

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Haberman, S., 2016. Raziskava možnih tehnoloških procesov čiščenja izcednih vod iz deponij. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Drev, D.): 89 str.

Datum arhiviranja: 25-08-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Haberman, S., 2016. Raziskava možnih tehnoloških procesov čiščenja izcednih vod iz deponij. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Drev, D.): 89 pp.

Archiving Date: 25-08-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

SAŠO HABERMAN

**RAZISKAVA MOŽNIH TEHNOLOŠKIH PROCESOV
ČIŠČENJA IZCEDNIH VOD IZ DEPONIJ**

Diplomska naloga št.: 299/VKI

**STUDY OF TREATMENT PROCESSES FOR LANDFILL
WASTEWATER**

Graduation thesis No.: 299/VKI

Mentor:

doc. dr. Darko Drev

Ljubljana, 23. 08. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka _____,
vpisna številka _____, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom:

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*
 - a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Datum: _____

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	502/504:628.32(497.4)(043.2)
Avtor:	Sašo Haberman
Mentor:	doc. dr. Darko Drev
Naslov:	Raziskava možnih tehnoloških procesov čiščenja izcednih vod iz deponij
Tip dokumenta:	diplomsko delo
Obseg in oprema:	89 str., 49 pregl., 31 sl., 6 graf, 1 pril.
Ključne besede:	izcedne vode, odlagališče, reverzna osmoza, rastlinska čistilna naprava, tehnološki procesi

Izvleček

V diplomski nalogi je opravljen pregled obstoječih tehnoloških procesov čiščenja izcednih vod iz deponij. Poudarek je na najboljših razpoložljivih tehnologijah, ki so najpogosteje uporabljene v slovenskem prostoru. Opravljen je pregled treh tematskih skupin odlagališč, ki razpolagajo s podatki o obratovalnem monitoringu za izcedne vode iz odlagališč v vsaj petletnem časovnem intervalu. Skupine so razdeljene v odlagališča, ki so zaprta, odlagališča v postopku zapiranja in odlagališča, ki so v obratovanju. Glede na podatke monitoringa so podane ugotovitve in predlogi o obstoječi praksi ravnanja z izcednimi vodami. Kot študijski primer dobre prakse je natančneje obravnavana deponija CERO Špaja dolina, ki si prizadeva, da bi na področju ravnanja z izcednimi vodami naredila zamenjavo tehnološkega procesa, ki bi bil ekonomsko bolj ustrezen od trenutne ureditve. V tem okviru je narejena ekonomska primerjava razpoložljivih možnosti.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	502/504:628.32(497.4)(043.2)
Author:	Sašo Haberman
Supervisor:	assist. prof. Darko Drev, Ph. D.
Title:	Study of treatment processes for landfill wastewater
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	89 p., 49 tab., 31 fig., 6 graph, 1 ann.
Key words:	leachate, landfill, reverse osmosis, constructed wetland

Abstract

This thesis is an overview of available technological processes for landfill leachate treatment. The emphasis is on the best available technologies, which are most commonly used in the Slovenian area. Landfills are divided into three groups based on their operational status. Operational landfills, landfills currently in closing process and closed landfills, which had monitored data of landfill leachate for at least 5 year long period were chosen. According to the obtained data, conclusions and proposals on existing landfill leachate treatment management were given. As a case study of good management practice, CERO Špaja dolina is discussed. They are trying to change their existing leachate treatment process with economically more appropriate one. For this purpose an economic comparison of the available options was made.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Darku Drevu za svetovanje, usmerjanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Prav tako se zahvaljujem Javnemu komunalnemu podjetju Grosuplje d.o.o. in Nejcu Veselu za posredovane podatke, moralno podporo in nasvete.

Posebna zahvala gre moji družini, ki mi je omogočila študij ter mi vso pot stala ob strani.

Ne nazadnje se zahvaljujem partnerki Larisi Hosnar, ki mi je z veliko mero potrpljenja, ves čas nastajanja diplomske naloge nudila podporo, spodbudo in dobre nasvete.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	ZAKONODAJA NA PODROČJU RAVNANJA Z ODPADKI	2
2.1	Evropska Zakonodaja	3
2.1.1	Vodna direktiva	4
2.1.2	IPPC direktiva.....	5
2.1.3	Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode	5
2.2	Slovenska zakonodaja.....	6
2.2.1	Zakon o varstvu okolja (ZVO-1)	6
2.2.2	Uredba o odpadkih.....	7
2.2.3	Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov	9
2.2.4	Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo	9
2.2.5	Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda.....	10
3	TEHNOLOŠKI PROCESI ČIŠČENJA ODPADNE VODE	11
3.1	Mehansko odstranjevanje trdnih oziroma netopnih snovi	13
3.1.1	Rešetke	13
3.1.2	Sedimentacija trdnih delcev.....	14
3.1.3	Flotacija	16
3.1.4	Filtracija.....	17
3.1.5	Membranska filtracija.....	19
3.2	Fizikalno – kemijsko odstranjevanje topnih nebiorazgradljivih snovi	27
3.2.1	Kemijska oksidacija.....	27
3.2.2	Kemijsko obarjanje težkih kovin	28
3.2.3	Adsorpcija.....	31
3.2.4	Ionska izmenjava	33
3.3	Biološko odstranjevanje raztopljenih biorazgradljivih snovi	35
3.3.1	Anaerobno biološko čiščenje.....	35
3.3.2	Aerobno biološko čiščenje.....	37
3.3.3	Aerobni in anaerobni biološki procesi v rastlinski čistilni napravi	38
3.3.3.2	Fizikalne značilnosti medija	40
3.3.3.5	Mikroorganizmi	42
4	RAVNANJE Z ODPADKI V SLOVENIJI	43
4.1	Zgodovina.....	43
4.2	Statistika	44
4.3	Pregled odlagališč v Sloveniji	45
4.4	Zaprte deponije.....	45
4.4.1	Odlagališče Bočka Metlika.....	47
4.4.2	Odlagališče Barje- stari del, Polja I, II, III	48

4.5	Odlagališča v zapiranju	49
4.5.1	Odlagališče Mislinjska Dobrava	51
4.5.2	Odlagališče Bočna Podhom.....	52
4.5.3	Odlagališče Ljutomer	53
4.6	Odlagališča v obratovanju	54
4.6.1	CeROD Leskovec.....	56
4.6.2	RCERO Ljubljana	57
4.6.3	RCERO Celje	58
5	EKONOMSKO VREDNOTENJE UPORABLJENIH TEHNOLOGIJ	59
5.1	Tehnološki postopki čiščenja na zaprtih deponijah.....	59
5.1.1	Odlagališče Bočna Metlika	60
5.1.2	Odlagališče Barje – stari del.....	61
5.2	Tehnološki postopki čiščenja na deponijah v postopku zapiranja.....	63
5.2.1	Odlagališče Mislinjska Dobrava	63
5.2.2	Odlagališče Bočna Podhom.....	64
5.2.3	Odlagališče Ljutomer	66
5.3	Tehnološki postopki čiščenja na odlagališčih v obratovanju	67
5.3.1	CEROD Leskovec	67
5.3.2	RCERO Ljubljana	69
5.3.3	RCERO Celje	71
6	PRIMER DOBRE PRAKSE - CERO ŠPAJA DOLINA	75
6.1	Opremljenost območja	76
6.2	Način in metoda odlaganja odpadkov v telo odlagališča	76
6.2.1	Odlagališčni plini	77
6.3	Pregled odloženih odpadkov	77
6.4	Ravnanje z izcedno vodo.....	78
6.5	Opis čistilne naprave	79
6.5.1	Redni obratovalni stroški	80
6.6	Ekonomska primerjava drugih možnosti.....	81
6.6.1	Odvoz izcedne vode na najbližjo čistilno napravo	82
6.6.2	Izgradnja kanalizacijskega omrežja.....	83
6.6.3	Rezultati	83
7	ZAKLJUČEK.....	85
	VIRI.....	86
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Hierarhija ravnanja z odpadki	8
Slika 2. Shema rešetak (levo), tračnih rešetak (sredina) in bobnastega sita (desno)	13
Slika 3: Strukturna formula topnih kationski organski polimerov v tekočem stanju	14
Slika 4: Shematski prikaz zeta potenciala z enačbo za izračun hitrosti usedanja koloidnih delcev	15
Slika 5: Prazen usedalni bazen	16
Slika 6: Delci ostanejo v celoti na površini (levo), delci delno prodrejo v filter medij (desno)	18
Slika 7: Mehansko zadrževanje delcev po volumnu (levo), mehansko	18
Slika 8: Membrana iz polimerov (levo), membrana iz keramike (desno)	20
Slika 9: Shematski prikaz delovanja osmoze	23
Slika 10: Shematski prikaz delovanja reverzne osmoze	23
Slika 11: Primer spiralnega modula pri RO	25
Slika 12: Posledice mašenja membran - neorganske snovi (levo), organske snovi	25
Slika 13: TMT 15 v tekočem stanju in strukturna formula	30
Slika 14: Shematski prikaz čistilne naprave z dodatki za odstranjevanje težkih kovin	30
Slika 15: Prikaz adsorpcije na aktivnem oglju	32
Slika 16: Naravni zeolit (levo), ionsko izmenjevalna sintetična smola.	34
Slika 17: Shema rastlinske čistilne naprave podjetja Limnos d.o.o.	38
Slika 18: Rogoz (levo), navadni trs (desno)	43
Slika 19: Pregled odlagališč v Sloveniji	45
Slika 20: Odlagališče Bočka Metlika	47
Slika 21: Odlagališče Barje	48
Slika 22: Odlagališče Mislinjska Dobrava	51
Slika 23: Odlagališče Bočna Podhom	52
Slika 24: Odlagališče Ljutomer	53
Slika 25: Prikaz pripravljenega odlagališča za odlaganje odpadkov leta 2015	54
Slika 26: CEROD Leskovec	56
Slika 27: RCERO Ljubljana	57
Slika 28: RCERO Celje	58
Slika 29: Rastlinska čistilna naprava Bukovžlak	73
Slika 30: CERO Špaja dolina	75
Slika 31: Blok shema ČN za izcedne vode odlagališča Špaja dolina	79

