

**STUDIJA O UKLANJANJU OTPADNIH VODA
GRADA KORČULE I OPĆINE LUMBARDA**

Društvo za zbrinjavanje otpada Saar

Listopad 2012.

SADRŽAJ

Studija o uklanjanju otpadnih voda grada Korčule i općine Lumbarda

Dodatak 1A : Podaci i dimenzioniranje za različita postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda

Dodatak 1B : Procjena troškova

Dodatak 2 : Korištenje pročišćenih otpadnih voda za navodnjavanje i potrošnu vodu

Dodatak 3 : Planovi i karte

Poglavlja

1.	Okvirni uvjeti.....	6
1.1	Geografski i klimatski uvjeti.....	6
1.2	Snabdijevanje vodom i potreba za vodom.....	6
1.3	Geologija.....	6
1.4	Industrija i poljoprivreda.....	6
1.5	Pristupanje EU i zahtjevi koji će iz toga proizaći glede zaštite mora.....	7
1.6	Predmet studije.....	10
2.	Postojeći sustav odvodnje i izljevna područja grada Korčule.....	11
3.	Postojeći sustav odvodnje i izljevna područja općine Lumbarde.....	12
4.	Potrošnja vode	13
5.	Predviđanja glede razvoja.....	14
6.	Projekt za uklanjanja otpada.....	14
6.1	Moguće varijante projekta za uklanjanja otpada.....	14
6.1.1	Varijanta 1 : centralno rješenje.....	14
6.1.2	Varijanta 2: necentralno rješenje 1.....	14
6.1.3	Varijanta 3: necentralno rješenje 2.....	14
6.2	Veličine projekta postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.....	14
6.2.1	Razvoj broja stanovništva i gostiju u izljevnom području koje se razmatra.....	14
6.2.2	Opterećenje prilikom centralnog rješenja.....	15
6.2.3	Opterećenje prilikom necentralnog rješenja (necentralno rješenje 1).....	17
6.2.4	Opterećenje prilikom necentralnog rješenja (necentralno rješenje 2).....	17
6.2.5	Pregled mogućih veličina projekata postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda u različitim varijantama uklanjanja otpada.....	17
7.	Razmatranje troškova.....	20
7.1.	Postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.....	20
7.1.1.	Investicijski troškovi.....	20
7.1.2.	Troškovi pogona.....	22
7.1.2.1.	Općenito.....	22
7.1.2.2.	Troškovi za osoblje.....	23
7.1.2.3.	Materijalni troškovi.....	24
7.1.2.4.	Troškovi energije.....	25
7.1.2.5.	Troškovi održavanja.....	26
7.1.2.6.	Troškovi za uklanjanje preostalog materijala.....	26
7.1.2.7.	Pregled svih troškova pogona.....	27
7.2	Kanali i vodovi.....	28
7.2.1.	Investicijski troškovi.....	28
7.2.2.	Troškovi pogona.....	30
7.3	Troškovi crpki.....	30
7.3.1.	Investicijski troškovi.....	30
7.3.2	Troškovi pogona.....	30
7.4.	Razmatranje sadašnje vrijednosti.....	33
7.4.1.	Pregled svih troškova.....	33
7.4.2.	Eskontiranje različitih plaćanja i tijek plaćanja.....	34
7.4.2.1.	Općenito.....	34
7.4.2.2.	Osvrt na jednokratno plaćanje.....	34
7.4.2.3.	Osvrt na istovrsni lanac plaćanja.....	35

7.4.2.4.	Procjena trajanje korištenja.....	35
7.4.3.	Rezultat razmatranja sdašnje vrijednosti.....	35
8.	Moguće lokacije za postrojenja za pročišćavanje vode.....	39
8.1.	Moguće lokacije za varijantu 1: centralno postrojenje za pročišćavanje vode.....	39
8.2	Moguće lokacije za varijantu 2 : jedno postrojenje za Korčulu i jedno za Lumbardu....	40
8.3.	Moguće lokacije za varijantu 3: dva postrojenja za Korčulu i jedno za Lumbardu...	41
9.	Presudno pri određivanju neke varijante.....	42
10.	Mogući postupak za obradu otpadnih voda.....	43
10.1.	Općenito.....	44
10.2.	Neprozračeni bazeni.....	44
10.2.1.	Osnovno o postupku i području upotrebe.....	44
10.2.2.	Potrebna prethodna obrada.....	44
10.2.3.	Dimenzioniranje i konstruiranje.....	45
10.2.4.	Obrada mulja i otpadne tvari u mulju.....	45
10.2.5.	Procjena i komentar.....	46
10.3	Prozračeni bazeni.....	46
10.3.1.	Područje korištenja , prednosti i nedostaci i granice područja korištenja.....	46
10.3.2.	Potrebna prethodna obrada.....	46
10.3.3.	Dimenzioniranje i konstruiranje.....	46
10. 3.4.	Obrada mulja.....	47
10.3.5.	Procjena i komentar.....	47
10.4.	Uređaji sa simultanom stabilizacijom mulja i bistenjem	47
10.4.1.	Područje postavljanja , prednosti i nedostaci i granice područja postavljanja.....	47
10.4.2.	Potrebna prethodna obrada.....	48
10.4.3.	Dimenzioniranje.....	48
10.4.4.	Obrada mulja.....	49
10.4.5.	Procjena i komentar.....	49
10.5.	Uređaji sa simultanom stabilizacijom mulja i membranama za zadržavanje čvrste tvari	50
10.5.1.	Područje upotrebe, prednosti i nedostaci i granice upotrebe.....	50
10.5.2.	Potrebne prethodna obrada.....	51
10.5.3.	Dimenzioniranje.....	51
10.5.4.	Obrada mulja.....	51
10.5.5	Procjena i komentar.....	51
10.6.	Uređaji s emšerskom taložnicom i biološkim prokapnikom.....	52
10.6.1.	Područje korištenja , prednosti i nedostaci i granice područja korištenja.....	52
10.6.2.	Potrebne prethodna obrada.....	54
10.6.3.	Dimenzioniranje i konstruiranje.....	54
10.6.4.	Obrada mulja.....	55
10.6.5.	Procjena i komentar.....	55
10.7.	Uređaji s emšerskom taložnicom i podvodnim pločastim/kružnim rotacijskim tijelom.....	55
10.8.	Uređaji s emšerskom taložnicom i uređaji s sktiviranim muljem.....	56
10.8.1.	Područje korištenja , prednosti i nedostaci i granice područja korištenja.....	56
10.8.2.	Potrebna prethodna obrada.....	56
10.8.3.	Mjerenje i dimenzioniranje.....	56
10.8.4.	Obrada mulja.....	56
10.8.5.	Dimenzioniranje i konstruiranje.....	56
10.9.	Uređaji s UASB reaktorima i straga priključenim biološkim prokapnikom	57
10.9.1.	Općenito.....	57
10.9.2.	Opis postupka.....	57

10.9.3.	Prednosti i nedostaci postupka.....	59
10.9.4.	Potrebna prethodna obrada.....	60
10.9.5.	Dimenzioniranje i konstruiranje.....	60
10.9.6.	Naknadna obrada otpadnih voda.....	60
10.9.7.	Dimenzioniranje i konstruiranje.....	61
11.	Obrada mulja i uklanjanje preostalog materijala.....	61
11.1.	Općenito.....	61
11.2.	Strojna dehidracija mokrog mulja.....	62
11.3.	Iskorišćavanja mulja u poljoprivredi.....	63
11.4.	Dehidracija mulja na poljima za sušenje mulja.....	63
12.	Rasprava i usporedba tehnoloških mogućnosti za pročišćavanje otpadnih voda ako se realizira centralni uređaj za pročišćavanje vode.....	64
13.	Razmatranje pristojbi.....	66

1. Okvirni uvjeti

1.1 Geografski i klimatski uvjeti

Otok Korčula pripada Dubrovačko-Neretvanskoj županiji, ima površinu od 279,03 km² (dužina 46,8 km, širina 5,3 – 7,8 km) i oko 17.000 stanovnika. Najviše uzvisine su malo brdo Klupca, 568 m, i Kom, 510.

Tri najveća mjesta na otoku su gradovi Korčula, Blato u unutrašnjosti otoka kao i mali lučki grad Vela Luka na zapadu otoka. Ostala mjesta su Žrnovo, Smokvica, Čara, Pupnat i Lumbarda. Srednja gustoća naseljenosti iznosi oko 60 stanovnika na km².

Prosječna temperatura na otoku je u siječnju 9,8 °C (u gradu Korčuli), a u srpnju 26,9 °C. Prosječna količina padalina je oko 1100 mm. Godišnje se bilježi (u Veloj Luci) 2671 sunčanih sati.

1.2. Snabdijevanje vodom i potreba za vodom

Na otoku se ne dobiva pitka voda. Zbog toga nema vodozaštitnih područja i nisu ni potrebna. Sva pitka i potrošna voda se dovodi s kopna preko sustava vodovodnih cijevi.

Prosječna potrošnja vode u gradu Korčuli i Lumbardi je u prosjeku oko 200 l po stanovniku i danu pri čemu ima znatnih razlika između pojedinih područja i godišnjih doba. U obzir se mora uzeti i potreba za vodom od strane kruzera koji pristaju u Korčuli, a koja trenutno još nije pobliže izmjerena.

Prilikom procjene potrošnje vode mora se uzeti u obzir i turizam, koji, prirodno, uzrokuje značajni porast potrošnje vode. Troškovi za pitku vodu iznose trenutno oko 1,5 eura/m³ (dodatno se tu još moraju uzeti u obzir i troškovi za uklanjanje otpadnih voda od 0,5 eura/m³).

1.3. Geologija

Na cijelom otoku pretežno se nailazi na stjenovito tlo (vapnenac).

1.4. Industrija i poljoprivreda

Na otoku ima malo industrije, osim jednog brodogradilišta, nema značajnih pogona. Živi se od turizma. Dodatni prihod dobivaju stanovnici otoka od uzgoja loze. Industrijskih otpadnih voda nema. Otpadne vode se trenutno ne koriste za navodnjavanje.

1.5. Pristupanje EU i zahtjevi koji će iz toga proizaći glede zaštite mora

Hrvatska će 1. srpnja 2013 postati članica Europske Unije. Pristupanje Europskoj Uniji obvezuje ovu zemlju da ispuní ugovorom utvrđene pristupne kriterije. To važi i za zaštitu voda. To znači da se Hrvatska mora pridržavati europskih direktiva /1/ glede voda. Cilj toga je da se usklade zahtjevi za obradu vode u EU-području i da se poboljša kvaliteta voda.

Istovremeno se mora paziti na direktivu Vijeća o obradi komunalnih otpadnih voda /3/, navesti rokove do kada se u različita naselja - razvrstana prema veličini i osjetljivosti dotičnih voda- treba uvesti propisno uklanjanje otpadnih voda. Što „propisno“ znači, definirano je u prethodno spomenutoj direktivi.

Pojednostavljeno rečeno, otpadne vode svih postrojenja > 2000 stanovnika treba temeljito biološki očistiti a kod postrojenja > 10.000 stanovnika , vode koja se ulijevaju u osjetljiva područja , potrebno je dodatno pročistiti eliminacijom dušika i fosfora.

Iznimka je prikazana u članku 6 spomenute EU-direktive glede voda /3/, pri čemu kod izljeva otpadnih voda u obalne vode može biti dovoljna jedna obrada otpadne vode (prva obrada), koja samo smanjuje biokemijsku potrebu za kisikom za 20% i taložne tvari za 50%. Ali tada je pretpostavka da se pomoću sveobuhvatnih studija može dokazati da ove otpadne vode ne štete okolišu.

U načelu je, prema EU-direktivi /1/ glede voda moguće postaviti još veće zahtjeve u pogledu imisije, ukoliko se ovo pokaže nužnim. Odredbe takve vrste za Hrvatsku nisu trenutno spomenute.

Prepoznavanje osjetljivih područja briga je pojedinih zemalja članica. U svakom slučaju ovo stupnjevanje ne može uslijediti samovoljno, već se ova odluka može pobiti preko Vijeća zajednice. Ovo pokazuju procesi koje EU vodi protiv Engleske i Francuske, gdje se određena područja nisu prikazala kao osjetljiva, a ona po mišljenju Vijeća EU moraju biti svrstana u osjetljiva.

Ako se neko područje ne proglasi osjetljivim u smislu ove direktive, zemlje članice EU se brinu za to da se status manje osjetljivih područja kontrolira barem svake 4 godine.

Zahtjevi glede ispunjenja kriterija se mogu naći – konkretizirano na Hrvatsku- u „revised implementation plan for water utility directives“ /2/, dio ugovora o pristupanju EU (Chapter 27 enviroment) Ova direktiva ima svoj temelj u EU-direktivi (91/271/EEC od 21. svibnja 1991.) /3/ i u EU direktivi koja se tiče voda /1/. Budući da su prethodno zadani rokovi za završavanje postrojenja za otpadne vode odavno prošli, bilo je potrebno utvrditi nove rokove za novu pristupnu zemlju.

Ovi rokovi su/2/ također prethodno zadani , kako za klasifikaciju površinskih voda tako i za dijelove mora u koje ulaze izljevi naselja s više od 2.000 stanovnika , s obzirom na osjetljivost i time i nužnu zaštitu prirodnih vodotoka.

Budući da su u slučaju Korčule i Lumbarde relevantni jedino izljevi u more i to Jadransko more, onda se samo oni moraju razmatrati. Obalno područje u koje se izlijevaju otpadne vode grada Korčule (kao i Lumbarde) Hrvatska/2/ nije svrstala u osjetljivo područje, tako da veće pročišćavanje (odstranjivanje dušika i fosfora) barem sljedećih godina nije nužno potrebno.

Zahtjevi koji pri tom važe , što de tiče kvalitete izljeva u more, opisani su u sljedećoj tablici , barem ako se ne odnose na članak 6 direktive Vijeća /3/ (smanjenje učinka pročišćavanja uz dokaz dokazane neškodljivosti izljeva).

Tablica br. 1 . Tablica direktive Vijeća od 21. 05. 1991. o obradi komunalnih voda (91/272/St.)

Tablica 1: Zahtjevi glede izljeva iz komunalnih postrojenja za obradu otpadnih voda koji podliježu odredbama članaka 4 i 5.
Primjeniti se treba vrijednost koncentracije ili postotak smanjenja.

Parametar	Koncentracija	Minimalno smanjenje u postocima	Referentni mjerni postupak
Potreba za biokemijskim kisikom (PBK) (pri temperaturi od 20 °C) bez nitrifikacije(2)	25 mg/l O ₂	70 - 90 40 prema članku 4, stavak 2	Homogeniziran, nefiltriran, nenataložen uzorak. Utvrđivanje oslobođenog kisika prije i poslije petodnevnog ležanja na temperaturi od 20 °C +/- 1 °C u potpunom mraku. Dodatak nitrifikacijske tvari koja usporava reakciju.
Potreba za kemijskim kisikom	125 mg/l O ₂	75	Homogeniziran, nefiltriran, nenataložen uzorak. Kalij-dikromat
Suspendirane lebdeće tvari, ukupno	35 mg/l (3) 35 prema članku 4,stavak 2 (više od 10.000 stanovnika) 60 prema članku 4,stavak 2 (od 2.000 do 10.000 stanovnika)	90 (3) 90 prema članku 4,stavak 2 (više od 10.000 stanovnika) 70 prema članku 4, stavak 2 (od 2.000 do 10.000 stanovnika)	- Filtriranje reprezentativnog uzorka kroz filtersku membranu od 0,45µ. Sušenje na temperaturi od 20 °C i mjerenje težine. -Centrifugiranje reprezentativnog uzorka (najmanje 5 min. pri prosječnom ubrzanju od 2800 do 3200 g), sušenje na temperaturi od 10°C i mjerenje težine.

- (1) Smanjenje u odnosu na opterećenje dotoka
- (2) Ovaj parametar se može zamijeniti nekim drugim: ukupan organski ugljik (UOU) ili ukupna potreba za kisikom (UPK) , ako se može uspostaviti odnos između potrebe za biokemijskim kisikom i zamjenskog parametra.
- (3) Ovaj zahtjev je fakultativan.

Analize uljeva iz bazena za otpadnu vodu trebaju se vršiti na filtriranim uzorcima; ukupna koncentracija suspendirane lebdeće tvari u nefiltriranim uzorcima vode ne smije iznositi više od 150 mg/l.

Prema prethodno navedenim direktivama /2/3/ potrebno je, dakle, samo biološko pročišćavanje u slučaju „aglomeracije“ stanovnika > 2.000. Potrebna postrojenja za otpadne vode moraju biti gotova do 2023. godine.

Pojam“aglomeracija“ ovdje se ne definira strogo. Prema definiciji koja se nalazi u /2/ postoji prilična sloboda za utvrđivanje prostornog opsega aglomeracije.

1.6. Predmet studije

Cilj ovih istraživanja je pronalaženje najboljeg rješenja za tehnološko odstranjivanje otpadnih voda grada Korčule.

Već sam pogled na kartu i bez većih istraživanja daje naslutiti da uključivanje drugih naselja na otoku Korčuli u projekt odstranjivanja otpadnih voda za grad Korčulu, osim Lumbarde, nema smisla.

Sljedeća veća naselja na otoku su Pupnat (500 stanovnika), udaljen od centra Korčule oko 8.400 m odnosno do granice naselja Žrnovo oko 5.300 m zračne linije, a Čara (600 stanovnika) kao i Smokvica (1.000) stanovnika su udaljeni više od 10 km (vidi sliku 1)



Slika br. 1: Naselja najbliža gradu Korčuli

Ako se računa sa samo 259 eura/m¹ za troškove izgradnje jednog priključnog kanala, samo priključak od Pupnata bi uvjetovao da troškovi vodova budu veći od 1,4 milijuna eura, što bi iznosilo 2.850 eura po stanovniku samo za troškove vodova i sigurno bi dovelo do daljnjih nepotrebnih rasprava.

Utoliko se čini prihvatljivim ograničiti se, bez daljnjih istraživanja na optimalni stupanj centralizacije, na naselja u području grada Korčule (uključujući Žrnovo) i Lumbardu.

Što se tiče optimalne situacije zbrinjavanja otpada Korčula-kopno, upućuje se na odvojenu studiju.

2. Postojeći sustav odvodnje i izljevna područja grada Korčule

Postojeća mreža odvodnje sastoji se od dvije odvojene zone.

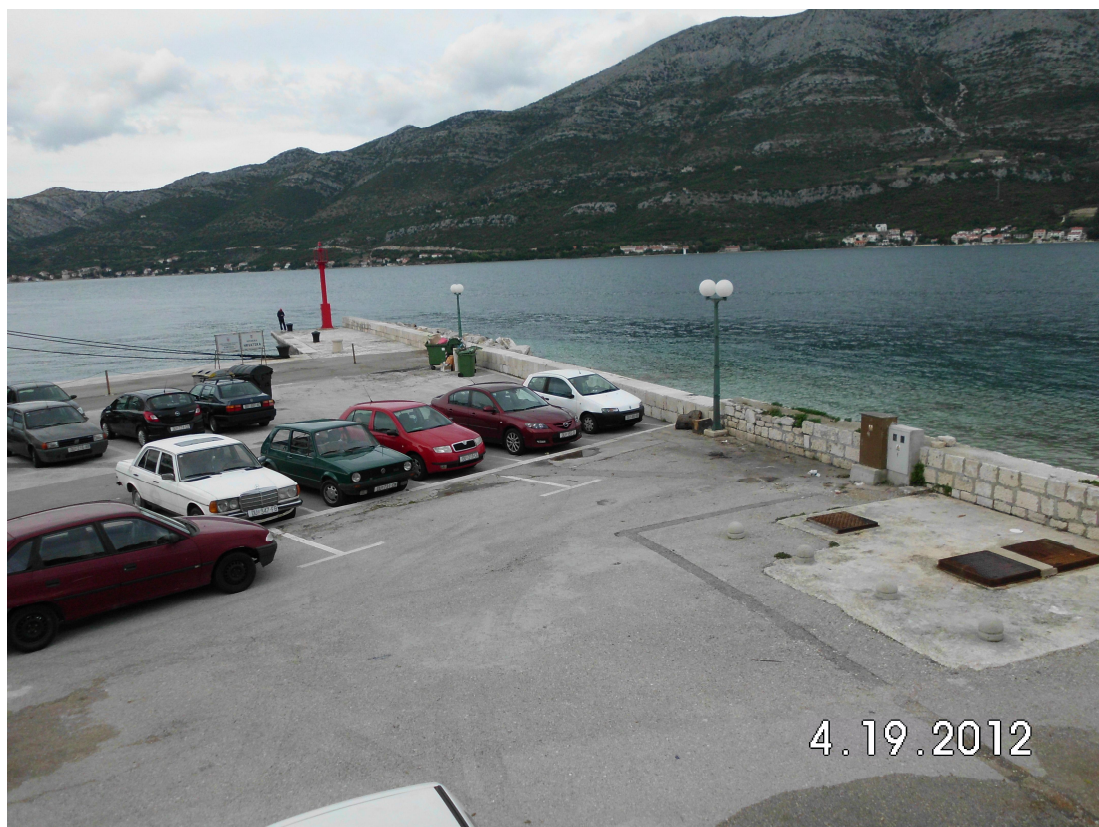
Sustav 1 (Zona 1) zbrinjava oko 1.100 stanovnika (bez turista) koji se preko crpne stanice izljevaju u mrežu gradskog postrojenja za otpadne vode. U ovoj zoni je na kanalizaciju trenutno priključeno oko 99% stanovnika. U glavnoj sezoni (srpanj/kolovoz) očekuje se u ovom gradskom području oko 2.000 turista. Crpna stanica je ugrađena u tlo, nije vidljiva i nalazi se u blizini pristaništa kruzera.

Na gradske kanale koji služe za zbrinjavanje ove zone priključeni su i veliki hoteli (vidi dolje). Budući da oni preko vlastitih crpki svoju otpadnu vodu ispumpavaju u kanalizacioni sustav grada, preorijentiranje u zonu 2 ne bi bilo problematično (u slučaju da se to pokaže razumnim).

Najveći hoteli u ovoj zoni su:

Liburna	236 kreveta
Marco Polo	226 kreveta
Park	216 kreveta

U zoni 1 ima još jedno malo područje , koje se odvodnjava u mješovitom sustavu.



