Izvješće o komunalnom otpadu za 2018. godinu, MZOE:

<https://www.dalmacija.hr/>

(pristupljeno: 20.5.2023.)

Izvješće o komunalnom otpadu za 2021. godinu, MZOE:

<https://www.dalmacija.hr/>

(pristupljeno: 20.5.2023.)

Izvješće o komunalnom otpadu za 2022. godinu, MZOE:

<https://www.dalmacija.hr/>

(pristupljeno: 20.5.2023.)

Analiza transportnih putova i pretovarnih stanica za prijevoz otpada iz gradova i općina u Splitsko – dalmatinskoj županiji u Županijski Centar za gospodarenje otpadom u Općini Lećevica, (rujan 2014.):

<https://rcco.hr/centar-gospodarenje-otpadom/>

(pristupljeno: 25.5.2023.)

Idejni projekt, Centar za gospodarenje otpadom u Splitsko – dalmatinskoj županiji, Geoprojekt d.d., (kolovoz, 2017.):

<https://rcco.hr/centar-gospodarenje-otpadom/>

(pristupljeno: 2.6.2023.)

Drobilica InSinkErator Model 46:

[IN-SINK-ERATOR Model 46 \(nabava.net\)](https://www.nabava.net/)

(pristupljeno: 10.6.2023.)

Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš dogradnje sustava vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka brača, Splitsko-dalmatinska županija:

<https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE->

[OTPADOM/Opuo/OPUO_2022//27_07_2022_Elaborat_Dogradnja_sustava_odvodnje_vodoo_pskrbe_Brac.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Opuo/OPUO_2022//27_07_2022_Elaborat_Dogradnja_sustava_odvodnje_vodoo_pskrbe_Brac.pdf)

(pristupljeno: 5.6.2023.)

Plan gospodarenja otpadom općine Lećevica za razdoblje 2018.-2023. godine:

https://www.lecevice.hr/OL/images/stories/DOKUMENTI/GospodarenjeOtpadom/20180816_PGO_Lecevice_prijedlog%20plana.pdf

(pristupljeno: 5.6.2023.)

Popis stanovništva, kućanstava i stanova 2021.:

<https://podaci.dzs.hr/media/ixpn5qzo/si-1711-popis-stanovnistva-kucanstava-i-stanova-2021-prvi-rezultati-po-naseljima.pdf>

(pristupljeno: 11.6.2023.)

Procjena stvarnih količina komunalnog otpada od stanovništva i gospodarske aktivnosti:

<https://repozitorij.rgn.unizg.hr/islandora/object/rgn%3A1521/datastream/PDF/view>

(pristupljeno: 11.6.2023.)

Plan gospodarenja otpadom općine Šolta za razdoblje od 2017.-2022. godine:

http://dokumenti.azo.hr/Dokumenti/PGO_Opcine_Solta_2017_2022.pdf

(pristupljeno: 12.6.2023.)

Statistička analiza turističkog prometa 2022.:

<https://www.dalmatia.hr/wp-content/uploads/2023/04/Analiza2022.pdf>

(pristupljeno: 12.6.2023.)

Analiza lokacijskih čimbenika u kontekstu gospodarenja otpadom na otoku Braču:

<https://zir.nsk.hr/islandora/object/efst:4044>

(pristupljeno: 14.6.2023.)

Gospodarenje otpadom na otoku Braču:

<https://rcco.hr/wp-content/uploads/dokumenti/ps-brac/elaborat-zastite-okolisa-na-zahvat-pretovarna-stanica-brac-opcina-pucisca-za-ocjenu-o-potrebi-procjene-utjecaja-na-okolis-2015.pdf>

(pristupljeno: 14.6.2023.)

Zbrinjavanje otpada:

http://ss-mareljkovica-sb.skole.hr/upload/ss-mareljkovica-sb/newsattach/200/GOSPODARENJE-OTPADOM_SKRIPTA.pdf

(pristupljeno: 15.6.2023.)

Gospodarenje organskim otpadom u Splitsko-dalmatinskoj županiji:

<https://dabar.srce.hr/islandora/object/gradst%3A2374>

(pristupljeno: 15.6.2023.)