KAZALO PREGLEDNIC

Tabela 1: Priporočeni tehnološki procesi čiščenja izcednih vod za posamezna onesnaževala	12
Tabela 2: Vpliv koagulacijskih sredstev na posamezne spojine	15
Tabela 3: Prednosti in slabosti sedimentacije	16
Tabela 4: Prednosti in slabosti flotacije	17
Tabela 5: Prednosti in slabosti filtracije	19
Tabela 6: Primerjava lastnosti mikrofiltracije in ultrafiltracije	22
Tabela 7: Primerjava med nanofiltracijo in reverzno osmozo.....	26
Tabela 8: Prednosti in slabosti membranske filtracije.....	26
Tabela 9: Prednosti in slabosti kemijske oksidacije	28
Tabela 10: Območja obarjanja različnih kovin v odvisnosti od pH vrednosti	29
Tabela 11: Prednosti in slabosti obarjanja z apnom ali natrijevim sulfidom	31
Tabela 12: pogosto uporabljeni absorbenti in njihove lastnosti	32
Tabela 13: Prednosti in slabosti adsorpcijskih sredstev	33
Tabela 14: Vrste ionsko izmenjevalnih smol	34
Tabela 15: Prednosti in slabosti ionske izmenjave	35
Tabela 16: Učinek anaerobnega, anoksičnega in aerobnega okolja za specifične parametre	35
Tabela 17: Prednosti in slabosti anaerobnega čiščenja	36
Tabela 18: Sistemi s pritrjeno in suspendirano biomaso	37
Tabela 19: Prednosti in slabosti aerobnega biološkega čiščenja	37
Tabela 20: Koeficient hidravlične prevodnosti	40
Tabela 21: Premer zrn različnih vrst medija	41
Tabela 22: Seznam zaprtih odlagališč z izdano odločbo	46
Tabela 23: Podatki o zaprtem odlagališču Bočka Metlika	47
Tabela 24: Podatki o zaprtem odlagališču Barje - stari del.....	48
Tabela 25: Seznam odlagališč v postopku zapiranja	49
Tabela 26: Podatki o odlagališču v postopku zapiranja Mislinjska Dobrava.....	52
Tabela 27: Podatki o odlagališču v postopku zapiranja Bočna Podhom.....	53
Tabela 28: Podatki o deponiji v zapiranju Ljutomer	53
Tabela 29: Seznam odlagališč v obratovanju	54
Tabela 30: Podatki o odlagališču v obratovanju CEROD Leskovec.....	56
Tabela 31: Podatki o odlagališču v obratovanju Barje - novi del.....	57
Tabela 32: Podatki o odlagališču v obratovanju RCERO Celje.....	58
Tabela 33: Podatki o zaprtem odlagališču Bukovžlak - stari del	59
Tabela 34: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bočna Metlika.	60
Tabela 35: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Barje - stari del.	61

Tabela 36: Odlagališča, ki jih je z RČN opremilo podjetje Limnos d.o.o.....	63
Tabela 37: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Mislinjska Dobrava.	63
Tabela 38: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bočna Podhom	65
Tabela 39: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Ljutomer.....	66
Tabela 40: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča CEROD Leskovec...	68
Tabela 41: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Barje - novi del	69
Tabela 42: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča RCERO Celje.....	71
Tabela 43: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bukovžlak	73
Tabela 44: Podatki monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bukovžlak	74
Tabela 45: Vodna bilanca v CERO Špaja dolina	78
Tabela 46: Stroški čistilne naprave v CERO Špaja dolina	80
Tabela 47: Letni obratovalni stroški čistilne naprave.....	80
Tabela 48: Rezultati monitoringa izcedne vode - dotok na čistilno napravo.....	81
Tabela 49. Letni strošek odvoza izcedne vode na čistilno napravo.....	82

KAZALO KRATIC

AOP	Napredni oksidacijski postopki
AOX	Adsorbiljivi organski halogeni
BAT	Najboljša razpoložljiva tehnologija (NRT)
BPK	Biokemijska potreba po kisiku
BPK ₅	Biološka potreba po kisiku v petih dneh
ES	Evropski svet
EU	Evropska unija
EO	Enota obremenitve
GAC	Aktivno oglje v granulah
GJI	Gospodarska javna infrastruktura
GJS	Gospodarska javna služba
IJS	Izvajalec javne službe
KPK	Kemijska potreba po kisiku
MF	Mikrofiltracija
NF	Nanofiltracija
OVD	Okoljevarstveno dovoljenje
PAC	Aktivno oglje v prahu
PE	Populacijski ekvivalent
PVC	Polivinil klorid
PP	Polipropilen
PE	Polietilen
PE-HD	Polietilen visoke gostote
RČN	Rastlinska čistilna naprava
RO	Reverzna osmoza
UF	Ultrafiltracija
ZVO	Zakon o varstvu okolja

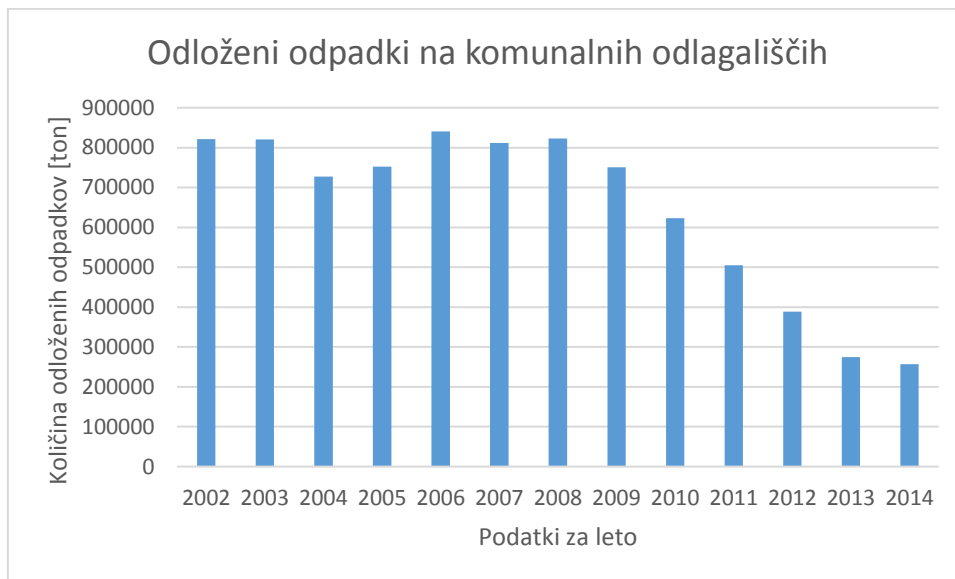
»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Odlaganje odpadkov je po hierarhiji ravnanja z odpadki iz Direktive 2008/98/ES najmanj zaželena možnost. Kljub temu je ta metoda še vedno pogosto uporabljena v številnih članicah EU. Problem odlaganja odpadkov ni samo pomanjkanje dostopnih odlagališč, temveč tudi dolgoročno nastajanje emisij, kot sta deponijski plin in izcedna voda. Deponijski plin sicer lahko izkoristimo kot vir energije, izcedna voda pa v vsakem primeru predstavlja samo ekonomsko breme in nevarnost za okolje. Problem predstavljajo tudi emisije neprijetnih vonjav, ki se pogosto pojavljajo na deponijah.

Izcedna voda je praviloma zelo onesnažena. Vsebuje veliko škodljivih snovi, ki so nevarne za okolje in tudi za človeka. Različna sestava in količina izcednih voda sta odvisni od vrste odloženih odpadkov, starosti odpadkov, zgradbe deponije, klimatskih razmer, itd. Te razlike in spremembe v sestavi vplivajo na njihovo strupenost in biorazgradljivost in posredno na možnost učinkovitosti njihovega čiščenja.

Večina slovenskih komunalnih odlagališč vsebuje mešane komunalne in industrijske odpadke. Pri tem je navadno delež industrijskih odpadkov relativno majhen. To je posledica načina odlaganja odpadkov v preteklosti. V novejšem času se daje večji poudarek nevarnosti odpadkov. Komunalna odlagališča so postala odlagališča nenevarnih odpadkov. Pri tem ni tako pomembno, ali je prišel odpadki iz gospodinjstev (komunalni odpadki) ali pa kakšne druge dejavnosti. Nova politika ravnanja z odpadki omejuje možnost odlaganja biološko razgradljivih odpadkov, kar velja tudi za komunalne odpadke. S tem se bistveno zmanjšuje skupna količina odloženih komunalnih odpadkov in tudi sestava izcednih vod [1].



Graf 1: Količine odloženih odpadkov na komunalnih odlagališčih [2].

Pred nekaj leti je navadno veljalo, da so bile izcedne vode v začetnih fazah odlaganja odpadkov lahko biološko razgradljive. To je logično, saj so odpadki vsebovali veliko biološko lahko razgradljivih snovi. Biološka razgradljivost je bila v veliki meri odvisna tudi od deleža industrijskih odpadkov, ki so bili navadno slabše biološko razgradljivi. Takšna izcedna voda se je navadno lahko očistila z ustrezno biološko čistilno napravo. Za izcedne vode iz starih odlagališč pa je tako čiščenje navadno manj učinkovito in je zato potrebno obstoječe tehnološke postopke dopolniti, ali celo zamenjati [3].

V diplomski nalogi so podrobno predstavljeni najpogosteje uporabljeni tehnološki postopki čiščenja odpadnih voda, v skladu s smernicami najboljših razpoložljivih tehnologij (BAT). Zajemajo mehanske, fizikalno-kemijske in biološke tehnologije čiščenja odpadnih voda, ki so se v EU pokazale kot primeri dobre prakse.

Glede na opozorila evropske unije, po ureditvi področja z ravnanja z odpadki, morajo odlagališča delovati v skladu s pridobljenim okoljevarstvenim dovoljenjem. Posledično se je v odlagališča v zadnjih letih investiralo veliko sredstev, namenjenih za trajnostno sanacijo starejših odlagališč in odpiranju novih centrov za ravnanje z odpadki.

Stanje na področju ravnanja z odpadki v Sloveniji je predstavljeno v nadaljevanju, kjer so odlagališča razdeljena po statusu v tri skupine. Ta seznam se bo v naslednjih letih korenito spremenil, saj se bo status spremenil 28 deponijam. Izpostavljena so odlagališča, ki razpolagajo s podatki obratovalnih monitoringov izcednih voda iz deponij, v časovnem intervalu petih let.

Glede na preteklo časovno obdobje so na izbranih odlagališčih prikazane sprejete spremembe in ukrepi na področju ravnanja z izcednimi vodami. Ovrednotena je trenutna situacija in podani so predlogi za morebitne izboljšave.

Kot primer dobre prakse je predstavljeno delovanje CERO Špaja dolina, s poudarkom na ravnanju z izcednimi vodami. Obstoječ tehnološki postopek čiščenja izcedne vode predstavlja upravljavcu odlagališča veliko finančno breme. Na podlagi posedovalnih finančnih podatkov je opravljena ekonomska primerjava izvedljivih alternativ, ki bi se na dolgi rok izkazale kot dobra naložba.