Slika 2: Lokacija postojeće crpne stanice i moguća lokacija za decentralizirano postrojenje za pročišćavanje vode za zonu 1 u Korčuli

Sustav 2 (zona 2) zbrinjava južni dio Korčule , gdje se blizu pristaništa za trajekt otpadne vode u slobodnom padu kroz vod (dužine 50 m) ulijevaju u more. Ovdje trenutno živi 2.100 stanovnika, od toga je 50% priključeno na kanalizaciju.

U gradu Korčuli nema industrijskih voda i računa se da ni u budućnosti tu neće biti industrijskih zona. Glavni izvor prihoda je turizam. I u ovoj zoni mora se u sezoni računati s 2.000 turista. Ovi turisti su otprilike raspodijeljeni kako slijedi:

Hotel Bon Repos	580 kreveta
Apartmani	320 kreveta
Kamp	600 kreveta
Privatni smještaj	500 kreveta

Najveći dio gradske mreže je razdjelni sustav, u području zone 1 ima još i jedno malo područje s mješovitim sustavom.



Slika 3: Važne naseljene zone u području grada Korčule

U mjestu Žrnovo trenutno živi oko 1.000 stanovnika. U glavnoj sezoni može se računati s 200 turista.



Slika 4: Područja naselja u gradu Korčuli , koji moraju biti zbrinuti s odvojenim rješenjima

Gore prikazane zone u području Žrnovske Banje obrađuju se u studiji Korčula-kopno.2

- 1 Razlog što se ova područja ne obrađuju odnosno zapostavljaju u okviru ove studije je u tome što se zbog metodike ova tema obrađuje u studiji Korčula – kopno

3. Postojeći sustav odvodnje i izljeva područja općine Lumbarda

Budući da jedino ima smisla razmatrati zajedno obje općine (Korčula i Lumbarda) u okviru ove studije, i istražiti da li se preporuča zajedničko postrojenje za pročišćavanje vode, ovdje će se prikazati ,odnosno ,istražiti bitni podaci koji opisuju područje izljeva Lumbarde.

Trenutno Lumbarda odvodi svoje otpadne vode u more jednom crpnom stanicom. Postoji studija koja se tiče projekta zbrinjavanja otpada, koju je izradio inženjerski ured Hidroprojekt iz godine 2006. Ovaj projekt zbrinjavanja otpada do sada nije realiziran.

Slika 5 uzeta iz plana korištenja površina i pokazuje kanale za otpadne vode i vodove , mehanički uređaj za pročišćavanje kao i crpne stanice , koji se trebaju izgraditi u dvije etape. (Plava etapa 1 – smeđa etapa 2 / iscrtkano – tlačni vod, prolazno – gravitacioni vod).



Slika 5: Postojeća kanalizacija i predviđeni projekt zbrinjavanja prema studiji inženjerskog ureda Hidroprojekt (2006)

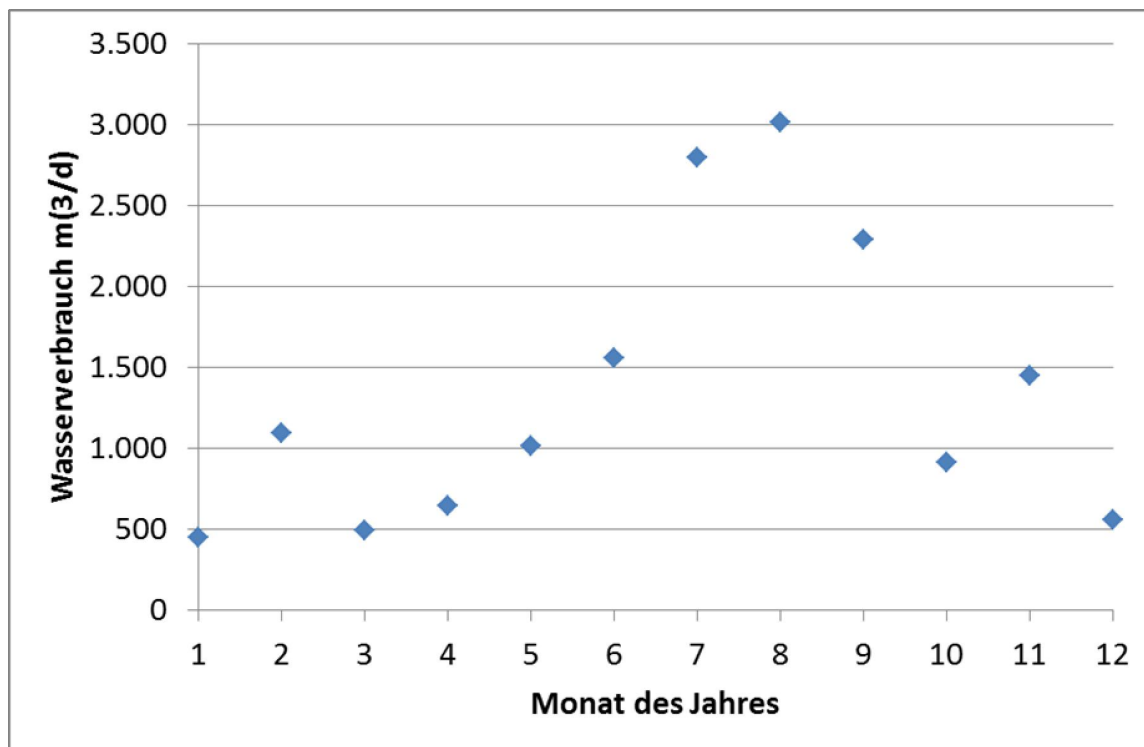
Trenutno postoji samo mali broj kanala za odvodnju otpadnih voda. Ovi služe da bi se zbrinule otpadne vode velikih hotela. Ostale kuće ne raspolažu kanalizacijom. Trenutni broj stanovnika Lumbarde iznosi oko 1.200.

Nema nikakvih drugih mjera infrastrukture, koje bi se realizirale zajedno s mjerama za zbrinjavanje otpadnih voda.

Industrijskih voda gotovo da i nema. Trenutno se može pretpostaviti da u budućnosti u ovoj općini neće biti većih industrijskih naselja.

4. Potrošnja vode

Sljedeći dijagram prikazuje ukupnu potrošnju vode u gradu Korčuli (zona 1 i 2 i Žrnovska Banja) i Lumbardi.



Slika 6 : Potrošnja vode u 2010. godini, grad Korčula (zona 1 i 2 i Žrnovska Banja) i Lumbarda

Polazi se od toga da se u glavnoj sezoni, srpnju, kolovozu i rujnu dio potrošene vodene količine potroši za navodnjavanje vrtova i javnih površina, tako da ova voda ne dopijeva u kanalizaciju. I kruzeri uzimaju vodu, koja ne ulazi u kanalizaciju.

Specifična potrošnja vode, izračunata iz trenutnih podataka o potrošnji je prosječno oko 200 l po stanovniku po danu, pri čemu su potrošene specifične količine vode preko godine vrlo različite. Potreba po stanovniku (l/ St.) je ljeti mnogo veća nego zimi. Ipak specifična potrošnja vode u glavnoj sezoni, koja iznosi oko 280 l/st./d –ovdje stanovnik ili turist/, je vrlo velika, ako se i uzme u obzir da se dio te vode koristi za navodnjavanje i brodove, tako da se u budućnosti uz povećane pristojbe mora računati sa smanjenjem potrošnje.

Tako se račun s maksimalnom količinom upotrebljene pitke vode od 2440 m³/ na dan koja dopijeva u kanalizaciju, čini opravdanim (vidi dodatak 1).

U načelu obje općine imaju interesa za korištenje pročišćene vode , jer se ljeti s dugim sušnim razdobljima mora računati s nestašicom vode . O mogućnostima i rizicima koji se tiču obrađene vode skrenut ćemo Vam pažnju u „dodatku 2“.

5. Predviđanja za razvoj

U upravi grada Korčule, kao i u Lumbardi računa se s rastom broja stanovništva od 20% u sljedećih 20 godina. S istim rastom procjenjuje se i rast broja gostiju.³

6. Projekt uklanjanja otpada

6.1 Moguće varijante projekta zbrinjavanja otpada

U načelu su moguće mnoge varijante projekta zbrinjavanja otpada (centralizirani stupanj). Potrebno je izraditi rješenja koja se čine razumnim. Kao što je prije prikazano , čini se logičnim zajedno razmatrati područja grada Korčule(s Žrnovom) i Lumbardu. Pri tom se čini isplativim iscrpno ispitati sljedeće varijante.

6.1.1. Varijanta 1 : centralno rješenje

To bi značilo izgradnju zajedničkog postrojenja za pročišćavanje za cijelo područje (grad Korčula i Lumbarda).

6.1.2 Varijanta 2: necentralno rješenje 1

Ovdje se predviđa jedno postrojenje za pročišćavanje za cijelo izljevno područje grada Korčule i još jedno za Lumbardu.

6.1.3 Varijanta 3: necentralno rješenje 2

Ovo bi značilo gradnju vlastitog postrojenja za pročišćavanje za izljevno područje Lumbarde, kao i još dva postrojenja za izljevno područje grada Korčule. Oba postrojenja za pročišćavanje za grad Korčulu bi obavljala odvojenu obradu vode u obje odvojene zone (1 i 2).

Treba napomenuti, da proširenje mreže kanala unutar mjesta pri obračunu troškova ostaje nepromijenjeno. Ovo se čini opravdanim, jer su te mreže vrlo slične u raznim varijantama, kako po konstrukciji tako i po troškovima i razlikovale bi se samo neznatno.

6.2 Veličine projekta postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda za različite varijante

6.2.1 Razvoj broja stanovnika i gostiju u izljevnom području koje se razmatra

Kod utvrđivanja potrebnog kapaciteta za pročišćavanje potrebno je poznavati stanovnike koji se trenutno tu nalaze, kao i procijeniti budući razvoj. U slučaju Korčule pojavljuje se još jedan posebni faktor. Potrebno je procijeniti opterećenje koje donosi turizam (trenutno i u budućnosti) i naći rješenja koja će biti primjerena različitim opterećenjima u različitim mjesecima godine.

3 Račun s ovim vrijednostima je usuglašen s općinama / rasprava o tome dana 29.8. 2012.u Korčuli

Tablica 2 :Trenutni broj stanovnika i ekvivalent(ni) broj stanovnika u razmatranom izljevnom području¹

Broj stanovnika i turista god.2012.	Korč. Zona I	Korč. Zona II	Lumbarda	Žrnovo
Stanovnici	1.100	2.100	1.200	1.000
Turistička špica*	2.000	2.000	2.000	200
Pridošli stanovnici (%)	99%	50%	0%	0%
Pridošli turisti (%)	99%	50%	60%	0%
Stanovnici i turisti	3.100	4.100	3.200	1.200
Stanovnici i turisti pridošli	3.069	2.050	1.200	0
Stanovnici, pridošli	1.089	1.050	0	0

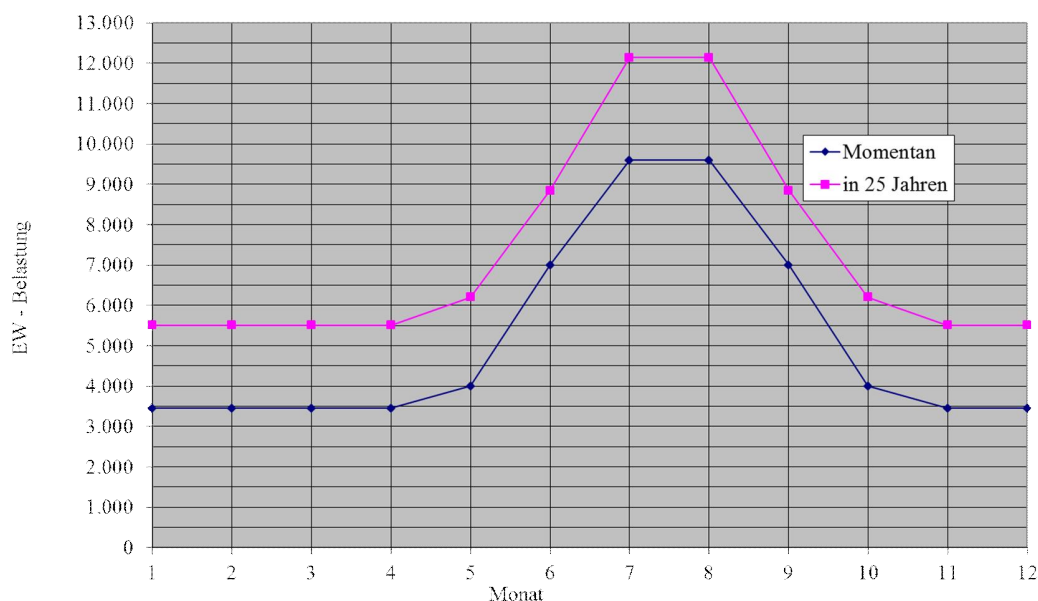
*Turistička špica znači broj gostiju na otoku u glavnoj sezoni. Kao glavna sezona pojednostavljeno se smatraju mjeseci srpanj, kolovoz i rujan.

Tablica 3 : Broj stanovnika za 25 godina i ekvivalent(ni) broj stanovnika u razmatranom izljevnom području⁵

Broj stanovnika i turista 2037.god.	Korč. Zona I	Korčula, Zona II	Lumbarda	Žrnovo
Povećani broj stanovnika (faktor)	1,2	1,2	1,2	1,2
Povećani broj turista (faktor)	1,2	1,2	1,2	1,2
Stanovnici	1.320	2.520	1.440	1.200
Turisti u glavnoj sezoni	2.400	2.400	2.400	240
Pridošli stanovnici (%)	99%	85%	85%	70%
Pridošli turisti (%)	99%	85%	85%	70%
Stanovnici i turisti	3.720	4.920	3.840	1.440
Stanovnici i turisti (pridošli)	3.683	4.182	3.264	1.008
Stanovnici (pridošli)	1.307	2.142	1.224	840

Kao što je već izloženo, kao temelj za daljnja računanja uzet će se pretpostavka da će broj stanovnika za 25 godina porasti za 20%, i da će broj turista porasti za 20%. Prikazani faktori naseljavanja za 25 godina su procjene.

⁴ Ovi podaci su usklađeni u raspravi 29. 08. 2012. u vijećnici u Korčuli sa zastupnicima općine Korčula i Lumbarde



Slika 7 : Stanovnici u izljevnom području u različitim mjesecima godine 2012. i 2037.

Slika 7 prikazuje, pojednostavljeno, problematiku promjenjivog opterećenja centralnog postrojenja za pročišćavanje za ispitano izljevno područje. To znači da godišnje ima mjeseci s ekstremnim opterećenjem, što tehnologiji pročišćavanja postavlja posebne zahtjeve. Isti problem nastao bi na sličan način prilikom realizacije decentraliziranih postrojenja.

Pri tom je povoljno što je vrijeme najvećeg opterećenja u srpnju, kolovozu i rujnu ujedno i vrijeme s najvišim temperaturama otpadnih voda. Jer brzina reakcije biloške razgradnje povećava se s povećanjem temperature za 10 °C otprilike za faktor 2. To znači da je pri visokim temperaturama moguće postići isti učinak razgradnje s manjim reaktorima što prikazuje slika 8.

Slika 8: Ovisnost potrebnog volumena taložnog bazena u postrojenjima za pročišćavanje s dugotrajnim ozračivanjem i simultanom stabilizacijom o temperaturi otpadnih voda

6.2.2 Opterećenje u centralnom rješenju

Prema slici 7 u ljetnim mjesecima srpnju, kolovozu i rujnu se mora računati s najvećim opterećenjem od 12.200 stanovnika. „Osnovno opterećenje“ (bez turista) iznosilo bi 2037. godine oko 5.500 stanovnika.

Ako se ovo postrojenje za pročišćavanje uskoro izgradi i istovremeno se realiziraju kanali za priključak Lumbarde i Žrnova, onda će opterećenje u prvim godinama pogona biti manje nego njegov kapacitet.

5 ovi podaci su usklađeni u raspravi 29. 08. 2012. u vijećnici u Korčuli sa zastupnicima općine Korčula i Lumbarde

Sljedeći izračun pokazuje moguće pridošle stanovnike u vrijeme puštanja u pogon.

Novopridošli stanovnici (2012/2013)

Korčula, zona 1	1.089 stanovnika
Korčula, zona 2	1.050 stanovnika
Lumbarda	600 stanovnika
Žrnovo	500 stanovnika

Ukupno: 3. 239 stanovnika

To znači da bi postrojenje za pročišćavanje s minimalnim opterećenjem od **3.300 stanovnika** i najvećim opterećenjem od **12.200 stanovnika** moralo biti u stanju vršiti svoju funkciju.

6.2.3 Opterećenje u necentralnom rješenju (necentralno rješenje 1)

Ovo rješenje predviđa izgradnju jednog centralnog postrojenja za pročišćavanje za Korčulu i jednog posebnog za Lumbardu. S istom pretpostavkom iz broja 6.2.2. proizlaze sljedeća minimalna i maksimalna opterećenja:

Centralno postrojenje za pročišćavanje za **Korčulu** moralo bi biti dimenzionirano za minimalno opterećenje (2012/2013) od **2.639 stanovnika** i za najveće opterećenje (godine 2037. s turistima) od **8.873 stanovnika**.

To znači da bi postrojenje za pročišćavanje za **Lumbardu** moralo biti dimenzionirano za minimalno opterećenje (2012/2013) od **600 stanovnika** i za najveće opterećenje (godine 2037. s turistima) od **3.264 stanovnika**.

6.2.4 Opterećenje u necentralnom rješenju (necentralno rješenje 2)

Ovo rješenje predviđa izgradnju 2 centralna postrojenja za pročišćavanje za Korčulu i jedno posebno za Lumbardu.

Oba postrojenja za pročišćavanje u Korčuli bi zbrinjavala uglavnom obje zone(zonu 1 i zonu 2).

Centralno postrojenje za pročišćavanje za **Korčulu (zona 1)** moralo bi biti dimenzionirano za minimalno opterećenje od **1.100 stanovnika** i za najveće opterećenje (godine 2037. s turistima) od **3.683 stanovnika**.

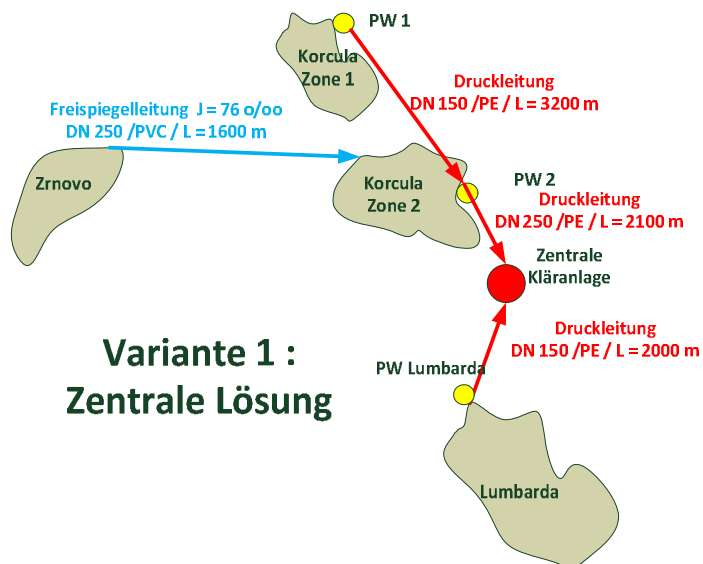
To znači da bi postrojenje za pročišćavanje za **Korčulu (zona 2)** moralo biti dimenzionirano za minimalno opterećenje od **1.550 stanovnika** i za najveće opterećenje (godine 2037. s turistima) od **5.190 stanovnika**

6.2.5. Pregled mogućih veličina projekata postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda u različitim varijantama uklanjanja otpada

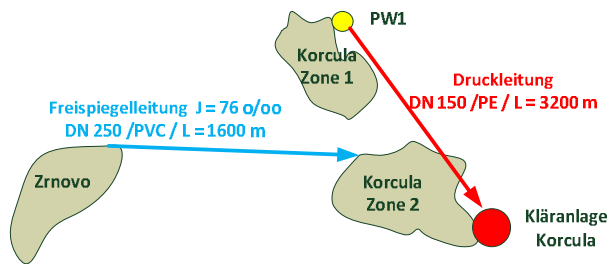
Opterećenja za različita postrojenja za pročišćavanje (u centralnom ili necentralnom rješenju) prikazani su u tablici 4.