Idejno rjesenje sanacije odlagalista Kupinovica:

<https://gradsupetar.hr/attachments/article/49/2.pdf>

(pristupljeno: 2.6.2023.)

Komunalno društvo otoka Brača:

<https://www.kdgrad.hr/nase-usluge/sakupljanje-odvoz-i-odlaganje-otpada.html>

(pristupljeno: 7.6.2023.)

Elaborat sanacija odlagalista Borovik:

<https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE->

[OTPADOM/Opuo/OPUO_2021/16_02_2021_Elaborat_Sanacija_odlagalista_Borovik.pdf](#)

(pristupljeno: 16.6.2023.)

Elaborat pretovarna stanica Brač:

<https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE->

[OTPADOM/Opuo/18_08_2020_Elaborat_Pretovarna_stanica_Brac.pdf](#)

(pristupljeno: 16.6.2023.)

Driving forces for import of waste for energy recovery in Sweden:

https://www.researchgate.net/publication/7983580_Driving_forces_for_import_of_waste_for_energy_recovery_in_Sweden

(pristupljeno: 12.6.2023.)

Sustav gospodarenja otpadom na otoku Braču:

<https://www.michieli-tomic.hr/images/dokumenti/sustav.pdf>

(pristupljeno: 11.6.2023.)

Idejni projekt pretovarne stanice Brač:

<https://rcco.hr/wp-content/uploads/2019/07/Idejni-projekt-pretovarne-stanice-Bra%C4%8D-2015..pdf>

(pristupljeno: 10.6.2023.)

Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš dogradnje sustava vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda otoka Brača, Splitsko-dalmatinska županija:

<https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE->

[OTPADOM/Opuo/OPUO_2022//27_07_2022_Elaborat_Dogradnja_sustava_odvodnje_vodoo_pskrbe_Brac.pdf](#)

(pristupljeno: 16.6.2023.)

POPIS SLIKA:

Slika 1. Godišnje količine nastalog komunalnog otpada po stanovniku u RH, 1995.-2022.

Slika 2. Kretanje broja stanovnika otoka Splitsko-dalmatinske županije 1857.-2011.g

Slika 3. Indeks starosti otočnih naselja Splitsko-dalmatinske županije 2011.g

Slika 4. Udio Županije u ukupnim količinama komunalnog otpada u turizmu u 2021.g.

Slika 5. Aktivna i zatvorena odlagališta otpada na području Splitsko-dalmatinske županije

Slika 6. Grafički prikaz hijerarhijskog pristupa gospodarenja otpadom

Slika 7. Županijski centar za gospodarenje otpadom Lećevice

Slika 8. Prikaz trenutnih odlagališta komunalnog otpada na otoku Braču

Slika 9. Prikaz planirane lokacije pretovarne stanice na otoku Braču

Slika 10. Geografski položaj otoka Brača

Slika 11. Prikaz trenutnog odlagališta komunalnog otpada na otoku Šolti

Slika 12. Prikaz planirane metode sakupljanja otpada na otoku Šolti

Slika 13. Geografski položaj otoka Šolte

Slika 14. i 15. Prikaz drobilice otpada

Slika 16. Prikaz otoka sa naznačenim morskim i kopnenih udaljenostima

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Prikaz količina odloženog komunalnog otpada na otocima SDŽ u 2018. i 2019.g

Tablica 2. Broj noćenja turista u mjesecima sezone za otok Braču

Tablica 3. Broj noćenja turista u mjesecima sezone za otok Šoltu

Tablica 4. Broj stambenih jedinica na otoku Braču i ukupan trošak drobilica sa njihovom ugradnjom

Tablica 5. Broj stambenih jedinica na otoku Šolti i ukupan trošak drobilica sa njihovom ugradnjom

POPIS GRAFOVA:

Graf 1. Usporedba u nastalim količinama komunalnog otpada izvan i za vrijeme turističke sezone

Graf 2. Usporedba emisije CO₂ planiranog i integriranog sustava na otoku Braču

Graf 3. Usporedba troškova prijevoza otpada planiranog i integriranog sustava na otoku Braču

Graf 4. Usporedba emisije CO₂ planiranog i integriranog sustava na otoku Šolti

Graf 5. Usporedba troškova prijevoza otpada planiranog i integriranog sustava na otoku Šolti