2 ZAKONODAJA NA PODROČJU RAVNANJA Z ODPADKI

V Sloveniji smo leta 2005, kot člani Evropske Unije (EU), na področju ravnanja z odpadki sprejeli zavezo, da postanemo družba recikliranja. Naša okoljska politika se sprejema in posodablja v skladu z evropskim pravnimi okvirji s področja ravnanja z odpadki. Strukturo pravnih okvirjev lahko po hierarhiji razdelimo na:

- Ustavo RS – je najvišji pravni dokument, ki velja v Sloveniji,
- EU direktive – so naslednji nivo zakonodaje, določila EU direktiv morajo biti upoštevane v slovenski zakonodaji,
- EU uredbe – so prav tako zavezujoče za države članice,
- slovenski zakoni – pri obravnavani problematiki sta najbolj pomembna: Zakon o varstvu okolja (ZVO) in Zakon o graditvi objektov (ZGO), obstaja pa še vrsta drugih zakonov, ki jih je prav tako potrebno upoštevati (Zakon o vodah (ZV), Zakon o prostorskem načrtovanju, itd.),
- podzakonski akti (uredbe, pravilniki, itd.),
- državne smernice (načrt upravljanja voda (NUV), operativni programi, občinski prostorski načrti (OPN), itd.),
- standardi (njihova uporabna ni vedno obvezna),
- inženirske smernice – če njihova uporaba ni obvezna (ATV, VDI, itd.). Uporaba BAT smernic bi morala biti obvezna, saj to zahteva Direktiva 2010/75/EU.
- Itd.

2.1 Evropska Zakonodaja

Na področju varstva okolja so najpomembnejše naslednje EU direktive:

- Okvirna Direktiva 2008/98/ES o odpadkih – vzpostavlja zakonodajni okvir za ravnanje z odpadki znotraj EU skupnosti. Opredeljuje ključne pojme, kot so odpadek, predelava in odstranjevanje. Vzpostavlja temeljne zahteve za ravnanje z odpadki in obvezuje države članice, da morajo izdelati načrte ravnanja z odpadki. Vzpostavlja glavna načela, kot je obveznost ravnanja z odpadki brez negativnega vpliva na okolje ali zdravje ljudi, spodbujanja upoštevanja hierarhije ravnanja z odpadki ter načelo »povzročitelj plača« [4].
- Direktiva 2010/75/EU o celovitem nadzoru in preprečevanju onesnaževanja okolja – določa pravila o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanja okolja, ki je posledica industrijskih dejavnosti. Določa tudi pravila za preprečevanje ali, če to ni izvedljivo, za zmanjševanje emisij v zrak, vodo in tla ter za preprečevanje nastajanja odpadkov, skladno trajnostnimi vidiki varovanja okolja, ki temeljijo na uporabi najboljših razpoložljivih tehnologij (BAT) [5].
- Okvirna vodna Direktiva 2000/60/ES – podaja okvirje in nudi splošne usmeritve za zagotavljanje dolgoročnega trajnostnega upravljanja z vodami, ki temelji na varstvu vodnega okolja na visoki ravni. Uvedena so načela preprečevanja nadaljnjega poslabšanja stanja, vzpodbujanja trajnostne rabe vode, blažitvi učinkov poplav in suš ter načelo »povzročitelj plača« [6].
- Direktive 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne vode – ureja zbiranje, čiščenje in odvajanje komunalne odpadne vode ter odpadne vode iz določenih industrijskih sektorjev. Cilj je varovanje okolja pred škodljivimi vplivi odvajanja odpadne vode, kot je obogatitev vode s hranili (eutrofikacija) [7].
- Itd.

V pristopnih pogajanjih okoljska problematika ni bila natančno definirana v pristopni pogodbi. Nekatere direktive so bile sprejete po tem, ko je bila Slovenija že članica Evropske unije. Ob sprejemu vsake nove direktive se ne sklepajo pogodbe s posameznimi članicami EU glede uresničevanja določb iz direktiv. Članice so obvezane, da odločbe iz direktiv vključijo v svoj pravni red. V pravnih sporih se lahko stranke sklicujejo tudi direktno na določila posameznih direktiv. Za Slovenijo je že bilo sprejeto nekaj sodb evropskih sodišč s področja varstva okolja, ki so temeljila na določilih EU direktiv in so bila neugodna za dosedanja prakso v Sloveniji (na primer problem onesnaženja okolja zaradi Cinkarne, itd.).

Uredbe

Uredba je pravno zavezujoč akt in jo morajo v celoti uporabljati v vseh državah EU. Ko je na primer EU hotela uvesti skupne zaščitne ukrepe v zvezi z blagom, uvoženim iz držav zunaj EU, je to storila z uredbo Sveta [8].

Direktive

Direktiva je zakonodajni akt o določenem cilju, ki ga morajo doseči države EU, toda vsaka država sama sprejme svoje predpise o tem, kako bo ta cilj dosegla. Direktive s področja varstva okolja imajo v prilogah konkretne vrednosti parametrov onesnaževanja, ki jih morajo doseči države članice. Na primer IPPC direktiva (Direktiva 2010/75/EU), ki za doseganje okoljskih ciljev zahteva uporabo okoljskih BAT. Te so za inženirje zelo pomembne, saj nudijo informacije o sodobnih uporabnih tehnoloških rešitvah. Z direktivo je uporaba BAT tehnologij uvrščena med pogoje za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja. Vprašanje pa je, ali ARSO dovolj dosledno preverja skladnost izbrane tehnologije z BAT kriteriji. Navadno se zadovolji le s podatki o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu [1].

Sklepi

Sklep je zavezujoč za tistega, na katerega je naslovljen (denimo državo EU ali posamezno podjetje), in se uporablja neposredno. Slovenija je trenutno v pričakovanju sklepa EU sodišča v povezavi s tožbo Evropske komisije zaradi onesnaževanja, ki izvira iz odlagališč odpadkov [8].

Priporočila

Priporočilo ni vedno pravno zavezujoče. Upoštevanje BAT priporočil je obveznost, ki izhaja iz IPPC direktive. Upoštevanje ATV, VDI in podobnih drugih inženirskih smernic pa ni obvezno, ampak je priporočljivo.

Mnenja

Mnenje je nezavezujoča izjava institucij, ki naslovnikom ne nalaga nikakršnih pravnih obveznosti. Mnenje ni pravno zavezujoče in ga lahko izdajo vse glavne institucije EU: Evropska komisija, Svet EU, Evropski parlament, Odbor regij in Evropski ekonomsko-socialni odbor. Ko se pripravlja zakonodaja, odbora izdaja mnenje o določenem regionalnem ali socialno-ekonomskem vidiku posameznega vprašanja [8].

2.1.1 Vodna direktiva

Okvirna direktiva Evropske unije o vodah oz. Vodna direktiva je bila sprejeta 23. oktobra leta 2000 v Evropskem parlamentu in Svetu. Države članice so se zavezale izvajanju procesa upravljanja voda, ki temelji na enovitih instrumentih Skupnosti, ne glede na različne nacionalne družbene ureditve in pristojnosti na področju vodne politike.

Vodna direktiva je v slovenski zakonodaji postila svoj pečat v dveh zakonih:

- Zakon o varstvu okolja in
- Zakon o vodah.

Njen namen je preprečevanje slabšanja stanja voda, preprečevanje onesnaženja na viru, vzpostavitev mehanizmov za nadzor emisij in onesnaževanja ter uvajanje ekonomske cene vode in načela povzročitelj plača.

Ključni cilji vodne direktive so:

- razširitev zaščite na vse vode, površinske in podzemne,
- doseganje »dobrega statusa« za vse vode do določenega roka,
- upravljanje z vodami na nivoju povodij,
- »kombinirani pristop« mejnih vrednosti izpustov in standardov kakovosti,
- določitev realne cene vode in
- boljše vključevanje državljanov.

Osnovni instrument je načrt upravljanja voda (NUV), ki temelji na celovitem pristopu za varstvo, izboljšanje in trajnostno rabo vode. NUV predstavlja mejnik v procesu celovitega načrtovanja, ki v danem trenutku povzema relevantne informacije na posameznem vodnem območju, zlasti o:

- analizah značilnosti vodnega območja,
- mrežah in načinu monitoringa vod,
- stanju voda,
- ciljih za posamezna vodna telesa,

- ukrepih za izboljšanje ali ohranjanje stanja voda in
- izboljšanje zakonodaje.

Po svoji vsebini je to strateško načrtovalski dokument na področju upravljanja voda, ki opredeljuje mehanizme za vodenje politik, ki imajo vpliv na vode v RS. Končni cilj načrta upravljanja voda je zagotovitev doseganja dobrega stanja vseh voda na območju EU, najkasneje do leta 2027 [6].

2.1.2 IPPC direktiva

Direktiva je bila sprejeta v devetdesetih letih s strani Evropske Komisije. Osredotoča se na celovito in koordinirano preprečevanje in nadziranje industrijskega onesnaževanja. Direktiva spada med pomembnejše dokumente na področju varstva okolja, saj podaja smernice za zakonodajo na področju izpustov emisij v zrak, vodo in tla. Njen namen je, da z uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij (NRT) izboljša vplive na okolje na območju celotne EU.

V Sloveniji je bila direktiva sprejeta leta 2004. Industrijske dejavnosti so obvezane, da za izvajanje svoje dejavnosti pridobijo ustrezno okoljevarstvena dovoljenja, ki je v skladu z IPPC uredbo. Od IPPC zavezancev se pričakuje upoštevanje sledečih načel [9]:

- izvajanje preventivnih ukrepov z uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij,
- preprečevanje nesreč,
- odpadki, ki jih ni mogoče predelati, se varno odstranijo,
- učinkovita uporaba energije,
- ne povzroča se občutnega onesnaževanja,
- po dokončnem prenehanju obratovanja je potrebno okolico povrniti v zadovoljivo stanje.

2.1.2.1 Direktiva o emisijah iz industrije (2010/75/EU)

Leta 2010 je bila sprejeta nova direktiva o industrijskih emisijah (2010/75/EU), ki je nadomestila sedem obstoječih direktiv s področja industrijskega onesnaževanja. Posodobljena direktiva zajema združevanje in zaostrovanje zahtev prej ločenih direktiv [10]:

- direktive IPPC: 2008/1/ES (prej 96/61/ES),
- direktive o emisijah v zrak iz velikih kurilnih naprav: 2001/80/ES,
- direktive o sežiganju odpadkov: 2000/76/ES,
- direktive HOS (hlapne organske snovi): 1999/13/ES in
- treh direktiv o TiO_2 : 78/176/EGS, 82/883/EGS in 92/112/EGS.

Poudarek ostaja na spodbujanju uporabe najboljših razpoložljivih tehnik in s tem zniževanju emisijskih vrednosti na območju celotne EU.

2.1.3 Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode

Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode je bila sprejeta leta 1991. Namenjena je zaščiti vodnih teles (reke, jezera, morje, podtalnica) pred onesnaževanjem iz urbanih območji in tehnoloških obratov, kjer nastajajo biološko razgradljive odpadne vode (kmetijske farme, živilsko-predelovalna industrija). Direktiva opredeljuje zahteve po ustrezni ureditvi postopkov zbiranja odpadkov, po minimalnih standardih obdelave odpadne vode in določa mejne vrednosti za izpust obdelanih odpadnih voda v okolje [11].