Tablica 4: Opterećenja različitih varijanti

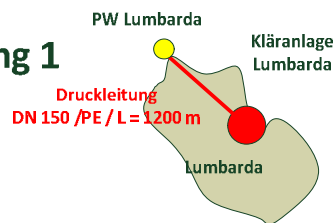
		Minimalno opterećenje (st.) 2012/2013.	Maksimalno opterećenje (st.) 2037.	Faktor Max / Min
1	Centralno rješenje			
	Grupno postrojenje za pročišć.	3.239	12.200	3,8
2	Necentralno rješenje1			
	Postrojenje za pročišć. za Korčulu	2.639	8.873	3,4
	Postroj. za pročišć. za Lumbardu	600	3.264	5,4
3	Necentralno rješenje 2			
	Korčula, zona 1	1100	3.683	3,4
	Korčula, zona 2	1550	5.190	3,4
	Lumbarda	600	3.264	5,4



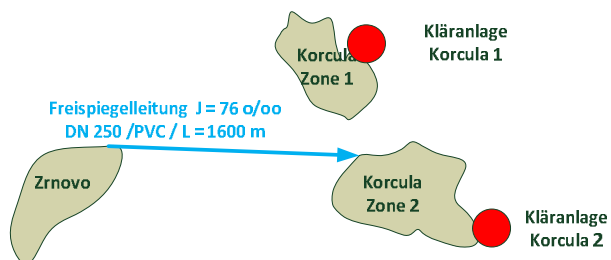
Slika 1: Varijanta 1 / centralno rješenje



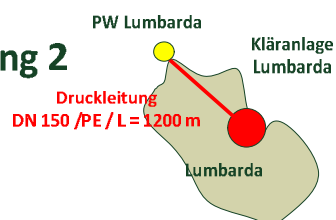
Variante 2: Dezentrale Lösung 1



Slika 2: Varijanta 2/ necentralno rješenje 1



Variante 3 : Dezentrale Lösung 2



Slika 3: Varijanta 3 / necentralno rješenje 2

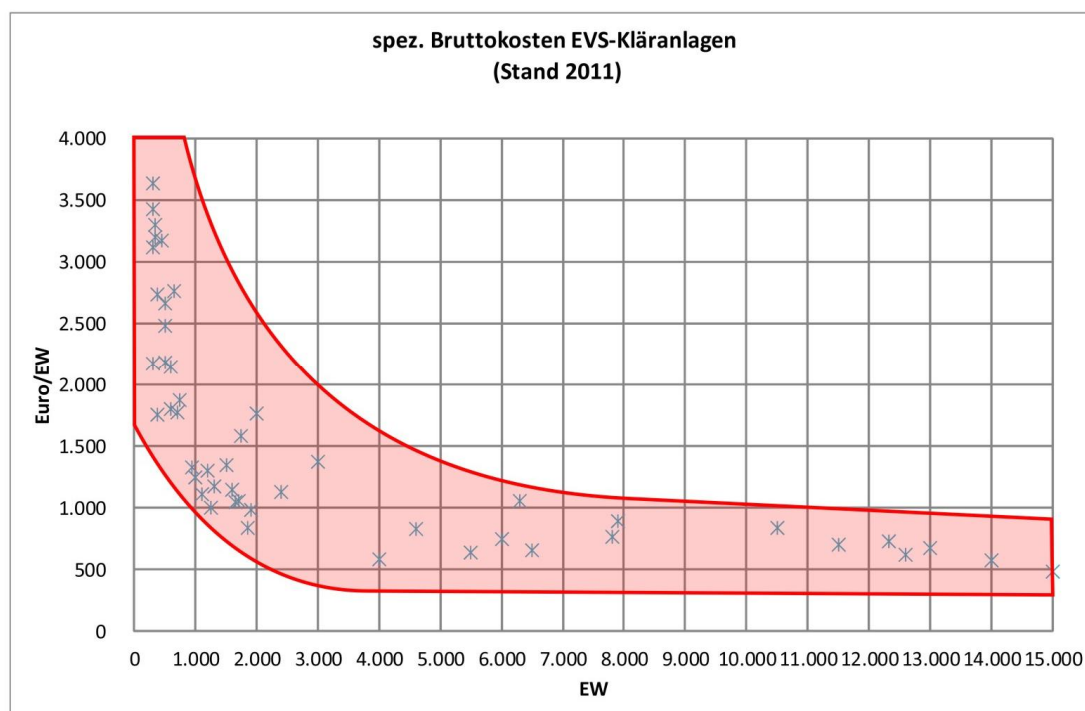
7. Razmatranje troškova

7.1. Postrojenja za pročišćavanje vode

7.1.1. Investicijski troškovi

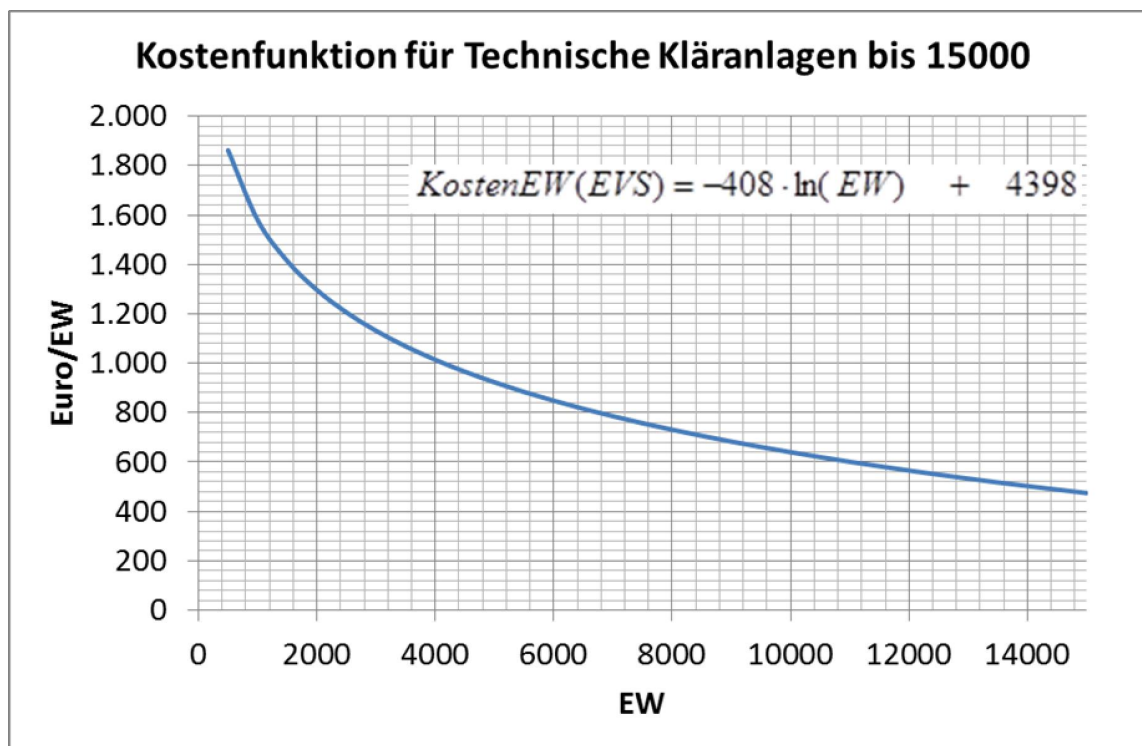
Na sljedećoj slici prikazani su specifični troškovi postrojenja za pročišćavanje vode od strane EVS-a (=Društvo za zbrinjavanje otpada Saar) do 15.000 stanovnika. Vidi se široki pojas troškova. Razlike u troškovima proizlaze iz različitih tehnologija koje se koriste, ali prije svega iz specifičnih lokacijskih uvjeta (ponuda mjesta, troškovi parcela, podzemne okolnosti, prodor podzemnih voda i zaštita podzemnih voda, bazeni oborinske vode ili preliv oborinske vode na postrojenje za pročišćavanje itd.)

Specifični bruto-troškovi postrojenja za pročišćavanje EVS-a (stanje 2011.)



Slika 12: Specifični troškovi uređaja za pročišćavanje EVS-a u području s 300 do 15.000 stanovnika, stanje 2011.

Na temelju troškova ovih postrojenja za pročišćavanje EVS je razvio funkciju pomoću koje se približno mogu procijeniti troškovi nekog tehničkog postrojenja. Može se također reći da ova funkcija daje najvjerojatniju vrijednost za troškove u sadašnjem vremenu, koji se prilikom projektiranja ne mogu točnije odrediti. Ona važi za tehnička postrojenja za pročišćavanje u području s brojem stanovnika od 300 do 15.000. Osnovne vrijednosti poklapaju se dobro s ostalim publikacijama u Njemačkoj. (na pr. Güntherd i Reicherter /5/).



Slika 13: Specifični troškovi za EVS-postrojenja

Osnovna funkcija za ovo računanje je:

$$\text{Troškovi po stanovniku (EVS)} = -408 \times \ln(\text{br. stanovnika}) + 4398$$

Broj stanovnika - vrijednost dimenzioniranja postrojenja za pročišćavanje

Troškovi po stanovniku Eura po stanovniku Specifični troškovi po stanovniku

Prema svim do sada postojećim podacima polazi se od toga da se troškovi izgradnje jednog postrojenja za pročišćavanje u Hrvatskoj bitno ne razlikuju od troškova koji bi nastali prilikom gradnje istog postrojenja za pročišćavanje u Njemačkoj. Budući da bi se tehnologija strojeva i upravljanja morala uvesti, u Hrvatskoj se treba polaziti od barem istih troškova, ako ne i viših (transportni troškovi, carina). Troškovi izgradnje mogli bi biti nešto niži nego u Njemačkoj zbog nižih primanja radnika, što bi se opet moglo izjednačiti zbog većeg PDV-a (u Njemačkoj 19%, u Hrvatskoj 29%), zbog većeg udjela socijalnih davanja iz plaća kao i zbog većih troškova osiguranja itd.

Ako ovi troškovi važe i za postrojenja za pročišćavanje, koji u većini slučajeva predviđaju eliminaciju dušika i fosfora i predviđeni su za mješovite sustave, čini se prihvatljivim približno razmotriti ovu funkciju kao osnovu prilikom usporedbe troškova, znajući pri tom da će stvarni investicijski troškovi postrojenja za pročišćavanje, koji se trebaju graditi na otoku Korčuli vjerojatno biti nešto niži (vidi dodatak 1B i poglavlje 13).

U kojoj mjeri ovo „pojednostavljenje obračunavanja“ može dovesti do izmjena u financijskoj procjeni pojedinih varijanti, mora se preispitati u okviru koraka koji tada slijede.

Slika 13 jasno pokazuje: što je veće postrojenje za pročišćavanje, to su manji specifični troškovi po stanovniku . Ipak centralno postrojenje za pročišćavanje sa sobom donosi , naravno, i veće troškove za gradnju i pogon kanalizacije (vodovi i crpke).

Tablica 5: troškovi izgradnje postrojenja za pročišćavanje uz razmatranje različitih varijanti

			Najveće opterećenje/br. stanovnika	Euri po stanovniku	Euri po postrojenju	Euri prema rješenju
1	Centralno rješenje					
		Postroj.1	12200	559	6.820.410	6.820.410
2	Necentr. rješenje 1					
		Postr. 1	8873	689	6.113.200	9.693.778
		Postr.2	3264	1.097	3.580.578	
3	Necentr. rješenje 1					
		Postr. 1	3683	1.048	3.858.734	12.150.631
		Postr.2	5190	908	4.711.319	
		Lumbarda	3264	1.097	3.580.578	

Ovi investicijski troškovi postrojenja za pročišćavanje , ako se promatraju izolirano, ne govore mnogo. U analizu se moraju uključiti i drugi faktori troškova kao što su:

- Troškovi pogona postrojenja za pročišćavanje
- Reinvesticijski troškovi za postrojenja za pročišćavanje
- Investicijski troškovi za kanale i vodove
- Investicijski troškovi za crpke
- Reinvesticijski troškovi za crpke
- Troškovi pogona kanala i vodova
- Troškovi pogona crpki

7.1.2. Troškovi pogona

7.1.2.1. Općenito

Troškovi za pogon postrojenja za pročišćavanje mogu se razvrstati na sljedeći način

- Troškovi za osoblje
- Stvarni troškovi
- Troškovi energije
- Održavanje
- Troškovi zbrinjavanja preostalih tvari

U studijama ove vrste obično se pojave funkcije troškova , koje pokazuju specifične troškove pogona (euri po stanovniku) . Ali ovo je u konkretnom slučaju problematično, jer se ovdje u različitim djelovima godine (sezona/ ne-sezona) pojavljuje vrlo različit broj stanovnika. Zbog toga funkcije troškova, razvijene u Njemačkoj, ne uzimaju dovoljno u obzir strukturu troškova u Hrvatskoj kao ni okvirne uvjete u Hrvatskoj. To znači da ne postoje prikladne funkcije troškova.

Zato se za različite veličine objekata , o kojima se raspravlja (usporedi tablicu 6) troškovi procjenjuju i prikazuju.

Različite tehnologije su, naravno, povezane s različitim troškovima pogona. Utoliko je potrebno u okviru ovog prikaza troškova, koji treba biti temelj za utvrđivanje troškova u centralnoj verziji postrojenja za pročišćavanje, izabrati neku osnovnu tehnologiju. To bi trebao biti uređaj s aktiviranim muljem sa simultanom stabilizacijom mulja.

Za različite dijelove troškova pogona pridošli stanovnici se moraju smatrati presudnim parametrom, za druge je to veličina postrojenja za pročišćavanje, za ostale je to mješavina obiju veličina.

Tablica 6: Veličina izgradnje i srednja opterećenja uređaja za pročišćavanje o kojima se raspravlja:

			Van sezone (st. 2017.)	Najveće opterećenje (st. 2037.)
1	Centralno rješenje			
		Postroj.1	5.513	12.200
2	Necentr. rješenje 1			
		Postr. 1	4.289	8.873
		Postr.2	1.224	3.264
3	Necentr. rješenje 1			
		Postr. 1	2.147	3.683
		Postr.2	2.142	5.190
		Lumbarda	1.224	3.264

7.1.2.2. Troškovi za osoblje

U sljedećem dijelu će se razmatrati troškovi za osoblje za vođenje pogona. Ovi troškovi osoblja obuhvaćaju vođenje postupka, nadzor i održavanje postrojenja.

Polazi se od 5 radnih dana tjedno s ukupno 38, 5 sati. Ukupno radno vrijeme radnika bi bilo, uzimajući u obzir godišnji odmor i bolest, oko 1.528 sati na godinu.

Troškovi za jednog operatera procijenjuju se na 12.000 eura godišnje.

Tablica 7: procjena trokova osoblja za različite varijante

		Najveće opterećenje (st.)	Potreba za osobljem	Troškovi za osoblje
Centralno rješenje			Radnici	Eura/a
	Postroj.1	12.200	3	36.000
Necentr. rješenje 1				
	Postr. 1	8.873	2	24.000
	Postr.2	3.264	1	12.000
Necentr. rješenje 1				
	Postr. 1	3.683	1,5	18.000
	Postr.2	5.190	1,5	18.000
	Lumbarda	3.264	1	12.000

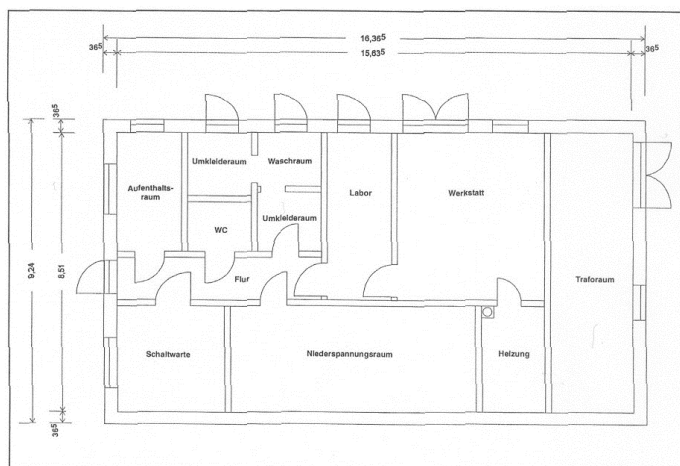
7.1.2.3. Materijalni troškovi

Ovdje se govori o troškovima za pogonska sredstva. To bi prije svega bili troškovi za

- pitku vodu
- grijanje
- kemikalije i radnu odjeću

Na potrošnju vode presudno utječe da li se potrošna voda za čišćenje postrojenja (polijevanje, pripremanje otopina, dehidracija mulja itd.) odvojeno prerađuje. U konkretnom slučaju se polazi od uređaja za obradu potrošne vode. Potrošna voda se ovdje mora primijeniti samo za čišćenje. Onda se može računati s potrošnjom pitke vode od 20m³. Po cijeni vode kao do sada od 1,5 eura to bi po čovjeku iznosilo samo 30 eura troškova.

Polazi se od toga da se kod svih postrojenja o kojima se raspravlja mora izgraditi isti objekt za pogon. Volumen (ogradaeni prostor) predviđenog objekta za pogon (usporedi sliku 7) iznosi oko 500 m³. Polazeći od toga da je potrebna energija za grijanje ove zgrade oko 100kWh (po m³) izračunata potreba iznosi 50.000 kWh /a, odnosno u slučaju električnog grijanja oko 5.000 eura (troškovi energije 0,1 euro /kWh).



Slika 14: shematski prikaz objekta koji je predviđen za sve uređaje

Upotreba kemikalija je ovdje ograničena, jer se odustaje od taloženja fosfora, a prema predviđenom projektu mulj se treba dehidrirati na poljima za sušenje mulja.

Utoliko ostaju još samo troškovi za radna sredstva (rukavice, radnu odjeću, lopate itd.), kao i za vršenje analiza (laboratorij). Ovi troškovi se procjenjuju na još 5.000 eura godišnje, isto za sve postrojenja.

Tablica 8: Materijalni troškovi

			Veličina objekta	Pitka voda	Grijanje	Sredstva za rad/potrebe laboratorija	Iznos
			St.	Euro/a	Euro/a	Euro/a	Euro/a
1	Centralno rješenje	Postroj.1	12.200	90	5000	4970	22.260
2	Necentr. rješenje 1	Postr. 1	8.873	60	5000	4970	18.903
		Postr.2	3.264	30	5000	4970	13.264
3	Necentr. rješenje 1	Postr. 1	3.683	45	5000	4970	13.698
		Postr.2	5.190	45	5000	4970	15.205
		Lumbarda	3.264	30	5000	4970	13.264

7.1.2.4. Troškovi energije

Različite vrste postrojena su povezane s različitom potrebom za energijom. Kao što je prikazano, prilikom ove usporedbe varijanti treba polaziti od gradnje postrojenja sa simultanom stabilizacijom mulja. Ukupna potreba takvog postrojenja za energijom za oko 5.000 do 15.000 stanovnika s prilično ravnomjernim opterećenjem tijekom cijele godine, može se računati s oko 40kWh (po stanovniku/god.), pri čemu se broj stanovnika odnosi i na pridošle stanovnike. Budući da i veličina objekta utječe na potrebu za energijom, a u konkretnom slučaju se veličina objekta i srednje opterećenje znatno razlikuju, ovdje se računa s mješavinom od

broja stanovnika (mjerodavno) = 0,8 . broj pridošlih stanovnika + 0,2 . br. stanovnika

Prema tome treba se voditi se računa o povećanoj potrebi za energijom u sezoni.

Računa se sa specifičnim troškovima energije od 0,1 euro/kWh⁶./6

Tablica 9: Procjena troškova energije

			Izvan sezone	Najveće opterećenje	Stanovnici	Potreba za energijom	Troškovi energije
			St. 2017.	St. 2017.	mjerodavno	Euro/a	Euro/a
1	Centralno rješenje						
		Postroj.1	5.513	12.200	6.850	274.016	27.402
2	Necentr. rješenje 1						
		Postr. 1	4.289	8.873	5.206	208.232	20.823
		Postr.2	1.224	3.264	1.632	65.280	6.528
3	Necentr. rješenje 1						
		Postr. 1	2.147	3.683	2.454	98.168	9.817
		Postr.2	2.142	5.190	2.752	110.064	11.006
		Lumbarda	1.224	3.264	1.632	65.280	6.528

⁶ Ova vrijednost je navedena od strane uprave grada Korčule kao obračunska vrijednost.

7.1.2.5. Troškovi održavanja

Troškove održavanja može se , pojednostavljeno, prikazati u ovisnosti o investicijskim troškovima:

Troškovi održavanja za objekt 0,5 % /a investicijskih troškova
Troškovi održavanja za M+E-tehnologiju 2.0% /a investicijskih troškova

Troškovi za građevinski dio postrojenja procijenjuju se na 60% iznosa investicija.

Tablica br. 10 Troškovi održavanja

			Euro /Postrojenje	Sastavni element	M+E- Technolog.	Održavanje
1	Centralno rješenje			Euro	Euro	Euro/a
		Postroj.1	6.820.410	4.092.246	2.728.164	75.025
2	Necentr. rješenje 1					
		Postr. 1	6.113.200	3.667.920	2.445.280	67.245
		Postr.2	3.580.578	2.148.347	1.432.231	39.386
3	Necentr. rješenje 1					
		Postr. 1	3.858.734	2.315.241	1.543.494	42.446
		Postr.2	4.711.319	2.826.791	1.884.527	51.825
		Lumbarda	3.580.578	2.148.347	1.432.231	39.386

7.1.2.6. Troškovi za uklanjanje preostalih tvari

Procjena troškova za uklanjanje preostalih tvari je teška, jer do sada u Hrvatskoj ne postoji projekt zbrinjavanja odnosno projekt iskorišćavanja nataloženog mulja. U daljnjem tekstu polaziti će se od deponiranja nakupljenog mulja pri udjelu čvrste tvari od 25%. Dalje će se računati sa stvaranjem 56g TR */po stanovniku i danu, vrijednost koja proizlazi iz analize EVS-uređaja. Ova količina odgovara nakupljenom mulju od

$$56(1,40 \times 0.25) \text{ l/(po stanovniku i danu)} = 0,128 \text{ l/(po stanovniku i danu)}$$

Pri tom se polazi od 25% čvrste tvari.

Za transport i odlaganje mulja nakon dehidracije na poljima za sušenje kod postrojenja računa se s 30 eura /m3. ⁷

*(TR= suha tvar)

⁷ trenutno se može računati s troškovima za transport i deponiranje supstance s oko 25% čvrste tvari u iznosu oko 20 eura /m3. (podatke dao gospodin Božo Letunić), ali u bliskoj budućnosti s utvrđenim strukturama zbrinjavanja otpada mora se računati s povećanjem troškova.

Tablica 11: Stvorene količine nataloženog mulja i troškovi za zbrinjavanje preostalih tvari

		Izvan sezone (st. 2017.)	Najveće opterećenje (st 2037.)	m3 mulja/st. mjerodavno	Troškovi zbrinjavanja Euro/godišnje
1	Centralno rješenje				
	Postroj.1	5.513	12.200	388	11.643
2	Necentr. rješenje 1				
	Postr. 1	4.289	8.873	296	8.877
	Postr.2	1.224	3.264	92	2.748
3	Necentr. rješenje 1				
	Postr. 1	2.147	3.683	141	4.222
	Postr.2	2.142	5.190	155	4.656
	Lumbarda	1.224	3.264	92	2.748

7.1.2.7. Pregled svih troškova pogona

Pregled svih troškova pogona se može naći u sljedećoj tablici br. 12 . Ona objašnjava prednosti centralnog rješenja s obzirom na troškove pogona.

Tablica br. 12: Pregled troškova pogona postrojenja za pročišćavanje

		Osoblje	Mater.sred.	Energija	Održavanje	Preost. tvari	Iznos	Iznos varijante
		Euro/a	Euro/a	Euro/a	Euro/a	Euro/a	Euro/a	Euro/a
1	Centralno rješenje							
	Postroj.1	36.000	22.260	27.402	75.025	11.643	172.329	172.329
2	Necentr. rješenje 1							
	Postr. 1	24.000	18.903	20.823	67.245	8.877	139.849	213.775
	Postr.2	12.000	13.264	6.528	39.386	2.748	73.926	
3	Necentr. rješenje 2							
	Postr. 1	18.000	13.698	9.817	42.446	4.222	88.182	262.800
	Postr.2	18.000	15.205	11.006	51.825	4.656	100.691	
	Lumbarda	12.000	13.264	6.528	39.386	2.748	73.926	

U dosadašnja razmatranja troškova nije ušao još jedan faktor. To je prednost koja se dobiva korištenjem pročišćene otpadne vode kao potrošne vode. Posebno važno je korištenje ove vode ako se pitka voda može štedjeti. Troškovi za pitku vodu (uključujući pristojbe za otpadne vode) iznose trenutno oko 2,0 Euro/m³.