Direktivo sestavljajo štirje tematski sklopi:

- načrtovanje (določitev bolj in manj ekološko občutljivih območji, izdelava finančnih in tehničnih načrtov za izgradnjo komunalne infrastrukture),
- zakonodaja (ureditev sistema za nemoteno delovanje javnih komunalnih služb pri vzpostavitvi komunalnega omrežja, vzpostavitev sistema za izdajo okoljevarstvenih dovoljenj, sankcije za kršitelje, sprejetje ukrepov za primere izrednih razmer),
- nadzor (vzpostavitev učinkovitega in enotnega sistema za nadzor kvalitete komunalne vode tako na vtoku, kot na iztoku iz čistilne naprave, določitev mejnih vrednosti za izpuste),
- informiranje in poročanje (pretok informacij in primerov dobrih praks na meddržavnem nivoju).

Direktiva predstavlja za države članice velik strateški in finančni zalogaj, hkrati pa spodbuja investicije v infrastrukturo ter ustvarja nova delovna mesta. Med zahtevnejše izzive lahko uvrstimo sledeče naloge [11]:

- ureditev zbiranja in čiščenja odpadne komunalne vode v vseh naseljih z več kot 2000 prebivalci,
- sekundarno čiščenje za vsa naselja z več kot 2000 prebivalci in naprednejše terciarno čiščenje odpadne komunalne vode za mesta z več kot 10000 prebivalci in predvsem v okolici zaščiteneh vodovarstvenih območji,
- nadzor nad izpusti odpadne vode iz industrijskega sektorja in živilsko-obdelovalne industrije v komunalno omrežje,
- nadzor delovanja čistilnih naprav in dovedene odpadne komunalne vode,
- nadzor nad odlaganjem blata iz čistilnih naprav ter njegove ponovne uporabe in nadzor nad ponovno uporabo očiščene komunalne vode v primerih, ko je to mogoče.

2.2 Slovenska zakonodaja

Področje ravnanja z odpadki zajema tudi ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališč, ki je opredeljeno z naslednjimi zakonskimi in podzakonskimi akti:

- Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16),
- Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15 in 69/15),
- Uredba o odlagališčih odpadkov (Uradni list RS, št. 10/14, 54/15, 36/16),
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov (Uradni list RS, št. 62/08),
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15).

2.2.1 Zakon o varstvu okolja (ZVO-1)

Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 32/93) je bil sprejet leta 1993 in je krovni zakon na področju varovanja okolja. Podal je pravne okvirje in podlago za sprejetje podzakonskih aktov na področju ravnanja z odpadki. Med leti 1993 in 2016 je bil zakon spremenjen in dopolnjen kar šestnajstkrat. Trenutno je v veljavi Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16). Njegov namen je spodbujanje ter usmerjanje družbe k trajnostnemu ravnanju z okoljem in naravnimi viri. To namerava doseči z naslednjimi cilji [12]:

- preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja,
- ohranjanje in izboljševanje kakovosti okolja,
- trajnostna raba naravnih virov,
- zmanjšanje rabe energije in večja uporaba obnovljivih virov energije,
- odpravljanje posledic obremenjevanja okolja, izboljšanje porušenega naravnega ravnovesja in ponovno vzpostavljanje njegovih regeneracijskih sposobnosti,
- povečevanje snovne učinkovitosti proizvodnje in potrošnje ter
- opuščanje in nadomeščanje uporabe nevarnih snovi.

Za doseganje teh ciljev pa namerava [12]:

- spodbujati proizvodnjo in potrošnjo, ki prispeva k zmanjšanju obremenjevanja okolja,
- spodbujati razvoj in uporabo tehnologij, ki preprečujejo, odpravljajo ali zmanjšujejo obremenjevanje okolja in plačevanje onesnaževanja in rabe naravnih virov.

Vse cilje namerava doseči z upoštevanjem temeljnih načel varstva okolja, ki imajo skupno izhodišče v načelu trajnostnega razvoja, sodelovanju in preventivnih ukrepov. V tem okviru zakon navaja ukrepe varstva okolja, programe in načrte, posege v okolje, spremljanje stanja in informacij o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, obvezne gospodarske javne službe varstva okolja ter druga vprašanja, povezana z varstvom okolja.

Med pomembnejše določbe v zakonu lahko uvrstimo pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja, ki je zapisana v 68. členu: *»Upravljavec mora za obratovanje naprave, v kateri se bo opravljala dejavnost, ki lahko povzroči onesnaževanje okolja večjega obsega, pridobiti okoljevarstveno dovoljenje.«*

Med pogoji za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja je upoštevanje zaključkov BAT, ki upravjalce obvezuje, da izbirajo med najboljšimi razpoložljivimi tehnologijami v skladu s trajnostnim načelom.

Za upravjalce, ki so pridobili okoljevarstveno dovoljenje pred sprejemom zakona pa v 86. členu navaja: *»Upravljavec naprave, ki je pridobil okoljevarstveno dovoljenje na podlagi 68. člena Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odločba US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 48/12 in 57/12) pred uveljavitvijo tega zakona in so bili za njegovo glavno dejavnost objavljeni zaključki o BAT do uveljavitve tega zakona, morajo svojo napravo prilagoditi zaključkom o BAT in pridobiti okoljevarstveno dovoljenje v skladu s spremenjenim 78. členom zakona.«*

Natančnejša opredelitev dolgoročnih ciljev in nalog ravnanja z odpadki je zapisana v nacionalnem programu varstva okolja. V operativnem programu varstva okolja pa so navodila za izvedbo teh ciljev. Zakon o varstvu okolja veleva, da pristojno ministrstvo na najmanj vsaka štiri leta pripravi poročilo o okolju v Republiki Sloveniji. Na osnovi poročil o okolju ministrstvo preveri trenutno stanje in v resoluciji nacionalnega programa za varstvo okolja navede nove cilje in naloge za reševanje okoljskih problemov [12].

2.2.2 Uredba o odpadkih

Na podlagi ZVO-1 je bila s strani ministerstva za okolje in prostor sprejeta Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/2015 in 69/15, v nadaljevanju Uredba). Z Uredbo se v slovenski pravni red prenaša glavni del Direktive 2008/98/ES o odpadkih.

Uredba se strukturno in vsebinsko nanaša na določanje splošnih zahtev in pravil pri ravnanju z odpadki, obveznosti povzročiteljev odpadkov, zbiralcev odpadkov in izvajalcev obdelave odpadkov, pa tudi prevoznikov odpadkov ter trgovcev in posrednikov z njimi. Uredba ureja pripravo in sprejem programov ravnanja z odpadki in preprečevanja nastajanja odpadkov, informacijski sistem o ravnanju z odpadki in poročanje o odpadkih Evropski komisiji [13].

Podrobneje obravnava tudi splošne okoljske pogoje, ki jih določa Direktiva 2008/98/ES in so izvedeni v 19. in 27. členu Uredbe. V predhodni Uredbi namreč ni bilo določeno, da je treba z odpadki ravnati tako, da se ne ogroža rastlin in živali, podrobneje pa so zajeta tudi tveganja zaradi čezmernega obremenjevanja, ki ga navaja že predhodna Uredba. Omenjena člena tako določata ukrepe za zmanjševanje in preprečevanje škodljivih vplivov na okolje in zdravje ljudi pri skladiščenju odpadkov ter načrtovanje tovrstnih ukrepov v okviru načrta gospodarjenja z odpadki in znotraj upravnih postopkov oz. vsebine vlog za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja ali potrdila o vpisu v ustrezno evidenco [14].

Upoštewane so tudi ugotovljene pomanjkljivosti pri dosedanjem izvajanju in nadzoru Uredbenih določil, zlasti v smislu izboljšanja postopkov za pridobitev predpisanih potrdil in okoljevarstvenih dovoljenj ter postopkov inšpekcijskega nadzora.

Uredba poudarja koncept 5-stopenjske hierarhije ravnanja z odpadki, ki se upošteva kot prednostni vrstni red pri nastajanju odpadkov in ravnanju z njimi:



Slika 1: Hierarhija ravnanja z odpadki [15].

Nova uredba bolj natančno opredeljuje zahteve za skladiščenje odpadkov, katerim se bo več pozornosti namenilo tudi v upravnih postopkih za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja za predelavo ali odstranjevanje odpadkov ter za vpis v evidenco zbiralcev.

Uredba določa, da je treba vzpostaviti ločeno zbiranje vsaj za odpadke iz papirja, kovine, plastike in stekla. Z Uredbo se namreč prenašajo tudi z direktivo določeni okoljski cilji, ki jih brez učinkovitega ločenega zbiranja ni mogoče doseči [13]:

- do leta 2020 se priprava za ponovno uporabo ter recikliranje najmanj odpadnega papirja, kovin, plastike in stekla iz gospodinjstev ter po možnosti iz drugih virov, če so ti tokovi odpadkov podobni odpadkom iz gospodinjstev, poveča na najmanj 50 % skupne teže,
- do leta 2020 se priprava za ponovno uporabo, recikliranje in materialna predelava, vključno z zasipanjem z uporabo odpadkov za nadomestitev drugih materialov, nenevarnih gradbenih odpadkov, poveča na najmanj 70 % skupne teže. Za doseg tega cilja se ne upoštevata zemljina in kamenje.

Leta 2013 je bil na podlagi Uredbe vzpostavljen informacijski sistem o ravnanju z odpadki za elektronsko podporo pri spremljanju pošiljk odpadkov z evidenčnimi listi in pri predpisanem letnem poročanju oseb, ki ravnajo z odpadki. Sistem nudi uporabnikom lažje izvajanje administrativnih opravil, povezanih z oddajanjem in prevzemanjem odpadkov v obdelavo in letnim poročanjem o nastalih, zbranih in obdelanih odpadkih. Podatke iz informacijskega sistema uporabljata Ministrstvo za okolje in prostor za namene poročanja Evropski Komisiji v skladu z Direktivo 2008/98/ES o odpadkih in Statistični Urad RS za poročanje Evropskemu statističnemu uradu (Eurostat) v skladu z Uredbo (ES) 2150/2002 o statistiki odpadkov [13].

2.2.3 Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov (Uradni list RS, št. 7/00, 41/04 – ZVO-1 in 62/08, v nadaljevanju Uredba) je bila sprejeta na podlagi ZVO-1. V skladu z Direktivo 1999/31/ES Sveta o odlaganju odpadkov na odlagališčih iz leta 1999, določa posebne zahteve v zvezi z emisijo snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov, in sicer [16]:

- mejne vrednosti parametrov izcedne vode in
- posebne ukrepe v zvezi z zmanjševanjem emisije snovi.

Ta uredba se uporablja za izcedne vode, ki se odvajajo z obratujočih in zaprtih odlagališč za inertne, nenevarne in nevarne odpadke v skladu s predpisom, ki ureja odlaganje odpadkov na odlagališčih. Uredba v prilogi 1 določuje mejne vrednosti parametrov izcedne vode iz odlagališč za inertne, nenevarne ali nevarne odpadke, ki se odvajajo neposredno in posredno v vode ali javno kanalizacijo. Kot ukrep za zmanjševanje obremenjevanja voda zapoveduje ločeno odvajanje izcedne in padavinske vode in drugih voda, ki ne prihajajo v stik s telesom odlagališča [16].

2.2.4 Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15) izhaja iz leta 1995 in je do danes doživela več dopolnitev in sprememb. Nanaša se na zmanjševanje onesnaževanja okolja zaradi emisije snovi in emisije toplote, ki nastajajo pri odvajanju komunalne, industrijske in padavinske odpadne vode ter njihovih mešanice, v okolje.

Uredba določuje [17]:

- mejne vrednosti emisije snovi in toplote,
- vrednotenje emisije snovi in toplote,
- ukrepe preprečevanja emisije snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda,
- ukrepe zmanjševanja emisije snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda,
- druge ukrepe zmanjševanja emisije snovi,
- pogoje za odvajanje odpadnih voda in obveznosti investitorjev in upravljavcev naprav, ki se nanašajo na pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja.

Uredba opredeljuje seznam onesnaževal in mejne vrednosti parametrov onesnaženosti pri neposrednem in posrednem odvajanju ter pri odvajanju v javno kanalizacijo, ki se nanašajo na ekotoksikološke in mikrobiološke parametre.

Mejno vrednost letne količine posameznega onesnaževala v izcedni vodi na iztoku iz čistilne naprave lahko določimo z enačbo [17]:

$$MVLK = 31,5 \times (0,15 \times OSK \times sQnp),$$

pri čemer je:

MVLK ... mejna vrednost letne količine posameznega onesnaževala, ki je za posamezno napravo vključeno v program meritev obratovalnega monitoringa, določenega v okoljevarstvenem dovoljenju [kg/leto],

OSK ... okoljski standard kakovosti za vodotok na mestu iztoka odpadne vode v vodotok ali za parametre onesnaženosti industrijske odpadne vode, ki se vrednotijo pri ugotavljanju ekološkega stanja površinskih voda, za prvi dolvodni ekološki tip vodotoka, če vodotok na mestu iztoka ni razvrščen v ekološki tip [mg/l],

sQnp ... srednji mali pretok vodotoka na mestu iztoka industrijske odpadne vode v vodotok [l/s].

Mejne vrednosti so lahko manj stroge v primeru, ko upravljalec naprave poda vlogo za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja, iz katere je razvidno, da je:

- za tehnološki postopek v napravi uporabljena najboljša razpoložljiva tehnika,
- vodotok, v katerega se odvaja odpadna voda, voda 1. reda v skladu z zakonom, ki ureja vode, s prispevno površino, večjo od 100 km², in
- vsota mejnih vrednosti letnih količin posameznih onesnaževal, odvedenih v vodno telo vodotoka z odvajanjem odpadne vode iz vseh naprav, ki odpadno vodo odvajajo v to vodno telo, ni večja od:

$$\text{MVLKvsota} = 31,5 \times (0,3 \times \text{OSK} \times \text{sQnp}),$$

pri čemer je:

MVLKvsota ... največja vrednost vsote mejnih vrednosti letnih količin posameznega onesnaževala, odvedenega v vodno telo vodotoka [kg/leto],

sQnp ... srednji mali pretok vodotoka na mestu dolvodne meje vodnega telesa [l/s].

V Uredbi so navedeni pogoji za določanje mejne vrednosti emisijskega deleža oddane toplote, mesta meritve emisije snovi in toplote in ugotavljanja čezmerne obremenitve. Določeni so ukrepi za naprave ki odvajajo industrijsko odpadno vodo, komunalne in skupne čistilne naprave in padavinsko odpadno vodo. Opredeljeni so pogoji za uporabo greznic, ravnanje z blatom in pogoji za odvajanje odpadne vode.

Določila v Uredbi pojasnjujejo postopke za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja in pogoje za upravljanje obveznega obratovalnega monitoringa odpadne vode.

Uredba omogoča pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja, kljub prekoračitvi največje vrednosti nekaterih parametrov, v primeru predložitve mnenj upravljalca javne kanalizacije in upravljalca komunalne ali skupne čistilna naprave vloge upravljalca naprave, da predlaganemu odvajanju obremenjene vode na nasprotujeta [17].

2.2.5 Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda

Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Uradni list RS, št. 94/14 in 98/15, v nadaljevanju Pravilnik) je bil izdan na podlagi ZVO-1. Od leta 1995 je bil deležen več sprememb in popravkov in je sedaj usklajen je z zahtevami evropskih direktiv, ki se nanašajo na obratovalni monitoring emisij snovi v vode pri odvajanju odpadnih voda.

Pravilnik določa [18]:

- parametre, vrste in obseg metodologije vzorčenja, merjenja in analiziranja vzorcev,
- metodologijo merjenja pretoka odpadnih voda,
- vrednotenje,
- vsebino poročila o opravljenih prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda,
- način in obliko sporočanja podatkov o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda,
- tehnične pogoje za izvajanje prvih meritev in obratovalnega monitoringa odpadnih voda ter
- podrobnejše razloge za odvzem pooblastila za izvajanje obratovalnega monitoringa odpadnih voda.

Zahteve, ki se nanašajo na industrijske odpadne vode, se v Pravilniku uporabljajo tudi za izcedne vode iz odlagališč. Za merjenje posameznih parametrov uporabljajo le mednarodno priznane metode oziroma metode usklajene s standardom: SIST EN ISO/IEC 17025 [18].

V Pravilniku je določena pogostost izvajanja monitoringa, čas in način vzorčenja. Meritve odpadne vode iz odlagališč se izvajajo s pogostostjo:

1. v obdobju odlaganja odpadkov ali zapiranja odlagališča:

- najmanj enkrat mesečno, če gre za količino izcedne vode,
- najmanj enkrat na leto, če gre za prevodnost izcedne vode,
- najmanj enkrat na vsake tri mesece, če gre za parametre izcedne vode, pri čemer je treba v obdobju prvih dvanajstih mesecev obratovanja odlagališča odpadkov meritve izvajati enkrat mesečno,
- najmanj enkrat na vsakih šest mesecev, če gre za pretok industrijske odpadne vode, ki je posledica pranja vozil in opreme na območju odlagališča,
- najmanj enkrat na vsakih šest mesecev, če gre za parametre industrijske odpadne vode, ki je posledica pranja vozil in opreme na območju odlagališča,
- najmanj enkrat na leto, če gre za pretok padavinske odpadne vode.

2. v obdobju zaprtega odlagališča:

- najmanj enkrat na vsakih šest mesecev, če gre za količino izcedne vode in
- najmanj enkrat na vsakih šest mesecev, če gre za parametre izcedne vode.

Agencija RS za okolje objavlja rezultate meritev obratovalnega monitoringa odpadnih voda na svoji spletni strani. Objavljajo se podatki, ki zajemajo [18]:

- tip iztoka,
- podatke o sprejemni vodi ali čistilni napravi, na katero se odvaja odpadna voda,
- parametre, ki so predmet meritev,
- rezultate meritev emisij snovi v vode po posameznih merilnih mestih,
- leto izvajanja meritev.

3 TEHNOLOŠKI PROCESI ČIŠČENJA ODPADNE VODE

Na tako občutljivem področju, kot je reševanje okoljske problematike, je izbira ustrezne tehnologije in metodologije še posebej pomembna. Slovenija je kot članica Evropske unije dolžna upoštevati določila IPPC direktive. Direktiva jo zavezuje, da je soudeležena pri izmenjavi informacij o najboljših razpoložljivih tehnologijah na področju čiščenja odpadnih voda (BAT). To je zbirka dokumentov, ki združujejo informacije in izkušnje o najsodobnejših tehnoloških procesih in metodah.

Področje ravnanja z odpadnimi vodami je zaradi svoje kompleksnosti in velikega finančnega bremena še vedno problematično. Raznovrstnost in sprememba koncentracije emisij zahteva veliko mero izkušenj in načrtovanja pri izbiri ustreznih naprav oziroma postopkov za njihovo odstranjevanje [19].

V primeru čiščenja izcednih voda se mora upravljavec čistilne naprave prilagoditi lastnostim izcedne vode, ki priteka iz telesa deponije. Lastnosti izcedne vode se razlikujejo od deponije do deponije glede na starost, tip in količino odloženih odpadkov.

V Tabeli 1 so prikazani najpogosteje uporabljeni tehnološki postopki čiščenja in njihov učinek na posamezen parameter emisije.

Tabela 1: Priporočeni tehnološki procesi čiščenja izcednih vod za posamezna onesnaževala [20].

Tehnološki proces	Trdne suspendirane snovi	BPK KPK Celoten organski ogljik	Slabo biorazgradljiva KPK	AOX EOX	Celotni dušik	Amonij Amonijak	Fosfati Fosfor	Težke kovine	Fenoli	Olja
sedimentacija	x	x _a						x _j		
aeracija	x	x _b						x _j		x
filtracija	x	x _a						x _j		
mikrofiltracija in ultrafiltracija	x _c	x _a								
odstranjevanje maščob		x								x
obarjanje							x	x		
kristalizacija							x	x		
oksidacija		x	x	x						
redukcija										
hidroliza										
nanofiltracija in reverzna osmoza		x	x	x				x		
adsorpcija		x	x	x				x		
ionski izmenjevalci		x _d						x		
ekstrakcija		x	x	x						
destilacija		x	x	x						
evaporacija		x _e						x		
odplinjevanje		x _f		x		x				
sežig		x	x	x _g		x		x _k	x	x
anaerobno biološko		x		x _h	x _h			x _i		
aerobno biološko		x		x _h			x		x	
nitrifikacija					x	x				
denitrifikacija										

a - samo trdne snovi
b - neodkrita organska vsebina
c - fino razpršen in nizka koncentracija
d - ionsko organske vrste
e - neranljiva organska vsebina
g - potrebna posebna oprema za sežig
h - samo biorazgradljivi del
j - neodkrite težke kovine
k - prenesene v pepel kot posledica sežiga
i - v kombinaciji z obarjenim sulfatom kot sulfid

Odločitev za izbiro primerne tehnologije za čiščenje izcednih voda je potrebno skleniti na podlagi v naprej zbranih informacijah o lastnosti izcedne vode in pregledu danih možnosti, ki so v okviru smernic obstoječe zakonodaje. Pri izbiri tehnološkega postopka je največji izziv najti ekonomsko najprimernejšo metodo, ki bo zagotavljala želene rezultate. Za podporo pri odločanju je zato priporočljivo, da se v prvi fazi naredi pilotne preizkuse [21].

Različne možnosti so navadno ovrednotene in izbrane glede na:

- lastnosti izcedne vode:
 - dnevni pretok,
 - koncentracija in lastnosti onesnaževal,
 - prisotnosti nečistoč,
 - temperatura,
 - tlak,
- količino izcedne vode, ki je potrebna čiščenja,
- cilje, ki jih nameravamo doseči, s poudarkom na pridobivanju in ponovni uporabi surovin,
- zakonodajo,
- pregled in primerjavo s podobnimi primeri dobre prakse.