Na mogućnosti i rizike korištenja otpadnih voda upozorava se u dodatku 2.

7.2. Kanali i vodovi

7.2.1. Investicijski troškovi

Dužine potrebnih kanala i tlačnih vodova se proizlaze iz tokova trasa, koji se mogu naći u priloženim planovima. Oni su također temelj procjene investicijskih troškova.

Pri tom se računalo sa sljedećim specifičnim troškovima⁸:

Troškovi za tlačne vodove DN 150 i 200 (HDPE)	23 eura/m
Troškovi za gravitacione vodove DN 250(HDPE)	300 eura/m

⁸Temelj ove procjene su analize troškova iz natječaja na području Dubrovnika i Korčule zadnjih godina, što je priopćio gospodin Božo Letunić. Godine 2012. rezultati različitih natječaja za tlačne vodove DN150 bili su oko 150 eura/m, za gravitacione vodove oko 200 eura/m. Budući da su poznati rezultati natječaja iz 2010. i prije toga, koji su za oko 50% niži, povećani su iznosi. Razlog ovim velikim razlikama u cijenama su s jedne strane konjunkturalni utjecaji, ali i različiti uvjeti građevinskih pothvata (podloga; kamen/beton, pijesak, dubinski pločaj, prodor vode itd.)

Tablica br. 13: Investicijski i troškovi pogona potrebnih kanala i tlačnih vodova (mreža kroz mjesta)

		Rješenje 1	Rješenje 2	Rješenje 3
		Centr. Postroj.	necentralno rješenje 1	necentralno rješenje 2
Tlačni vodovi				
Korčula, zona 1	m	3.200	3.200	0
Korčula, zona 2 + 1	m	2.100	0	0
Lumbarda	m	2.000	1.200	1.200
Gravitacioni vodovi				
Odvodni vod do mora/područje kopno	m	675	0	0
Odvodni vod do mora/područje more	m	125	360	470
Žrnovo – grad Korčula	m	1.600	1.600	1.600
Ukupna dužina tlačnih vodova	m	7.300	4.400	1.200
Ukupna dužina gravitacionih vodova, kopno	m	2.275	1.600	1.600
Vodovi u moru	m	125	360	470
Troškovi po m za tlačne vodove	Euro/m	230	230	230
Troškovi po m za gravitacijske vodove	Euro/m	300	300	300
Troškovi po m za vodove u moru	Euro/m	500	500	500
Troškovi za tlačne vodove				
Korčula, zona 1	Euro	736.000	736.000	0
Korčula, zona 2+1	Euro	483.000	0	0
Lumbarda	Euro	460.000	276.000	276.000
Troškovi za gravitacione vodove				
Žrnovo – grad Korčula	Euro	480.000	480.000	480.000
Odvodni vod do mora/područje kopno	Euro	202.500	0	0
Odvodni vod do mora/područje more	Euro	62.500	180.000	235.000
Ukupni troškovi za vodove	Euro	2.424.000	1.672.000	991.000
Specifični troškovi pogona kanala	Euro/	2	2	2
Troškovi pogona centralne kanalizacije	Euro/	19.188	12.720	6.540

Polazi se od toga da se sve otpadne vode grada Korčule i Lumbarde moraju pumpati, zatim da se moraju upotrijebiti tlačni vodovi promjera DN150 odnosno DN 200 i da se sastoje od HDPE (k = 0,1mm). Budući da se troškovi za polaganje vodova različitih promjera samo

neznatno razlikuju, radi pojednostavljenja, računa se s istim troškovima. Kod gravitacionih vodova treba se upotrijebiti materijal PVC-U promjera DN 250.

7.2.2. Troškovi pogona

Troškovi pogona (uzdržavanja) za ove vodove su prikazani također u tablici 13. Troškovi pogona za tlačne i gravitacione vodove računali su se na isti način na 2 eura (m.a). To je znatno manje nego se računa u Njemačkoj (5 eura/m.a/) ,ali ova stavka se čini opravdanom zbog manjih troškova za osoblje kao i zbog težnje za pogonom koji zahtijeva manje održavanja.

7.3 Troškovi crpnih stanica

7.3.1. Investicijski troškovi

U varijantama o kojima se raspravlja potrebno je izgraditi 3 crpne stanice za koje se moraju procijeniti investicijski troškovi i troškovi pogona.

Tablica 14: Učinci i troškovi potrebnih crpnih stanica za različite varijante

		Varijanta 1: Centralno rješenje			Varijanta 2: Necentral. rješenje 1		Varijanta 3: Necentralno rješenje 2
		Crpna stanica 1	Crpna stanica 2	Crpna st. Lum- barda	Crpna stanica1	Crpna stanica Lumbarda	Crpna stanica Lumbarda
Q	l/s	25,00	68,00	25,00	25,00	25,00	25,00
H	m	46,45	35,39	32,87	46,45	19,29	19,29
P	kW	21,38	42,28	14,15	21,38	7,65	7,65
Vod DN	mm	150,00	200,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Troškovi po pumpi	Euro	10.000	15.000	8.000	10.000	6.000	6.000
Troškovi 3 pumpe mit opremom	Euro	40.000	60.000	35.000	40.000	28.000	28.000
Troškovi E- tehnologija	Euro	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Troškovi gradnje, objekt	Euro	90.000	120.000	90.000	90.000	90.000	90.000
Ukupni troškovi	Euro	180.000	235.000	173.000	180.000	164.000	164.000
Troškovi za crpne stanice za različite varijante	Euro	588.000			344.000		164.000

Polazi se od toga da se u sve tri crpne stanice nalaze po tri pumpe od kojih je jedna uvijek uključena na "stand-by".

7.3.2 Troškovi pogona

Otpadne vode iz Žrnova bi se trebale dovesti kroz gravitacioni vod do centralne crpne stanice. Visinski uvjeti dozvoljavaju takvo rješenje. Visinska kota na početku ovog kanala iznosi oko 150m. Vod treba završiti na visini od oko 30 .U vodu dužine od 1.600 m ovo znači

pad od 7,5%. Zbog opasnosti od začepjenja predlaže se postavljanje PVC-voda promjera 250 m. Njegov hidraulički kapacitet bi iznosio oko 170 l/s, što je više nego dovoljno. Pri tako visokom padu, koji ima ovaj vod moraju se predvidjeti objekti za poništenje energije.

Polazi se od toga da se izlaz ovog novog voda koji se treba izgraditi može uvesti u postojeću kanalizaciju Korčule.

Pri daljnjoj procjeni se polazi od toga da se u prosjeku po stanovniku i danu otprema 200 l otpadne vode. Troškovi za električnu energiju računaju se na 0,1 Euro/kWh .

Dalje se polazi do toga da će površinske odvodnje koja su priključene na odvojeni sustav kanalizacije biti odvojene.

U sljedećoj tablici prikazani su troškovi energije za odvod otpadne vode . Pri tom se mora računati s različitim geodetskim visinama dizanja za pojedine crpne stanice. Podaci se mogu vidjeti u sljedećoj tablici.

Tablica 15: Obračuna troškova energije za različite crpne stanice

		Varijanta 1: centralno rješenje			Varijanta 2: necentr. rješenje		Varijanta 3: 3: decentr. rješ. 2
		Crpna stanica 1	Crpna stanica 2	Crpna st. Lumbarda	Crpna stanica 1	Crpna st. Lumbarda	Crpna st. Lumbarda
Količina na dan	(m ³ /Tag)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Najveći broj stanovnika	Stanovnik	3.683	8.873	3.264	3.683	3.264	3.264
Mjeseci s najvećim br. stan.	mjeseci	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Normalni br. stanovnika	stanovnik	1.100	2.650	600	1.100	600	600
Mjeseci s normalnim br. st.	mjeseci	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Kapacitet crpki	l/s	25,00	68,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Maks. količina koja se mora ispumpati	m ³ /d	737	1.775	653	737	653	653
Naduže vrijeme rada pumpe	h/d	8,18	7,25	7,25	8,18	7,25	7,25
Normalna količina koja se ispumpava	m ³ /d	220	530	120	220	120	120
Rad pumpe, normalno stanje	h/d	2,44	2,17	1,33	2,44	1,33	1,33
Dužina tlačnog voda	m	3200	2100	2000	3200	1200	1200
DN	mm	150	200	150	150	150	150
k	mm	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
λ		0,0199	0,0181	0,0199	0,0199	0,0199	0,0199
Brzina v	m/s	1,42	2,17	1,42	1,42	1,42	1,42
v ² /(2g)	m	0,10	0,24	0,10	0,10	0,10	0,10
Gubitak energije trenja	m	43,45	45,35	27,16	43,45	16,29	16,29
Visina, gedetska	m	0,00	8,00	8,00	5,00	5,00	5,00
Ukupna visina	m	43,45	53,35	35,16	48,45	21,29	21,29
Korisnost pumpi	-	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Učinkovitost P	KW	21,31	71,17	17,24	23,76	10,44	10,44
Godišnja potreba za energij.	kWh/a	26.529	78.469	14.642	29.582	8.869	8.869
Specifični troškovi za energij	Euro/kWh	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Godišnji troškovi za energiju	Euro/a	2.653	7.847	1.464	2.958	887	887
Troškovi za energiju /godišnje za varijantu				11.964		3.845	887
Učinkovitost crpnih stanica		Crp. st. 1	Crp. st. 2	Crpna st. Lumbarda	Crp. st. 1	Crp. st. Lumbarda	Crp. st. Lumbarda
kapacitet	(l/s)	25,00	68,00	25,00	25,00	25,00	25,00
visina	(m)	43,45	53,35	35,16	48,45	21,29	21,29
P	(kW)	21,31	71,17	17,24	23,76	10,44	10,44
Vod DN	(mm)	150	200	150	150	150	150

Troškovi održavanja su ovdje prikazani u ovisnosti o investicijskim troškovima:

Troškovi održavanja za građevinski dio 0,5% investicijskih troškova

Troškovi održavanja M+E-tehnologija 2,00% investicijskih troškova

Tablica 16: troškovi održavanja crpnih stanica

	Varijanta 1:			Varijanta 2:		Varijanta 3:	
	centralno rješenje			necentralno		necentralno	
				rješenje 1		rješenje 2	
	Crp. st. 1	Crp.st.2	Crp.st. Lumb.	Crpna st. 1	Crpna st. Lumb.	Crpna stanica Lumb.	
Invest.troškovi, objekti	90.000	120.000	90.000	90.000	90.000	90.000	Euro
Invest.trošk. M+E	90.000	115.000	83.000	90.000	74.000	74.000	Euro
Održavanje objekata	450	600	450	450	450	450	Euro/a
Održavanje M+E	1800	2300	1660	1800	1480	1480	Euro/a
Ukupno održavanje	2250	2900	2110	2250	1930	1930	Euro/a
			7260		4180	1930	Euro/a

Iznos troškova održavanja crpnih stanica za različite varijante može se vidjeti u tablici 17 .

Tablica 1: Ukupni troškovi pogona crpnih stanica (Euro/a)

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Održavanje	7.260	4.180	1.930
Troškovi za energiju	11.964	3.845	887
Iznos troškova pogona	19.224	8.025	2.817

7.4. Razmatranje sadašnje vrijednosti

7.4.1. Pregled svih troškova

U sljedećoj tablici je napravljen pregled svih troškova (nominalni troškovi) koji su potrebni za razmatranje sadašnje vrijednosti.

Tablica 18: : Pregled svih troškova (nominalni troškovi)

		Rješenje 1	Rješenje 2	Rješenje 3
		Centralno postrojenje	Necentralno rješenje 1	Necentralno Rješenje 2
Investicija u postroj. za pročišć.	Euro	6.820.410	9.693.778	12.150.631
Pogon postroj. za pročišćavanje	Euros/a	172.329	213.775	262.800
Investicija u crpne stanice	Euro	588.000	344.000	164.000
Pogon crpnih stanica	Euros/a	19.224	8.025	2.817
Investicija u vodove	Euro	2.424.000	1.672.000	991.000
Pogon vodova	Euros/a	19.188	12.720	6.540

7.4.2. Eskontiranje različitih plaćanja i toka plaćanja

Pri dobivanju sadašnje vrijednosti u razdoblju razmatranja uspoređuju se troškovi koji se stalno pojavljuju i jednokratni troškovi u različitom vremenu pomoću metode kapitalnih vrijednosti /6/

Konačno za prosudbu ukupnih troškova preostaje iznos za svaku varijantu (izraženo u eurima), koji pokazuje iznos novca koji je potreban da bi se projekt realizirao nakon definiranog vremena razmatranja. Pri tom bi se svi nastali troškovi u periodu razmatranja eskontirali na sadašnju vrijednost, pri čemu bi bili uzeti u obzir i procijenjena stopa inflacije i procijenjeni razvoj kamata (Nominalna kamata – stopa inflacije = stvarna kamata).

7.4.2.1. Općenito

Prilikom razmatranja sadašnje vrijednosti polazi se od realne kamate od 6,5 % kako je to u Hrvatskoj uobičajeno. Eskontni faktori koji proizlaze iz toga prikazani su u tablici 19.

Tablica 2: Eskontni faktori za obračun sadašnje vrijednosti

Realna kamata :		6,5	%
Eskontni faktor /50 a /za jedan niz plaćanja	b(50;6,5)	14,7245	
Eskontni faktor 12,5	f(12,5;6,5)	0,4551	
Eskontni faktor 25	f(25,6,5)	0,2071	
Eskontni faktor 37,5	f(37,5,6,5)	0,0943	

Vrijeme razmatranja obračuna sadašnje vrijednosti je 50 godina. Eskontni faktori se pri tom izračunavaju kako slijedi.

7.4.2.2. Osvrt na jednokratna plaćanja

Sa sljedećim relacijom mogu se jednokratni troškovi (reinvesticijski troškovi), koji se vremenski nalaze iza horizonta razmatranja, preračunati (eskontirati) na sadašnjost. Faktor f se također naziva eskontni faktor.

$$\text{Iznos u novcu jednokratno plaćanje} = f \cdot Z \text{ mit } f = \frac{1}{(1+i)^n}$$

s

i	-	Stvarna kamata
n	a	Godine reinvestiranja poslije investiranja
f	-	Eskontni faktor
Z	Euro	Nominalni troškovi reinvestiranja
Iznos u novcu jednokratno plaćanje	Euro	Vrijednost reinvestiranja u novcu

7.4.2.3. Osvrt na istovrsni lanac plaćanja

Prikazivanjem istovrsnog lanca plaćanja iznosom z , eskontni faktor se može napraviti kako slijedi:

$$BW_{\text{Zahlungsreihe}} = b \cdot z \text{ mit } b = \frac{(i+1)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

s

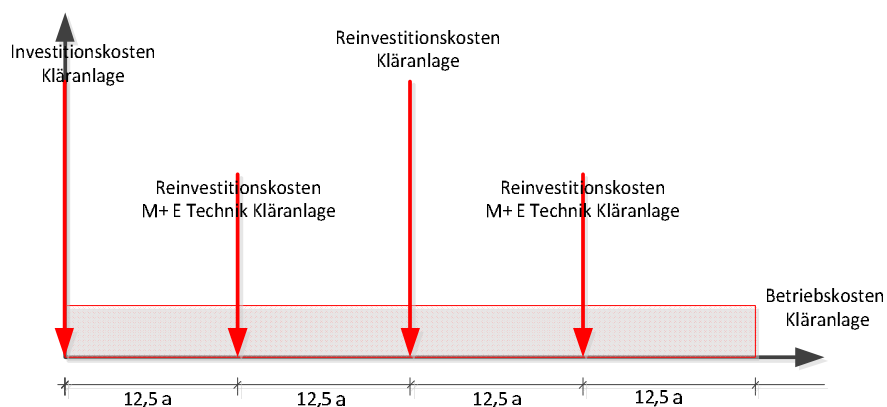
i	-	Realna kamata
n	a	Trajanje plaćanja
b	-	Eskontni faktor za istovrsna plaćanja
z	Euro/a	Nominalni troškovi istovrsnih plaćanja
Sadašnja vrijednost niz plaćanja	Euro	Iznos u novcu kod istovrsnih plaćanja

7.4.2.4. Podaci o trajanju korištenja

Kada se kraj trajanja korištenja nekog objekta nalazi u vremenu razmatranja, to je ujedno i vrijeme reinvestiranja. Prilikom određivanja računskih vrijednosti reinvesticijskih troškova polazi se od sljedećih osnovnih podataka s obzirom na vrijeme potrebnih reinvestiranja (trajanje korištenja urđaja):

Reinvestiranje u strojeve postrojenja za pročišćavanje :	12,5 Jahre
Reinvestiranje u cijelo postrojenje za pročišćavanje :	25 Jahre
Reinvestiranje u strojeve crpne stanice :	12,5 Jahre
Reinvestiranje u cijelu crpnu stanicu:	25 Jahre

Trajanje vodova se procjenjuje na 50 godina, tako da se ovdje ne razmatra reinvestiranje.



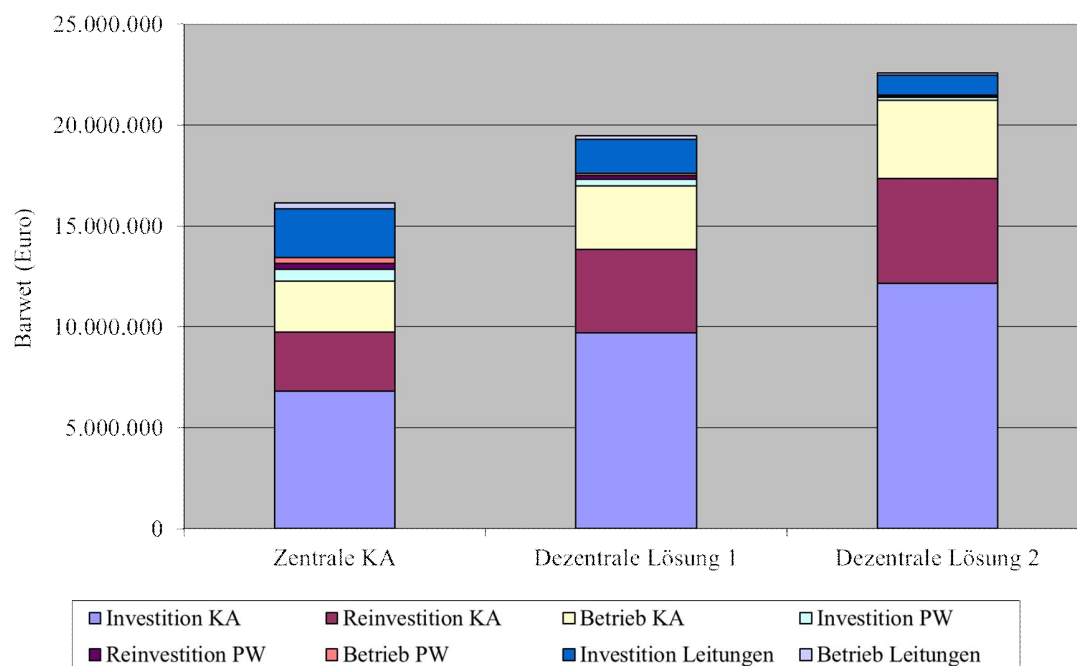
Slika 4: Shema za objašnjenje vremenske raspodjele troškova prilikom obračuna sadašnje vrijednosti , ovdje za postrojenje za pročišćavanje

7.4.3. Rezultat razmatranja sadašnje vrijednosti

U tablici 20 su prikazana razmatranja sadašnje vrijednosti , a na slici 16 su grafički prikazana

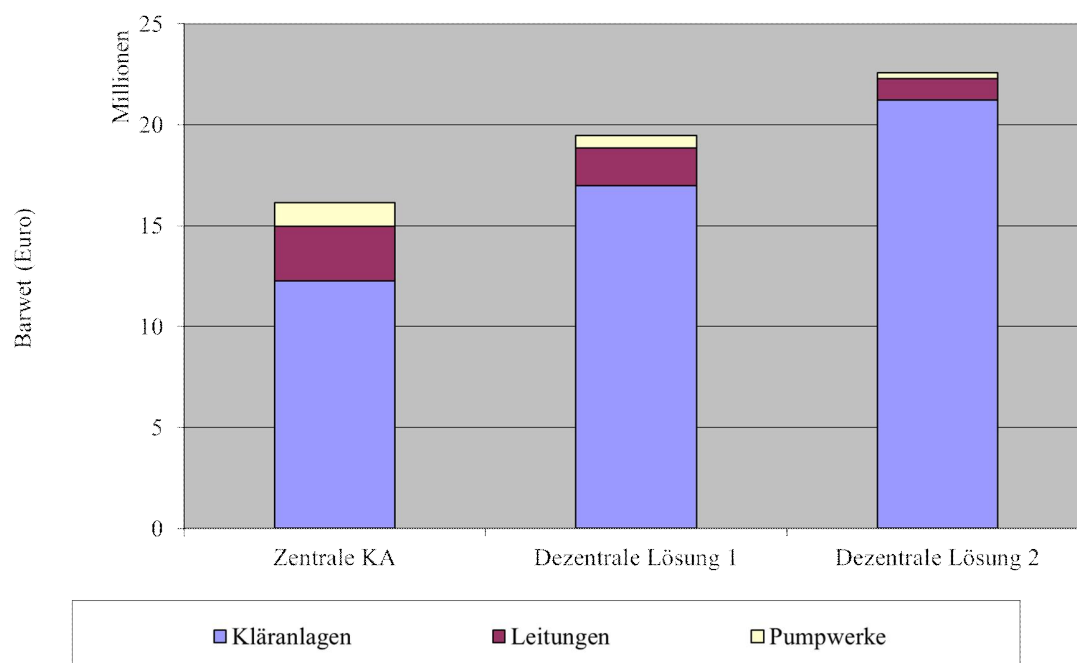
Tablica 3: Razmatranja sadašnje vrijednosti za različite varijante

		Rješenje 1	Rješenje 2	Rješenje 3
		Centr. postr. za pročišć.	Necentr. rješenje 1	Necentralno rješenje 2
Investiranje u postr. za pročišć.	Euro	6.820.410	9.693.778	12.150.631
Reinvestiranje u postr. za proč.	Euro	2.911.613	4.138.246	5.187.069
Pogon postr. za pročišć.	Euros/a	2.537.462	3.147.734	3.869.604
Investiranje u crpne stanice	Euro	588.000	344.000	164.000
Reinvestiranje u crpne stanice	Euro	283.320	165.752	79.021
Pogon crpnih stanica	Euros/a	283.065	118.166	41.477
Investiranje u vodove	Euro	2.424.000	1.672.000	991.000
Pogon, vodovi	Euros/a	282.534	187.296	96.298
Ukupan iznos		16.130.404	19.466.972	22.579.100



Slika 5: uspoređivanje vrijednosti različitih varijanti

Na slici 17 su predstavljeni isti troškovi, ali su poredani prema troškovima za postrojenja, vodove i crpne stanice:



Slika 6: uspoređivanje sadašnjih vrijednosti različitih varijanti, diferenciranih prema troškovima uređaja za taloženje, vodova i kanala kao i crpnih stanica.