Po tovrstnem pregledu možnosti se odprejo nova vprašanja, ki se razlikujejo od odlagališča do odlagališča in jih je potrebno upoštevati [20]:

- lokacija deponije,
- velikost in razporeditev območja deponije,
- trenutni okoljski in ekonomski vpliv, starost in pričakovana življenjska doba odlagališča
- tip in lastnosti izcedne vode ,
- vpliv na okolje pri morebitnem razlitju,
- življenjska doba in stanje trenutne opreme za podporo pri čiščenju,
- možnost pridobivanja sredstev (finančnih, tehnoloških, kadrovskih),
- varnost,
- morebitne ovire in prepreke lokalne zakonodaje,
- celostna analiza porabe virov (poraba vode, proizvodnja odpadkov, poraba energije),
- financiranje in obratovalni stroški.

V nadaljevanju so opisani najpogostejši tehnološki postopki, ki so uvrščeni med najboljše razpoložljive tehnologije.

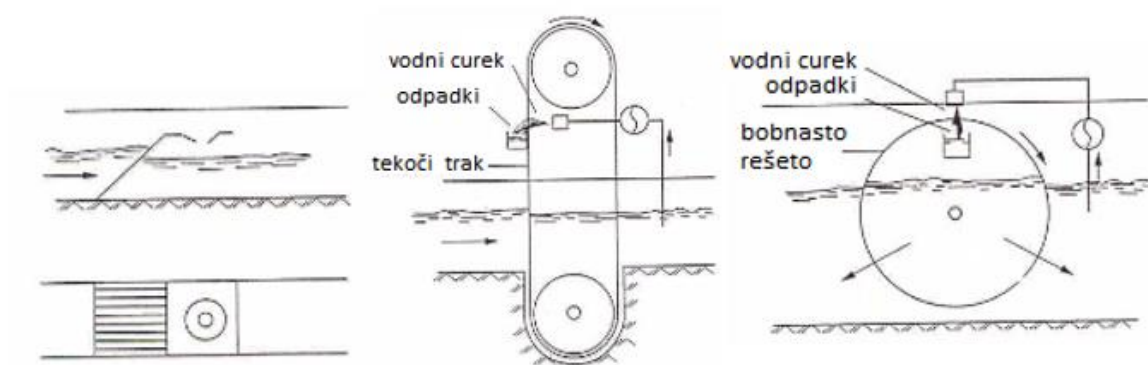
3.1 Mehansko odstranjevanje trdnih oziroma netopnih snovi

3.1.1 Rešetke

Ta metoda je namenjena odstranjevanju peska iz meteorne vode, ki je navadno precej obremenjena s peskom. Pomembno je zagotoviti prostor, namenjen usedanju peska, ki bi drugače končal na neprimernih mestih oz. prispeval k znižanju življenjske dobe morebitnih črpalk. V rešetke se ujame le pesek, manjše trdne snovi pa se izmuznejo dolvodno. Za najboljše ločevanje peska se priporoča horizontalna hitrost dotoka okoli 0,3 m/s. Tovrstna ureditev je namenjena čistilnim napravam, ki imajo še dotok meteorne vode [20].

Mehanska separacija se najpogosteje izvaja z uporabo:

- rešetk,
- tračnih rešetk,
- bobnastega sita.



Slika 2. Shema rešetk (levo), tračnih rešetk (sredina) in bobnastega sita (desno) [22].

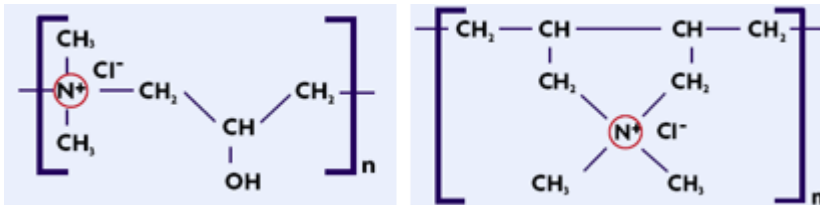
3.1.2 Sedimentacija trdnih delcev

Sedimentacija ali usedanje trdnih delcev pomeni ločevanje suspendiranih (lebdečih) delcev in plavajočega materiala s pomočjo gravitacije. Trdni delci, ki se usedejo na dno v obliki blata so nato postrgani in odstranjeni, medtem ko se plavajoče trdne snovi dvignejo na površje, kjer se jih prav tako postrga iz gladine [19].

Neraztopljene anorganske in organske snovi so pogosto porazdeljene v vodi v obliki tako majhnih delcev, da le ti ne sedimentirajo, ali pa je proces sedimentacije prepočasen. Z dodajanjem flokulantov se manjši delci povežejo v večje kosmiče, ki jih lahko odstranimo iz vode z enim izmed običajnih mehanskih separacijskih postopkov (sedimentacija, flotacija). Flokulacija je učinkovita, če so delci površinsko nabiti. Flokulant je običajno vodotopna močno polarna snov, ki ima nasprotni naboj od delcev. Površinski naboji delcev so lahko zaradi različnih treh osnovnih mehanizmov površinski naboji zaradi mrežne strukture, površinski naboji zaradi adsorbiranih ionov in površinski naboji na površini. Pri flokulaciji se zaradi različnih zeta potencialov združijo koloidni organski delci v flokule. Flokulant mora imeti močan pozitiven naboj, da lahko pritegne negativno nabite organske delce in tvori flokule. Zaradi adsorpcije se na nastale flokule vežejo tudi nekatere raztopljene snovi. Najpogosteje se uporabljajo za flokulacijo topne spojine na bazi železa in aluminija. Železovi (Fe_3^+) in aluminijevi (Al_3^+) ioni tvorijo z vodo komplekse tipa $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]_3^+$ ali $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]_3^+$. Kot flokulanti in koagulant se uporabljajo [22]:

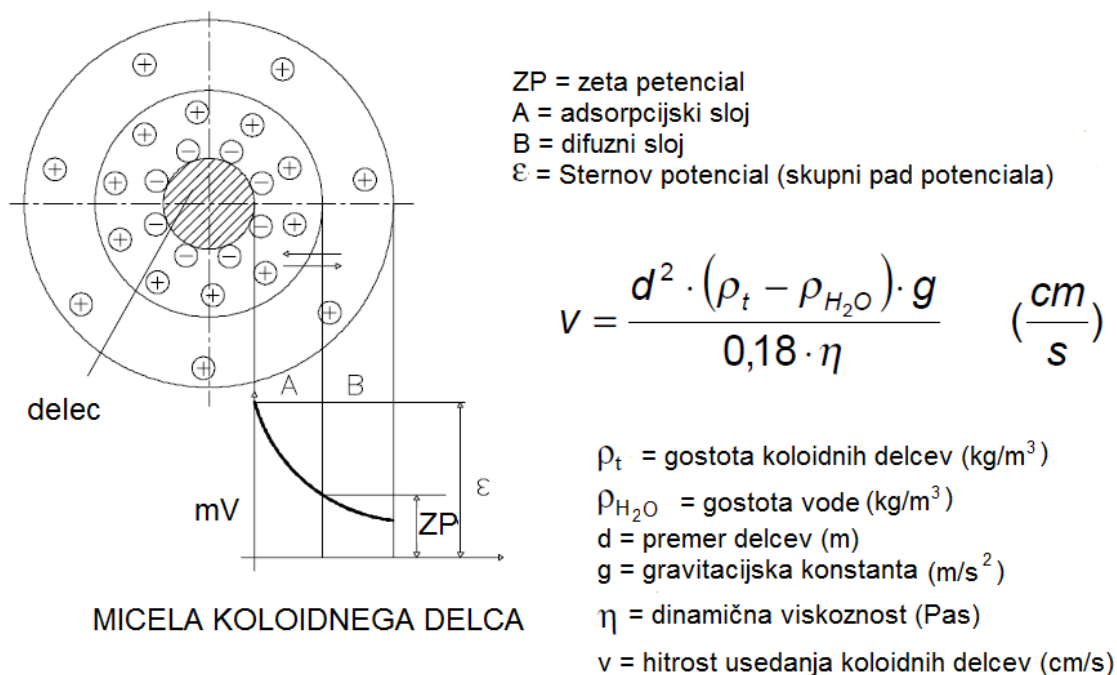
- aluminijev sulfat,
- železov sulfat,
- železov klorid,
- apno,
- poli-aluminijev-klorid,
- poli-aluminijev-sulfid,
- kationske organske polimere.

Pri organskih kationskih polimerih se uporabljata največ:



Slika 3: Strukturna formula topnih kationski organski polimerov v tekočem stanju [23].

Možnost poteka flokulacije in koagulacije se navadno ugotavlja preko merjenja zeta potenciala. Navadno nastajajo le flokule, lahko pa se pojavi tudi koagulacija.



Slika 4: Shematski prikaz zeta potenciala z enačbo za izračun hitrosti usedanja koloidnih delcev [22].

Omenjena koagulacijska in flokulacijska sredstva se uporabljajo za destabilizacijo manjših oziroma koloidnih suspendiranih snovi (glino, silikate, železo, težke kovine, barve, trdne organske snovi, olja in odpadno vodo), emulzijsko sprijetih snovi (koagulacija) ali aglomeriranih delcev v flokule, ki so zadosti velike, da se začnejo usedati [1].

Učinkovitost uporabe procesa koagulacije za posamezne spojine je prikazan v Tabeli 2.

Tabela 2: Vpliv koagulacijskih sredstev na posamezne spojine [20].

Spojina	Stopnja odstranjevanja [%]
neorgansko živo srebro	70
kadmij in spojine	98
pesticidi - DDT	75 – 80
HCB (heksa-kloro-benzen)	59
aldrin ($C_{12}H_8Cl_6$)	100
dieldrin ($C_{12}H_8Cl_6O$)	50
endrin ($C_{12}H_8Cl_6O$)	43
PCB (polychlorinated iphenyls)	30 – 40
tributilenske spojine	> 90
trikloroetilen	36

Običajno se proces sedimentacije odvija v usedalnem bazenu, ki je opremljen s talnimi in površinskimi strgali, za odstranjevanje emisij. Bazenu mora zagotavljati zadostno prostornino, da je v njem dosežen minimalni priporočen zadrževalni čas med 90 in 150 minut.



Slika 5: Prazen usedalni bazen [24].

Tehnološki proces sedimentacije je namenjen za [20]:

- odstranjevanje trdih delcev iz zbiralnikov meteorne vode (pesek in prah),
- odstranjevanje trdnih delcev iz odpadne vode (pesek in njemu podobne inertne snovi),
- odstranjevanje reaktivnih snovi s podporo primernih kemikalij (emulzijske kovinske spojine, polimere in njihove monomere),
- izločanje težkih kovin ali drugih raztopljenih snovi po postopku obarjanja, pogosto z dodanimi kemikalijami in pred procesom filtracije in
- odstranjevanje aktivnega blata v primarnem ali sekundarnem usedalniku.

Sedimentacija je zaradi svoje učinkovitosti pogosto uporabljena v kombinaciji z drugimi metodami na začetku ali na koncu čistilnega sistema.

Tabela 3: Prednosti in slabosti sedimentacije [20].

Prednosti	Slabosti
Zaradi preproste zasnove so napake med obratovanjem zelo redke.	Neprimerna za fine snovi in stabilne emulzije tudi z dodatkom flokulantov ali koagulantov.
Učinkovitost odstranjevanja se lahko poveča z dodatkom koagulacijskega ali flokulacijskega sredstva.	Flokule lahko vsebujejo tudi druga onesnaževala, kar lahko povzroči probleme pri njihovem odstranjevanju.

3.1.3 Flotacija

Flotacija je proces, pri katerem se trdni ali tekoči delci ločijo od odpadne vode s tem, da se prilepijo na zračne mehurčke. Plovni delci se tako zbirajo na gladini in jih lahko odstranimo s strgalom.

Flokulacijski dodatki, kot so aluminij in železove soli, aktivirani silikati in razni organski polimeri, so pogosto uporabljeni kot dodatek flotaciji. Poleg koagulacije in flokulacije je njihova funkcija, da ustvarijo površino, ki je možna absorbirati oziroma ujeti zračne mehurčke [20].

Flotacija lahko poteka uspešno, če se formira stabilen agregat mikro mehurček ali flokula. Nastanek in stabilnost flokule je odvisna od površinskih napetosti: trdni delec-voda, trdni delec-zrak, voda-zrak in kot posledica tega tudi proste površinske energije. Za eno komponentno tekočino velja, da je pri konstantni temperaturi (T) in prostornini (V) površinska napetost enaka Helmholtzovi prosti energiji na

enoto površine (F_s). Oziroma pri konstantni temperaturi in Gibbsovi prosti energiji na enoto površine (G_s) [22].

$$\gamma_0 = (F^S)_{T,V} = (G^S)_{T,p}$$

pri čemer je:

γ_0 ... površinska napetost [$\frac{N}{m}$],

$(F^S)_{T,V}$... Helmholtzova prosta energija na enoto površine,

$(G^S)_{T,p}$... Gibbsova prosta energija na enoto površine.

Obstajajo tri metode, ki se med seboj razlikujejo po načinu vpihovanja zraka [19]:

- flotacija z razpršenim zrakom – zrak se pod tlakom vpiha v porozne membrane, ki tvorijo fine zračne mehurčke, ki se nato spojijo z onesnaževali,
- inducirana zračna flotacija (IAF) - fini zračni mehurčki se pomešajo med odpadno vodo preko indukcijske naprave kot je Venturijeva cev,
- flotacija z raztopljenim zrakom – zrak se pod pritiskom (0.4 - 0.8 MPa ali 1.0 - 1.2 MPa za aluminijeve spojine) raztopi v odpadni vodi in se pri postopnem prehajanju na atmosferski tlak ponovno uplini in tvori fine mehurčke.

Glede na lastnosti odpadne vode je potrebno oceniti, če je potrebno flotacijski bazen prekriti in preprečiti nastale pline z napravo za zadrževanje plinov. Potrebni so tudi dopolnilni objekti za hranjene kemikalij (flokulantov in koagulantov) in postrganega materiala [20].

Flotacija je uporabljena v primeru, ko metoda sedimentacije ni primerna, oz. ko:

- delci slabo tonejo,
- je razlika v gostoti delcev in gostoti odpadne vode nizka,
- je prostorska stiska na lokaciji,
- je potreba po odstranjevanju olj in masti.

Tabela 4: Prednosti in slabosti flotacije [20].

Prednosti	Slabosti
Manjši volumen in posledično nižji stroški kot so potrebni pri sedimentaciji.	Možno je mašenje ventilov.
Učinkovitost odstranjevanja se ne spreminja s spreminjanjem količine pritoka.	Zaradi nevarnosti izpusta škodljivih plinov v okolje je potrebno prekrivalo.
Omogoča pridobivanje surovin.	Višji obratovalni stroški kot pri sedimentaciji.
Višja učinkovitost ločevanja in višji delež suhe snovi za odlaganje kot pri sedimentaciji.	

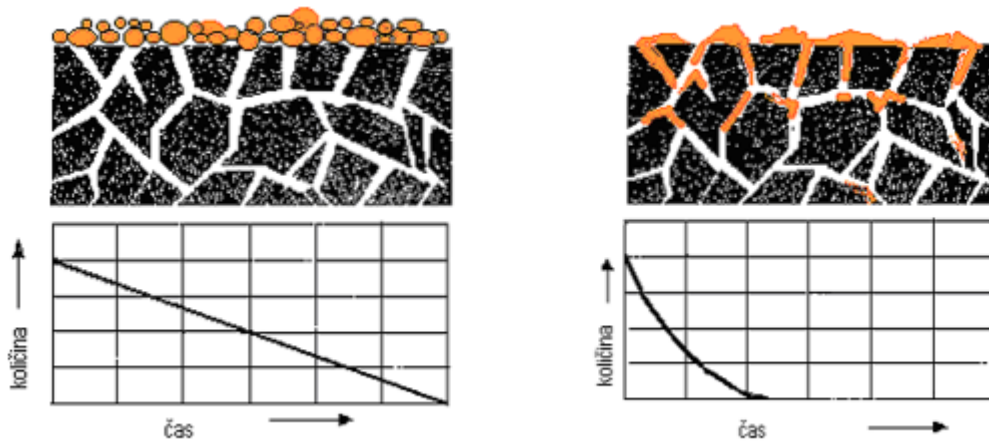
3.1.4 Filtracija

Filtracija je pogosta metoda za odstranjevanje trdih delcev iz odpadne vode. Odpadna voda teče skozi porozni medij, ki zadrži trdne delce. V tem poglavju govorimo le o fizikalnem zadrževanju delcev s filtracijo. Pogosto se obravnava filtracija kot postopek čiščenja vode za katerega pa ni pomembno, po kakšnem mehanizmu se voda očisti. V takšnem kontekstu spadajo v isto skupino tudi kombinirani fizikalno – kemijski in biološki filtri.

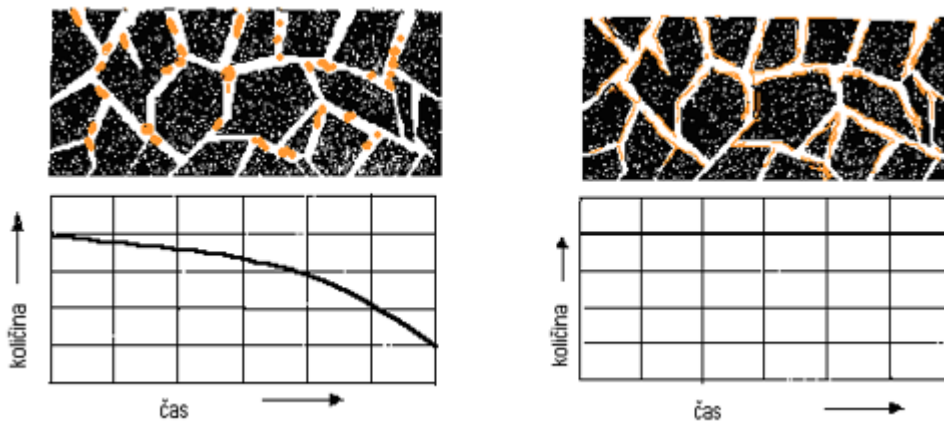
Poznam štiri osnovne mehanizme fizikalne filtracije:

- delci se zadržijo v celoti na površini filter medija,
- delci delno prodrejo v površino filter medija,
- delci se zadržujejo po volumnu filter medija zaradi velikosti por,
- filter medij zadrži finejše delce kot je velikost por (adsorpcija).

Kadar se uporabljajo zelo fini filter mediji, govorimo o membranski filtraciji. Tudi pri membranski filtraciji veljajo načelno vsi osnovni fizikalni mehanizmi filtracije. V praksi želimo, da pri membranski filtraciji ostanejo vsi delci na površini, saj bi imeli drugače zelo velike problema s čiščenjem filter medija [22].



Slika 6: Delci ostanejo v celoti na površini (levo), delci delno prodrejo v filter medij (desno) [22].



Slika 7: Mehansko zadrževanje delcev po volumnu (levo), mehansko zadrževanje delcev z adsorpcijo (desno) [22].

Vse zgoraj naštetih osnovnih mehanizmov se lahko tehnološko izvede preko različnih konstrukcijskih rešitev.

Pogosto uporabljeni filtrirni sistemi so [22]:

- peščeni filter, pogosto uporabljena naprava za čiščenje odpadne vode, predvsem za vodo, ki vsebuje malo trdih snovi,
- bobnast gravitacijski filter, uporabljen za čiščenje fekalne vode in odstranjevanje flokul aktivnega blata, njegova učinkovitost je odvisna od izbire filtrirnega materiala,
- rotirajoči vakuumski filter, primeren za predčiščenje pred filtracijo, namenjen za odstranjevanje olj iz odpadne vode,
- membranski filter,

- tračna filtrska stiskalnica, uporabljena za odstranjevanje vode iz blata in za ločevanje tekočih oziroma trdnih snovi in
- filtrirna stiskalnica, uporabljena za odstranjevanje vode iz blata in za ločevanje tekočih oziroma trdnih snovi,
- itd.

Peščeni filtri delujejo ali s pomočjo sile teže ali z umetno ustvarjenim pritiskom. Vsebujejo posteljico, narejeno iz granuliranega materiala, ki lahko sestoji iz ene ali več različnih tipov granuliranega materiala. Proces lahko poteka izmenično, ko se filtracija in izpiranje filtra izmenjavata, ali neprekinjeno, ko izpiranje filtra in filtracija potekata vzporedno. Glavna razlika med procesoma je [19]:

- izmenično delujoč peščeni filter je uporaben do ugotovitve motnosti vode, ko se v iztoku pojavi večji delež trdnih snovi, ali za zmanjšanje padca pritiska,
- neprekinjeno delujoči peščeni filtri nimajo problemov s povečano motnostjo vode na iztoku in ne s padcem pritiska.

Cilindričen (bobnast) filter je sestavljen iz cilindričnega ohišja, ovitega s filtrirnim materialom. Poznamo različico gravitacijskega cilindričnega filtra, ki je lahko obložen od znotraj ali ovit od zunaj, ali vrtljiv vakuumski filter, ki je lahko obložen od znotraj ali ovit od zunaj in priključen na vakuumsko črpalko [25].