(Kläranlagen = uređaji za pročišćavanje; Leitungen = vodovi ; Pumpwerke= crpne stanice)

Izračun sadašnje vrijednosti pokazuje jasne prednosti centralnog rješenja. Troškovi za uređaj za pročišćavanje (investicija, reinvestiranje i pogon) dominiraju u odnosu na troškove za crpne stanice i vodove.

Pri ovakvom načinu analize troškova nije moguće ukazati na sve razlike u troškovima različitih tehničkih rješenja uređaja za pročišćavanje. I dužina kanala i troškovi za njihovu gradnju su povezani s izvjesnim nesigurnostima. Ali obračuni jasno pokazuju da nema povoljnijeg rješenja od centralnog postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

Troškovi nisu jedino što utječe na konačnu odluku. Tu su i kriteriji kao što je „političko prihvatanje“ dotičnih rješenja kao i mogućnost korištenja pojedinih lokacija.

8. Potencijalne lokacije za postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda

Utvrđivanje mogućih lokacija za postrojenja za pročišćavanje vode pretpostavlja, da su se prethodno ispitali stupnjevi centralizacije. To znači da se istražilo koja bi područja i naseljene površine bili dodijeljeni na najracionalniji način postrojenju za pročišćavanje otpadnih voda. U prethodnim poglavljima je prikazano kako je do toga došlo i koji su troškovi povezani s najrazličitijim rješenjima.

8.1. Moguća lokacija za varijantu 1: centralno postrojenje za pročišćavanje

U slučaju zajedničkog postrojenja za pročišćavanje ima samo jedna lokacija (zemljište) koja za to izgleda prikladna (slika 18). Pozitivno je to što je ovo zemljište državno i može se besplatno staviti na raspolaganje uz infrastrukturne mjere.

Za centralno postrojenje za pročišćavanje potrebna je površina od oko 1,0 ha. Ova površina se ovdje može staviti na raspolaganje. Ona se nalazi na području općine Lumbarda oko 150 m udaljena od ceste između Lumbarde i Korčule. Lokacija uvjetuje potrebu gradnje odljevnog voda za uljev pročišćene vode u more (675 na kopnu i 125 u more). Zemljište leži na razini od oko 8 m. Gravitacioni vod od betona DN 300 mogao bi odvoditi 122 l/s ($J=10 \text{ o/oo}$), što se čini sasvim dovoljnim. Prilikom projektiranja je predviđen uljev u more u dubini od oko 8 m u području s dovoljno strujanja.

Premještanje lokacije u smjeru mora nije moguće, jer su parcele koje se tamo nalaze za općinu Lumbarda glede budućeg razvoja jako važne.

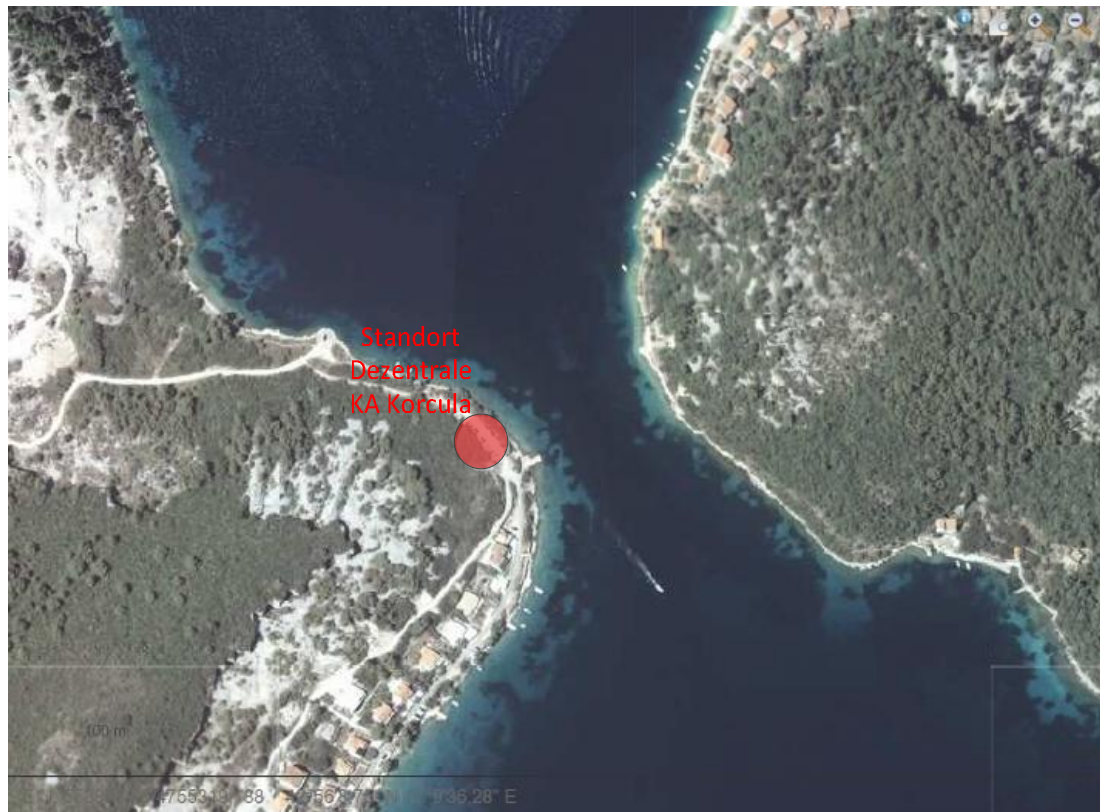


Slika 7: Moguća lokacija za centralno postrojenje za pročišćavanje vode za Lumbardu i Korčulu

² Podatak iz općine Lumbarda u okviru rasprave 29. 08. 2012.

8.2. Moguće lokacije za varijantu 2: jedno postrojenje za pročišćavanje za Korčulu i jedno za Lumbardu

U ovom slučaju nudi se lokacija za grad Korčula u području postojećeg brodogradilišta. Otpadne vode zone 2 se već danas odvođe na ovu lokaciju; trenutno je tamo već uljev u more s 50 m dugim vodom. Ova lokacija svakako zahtijeva da se otpadne vode iz zone 1 (sjever) također dovode na ovu točku, što čini nužnim gradnju crpne stanice i tlačnih vodova. Dužina potrebnog tlačnog voda iznosi oko 3.200 m.



Slika 8: Lokacija za centralno postrojenje za grad Korčulu (necentralno rješenje 1)

Za Lumbardu se nudi lokacija, koja se nalazi unutar mjesta Lumbarda, gdje se trenutno nalazi crpna stanica „Polje“. Svakako se mora upozoriti na to, da se zemljište o kojem se raspravlja trenutno koristi kao poljoprivredno zemljište, što bi moglo prouzrokovati probleme.



Slika 9: Moguća lokacija za postrojenje za pročišćavanje na području Lumbarde

8.3 Potencijalne lokacije za varijantu 3: dva postrojenja za Korčulu i jedno za Lumbardu

Ovdje bi bile potrebne iste lokacije kao za varijantu 2, osim toga još jedna lokacija za postrojenje za pročišćavanje gdje bi se mogle obrađivati otpadne vode zone 1 iz Korčule. Za to se nude manje prikladne površine. Moguća bi bila instalacija postrojenja za pročišćavanje koje zauzima veoma malo površine u području koje je prikazano na slici. Ali budući da tu pristaju veliki putnički brodovi i potrebno je parkiralište za vozila moralo bi se prostorno ograničiti i u tom slučaju izgraditi postrojenje u zgradi ili ispod zemlje. Troškovi za dodatne mjere koje su s time povezane nisu uzete u obzir u poredbenom računu troškova.



Slika 10: Moguća lokacija 1 / Kočula, zona 1 u slučaju varijante 3

Možda bi bilo razumno da se otpadne vode velikih hotela odvede direktno do zone 2 (jug) , što bi moglo uštedjeti troškove za pumpe i smanjiti veličinu objekta postrojenja za pročišćavanje na lokaciji 1. Ovo bi bilo pozitivno s obzirom na potrebnu površinu. Ali time bi se povećao kapacitet objekta postrojenja za pročišćavanje na lokaciji 2 ,Korčula.

9. Što je odlučujuće prilikom odabiranja neke varijante

Kao što se jasno vidi iz poredbenog računa troškova, centralno rješenje (varijanta 1) i pored svih nesigurnosti računskih pretpostavki neće biti skuplje nego necentralna rješenja 2 i 3; prije će biti povoljnije.

Ali ovo nije jedini razlog koji ide u prilog ovom rješenju. Predviđena lokacija za varijantu 3 za zbrinjavanje zone 1 (Korčula) čini se problematičnom. Ona se nalazi u području pristaništa za kruzere u luci. Tamo je trenutno instalirana jedna crpna stanica, koja tjera otpadne vode u more. Ona je ukopana u more i nije vidljiva.

Postrojenje za pročišćavanje bi bilo konstruirano za maks.opterećenje od 3.700 st. i za to bi bila potrebna površina od više od $0,25 \text{ m}^2$ / po stanovniku, ako bi način gradnje tehničkog postrojenja bio takav da se štedi mjesto. U tom slučaju bi potrebna površina iznosila oko 1000 m^2 . Budući da se ova lokacija nalazi u neposrednoj blizini gostionica s terasama, ona je nepovoljna i s obzirom na upravljanje pogonom, kao i u slučaju građenja objekta i uređaja za aeraciju.

I u slučaju preorijentiranja velikih hotela u zoni 1 s posljedicom da se veličina objekta može napola smanjiti , pogon postrojenja za pročišćavanje bio bi na ovoj lokaciji problematičan i savjetuje se da se od toga odustane. Osim toga izgubila bi se površina parkirališta koja služi

za ukrcaj na kruzere, što bi također bilo opterećeno problemima. Alternativno rješenje za ovu lokaciju ne postoji. Utoliko bi se rješenje 3 trebalo izdvojiti iz spomenutih razloga.

Glede varijante 2 ostaje da se spomene, da se predviđena lokacija za postrojenja za pročišćavanje za grad Korčulu nalazi u području (nema druge) čija se površina u budućnosti može koristiti na sasvim drugi način (gradnja brodogradilišta, gradnja upravnih zgrada, gradnja skladišta itd.).

Što se tiče lokacije za necentralno postrojenje u Lumbardi mora se upozoriti na to da se zemljište o kojem se raspravlja trenutno koristi kao poljoprivredno zemljište, što može uzrokovati probleme.

Sve to mnogo govori u prilog lokacije koja je predviđena za centralno rješenje(svejedno koja će se vrsta postrojenja za pročišćavanje realizirati) i zemljište je u posjedu države, trebalo bi se pokušati realizirati centralno rješenje.

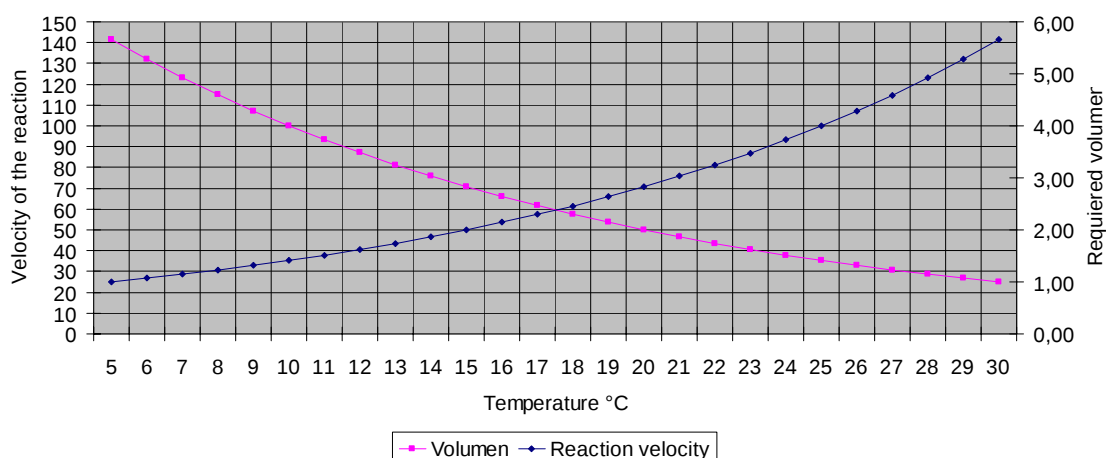
U daljnjim razradama polazi se se od toga da će se realizirati varijanta 1.

10. Mogući postupci za obradu otpadnih voda

Kao što je ranije izloženo preporuča se realizacija centralnog postrojenja za pročišćavanje koja bi trebalo pokriti sljedeća opterećenja:

Minimalno opterećenje van sezone (od rujna do lipnja) godine 2013.:	3.300 stanovnika
Maksimalno opterećenje u sezoni (od rujna do lipnja) godine 2037.:	12.200 stanovnika

Temperature otpadnih voda igraju bitnu ulogu prilikom konstrukcije postrojenja za pročišćavanje. Ovdje se treba napomenuti da je razdoblje s najvećim opterećenjem (količina otpadnih voda, organski otpad) , u konkretnom slučaju i vrijeme najvećih temperatura otpadnih voda . To se mora uzeti u obzir prilikom odabira postupka za obradu otpadnih voda. Prilikom bioloških procesa brzina reakcije se povećava pri povećanju temperature za 10°C za otprilike faktor 2 , što smanjuje potrebne volumene reakcije.



Slika 11: temperatura otpadnih voda i potrebni volumen bazena za oživljavanje(taložnice)

U načelu postoji veliki broj postupaka za pročišćavanje otpadnih voda koji se mogu svesti na nekoliko osnovnih tehnologija. Na temelju iskustva EVS-a za grad Korčulu und Lumbardu uz prethodno spomenute zahtjeve glede izljeva kao i veličine postrojenja za pročišćavanje (br. stanovnika) pobliže se razmatraju sljedeće tehnologije:

- o Neproзраčeni bazeni
 - o Prozračeni bazeni
 - o Postrojenja sa simultanom stabilizacijom mulja
 - o Postrojenja s emšerskim spremnikom i biološkim prokapnikom
 - o Postrojenja s emšerskim spremnikom i kružnim biološkim prokapnikom
 - o Postrojenja s emšerskim spremnikom i biološkim aktiviranjem
 - o Postrojenja s UASB-reaktorima koji su povezani s biološkim prokapnikom
- Ovdje se pokazuju prednosti i nedostaci različitih tehnoloških rješenja.

10.2. Neproзраčeni bazeni

10.2.1. Najosnovnije za postupak i područje gradnje

Ova postrojenja u Njemačkoj obično služe za biološku obradu otpadnih voda, uglavnom u manjim mjestima i naseljima; zbog velike potrebe za površinom oni se, u pravilu, primjenjuju za pridošlo stanovništvo ispod 1000 ljudi. Ipak takva postrojenja se u SAD-u, Latinskoj Americi i Africi grade za oko 100.000 stanovnika.

Neproзраčeni bazeni imaju velike površine i malu dubinu voda; oni se grade za biološko pročišćavanje otpadnih voda. Istovremeno služe i za uklanjanje taloživih tvari.

Prednosti su:

- mogućnost da se dobro uklope u okoliš,
- jednostavni način gradnje koji štedi troškove
- nikakvi odnosno neznatni troškovi za upotrebu strojeva
- uz redovnu kontrolu pogona troškovi za održavanje su neznatni
- pražnjenje mulja u razmacima od jedne do više godina,
- veliki volumen izjednačenja, zato postoje mogućnosti da se obrađuje i oborinska voda.

Nedostaci su:

- potreba za prilično velikom površinom,
- zbog sezonskih promjena i promjena koje su uvjetovanje vremenom promjenjivi učinci čišćenja,
- povremeno jaki razvoj algi i njihovo nepoželjno razmnožavanje
- moguće ispuštanje neugodnih mirisa iz bazena za kolmaciju i neprozračenih bazena.

U svakom slučaju mora se preispitati potreba za umjetnim zatvaranjem prema podzemlju. U slučaju Korčule takvo zatvaranje bi bilo neizbježno s folijom od HDPE na poznatoj vrsti tla (krš)

10.2.2. Potrebna prethodna obrada

Za prethodnu obradu su dovoljni taložnik za grubo bistrenje i podvodni zid u dotoku prvog bazena.

10.2.3. Dimenzioniranje i konstruiranje

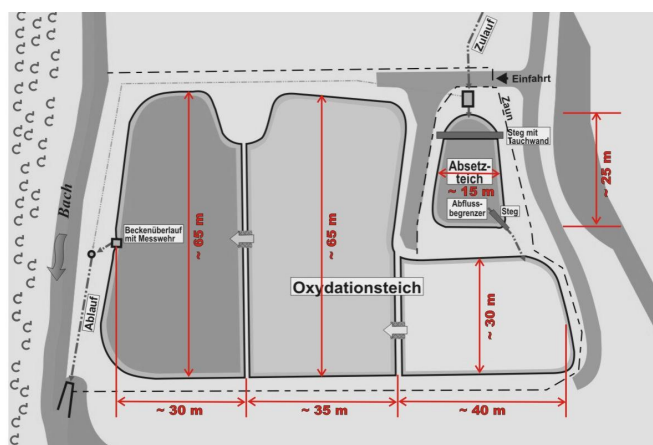
Područje uljeva u prvu lagunu se u ovom slučaju produbljuje radi skupljanja mulja. Može se izvršiti određivanje volumena prostora za skupljanje mulja od 0,15m³/st. Prilikom gradnje moraju se uzeti u obzir odabrani intervali čišćenja. Gornji sloj vode je u pravilu aeroban. Ipak povremeno se mogu u području uljeva ili u dubokim bazenima na dnu postaviti anerobne zone. Bitni kriterij dimenzioniranja je opterećenje površine. Kod većih postrojenja je moguće podijeliti potrebnu površinu na 2 ili 3 bazena.

Parameter dimenzioniranja		10 m ² vodene površine/st. Za samo BPK(biokemijska potrošnja kisika)-razgradnju
		15 m ² vodene površine /st.za nitrifikaciju
Dužina u odnosu na širinu (na površini)		≥ 3:1
Dubina	~	1,0 do 1,5 m
Nadvođe	~	0,3 m
Potrebna bruto površina iznosi oko	~	12 bis 20 m ² /st

Ostale napomene o dimenzioniranju mogu se naći u/7/.

10.2.4. Obrada mulja i količina proizvedenog mulja

Mulj se stabilizira u anaerobnoj zoni na dnu bazena uz koncentraciju čvrste tvari od 5 do 10% TR. Mulj se treba čistiti u određenim vremenskim intervalima (ovisno o veličini područja s muljem). Ovo se može izvršiti u slučaju vanjskog pogona bagerima ili lopatama, postoji i mogućnost da se mulj usiše u stanju pogona s plutajućim pumpama. Uvjet za posljednje je postojanje polja za sušenje odnosno odvodnje pomoću strojeva (u malim postrojenjima uglavnom mobilno)



Slika 12: neprozračeni bazen za 710 stanovnika

10.2.5. Procjena i komentar

S ovim postrojenjima mogu se bez problema zadržati vrijednosti izljeva iz tablice 1 (poglavlje **Error! Reference source not found.**). Pri odgovarajućem dimenzioniranju moguća je nitrifikacija. Izljev bi bila dezinficirana otpadna voda s fekalnim klicama $< 10^3$ KBE/100 ml.

Potrebna bruto-površina za takvo postrojenje bila bi najmanje oko 10 ha.

Ove površine u konkretnom slučaju nema. Zato se ova tehnologija neće dalje komentirati.

10.3 Prozračeni (aerirani)bazeni

10.3.1. Područje uljeva, prednosti i nedostaci, te granice upotrebe

Zbog potrebe za površinom u Njemačkoj se primjenjuju u pravilu za pridošle stanovnike ispod 5.000 ljudi. Takva postrojenja se u SAD-u, Latinskoj Americi i Africi grade u područjima za oko 100.000 stanovnika.

10.3.2. Potrebna prethodna obrada

Prethodna obrada nije u načelu potrebna. Može se i bez rešetaka i pjeskolova. Nudi se gradnja produbljenja u zoni dotoka prvog bazena, kao instalacija podvodnog zida.

10.3.3. Dimenzioniranje i konstruiranje

Za mjerenje prozračenih bazena za otpadnu vodu u Njemačkoj se postavlja BPK5 –prostorno opterećenje (biološkog uređaja) od $BR \leq 25 \text{ g BPK} / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$. Mora se zadržati vrijeme protoka od 5 dana pri suhom vremenu.

Prikladno je podijeliti ukupni potrebni volumen u dva međusobno povezana bazena. Zatim se treba pripojiti sekundarni bazen za bistrenje odnosno u zadnjem prozračenom bazenu stvoriti mirnu zonu.

Što se tiče uređaja za prozračivanje na tržištu se nude uglavnom oni dubine vode između 1,5 m i 3,5 m. Odabir dubine vode ovisi o predviđenom sustavu prozračivanja.

Ako se računa sa specifičnim teretom od 60 g PKK (potrošnja biokemijskog kisika)/(st·d),može se polaziti, pri navedenim mjernim vrijednostima, od $60 \text{ g PKK/d} / 25 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) = 2,4 \text{ m}^3$ volumena vode / po stanovniku. Akumulacioni prostor za mulj se mora pripremiti kao dodatni volumen. Ovo se može napraviti u integriranoj zoni za sekundarno bistrenje ili u pripojenom bazenu.

Ovo odgovara, pri srednjoj dubini od 2m neto vodenoj površini od 1,2 m² /po stanovniku. Mora se ipak polaziti od 3 m² /po stanovniku uzimajući u obzir nagib, prilaz i periferne uređaje.

Bazeni za otpadne vode se moraju prilagoditi mjesnim prilikama. Oblikovanje se mora uskladiti s agregatima za prozračivanje. Ostale napomene glede mjerenja se mogu naći na /7/.

10.3.4. Obrada mulja

Mulj se stabilizira u anaerobnoj zoni na dnu bazena uz koncentraciju krute tvari od 5 bis 10 % TR. Mulj se mora očistiti u određenim vremenskim intervalima (ovisno o veličini zone s muljem) . Ovo se može izvršiti u slučaju vanjskog pogona bazena s bagerima i lopatama. Također postoji mogućnost da se mulj i za vrijeme pogona usisa plutajućim pumpama. Za posljednje je potrebno postojanje polja za sušenje odnosno dehidraciju pomoću strojeva (kod malih uređaja uglavnom mobilno).

10.3.5. Procjena i komentar

I s ovim postrojenjima mogu se bez problema zadržati vrijednosti izljeva iz tablice 1 (poglavlje 1.5). Pri navedenim vrijednostima dimenzioniranja neće se provesti značajna nitrifikacija. Istek bi sačinjavale dezificirane otpadne vode s fekalnim klicama od $> 10^5$ KBE/100 ml.

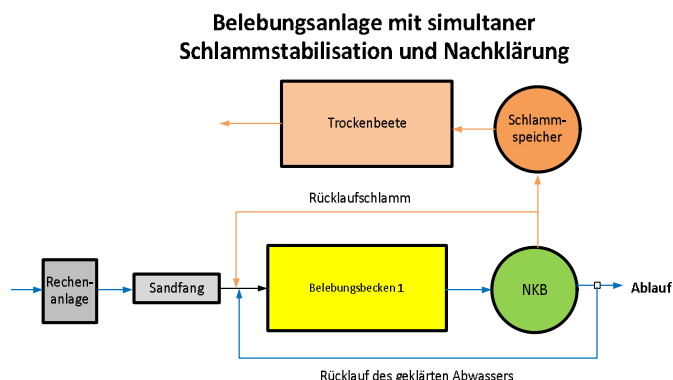
Potrebna bruto-površina za takvo postrojenje iznosila bi najmanje oko 3 ha. Ova površina u konkretnom slučaju ne postoji. Utoliko se ova tehnologija neće dalje komentirati.

10.4 Postrojenja sa simultanom stabilizacijom mulja i sekundarnim bistrenjem

10.4.1. Područje upotrebe, prednosti i nedostaci i granice ovog područja

Postupak s aktiviranim muljem je tehnološka metoda s jako velikim učinkom pročišćavanja koje zahtijeva malo mjesta. Pri tom bazen za oživljavanje (taložnica) s uređajem za prozračivanje i bazenom za sekundarno bistrenje, koji je povezan preko kružnog toka povratnog mulja, čine tehnološku cjelinu. Pri simultanoj stabilizaciji mulja vrši se stabilizacija stvorenog mulja pročišćavanjem na aerobni način .

Budući da je starost mulja ovdje uvijek dovoljno velika, u ovoj metodi se vrši opsežna nitrifikacija, pod pretpostavkom da je učinak prozračivanja dovoljan, da bi u za to predviđene zone osigurao kisik od 2mg O₂/l. Predlaže se također i denitrificiranje, budući da za to nije potrebno još prostora i budući da to štedi energiju.



Slika 13. Skica sustava: biološko oživljavanje sa simultanom stabilizacijom mulja i sekundarno bistrenje

Ostalo onečišćenje isteka sekundarnog bistrenja uzrokovano je velikim dijelom otopljenim i koloidnim tvarima, a drugim dijelom suspendiranim aktivnim blatom koje se odvodi s pročišćenim otpadnim vodama. On ovisi o postignutom stupnju odijeljivanja pri sekundarnom bistrenju.

10.4.2. Potrebna prethodna obrada

Hitno su potrebni uređaj s reškama i pijeskolov.

10.4.3. Dimenzioniranje

Važan parameter dimenzioniranja je starost mulja. Mjera za to je, koliko dana aktivirani mulj, bakterije u sustavu (oživljavanje i sekundarno bistrenje) ostaju prije nego se odvedu i dovedu u spremnik za mulj.

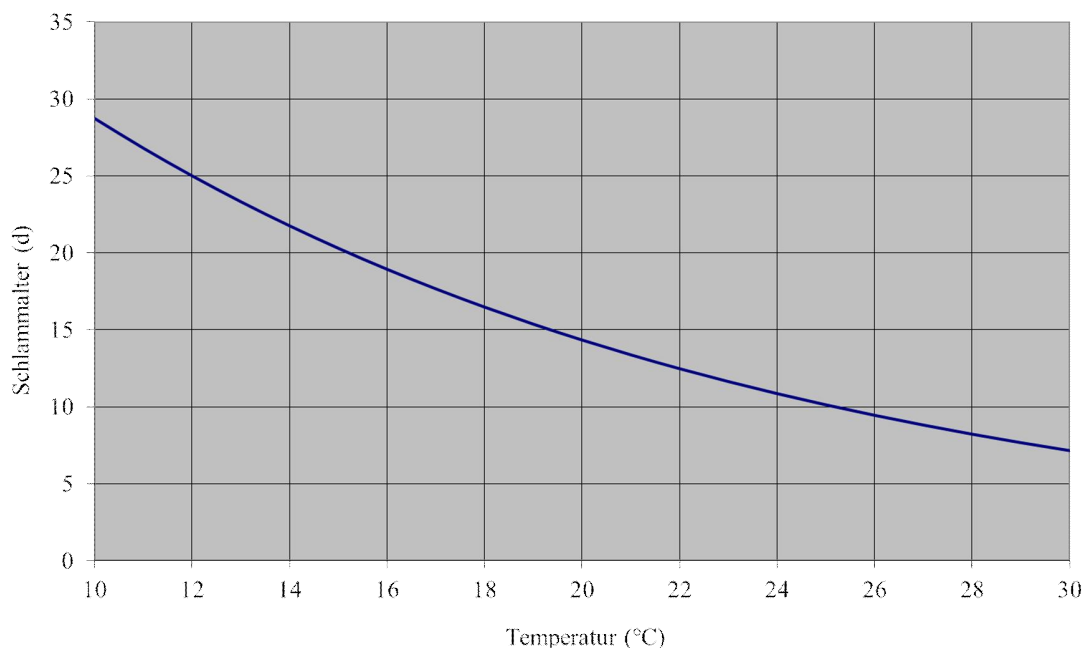
Potrebna starost /8/ mulja za osiguranje aerobne stabilizacije može se izračunati pomoću sljedeće formule:

$$TTS_{\text{dimenz.}} \geq 25 \cdot 1,072^{(12-T)}$$

s

T	Temperatura	°C
TTS, dimenz.	Starost mulja u danima	d

To znači da je potrebna starost mulja funkcija temperature. Starost mulja je proporcionalna potrebnom volumenu bazena s aktiviranim muljem.



Slika 14: potrebna starost mulja za dimenzioniranje u ovisnosti od temperature u metodi sa simultanim aktiviranjem.

Ljeti, prilikom visokih temperatura otpadnih voda, dovoljna je manja starost mulja, a time i manji volumen bazena za oživljavanje (taložnica). Količina mulja u bazenu za oživljavanje (taložnica) ne bi smjela biti iznad 4 kg TR/m^3 volumena bazena za oživljavanje. (TR = suha tvar).

Detaljne postavke za dimenzioniranje takvog uređaja, mogu se naći u dodatku 1 pogl. 4 .Za postrojenja o kojima se raspravlja izvršeno je grubo dimenzioniranje i predplaniranje.

10.4.4. Obrada mulja

Kod ove vrste postrojenja ne nakuplja se primarni mulj nego višak mulja. Jedan dio aktiviranog mulja (višak mulja) odvodi se iz sustava pri koncentraciji od $< 1 \%$ i dovodi se u spremnik za mulj, koji ima također funkciju taložnika gdje se mulj nataložio u koncentraciji od oko 4% .Nakon međunakupljanja i taloženja mulj se odvodnjava na poljima za sušenje ili preko mobilnih centrifuga do koncentracije čvrste tvari od 20 do 25%.

10.4.5. Procjena i komentar

S takvim postrojenjem mogu se sigurno održavati granične vrijednosti iz tablice 1 (pogl. 1.5) zatim se vrši uklanjanje dušika i stabilizacija mulja. Postrojenja ove vrste su vrlo stabilna i rade sigurno. Izljev bi bila nedezinficirana otpadna voda s fekalnim klicama od $> 10^5$ KBE/100 ml.

U EVS-postrojenjima nalaze se srednje vrijednosti u izljevu takvih postrojenja na oko

BPK5	20	mg/l
KPK	50	mg/l
NH4-N	8	mg/l
Nges	15	mg/l

Potrebna bruto površina za takvo postrojenje bila bi oko 10.000 m^2 . Treba napomenuti da bi predviđena polja za sušenje zauzimala površinu od oko 2.500 m^2 , dakle 25 % površine.

10.5. Postrojenja sa simultanom stabilizacijom mulja i membranama za zadržavanje čvrste tvari

10. 5.1. Područje upotrebe, prednosti i nedostaci i granice upotrebe

Ovdje opisana tehnologija je relativno nova. Oko 15 godina koristi se kod komunalnih postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Prvih godina su je zbog visokih cijena kritizirali, a danas nalazi na široku primjenu u Njemačkoj i širom svijeta. Ovo se događa naročito onda kad se postavljaju visoki zahtjevi za kvalitetu isteka odnosno kad je potrebna dezinfekcija otpadnih voda. Troškovi proizvodnje membrana su se zadnjih 15 godina drastično smanjili.

U ovoj tehnologiji se sekundarni bazen za bistrenje zamijenjuje membranskom filtracijom, što stvara mogućnost da se koncentracija aktivnog mulja u bazenu za oživljavanje (taložnici) znatno poveća i time se smanji volumen bazena za oživljavanje.

Simultano aktiviranje sa sekundarnim bistrenjem	4 kg TS/m ³
Simultano aktiviranje s membranskim filterima	14 kg TS/m ³

Za dio strujanja vode, koje se dovodi membranskim filterima, nije potrebno dovoditi povratni mulj, jer se mulj ne ispire.

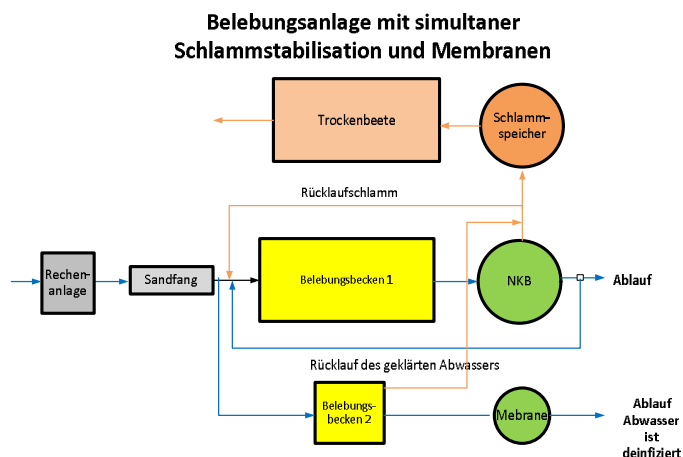
Membranska filtracija omogućava izvrsno čišćenje i vrlo veliko zadržavanje čvrstih tvari kao što su bakterije i virusi.

U načelu u konkretnom slučaju bilo bi moguće, sve nataložene otpadne vode obrađivati u postrojenju za oživljavanje u kombinaciji s membranama. Budući da se ovdje samo ljeti dio strujanja dolazećih otpadnih voda može opet koristiti kao potrošna voda, to nema baš mnogo smisla.

Zato se predlaže da se otpadne vode koje se u konkretnom slučaju nakupljaju „van sezone“ odvede preko „ceste“, koja se ne razlikuje od postupka koji je prikazan u pogl.10.4.

U „sezoni“ se nakupljene otpadne vode dijele u dva dijela strujanja. Dio pristiglog strujanja odvodi se sljedećoj jedinici bazena za aktiviranje koja svoj istek ne odvodi bazenima za sekundarno bistrenje nego membranskim filterima.

U lipnju dotične godine se treba pokrenuti ovaj dio postrojenja. Mulj iz „ceste“ 1 (konvencionalno oživljavanje) se treba uzeti i dovesti u „cestu 2“. Membranski uređaji imaju otprilike dvostruku potrebu za energijom nego što to imaju konvencionalni uređaji sa simultanom stabilizacijom mulja. Budući da se ova „cesta“ godišnje koristi samo mali broj mjeseci, to se u godišnjim troškovima odražava samo ograničeno.



Slika 15 : Postrojenje za simultanu stabilizaciju s membranskim filterima za zadržavanje čvrstih tvari

Za stvaranje potrebne količine mulja (14 kg TS/m^3) potrebna su oko 3 tjedna, tako da bi u srpnju reaktor dosegnuo svoj puni učinak.

Ali i iz bazena za oživljavanje ,koji su pridodani membranskim filterima treba se odvoditi višak mulja i nakon međuspremanja dehidrirati. Stvoreni aktivirani mulj ima otprilike isti stabilizacijski stupanj kao i u konvencionalnom postrojenju sa simultanom stabilizacijom mulja.

10.5.2 Potrebna prethodna obrada

I ovdje su hitno potrebni rešetke i pjeskolov.

10.5.3. Dimenzioniranje

Važan parametar dimenzioniranja je i ovdje starost mulja. Dalje za ovo postrojenje važi sve kao i za postrojenje opisano u poglavlju 6.

10. 5. 4. Obrada mulja

I kod ove vrste postrojenja ne gomila se primarni mulj nego samo višak mulja (bazen za oživljavanje/taložnica/) Što se tiče količina, pogledati u dodatku 1, poglavlje 6.

10.5.5. Procjena i komentar

I s takvim postrojenjem mogu se zasigurno zadržati granične vrijednosti iz tablice 1. Nakon toga može uslijediti opsežno uklanjanje dušika.

Istek iz sekundarnog bistrjenja bi bile nedezinficirane otpadne vode s fekalnim klicama od $> 10^5$ KBE/100 ml. Dio strujanja otpadnih voda, koje se odvede preko membranskih filtera imala bi kakvoću dezinficiranih otpadnih voda sa sadržajem klica ispod 100 KBE/100 ml.

Potrebna bruto-površina za takvo postrojenje bila bi manja od 1 ha.

Pročišćavanje otpadnih vode u postrojenjima sa simultanom stabilizacijom u kombinaciji s membranskim filterima je normalno skuplje nego u postrojenjima sa simultanom stabilizacijom s bazenima za sekundarno bistrjenje. Razlog tomu su prije svega troškovi za reinvestiranje u membrane koje imaju ograničeni vijek trajanja i osim toga troškovi energije su značajno veći.

Budući da dio postrojenja („cesta“2) koji treba obrađivati spomenuti dio strujanja, radi samo 2 mjeseca, onda se ovi učinci toliko i ne uočavaju. Voda koja se obrađuje u „cesti“2, budući da je dezinficirana, može se u svakom slučaju koristiti kao potrošna voda, što ovo postrojenje čini još zanimljivijim (ušteda pitke vode).

10.6 Postrojenja s emšerskim spremnikom i biološkim prokapnikom

10.6.1. Područje upotrebe, prednosti i nedostaci i granice upotrebe

Biološki prokapnici se koriste već oko 100 godina prilikom čišćenja otpadnih voda.

Na prijelazu stoljeća je izgrađeno posebno mnogo bioloških prokapnika za biološko pročišćavanje otpadnih voda, često bez bazena za sekundarno bistrenje. Mulj se u velikoj mjeri stabilizirao na temelju male opterećenosti, tako da je ostalo opterećenje prihvatio mulj.

Godine 1934. u Njemačkoj se moglo izbrojiti oko 90 većih postrojenja bioloških prokapnika koji su zbrinjavali otpadne vode za oko 1,3 mil. stanovnika /1/. Do 1940. u SAD-u većina postrojenja za biološku obradu otpadnih voda bili su biološki prokapnici.

Biološki prokapnici se danas u Njemačkoj postavljaju samo još pojedinačno u novim gradnjama. Razlog leži u tome, što se kod manjih objekata radije biraju bazeni i/odnosno uronjeni filteri, a kod većih postrojenja postoji potreba za opsežnim uklanjanjem dušika što se s biološkim prokapnicima teško može postići. U slučaju Korčula u odnosu na ovdje izneseno ne postoji nikakva prisila.

Postrojenja s biološkim prokapnikom i danas su još u mnogim zemljama, naročito u SAD-u i mnogim zemljama u razvoju sasvim prihvaćena metoda. Tamo prije svega zbog manjih troškova energije koji prilikom odabira sustava mogu igrati posebnu ulogu, naročito onda, kada se zahtijeva nitrifikacija. Još jedan pozitivni aspekt ove tehnologije je jednostavnost pogona.



Slika 16: postrojenje s biološkim prokapnikom s ispunom Sessil (Sucre /Bolivien)

Pročišćavanje vode u biološkim prokapnicima vrše mikroorganizmi koji se kao biološki sloj naseljavaju na ispunu. Radi se, dakle, o vrsti postupka s biološkim slojem. Biološki sloj se sastoji od bakterija, gljivica, protozoa i algi. Sloj ima izvana aerobne a unutra anaerobne slojeve debljine 2- 3 mm. Procesi razgradnje vrše se u aerobnom vanjskom sloju.

Dobre strane ove tehnologije mogu se u bitnim crtama opisati sa sljedećim karakteristikama:

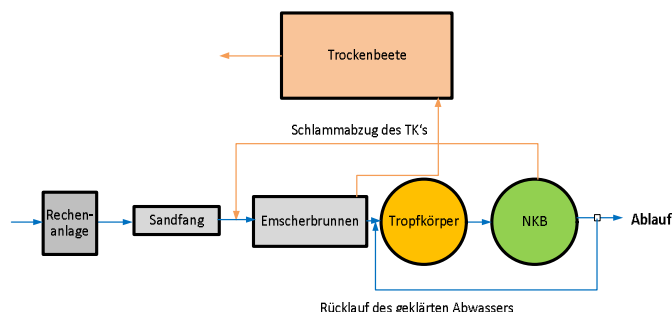
- Jednostavna i pouzdana u pogonu
- Mala potreba za površinama
- Neosjetljiva na udarno opterećenje
- Neosjetljiva (u usporedbi s metodom oživljavanja) na promjene opterećenja
- Neosjetljiva (u usporedbi s metodom oživljavanja) na promjene temperature
- Manje osjetljiva (u usporedbi s metodom oživljavanja) na toksična udarna opterećenja
- Moguće opsežno pročišćavanje (nitrifikacija)
- Sposobnost za čišćenje otpadnih voda s visokom organskom koncentracijom
- Potrebna je samo ograničena kvalifikacija radnika na pogonu
- Mala potreba za energijom

Ali s tehnologijom su povezani i nedostaci, kao na pr.:

- Mogući problemi s neugodnim mirisima, insektima i parazitima
- Ograničena fleksibilnost sustava

- Ograničene mogućnosti upravljanja i kontrole
- Opasnost od začepljenja (posebno kod ispune kamenom)

Tropfkörperanlage mit Emscherbrunnen



Slika 17: postrojenje s emšerskim spremnikom i prokapnikom

U konkretnom slučaju izgradnja prokapnika i bazena za sekundarno bistrenje bi bilo moguće rješenje. Trebalo bi ga dimenzionirati za najveće opterećenje (u sezoni). U vremenu izvan sezone obje jedinice bi bile znatno manje opterećene, što bi onda osiguralo veći učinak pročišćavanja. U tom vremenu bila bi moguća i nitrifikacija. Nagomilani višak mulja bi se morao stabilizirati u emšerskom spremniku.

10.6.2. Potrebna prethodna obrada

Ovdje se hitno treba izgraditi uređaj s rešetkama, pjeskolov i bazen za primarno bistrenje. U konkretnom slučaju se nudi, uzimajući u obzir veličinu postrojenja, integriranje primarnog bistrenja s prostorom za truljenje u emšerskom spremniku.

Emšerski spremnik, nazvan i emšerski bazen ili Imhoffova taložnica, je dvokatni bazen u čijem gornjem dijelu se vrši proces taloženja. Mulj pada kroz proreze u prostor za truljenje koji se nalazi ispod i koji ne protječe, gdje on može nesmetano trunuti. Muljevita voda koja se pri tom odvaja stalno se potiskuje natrag u razmjeni s novim muljem koji pada na dno u taložni bazen.

10.6.3. Dimenzioniranja i konstruiranja

Bitni parametar za mjerenje biološkog prokapnika je prostorno opterećenje filtera. Pri prostornom opterećenju filtera od $0,4 \text{ kg BPK}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ moguće je držati se prostornih granica iz tablice 1 (pogl. 1.5.)

Za određivanje potrebne površine za sekundarno bistrenje ne smije se prekoračiti površinski sloj od $1,0 \text{ m/h}$.

Prilikom dimenzioniranja emšerskog spremnika moraju se prije svega uzeti u obzir 2 kriterija:

- o Projektiranje integriranog primarnog bistrenja
- o Projektiranje prostora za truljenje mulja

Pri dimenzioniranju jedinice za primarno bistrenje tu je bitni kriterij da se prilikom najvećeg dotoka ne prelazi vrijeme zadržavanja od 1 sata. Maksimalni površinski sloj istovremeno ne smije biti veće $1,5 \text{ m/h}$.

Za dimenzioniranje volumena trulišta važe prije svega sljedeći kriteriji:

Vrijeme zadržavanja mulja u trulištu mora biti oko 60 dana pri najnižoj temperaturi otpadnih voda od 15 °C (zima /“izvan- sezona“). Ljeti („sezona“), pri velikom nakupljanju mulja, je dovoljno 45 dana (20 °C).

Dimenzioniranje takvog postrojenja u konkretnom slučaju izvršeno je i može se naći u dodatku 1A pogl. 5 .

10.6.4. Obrada mulja

U ovom slučaju nakupljeni primarni kao i sekundarni mulj trune u emšerskom spremniku i može se tamo pri koncentracijama od 4 do 7 % TR odvoditi i ostaviti na dehidraciji. Nije potreban odvojeni spremnik za mulj.

10.6.5. Procjena i komentar

I s prikazanom tehnologijom mogu se zasigurno zadržati vrijednosti iz tablice 1 (pogl. 1.5) iako stabilnost procesa nije tako velika kao kod postrojenja sa simultanom stabilizacijom mulja. I stabilizacija mulja je osigurana. Istek bi bila nedezinficirana otpadna voda s fekalnim klicama od $> 10^5$ KBE/100 ml.

Budući da su reaktori konstruirani za najveće opterećenje („sezona“) ,za vrijeme izvan sezone postoji velika sigurnost.

Proizvedena količina mulja je u usporedbi s postupkom simultane stabilizacije manja (usporedi pogl. 10.4. i 10.5.), jer mulj trune (anaerobno se obrađuje). Ne mogu se isključiti problemi u vezi neugodnih mirisa pri stvaranju plivajuće kore na površinama za odvod plinova u emšerskom spremniku

Radi se o tehničkom postrojenju kojemu treba površina manja od 10.000 m² uključivši površinu polja za sušenje.

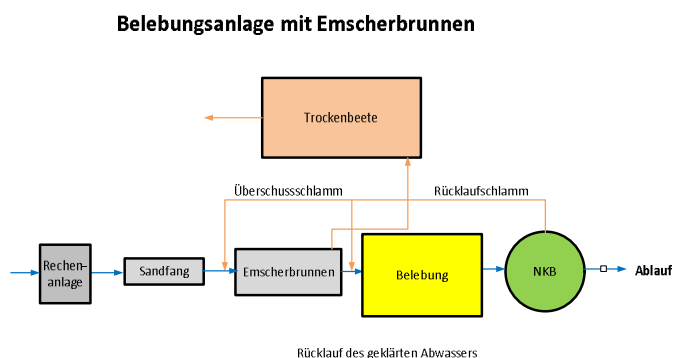
10.7. Postrojenja s emšerskim spremnikom i pločastim i rotacionim uronjenim filterima

Takav projekt bi bio vrlo sličan postupku koji je predstavljen u zadnjem poglavlju (postrojenja s biološkim prokapnikom). Pri ovoj veličini postrojenja su pripisani pločasti odnosno rotacioni uronjeni filteri iz razloga štednje.

10.8 Postrojenja s emšerskim spremnikom i uređajem s aktiviranim muljem

10.8.1. Područje upotrebe , prednosti i nedostaci i granice upotrebe

Ova tehnologija je vrlo slična onoj koja je predstavljena u pogl. 10.4. Jezgra postrojenja je ovdje također uređaj s aktiviranim muljem, povezan s bazenom za sekundarno bistrenje. Volumen uređaja s aktiviranim muljem je znatno manji. Parameter koji najbolje opisuje različite odnose veličina je starost mulja. Ako mulj leži u postrojenju za stabilizaciju oko 25 dana, onda on ovdje leži oko 5 dana. Tako nije moguće niti uklanjanje dušika niti simultana stabilizacija mulja. Zato se stabilizacija mulja mora izvršiti na drugi način. Za to se predlaže emšerski spremnik kao što je to već preporučeno za postrojenje opisano u pogl. 10.6 .



Slika 18: Uređaj s aktiviranim muljem i emšerskim spremnikom (taložnica)

10.8.2. Potrebna prethodna obrada

I ovdje je hitno potrebna gradnja uređaja s rešetkama , pjeskolova i primarno bistrenje. U konkretnom slučaju se predlaže kod te veličine postrojenja realizirati primarno bistrenje i prostor za truljenje u emšerskom spremniku.

10.8.3. Konstruiranje i dimenzioniranje

U vezi s dimenzioniranjem ukazuje se na dodatak 1A poglavlje 6 . Starost mulja je oko 5 dana i postrojenje time mora samo izvršiti razgradnju spojeva ugljika. Postrojenje je sagrađeno za maksimalno opterećenje u sezoni, tako da je u vrijeme izvan sezone starost mulja 11 dana , pri čemu bi već bila moguća nitrifikacija.

10.8.4. Obrada mulja

Nataloženi mulj u zoni sedimentacije emšerskog spremnika je primarni mulj i sekundarni mulj , dakle bakterije, koje se stvaraju u aktiviranju prilikom procesa razgradnje. Obje vrste mulja se zajedno odvođe u trulište emšerskog spremnika i tamo trunu. O količinama mulja i svojstvima govori se u dodatku 1A poglavlje 6.3.3 .

10.8.5. Procjena i komentar

I s prikazanom tehnologijom mogu se sigurno zadržati vrijednosti iz tablice 1, iako se stabilnost postupka ne može procijeniti tako visoko kao kod postrojenja sa simultanom stabilizacijom mulja. Stabilizacija mulja je osigurana. Istek bi bila nedezinficirana otpadna voda s fekalnim klicama od $> 10^5$ KBE/100 ml.

Budući da su reaktori konstruirani za najveće opterećenje (u sezoni) ,za vrijeme izvan sezone postoji velika sigurnost.

Stvorena količina mulja u usporedbi s postupkom simultane stabilizacije mulja je manja (usporedi pogl. 10.4. i 10.5.),jer mulj trune (anaerobno se obrađuje).

Ne mogu se isključiti problemi povezani s neugodnim mirisima pri stvaranju plivajuće kore na površinama za odvod plinova emšerskog spremnika .

Radi se o tehničkom postrojenju kojemu treba površina manja od 10.000 m² uključivši površinu polja za sušenje.

10.9. Postrojenja s UASB- reaktorima i priključenim biološkim prokapnikom

10.9.1. Općenito

Posebno zanimljiva tehnologija za zemlje s visokim temperaturama je upotreba UASB-reaktora (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

U ovom postupku odvajanje otpadne vode , mulja i plina vrši se pri strujanju prema gore i i pri određenim brzinama bez korištenja posebnog uređaja. Otpadne vode je moguće obraditi uspješno anaerobno bez upotrebe materijala nosioca /2/.

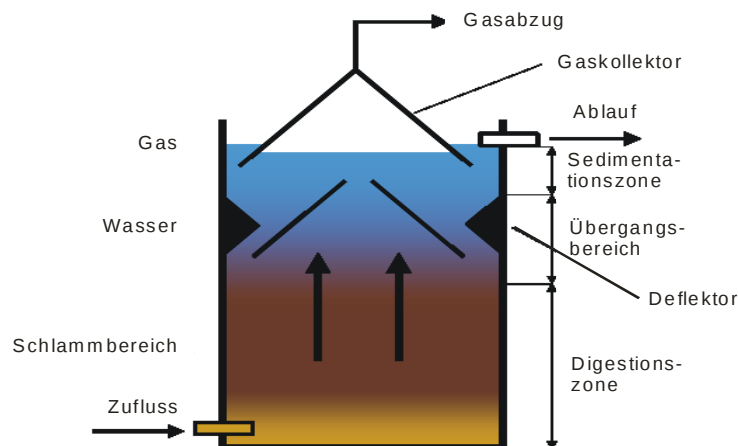
Ovi anaerobni reaktori imaju posebne prednosti u zemljama s visokim temperaturama, ako bi se koristiti samo pri minimalnim temperaturama otpadnih voda > 15 °C.

Ovi reaktori su najprije razvijeni za obradu industrijskih voda s velikom organskom koncentracijom, ali sve više se upotrebljavaju za obradu otpadnih voda iz kućanstava.

Spcifična potreba za površinom reaktora kreće se pri obradi komunalnih otpadnih voda već prema vremenu zadržavanja, nakupljanju otpadnih voda i visini reaktora između 10 i 25 m² na 1000 stanovnika , što znači da se ova tehnologija može realizirati na lokacijama manje površine.

10.9.2. Opis postupka

U UASB-reaktorima otpadne vode struje po dnu i onda se dovode na vrh . Čvrste tvari u otpadnim vodama sačinjavaju zajedno s proizvedenim anaerobnim bakterijama na dnu područje s visokom koncentracijom čvrstih tvari (podloga s muljem) (usporedi sliku 30).



Slika 19: Skica principa rada UASB-reaktora

Postupak teče optimirano ako je osigurana optimalna raspodjela otpadnih voda u reaktoru (malo mrtvih zona) i ako nastaje optimalno odvajanje faza otpadna voda, mulj i plin. U tu svrhu koriste se posebni uređaji za odvajanje faza.

Miješanje nastaje kretanjem otpadnih voda prema gore i turbulencijom, u kontaktu s plinom koji se stvara i penje.

Dok se mulj treba zadržati u reaktoru, otpadne vode i plin se odvođe kolektorom (3 faze-odvajanje, vidi sliku 30).

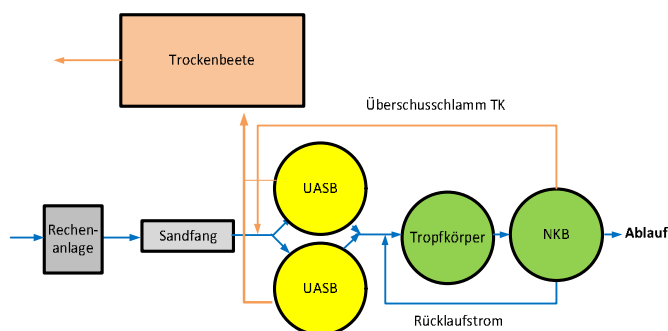
Poredak dotoka i isteka stvara strujanje prema gore i kontakt otpadnih voda s koncentriranim anaerobnim muljem. Ovim postupkom nastaje anaerobna obrada otpadnih voda povezana sa stvaranjem plina (CO_2 i CH_4) i smanjenjem organskog dijela (PBK₅, PKK). Da bi se spriječio nepoželjni istek mulja s otpadnim vodama, predviđeni su posebni uređaji (deflektori).

Plin se dovodi do lijevka u sredini reaktora, odakle se odvodi. U nekim tipovima reaktora i u području bočnih zidova postavljaju se uređaji za odvod.

Visina reaktora je oko 4 do 6 m, pri čemu zona digestije iznosi 2,5 do 3,5 m, zona sedimentacije 1,5 do 2 m.

Struktura mulja može biti vrlo različita, ovisno o vrsti otpadnih voda i koncepciji postrojenja. U UASB-reaktorima stvaraju se često kuglice. Tu se radi o 0,5 do 3 cm velikim čvrstim zrnima, koja sadržavaju štapičaste ili u obliku koka metan-bakterije u velikoj koncentraciji. Stvaranje ovih kugličastih tvorevina može se naročito utvrditi onda, kad otpadne vode sadržavaju mnogo ugljikohidrata i/ili su prisutni nastanjeni kristali (na pr. vapnenac). Ovaj granulirani mulj, koji ima dobra svojstva za taloženje, stvara se često pri obradi industrijskih voda. Prilikom obrade komunalnih voda mulj je uglavnom manje granuliran i pahuljast.

UASB-Reaktor mit Tropfkörper



Slika 20: Princip rada uređaja s UASB-reaktorima

10.9.3. Prednosti i nedostaci postupka

U usporedbi s drugim postupcima pročišćavanja otpadnih voda za obradu komunalnih otpadnih voda ovaj postupak ima prednosti, ali također i neke nedostatke. To su posebno:

Prednosti

- Potreba za malom površinom
- Uz optimirani pogon male emisije neugodnih mirisa
- Jednostavni postupak (malo mehanike)
- Mala potreba za energijom (miješanje nastaje strujanjem koje se penje i plinom koji se stvara)
- Malo koraka u postupku (otpadne vode i mulj se zajedno obrađuju)
- Mala proizvodnja mulja, dobra svojstva mulja (stupanj stabilizacije, dehidracija)
- Oprema se može proizvesti gotovo u svim zemljama (po povoljnim cijenama)
- Pogon i održavanje su jednostavni
- Mali investicijski troškovi i troškovi pogona
- Čuvanje mulja u reaktorima može trajati mjesecima
- Jaki dugotrajni sustav, jer nema pokretnih dijelova
- Nema problema sa začepljivanjem

Nedostaci

- Porebno je izvjesno znanje(ali malo)za dimenzioniranje i pogon
- Nije ga racionalno koristiti za otpadne vode s temperaturama manjim od 15 ° C - kao srednja vrijednost u najhladnijim mjesecima godine.
- Bez drugih koraka u postupku nedovoljna eliminacija patogenih klica.
- Osjetljiv na toksične tvari (teški metali itd).
- Dugi postupak uhadavanja
- Eliminacija hranjivih tvari (NTK-smanjenje oko 5%)
- Obično je potrebna naknadna obrada isteka

10.9.4. Potrebna prethodna obrada

Neophodni su uređaj s rešetkama i pijeskolov.

10.9.5. Dimenzioniranje i konstruiranje

Potrebni volumen UASB-reaktora ovisi o mnogo faktora. Od toga su najznačajniji:

- Maksimalni dnevni KPK-teret
- Udio nerazgrađene KPK (kemijska potrošnja kisika)
- Dopušteno površinsko punjenje trofaznog separatora
- Minimalna temperatura otpadnih voda
- Koncentracija otpadnih voda i njihov sastav
 - Biološka razgradivost otpadnih voda
 - Svojstva taloženja krutih tvari
 - Udio nerazgradivih tvari u KPK
- Učinak eliminacije za kojim se teži
- Stupanj stabilizacije za kojim se teži

Mjerodavni parameter za dimenzioniranje anaerobnih reaktora nije BPK_5 nego KPK, jer biološka potreba za kisikom ovdje, zapravo, nema značenja. (BPK = biokemijska potrošnja kisika)

Postupak zahtijeva minimalne koncentracije u dotoku reaktora od 250 mg KPK/l, pri čemu su poželjne koncentracije veće od 400 mg/l. Prema gore KPK-konzentraciji nisu postavljene nikakve granice /2/.

Kod koncentracija manjih od 2500 mg KPK/l (komunalne otpadne vode) mjerodavni mjerni parameter je vrijeme zadržavanja. Kod više opterećenih otpadnih voda (industrijske otpadne vode) odlučujuće je KPK- prostorno opterećenje. Pri obradi komunalnih otpadnih voda je vrijeme zadržavanja u pravilu mjerodavno. Ono ne bi ni u kom slučaju smjelo biti kraće od 4 sata (i za vrijeme maksimalnog opterećenja) (Van Haendel i Lettinga /3/).

Srednje vrijeme zadržavanja je, ako se radi o obradi komunalnih otpadnih voda, jedini parameter koji određuje veličinu reaktora. Ono ovisi prije svega o temperaturi otpadnih voda. Za KPK-konzentracije < 2500 mg/l i najniže temperature oko 15 ° C vrijeme zadržavanja otpadnih voda u reaktoru ne bi smjelo biti manje od 10 h.

Treba se postići učinak razgradnje glede BKP za 75 do 80 %, a glede KPK za 60 do 80 %.

Dimenzioniranje za postrojenje o kojem se raspravlja može se naći u dodatku1, pogl.9.

10.9.6. Naknadna obrada otpadnih voda

Sami UASB-reaktori ne mogu ispuniti zahtjeve koji se postavljaju na istek (tablica 1 pogl. 5.1). Zato se na njih priključuje biološki prokapnik, koji može biti znatno manji nego kod drugih kombinacija postupka (napr. Emšerski spremnik).

10.9.7. Procjena i komentar

Kao što je izloženo, ovo je jako zanimljivo tehnološko rješenje, koje prije svega smanjuje troškove.

S ovom tehnologijom(ili s UASB-reaktorima u kombinaciji s bazenima) mogu se glede BPK₅- i KPK-koncentracijama postići iste vrijednosti isteka, kao što se postižu s oživljenim muljem. Eliminacija hranjivih sastojaka je u ovoj tehnologiji beznačajna. Isto važi za uništavanje klica (fekalne klice > 10⁵ KBE/100 ml).

Kao što je izloženo, ovaj postupak je određen za otpadne vode s visokim temperaturama. Granica njegove primjene je određena temperaturom; u literaturi se mogu pronaći vrijednosti za srednju temperaturu vode u najhladnijim mjesecima koja opravdava upotrebu ovog postupka, od 13 °C, drugi autori govore o 15 °C.

Do sada nema mjerenja temperatura otpadnih voda (zimi) Korčule ili Lumbarde. Temperatura pitke vode na otoku iznosi u najhladnijem mjesecu godine oko 12 °C².

11. Obrada mulja i uklanjanje preostalih tvari

11.1. Općenito

U svakoj vrsti tehnologije pročišćavanja otpadnih voda talože se preostale tvari, naime ostaci na rešetki, pijesak i nataloženi mulj. Ove tvari se moraju ukloniti ili iskoristiti. Količine nataloženog mulja su posebno ovisne o postupku i time različite.

U Hrvatskoj do sada ne postoji projekt za uklanjanje mulja iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda koja će se postavljati. Mogućnost o kojoj se raspravlja bila bi gradnja malog postrojenja za spaljivanje smeća na i za otok Korčulu, što bi omogućilo spaljivanje mulja iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

Budući da do sada nema generalnog projekta za zbrinjavanje otpada , čini se najboljim ove tvari u bližoj budućnosti na otoku Korčuli zbrinuti na odlagalištima.

U svakom slučaju nataloženi mulj se mora najprije stabilizirati, spremi i osušiti. Sve tehnologije o kojima se ovdje raspravljalo ovo predviđaju, makar na različite načine.

Kod postrojenja s bazenima nije potreban dodatni spremnik za mulj, jer se mulj može stabilizirati u bazenima i spremi. Nakon 5 do 10 godina, već prema dimenzioniranju volumena akumulacije mulja , trebalo bi ga ukloniti. Budući da postrojenja s bazenima zbog njihove veličine, o kojoj se raspravlja ne dolaze u uži izbor, potrebni koraci za uklanjanje mulja neće se pobliže objašnjavati.

U tipovima postrojenja

- Sa simultanom stabilizacijom sa sekundarnim bistrenjem kao i
- Sa simultanom stabilizacijom sa sekundarnim bistrenjem i s membranskim filterima

² Prema podacima odgovornih osoba grada Korčule

predviđa se spremnik za mulj, s vremenom zadržavanja od oko 50 dana izvan sezone. Ovaj spremnik za mulj treba biti tako konstruiran da može preuzeti i funkciju taložnika.

U slučaju UASB-reaktora ili emšerskog spremnika mulj bi mogao ostati u međuvremenu spremljen u ovim reaktorima .

Mulj se taloži uvijek kao mokri mulj sa sadržajem čvrstih tvari od 4 bis 7 % TR . Ovaj mulj se u svakom slučaju treba osušiti. Što se tiče sušenja postoje u načelu različite mogućnosti. Ove će biti opisane kako slijedi.

11.2 Strojna dehidracija mokrog mulja

U načelu bi bila moguća strojna dehidracija sa centrifugama ili prešama. Ali ovo bi uzrokovalo velike investicijske troškove i pogonske troškove. Mulj bi se s oko 4 bis 7 % sadržaja čvrste tvari dovodio do strojeva za sušenje i tamo dehidrirao na oko 20 bis 25 % sadržaja čvrste tvari. Za to se nude centrifuge velikog učinka.

Pri toj veličini postrojenja moralo bi se računati s daljnjim investicijskim troškovima(dio objekta i stroj) od još 200.000 eura. Predlaže se da ovaj stroj bude nešto veći, pa bi se u budućnosti mulj iz drugih postrojenja na otoku Korčuli, koja bi se trebala izgraditi, ovdje mogao sušiti.

Prema internim kalkulacijama EVS-a može se računati s troškovima od 3,5 eura/m³ za sušenje mokrog mulja na(25% TR) s tekućim troškovima od 3,5 eura/m³ nataloženog mulja s 4 % TR (dovod do preše) .

Količina mulja koja se treba osušiti u slučaju postrojenja sa simultanom stabilizacijom iznosila bi

$681 \text{ kg TR/d} \cdot 2 \text{ m/a} \cdot 30,5 \text{ d/m} + 307 \text{ kg TR/d} \cdot 10 \text{ m/a} \cdot 30,5 \text{ d/m} = 135.176 \text{ kg TR/a}$
odnosno

2.413 m³ mulja s 4 % TR (mulj koji se dovodi preši / specifična težina suhe supstance je 1,4 kg/l).

Troškovi za sušenje (bez kapitalne usluge) iznosili bi onda oko 9.000 eura/a.

Tablica 4: postupak sušenja mulja

Način obrade	Sadržaj čvrste tvari	Fizička obrada	Korištenje energije	Potrošnja energija	
				Električna energija (kWh/t)	Toplinska energija (kWh/t)
	%				
Taložnik	2 -10	Gravitacijska sila	mehanička	-	-
Polja za sušenje	10 – 35			-	-
Preše s pojasnim filterima	20 – 30	Mehanička sila	mehanička	0,3- -0,5	-
Preše s komornim filterima	25 – 40	Mehanička sila		1,2- -1,5	-
Centrifuge	20 – 35			1,8 – 2,2	-
Sušilica	50 - 95	Hlapljenje	toplinska	90 - 240	3,2 - 7

11.3. Korištenje mulja u poljoprivredi

Druga mogućnost bi bila mokri mulj direktno koristiti u poljoprivredi (sa sadržajem čvrstih tvari od oko 4 - 5 % TR). Prema dosadašnjim informacijama ovo ne bi bilo prihvatljivo rješenje za stanovnike u Korčuli.

11.4. Sušenje mulja na poljima za sušenje

Druga moćnost je, mokri mulj dovesti na polja za sušenje i tamo ga dehidrirati. Ako se pretpostavi da su cijene zemljišnih parcela umjerene odnosno da postoji raspoloživo zemljište ,to bi glede troškova bilo povoljno rješenje.

Zbog toga će se ovo rješenje razmatrati u daljnjim obračunima troškova . Mokri mulj se dovodi na polja za sušenje s oko 4 % do 5 % sadržaja čvrste tvari i tamo se suši na oko 25 % čvrste tvari. Osušene čvrste tvari se skupljaju više puta na godinu i slažu na odlagalištima. Prilikom projektiranja površina polja za sušenje u ovoj studiji će se polaziti od punjenja od 100 kg TR /(m²· a)

Daljnja dimenzioniranja ovih polja za sušenje i potrebe za površinom vide se u dodatku1, pogl. 10.8.



Slika 21: polja za sušenje nataloženog mulja

12. Rasprava i usporedba tehnoloških mogućnosti za pročišćavanje otpadnih voda u slučaju realizacije centralnog postrojenja za pročišćavanje

Prednosti i nedostaci različitih tehnoloških rješenja za centralno postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda su prikazani u sljedećoj tablici. Potreba za površinom tehnoloških rješenja je otprilike ista. To je oko 1 ha odnosno nešto manje, pri čemu se najveći dio ove površine koristi za polja za sušenje. Zbog velike potrebe za površinom, bazeni se ovdje ne mogu graditi i neće se uzimati u obzir prilikom analize troškova.

Tablica 5: tipovi postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda u usporedbi

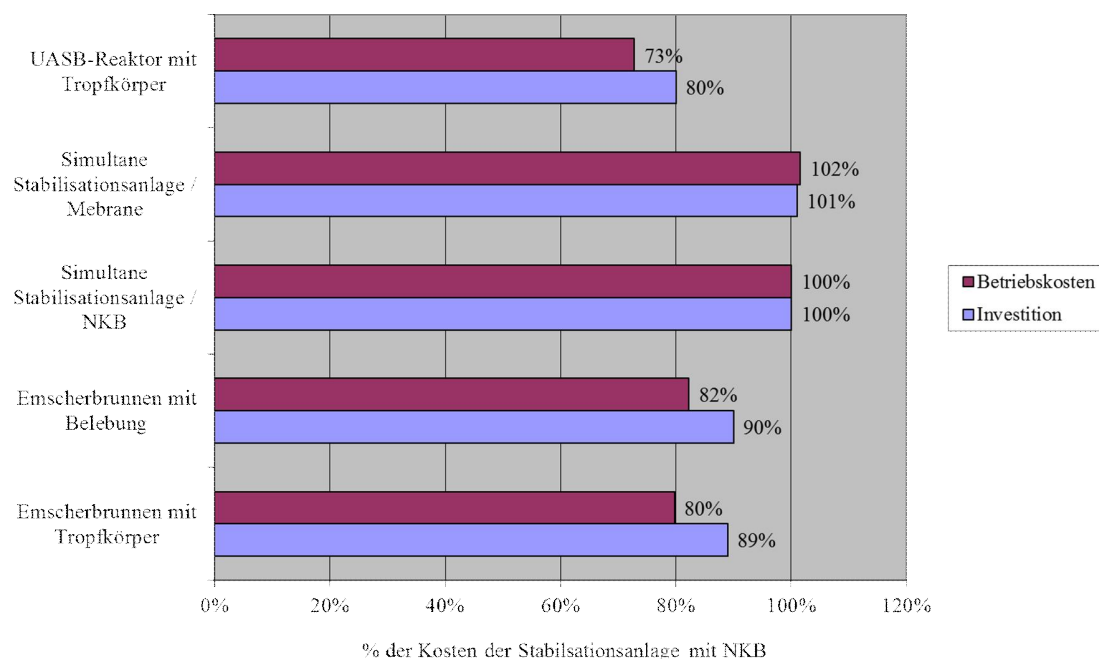
	Potrebno mjesto	Sigurnost	Jednostavni pogon	Sterilizacija	Učinak pročišćavanje	Taloženje mulja
Nprozračeni bazeni	--	++	++	++	0	++
Prozračeni bazeni	--	++	++	-	0	++
Emš. spremnik s bio. prokapnikom	0	0	+	-	0	+
Emš.spremnik s aktiviranjem	0	0	0	-	0	+
Simultana stabilizacijska postrojenja / NKB	0	0	-	-	+	--
Simultana stabilizacijska postrojenja / Membrane	0	0	--	- Zima cesta 1 + Ljeto Cesta 2	++	--
UASB-reaktor s biol. prokapnikom	++	0	0	-	0	+

++ vrlo pozitivno
+ pozitivno
0 neutralno
- negativno
-- vrlo negativno

Izvršila se detaljna procjena investicijskih i pogonskih troškova za različitih rješenja. To je prikazano u dodatku 1B. Relativna usporedba zajedničkih troškova može se vidjeti na slici 33. Pri tom se „100 % vrijednosti“ odnose na postrojenja za aktiviranje sa simultnom stabilizacijom i bazene za sekundarno bistrenje (pogl. 10.4).

To što troškovi prikazani u dodatku 1B nisu isti kao troškovi koji se nalaze u pogl.7.1.1 može se objasniti time što je prilikom detaljne analize troškova (dodatak 1B) uzeto u obzir da ovdje nije potrebna crpna stanica za dotok u postrojenje za pročišćavanje, a sušenje mulja na poljima za sušenje ne vrši se putem strojeva. Još jedan razlog za manje troškove je u tome što je postrojenje konstruirano za istovremenu obradu oborinske vode.

Pri velikoj razlici u izračunatim sadašnjim vrijednostima (pogl. 7.4.4.) isključena je pogrešna odluka pri odabiru koncepcije (stupanj centralizacije) uvjetovana ovim odstupanjem.



Slika 22: Uspoređivanje investicijskih troškova i troškova pogona kod različitih tehnoloških rješenja

Najviše prednosti ima postrojenje s UASB-reaktorima s obzirom na troškove (kako investicijske, tako i pogonske). Ako bi se to realiziralo, bio bi to tehnološki proces koji ne zauzima mnogo mjesta, s jednostavnim pogonom koji proizvodi malo mulja.

Ipak ne preporuča se realizacija istoga, jer do sada nije ustanovljeno da li temperatura otpadnih voda u najhladnijem mjesecu godine iznosi više od 15°C . Opsežnih mjerenja temperatura još nema. Kažu da temperatura pitke vode u sredini najhladnijeg mjeseca godine iznosi 12 °C . To daje naslutiti da temperature otpadnih voda u najhladnijem mjesecu godine nisu veće od 15 °C .

Dva najzanimljivija postrojenja s obzirom na troškove bi bila – također i s obzirom na veličinu površine –postrojenja s emšerskim spremnikom odnosno s jako opterećenim oživljavanjem. I ova dva tipa su povoljna što se tiče stvaranja mulja.I baš postrojenja s biološkim prokapnikom imaju jednostavan pogon.

Budući da gradnja emšerskog spremnika treba dubinu od više od 10 m, realizacija nekog od ovih tehnoloških rješenja je problematična iz razloga tehnike gradnje (zadržavanje vode itd/ krš i blizina mora).

Problemi s neugodnim mirisom pri stvaranju plivajuće kore na površinama za odvod plinova ne mogu se isključiti.

Najpovoljnija postrojenja što se tiče stabilnosti postupka su postrojenja sa simultanom stabilizacijom (sa sekundarnim bistrenjem ili/i s membranskim filterima).Ova postrojenja jamče naveće vrijednosti isteka glede BPK(biološka -) i KPK(kemijska potrošnja kisika) i istovremeno jamče veliku eliminaciju dušika. Ali ona imaju najveću potrebu za energijom i proizvode najviše mulja.

Kod svih tipova postrojenja o kojima se raspravlja (osim kod neprozračenih postrojenja s bazenima),pročišćene otpadne vode imale bi sadržaj klica od 10^5 do 10^6 KBE/100 ml.

Iznimka bi bilo postrojenje sa simultanom stabilizacijom mulja u kombinaciji s membranskim filterima. Ovdje se predviđa da se samo u sezoni šalje jedan protok kroz ovu jedinicu s filterima. Tako bi se u ljetnim mjesecima mogao proizvoditi protok s dezinficiranim otpadnim vodama koje bi se slobodno mogle koristiti za navodnjavanje.

Tako bi se u sezoni moglo proizvesti oko 57.000 m³ dezinficirane otpadne vode i staviti je na raspolaganje za navodnjavanje. Ako bi se ova „potrošna voda“ procijenila samo na 1,0 Euro/m³, ovo rješenje bi moglo donijeti korist od oko 57.000 Euro, pri čemu bi ovo rješenje pri razmatranju troškova i koristi bilo vrlo zanimljivo.

Iz ovog razloga se preporuča postrojenje s

bazenima za oživljavanje(taložnici) sa simultanom stabilizacijom mulja, s bazenima za sekundarno bistrjenje i membranskim filterima za obradu protoka u sezoni.

Investicijski troškovi za takvo postrojenje iznosili bi uz postojeću procjenu troškova oko 5,6 mil. eura. Istovremeno se mora računati s troškovima pogona od oko 162.000 eura (Usporedi dodatak 1 B).

13. Razmatranje pristojbi

U svakom slučaju prilikom realizacije predloženog rješenja mora se računati sa značajnim povećanjem pristojbi za vodu, ako se želi pokriti nastale troškove.

Potreba za vodom grada Korčule (s Ž.Banjom i Žrnovom) i Korčulom bila je 2011.godine oko 448.000 m³/a. Ako se za kraj planiranog razdoblja 2037. računa s potrošnjom pitke vode od 486.000 m³/a, to onda sigurno nije nestvarno.

Prikazana sadašnja vrijednost predstavlja troškove, koja postrojenja za pročišćavanje stvaraju preko 50 godina, pri čemu su u obzir uzete inflacija i kamate. Ovi troškovi se ravnomjerno dijele na 50 godina. U obračun ulazi i anuitet, koji se temelji na realnoj kamati od 6,5 %.

U obračunima se ispituju alternativno 3 slučaja

- Nema subvencija za investicije
- 50 % subvencija za investicije
- 100 % subvencija za investicije

Prilikom odabira predložene varijante 1 „centralno rješenje“ i predloženog tipa postrojenja za pročišćavanje „Uređaj za oživljavanje sa simultanom stabilizacijom i membranskim filterom“ izračunavaju se sljedeće cijene uzimajući u obzir dotične rubne uvjete glede dobivanja subvencije.

Tablica 6: cijene pri različitim subvencijama kao i pri realizaciji „centralnog rješenja“ s postrojenjem za oživljavanje sa simultanom stabilizacijom i membranskim filterom

		0 % subven.	50 % subvencije	100 % subvencije
Investicija u postrojenje za pročišć	eura	5.534.730	2.767.365	0
Reinvesticija u postr. za pročišćavanje	Euro	2.362.760	2.362.760	2.362.760
Pogon postr. za pročišćavanje	Euros/a	2.378.732	2.378.732	2.378.732
Investicija crpne st.	Euro	588.000	294.000	0
Reinvesticija crpne st.	Euro	283.320	283.320	283.320
Pogon crpne st.	Euros/a	283.065	283.065	283.065
Investicija, vodovi	Euro	2.424.000	1.212.000	0
Pogon, vodovi	Euros/a	282.534	282.534	282.534
Ukupna vrijednost u novcu		14.137.141	9.863.776	5.590.411

Tablica 7: Troškovi za financiranje centralnih postrojenja za pročišćavanje, preračunato za 1 m3 pitke vode (povećanje pristojbi)

	0 % subv.	50 % subvencija	100 % subvencija	
Sadašnja vrijednost:	14.137.141	9.863.776	5.590.411	mil. eura
Vrijeme razmatranja	50	50	50	godina
Realna kamata	6,5	6,5	6,5	%
Faktor anuiteta	0,068	0,068	0,068	
Godišnji troškovi	960.109	669.888	379.667	eura/a
Potrošnja vode	486.000	486.000	486.000	m3/a
Troškovi /m3	1,98	1,38	0,78	eura/m3

Prikazani troškovi odnosno pristojbe uzimaju u obzir samo izdatke centralnih postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Troškovi za proizvodnju i raspodjelu pitke vode nisu u tome sadržani kao ni troškovi za gradnju vodova za skupljanje otpadnih voda u različitim naseljenim područjima (zone), kao ni troškovi za odvajanje zona koje se trenutno odvodnjavaju mješovitim sustavom.

Nije se uzimao u obzir ni novčani dobitak koji bi bio povezan s korištenjem pročišćene vode kao potrošne vode (oko 57.000 eura/a.)

Popis literature:

-
- /1/ Imhoff, K.R.; Gruhler, J.
Landbehandlung, Füllkörper, Tauchkörper und Tropfkörper
Geschichte der Abwasserentsorgung, ATV, 1999, ISBN 3-933707-08-0
 - /2/ Lettinga, G., A. F. M. van Velsen, S. W. Hobma, W. De Zeeuw, A. Klapwijk
Use of upflow sludge blanket reactor concept for biological waste water treatment, especially for anaerobic treatment. Biotechnol. Bioengineer. 22: 699-734, 1980.
 - /3/ Van Haandel AC, Lettinga G
Anaerobic sewage treatment. A practical guide for regions with hot climate
John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England
 - /4/ SUSTAV OD VODNJE OTPADNIH VODA OPĆINE LUMBARDA
Idejno rješenje
Zagreb, RUJAN 2006
Hidroprojekt – Ing., 10000 Zagreb, Draskoviceva 35/1
 - /5/ Günther, W., Reicherter, E.
Investitionskosten der Abwasserreinigung
Oldenbourg Industrieverlag München, 2001
ISBN 3-486-26507-5
 - /6/ Kruschwitz, L.
Investitionsrechnung, de Gruyter, Berlin, 1995
 - /7/ Arbeitsblatt DWA-A 201
Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen
August 2005, ISBN- 3-937758-84-4
 - /8/ ATV-DVWK-A131
Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Mai 2000
ISBN 3-933707-41-2
 - /9/ Imhoff, K.R.; Gruhler, J.
Landbehandlung, Füllkörper, Tauchkörper und Tropfkörper
Geschichte der Abwasserentsorgung, ATV, 1999, ISBN 3-933707-08-0
 - /10/ Lettinga, G., A. F. M. van Velsen, S. W. Hobma, W. De Zeeuw, A. Klapwijk
Use of upflow sludge blanket reactor concept for biological waste water treatment, especially for anaerobic treatment. Biotechnol. Bioengineer. 22: 699-734, 1980.
 - /11/ Van Haandel AC, Lettinga G
Anaerobic sewage treatment. A practical guide for regions with hot climate
John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England

**Studija o uklanjanju otpadnih voda
grada Korčule i općine Lumbarda**

Sažetak

Društvo za zbrinjavanje otpada Saar

Listopad 2012.

1. Predmet studije

Cilj predloženih istraživanja je pronalaženje najbolje koncepcije za tehnološko uklanjanje otpadnih voda grada Korčule i općine Lumbarda.

Već sam pogled na kartu i bez većih istraživanja daje naslutiti da uključivanje drugih naselja na otoku Korčuli u projekt odstranjivanja otpadnih voda za grad Korčulu, osim Lumbarde, nema smisla.

Sljedeća veća naselja na otoku su Pupnat (500 stanovnika), udaljen od centra Korčule oko 8.400 m odnosno do granice naselja Žrnovo oko 5.300 m zračne linije, a Čara (600 stanovnika) kao i Smokvica (1.000) stanovnika su udaljeni više od 10 km (vidi sliku 1).

Utoliko se čini prihvatljivim ograničiti se, bez daljnjih istraživanja, na optimalni stupanj centralizacije naselja u području grada Korčule (uključujući Žrnovo) i Lumbardu.

Hrvatska će 1. srpnja 2013 postati članica Europske Unije. Pristupanje Europskoj Uniji obvezuje ovu zemlju da ispuní ugovorom utvrđene pristupne kriterije. To važi i za zaštitu voda. To znači da se Hrvatska mora pridržavati europskih direktiva /1/ glede voda. Cilj toga je da se usklade zahtjevi za obradu vode u EU-području i da se poboljša kvaliteta voda.

Cilj ove studije je pronaći rješenja koje su u skladu s EU okvirnim direktivama i izbjeći investicije, koje srednjoročno ne dovode do cilja. Predložena rješenja moraju biti povoljna i dugoročno riješiti probleme koji se tiču otpadnih voda grada Korčule i Lumbarde.

Zahtjevi glede ispunjenja kriterija EU-smjernica se mogu naći – konkretizirano na Hrvatsku – u „Revised Implementation plan for water utility directives“ /ii/, dio ugovora o pristupanju EU (Chapter 27 environment). Ova direktiva ima svoj temelj u EU-direktivi (91/271/EEC od 21. svibnja 1991.) /iii/ i u EU direktivi koja se tiče voda /i/.

2. Koncepcija uklanjanja otpadnih voda

U načelu su moguće mnoge varijante koncepcije uklanjanja otpadnih voda (stupanj centralizacije). Zato je bilo potrebno razraditi rješenja koja su se činila prihvatljivim. Čini se razumljivim zajedno razmatrati područje grada Korčule (s Žrnovom) i Lumbardu. Pri tom se isplati posebno istražiti sljedeće varijante:

Varijanta 1 : Centralno rješenje

To bi značilo gradnju zajedničkog postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda za cijelo slivno područje (grad Korčula i Lumbarda).

Varijanta 2 : necentralno rješenje 1

Ovdje se predviđa jedno postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda za cijelo slivno područje grada Korčule i još jedno za Lumbardu.

Varijanta 3: necentralno rješenje 2

To znači gradnju jednog postrojenja za pročišćavanje za slivno područje Lumbarde i još dva za slivno područje grada Korčule. Oba postrojenja za pročišćavanje za grad Korčulu bi imali odvojenu obradu otpadnih voda za dvije odvojene zone.

3. Osnovni podaci za proračune

Kod utvrđivanja potrebnog kapaciteta za pročišćavanje potrebno je poznavati stanovnike koji se trenutno tu nalaze, kao i procijeniti budući razvoj. U slučaju Korčule pojavljuje se još jedan posebni faktor. Potrebno je procijeniti opterećenje koje donosi turizam (trenutno i u budućnosti/ 25 godina) i naći rješenja koja će biti primjerena različitim opterećenjima u različitim mjesecima godine.

Kao temelj za proračune uzimaju se sljedeći podaci.

Tablica 1 : Broj stanovnika u 2037. godini i ekvivalent(ni) broj stanovnika u razmatranom izljevnom području

Broj stanovnika i turista 2037.god.	Korč. Zona I	Korčula, Zona II	Lumbarda	Žrnovo
Stanovnici	1.320	2.520	1.440	1.200
Turisti u glavnoj sezoni	2.400	2.400	2.400	240
Pridošli stanovnici (%)	99%	85%	85%	70%
Pridošli turisti (%)	99%	85%	85%	70%
Stanovnici i turisti	3.720	4.920	3.840	1.440
Stanovnici i turisti (pridošli)	3.683	4.182	3.264	1.008
Stanovnici (pridošli)	1.307	2.142	1.224	840

Kao temelj za daljnja proračune pretpostavlja se da će broj stanovnika za 25 godina porasti za 20%, i da će broj turista porasti za 20%. Prikazani faktori naseljavanja za 25 godina su procjene koje su izvršene u suglasnosti s općinama.

Slika 1 : Stanovnici u izljevnom području u različitim mjesecima godine 2012. i 2037.

Slika 1 prikazuje pojednostavljeno problematiku promjenjivog opterećenja centralnog postrojenja za pročišćavanje za ispitano izljevno područje. To znači da godišnje ima mjeseci s ekstremnim opterećenjem, što tehnologiji pročišćavanja postavlja posebne zahtjeve. Isti problem nastao bi na sličan način prilikom realizacije decentraliziranih postrojenja.

Opterećenja za različita postrojenja (centralno ili necentralno rješenje) prikazana su u tablici 2.

Tablica 2: Opterećenja kod različitih varijanti

		Minimalno opterećenje (st.) 2012/2013.	Maksimalno opterećenje (st.) 2037.	Faktor Max /Min
1	Centralno rješenje			
	Grupno postrojenje za pročišć.	3.239	12.200	3,8
2	Necentralno rješenje1			
	Postrojenje za pročišć. za Korčulu	2.639	8.873	3,4
	Postroj. za pročišć. za Lumbardu	600	3.264	5,4
3	Necentralno rješenje 2			
	Korčula, zona 1	1100	3.683	3,4
	Korčula, zona 2	1550	5.190	3,4
	Lumbarda	600	3.264	5,4

4. Rezultati istraživanja

Rezultati istraživanja jasno pokazuju da centralno postrojenje za pročišćavanje na zemljištu u općini Lumbarda predstavlja najpovoljnije rješenje. Lokacija se vidi na sljedećoj slici.



Slika 2: potencijalna lokacija za centralni uređaj za pročišćavanje za Lumbardu i Korčulu

Različite tehnologije pročišćavanja su se istraživale s obzirom na njihovu pogodnost i s time povezanim troškovima.

Čini se da je najpovoljniji postupak uređaj s aktiviranim muljem sa simultanom stabilizacijom mulja. Ovo bi trebale postojati 2 „ceste“. Preko jedne „ceste“ se obrađuje voda u mjesecima kada nema mnogo turizma, druga „cesta“ se uključuje u sezoni. Odvajanje čvrstih tvari u „cesti 1“ (izvan sezone) vrši se u bazenu za sekundarno bistrenje. Dodatna jedinica koja se tada uključuje predviđa membranske filtere za odvajanje čvrstih tvari , tako da je ova voda dezinficirana i može se bez posebnih ograničenja koristiti kao potrošna voda.

Troškovi za ovo rješenje procjenjuju se kako slijedi:

Investicijski troškovi postrojenja za pročišćavanje	5.6 mil eura
Pogonske troškovi postrojenja za pročišćavanje:	162.000 eura/a

U svakom slučaju , ako se realizira predloženo rješenje mora se računati sa znatnim povećanjem pristojbi za vodu, u slučaju da se nastali troškovi moraju pokriti preko pitke vode.

Dobivena sadašnja vrijednost predstavlja troškove , koje stvaraju postrojenja za pročišćavanje kroz 50 godina, pri čemu su u obzir uzete inflacija i kamate. Ovi troškovi će se ravnomjerno podijeliti na 50 godina. U obračun ulazi anuitet koji se temelji na realnoj kamati od 6,5%.

U obračunima se alternativno ispituju 3 slučaja

- Nema subvencija na investicije
- 50% subvencija na investicije
- 100% subvencija na investicije

Tablica 3. dodatni troškovi za financiranje centralnog postrojenja za pročišćavanje, preračunato na m3 pitke vode (povećanje pristojbi)

	0% subvencija	50% subvencija	100% subvencija	
Sadašnja vrijednost	14.137.141	9.863.776	5.590.411	Mil. eura
Vrijeme razmatranja	50	50	50	Godina
Realna kamata	6,5	6,5	6,5	%
Faktor anuiteta	0,068	0,068	0,068	
Godišnji troškovi	960.109	669.888	379.667	eura/a
Potrošnja vode	486.000	486.000	486.000	m3
Troškovi/m3	1,98	1,38	0,78	eura/m3

Nastali troškovi odnosno pristojbe uzimaju u obzir samo trošak centralnog postrojenja. Tu se ne nalaze troškovi za proizvodnju i raspodjelu pitke vode, također ni troškovi za gradnju vodova i crpki za skupljanje vode u različitim naseljima (zonama), kao ni troškovi za odvajanje zona, koje se trenutno odvodnjavaju u mješovitom sustavu. Ovo se čini opravdanim, jer će troškovi u različitim rješenjima biti vrlo slični.

/i/ Direktive 2000/60/EG europskog parlamenta I vijeća od 23. listopada 2000. za stvaranje Okvirne odredbe za mjere zajednice u području politike prema vodama.

/ii/ Implementation plan for water utility directives”koji je dio pristupnog ugovora Hrvatske u EZ (Chapter 27 environment)

/iii/ EU-direktive (91/271/EEC od 21. svibnja 1991.