Filtrirni material delimo po kriterijih:

- po frakciji ali velikosti delcev, ki lahko prečkajo skozi filtrirni material,
- pretočnosti, velika pretočnost pomeni majhen padec pritiska,
- kemijski stabilnosti, ki je sicer odvisna od filtrirane tekočine ali filtrata,
- zamašitvi, predvsem v materialu za ovijanje,
- mehanski trpežnosti glede na povzročeno obremenitev pri izpiranju oziroma premikanju filtrirne prevleke in
- gladki površini, ki olajša odstranjevanje oblog,
- itd.

Pri filter materialih so pogosto pomembne nekatere specialne lastnosti. Takšni specialni lastnosti sta na primer hidrofobnost in oleofobnost. Na oleofobne površine se navadno ne sprime pogača in se zato relativno lahko odstrani (na primer PVDF Zenon membrana za MBR ČN). Če je material hidrofoben, ne bo enostavno prepuščal tekoče vode, ampak bo prepuščal vodo v obliki pare (na primer PTFE Gore Tex membrane za filtre za odpraševanje in oblačila). Kadar ima filter medij pozitiven ali negativen električni naboj, lahko poveča učinkovitost čiščenja (elektrostatski filtri, dializne membrane, itd.) [26].

Tabela 5. Prednosti in slabosti filtracije [20].

Prednost	Slabosti
Visoka učinkovitost separacije.	Možna je zamašitev, predvsem na izmeničnem filtrirnem sistemu.
Mogoče je odstraniti tudi onesnaževala, ki niso v obliki trdnih snovi, npr. olja.	Okvara lahko dodatno obremeni iztok.
Uporaba je mogoča v številnih pogojih.	/

3.1.5 Membranska filtracija

Kemijsko-inženirski procesi, ki delujejo na principu faznega ločevanja z uporabo membran se imenujejo membranski procesi. Faze vključujejo trdno fazo (suspendirane trdne snovi, topne trdne snovi, itd.), tekočo fazo (voda, etanol, kloroform, itd.) in plinasto fazo (zrak, dušik, kisik, itd.). Membrana je porozna

filtrirni medij, ki je lahko kationski, anionski, ali z ne ionskimi lastnostmi in deluje kot bariera, ki preprečuje gibanje mase določene faze, medtem pa dopušča gibanje ostalih faz [27].

Membranski procesi so najpogosteje uporabljeni za čiščenje pitne vode, odpadne vode in v zadnjem času tudi pri čiščenju plinov. Pri čiščenju izcednih vod iz deponije se navadno uporablja reverzna osmoza. Mikrofiltracija in ultrafiltracija se uporabljata za pripravo pitne vode ali pa pri čiščenju komunalne odpadne vode (membranska čistilna naprava) [26].

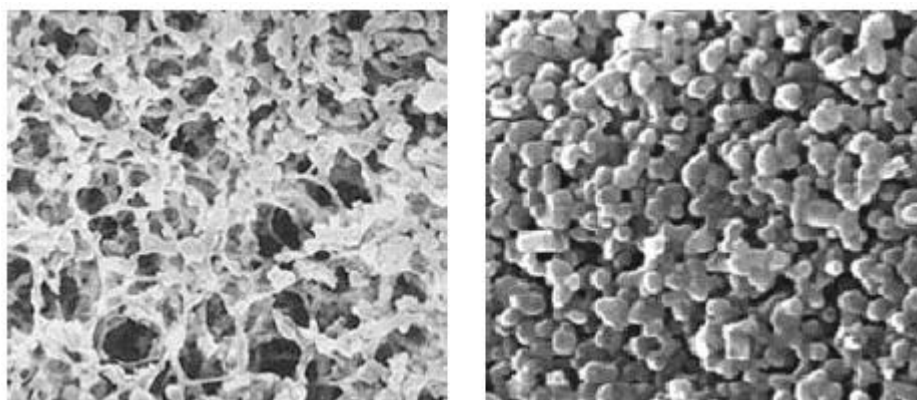
3.1.5.1 Mikrofiltracija

Mikrofiltracija (MF) je tlačno filtracijski proces za odstranjevanje trdih suspendiranih snovi z velikostjo delcev 10-0,08 μm , med katere spadajo kvasovke, flokule, nekateri paraziti, alge, vidni delci, cvetni prah, celotne suspendirane trdne snovi (TSS), aktivno blato, itd. Obratovalni tlak je med 0,02-0,5 MPa, kar zadostuje za premagovanje upora, ki ga predstavlja membrana [27].

Za izdelavo membran je na voljo mnogo različnih materialov. Izbira najučinkovitejšega zavisi od lastnosti odpadne vode, saj so različni materiali različno odporni na raztopljenе snovi. Membranski materiali, primerni za mikrofiltracijo, so [20]:

- steklena vlakna,
- polikarbonati,
- politetrafluoretilen (PETF),
- polivinildeflorid (PVDF membrane),
- celulozni acetat,
- poliamid,
- keramika na osnovi aluminija,
- karbon in
- razne kovine (sintrane).

Dobra lastnost PVDF membran je, da jih lahko čistimo z močno kislino, kavstično sodo ali belili.



Slika 8: Membrana iz polimerov (levo), membrana iz keramike (desno) [27].

MF se v primeru čiščenja odpadnih vod navadno izvaja prečno na tok (ang. cross-flow), tako da je tok permeata usmerjen pravokotno na smer toka odpadne vode, ki teče po membranski površini s hitrostjo od 0,5 do 5,0 m/s. Nečistoče ostanejo v krožnem toku odpadne vode, ki se volumensko zmanjšuje in zapusti membranski sistem v obliki koncentrata. Periodično se membrane spirajo s povratnim tokom čistega permeata in tako preprečujejo mašenje por.

Mikrofiltracijo navadno uporabljamo za [20]:

- razmaščevalni proces,
- dezinfekcijo vode,
- izločitev kovinskih delcev,
- v centralni komunalni čistilni napravi pa namesto sekundarnega usedalnika za odstranjevanje aktivnega odpadnega blata po postopku razbremenjevanja odpadne vode v biološkem reaktorju.

Uporaba MF je vedno pogostejša pri čiščenju komunalnih odpadnih vod, saj dosega zadovoljive rezultate pri dezinfekciji vode, brez dodatne uporabe dezinfekcijskih sredstev kot sta ozon in klor.

3.1.5.2 Ultrafiltracija

Ultrafiltracija (UF) je prav tako tlačni filtracijski proces, namenjen za odstranjevanje makromolekulskih trdnih snovi z velikostjo delcev 0,1-0,01 μm , med katere spadajo koloidni delci, bakterije, glive, aktivno blato, itd. Učinkovitost odstranjevanja makromolekulskih trdnih snovi iz vode je odvisna od njihove velikosti. Obratovalni tlak, ki se uporablja v procesu UF za premagovanje upora skozi polarizirano makromolekulsko plast na površju membrane znaša 0,2-1 MPa [27].

UF tehnologija je najpogosteje uporabljena za čiščenje pitne vode, uporablja pa se še za:

- odstranjevanje nestrupenih razgradljivih onesnaževal, kot so beljakovine in ostale makromolekulske spojine, in odstranjevanje strupenih nerazgradljive spojin, kot so barvila, oziroma barve, z molsko maso, ki presega 1000 g/mol,
- segregacijo emulzije olje/voda,
- ločevanje težkih kovin po procesu obarjanja,
- ločevanje težko razgradljivih odpadnih komunalnih snovi, ki so posledično reciklirane v biološko stopnjo in
- predčiščenje pred reverzno osmozo oziroma ionsko izmenjavo.

Materiali, primerni za izdelavo membrane, so navadno organski polimeri [20]:

- celulozni acetat,
- poliamid,
- polimid (sestavljeno iz sintetičnih linearnih makromolekul, ki v verigi vsebujejo ponavljajoče se imidne enote),
- polikarbonati,
- polivinilklorid,
- polisulfon,
- polietersulfon,
- poliacetal,
- kopolimeri akrilonitrila in vinilklorida,
- kompleksni polielektroliti in
- križno vezan polivinil alkohol ali poliakrilati.

Tabela 6: Primerjava lastnosti mikrofiltracije in ultrafiltracije [20].

Parameter	Mikrofiltracija	Ultrafiltracija
Premer pore [μm]	0,1-1	0,001-01
Obratovalni tlak [MPa]	0,02-0,5	0,2-1
Velikost prestreženih delcev [nm]	>100, vključno z bakterijami	10-100, vključno z makromolekulami, virusi, koloidni delci, 1000-100000 g/mol za raztopine
Pretok permeata [$\text{l m}^{-2} \text{h}^{-1}$]	50-1000	<100
Pretočna hitrost [m/s]	2-6	1-6
Tip membrane	simetrično polimerne ali keramične, premera 10-150 μm	polimerne ali asimetrične, keramične
Vrsta membrane	stožčasto spiralne, votla vlakna, tubaste	stožčasto spiralne, votla vlakna, tubaste

Razliko UF od sorodnih procesov MF in RO (reverzna osmoza) se lahko najlažje opiše na primeru čiščenja tekočine, ki je sestavljena iz vode, soli in proteinov. Pri procesu UF voda in sol prehajata skozi membrano, proteinske molekule pa se zadržijo. Tako se vsebnost proteinskih molekul v koncentratu povečuje, razmerje soli v tekočini ostaja nespremenjeno, razmerje soli in proteinov pa se znižuje. Po opravljenem procesu ostane koncentrat proteinskih molekul, ki so hkrati tudi razsoljene. V procesu RO bo skozi membrano prehajala le voda, zadržala pa se bosta sol in proteinske molekule. Po opravljenem procesu ostane koncentrat proteinskih molekul, ki pa ohranjajo nespremenjeno razmerje med proteini in soljo. V procesu MF bo membrana prepustila vodo, proteine in sol. Protein ne bo razsoljen, niti koncentriran [27].

3.1.5.3. Nano filtracija

Membrane za nano filtracijo (NF) so sestavljene iz večplastnega tankega sloja kompozitnih polimerov iz negativno nabitih kemijskih skupin. Uporabljajo se za zadrževanje molekulskih trdih snovi (sladkorji) in določenih večvalentnih soli (magnezijev sulfat), medtem ko prepuščajo znatne količine pretežno monovalentnih soli (natrijev klorid) pri obratovalnem tlaku 0,5-3 MPa. V procesu NF se odstranjujejo molekularne trdne snovi in večvalentne soli z velikostjo delcev 0.007-0.0005 μm , med katere spadajo barve, virusi, trdota vode, kalcijevi ioni, magnezijevi ioni, železovi ioni, fosforni ioni, sulfatni ioni, itd. [27].

Primerna je za obdelavo pitne vode, ker učinkovito odstranjuje divalentne katione (kali, magnezij) ter za mehčanje vode namesto konvencionalnega kemijskega mehčanja. Odstranjevanje organskih snovi z višjo molekulsko maso prispeva k izboljšanju okusa in vonja pitne vode. Uporablja se tudi za čiščenje odpadne vode v terciarni stopnji.

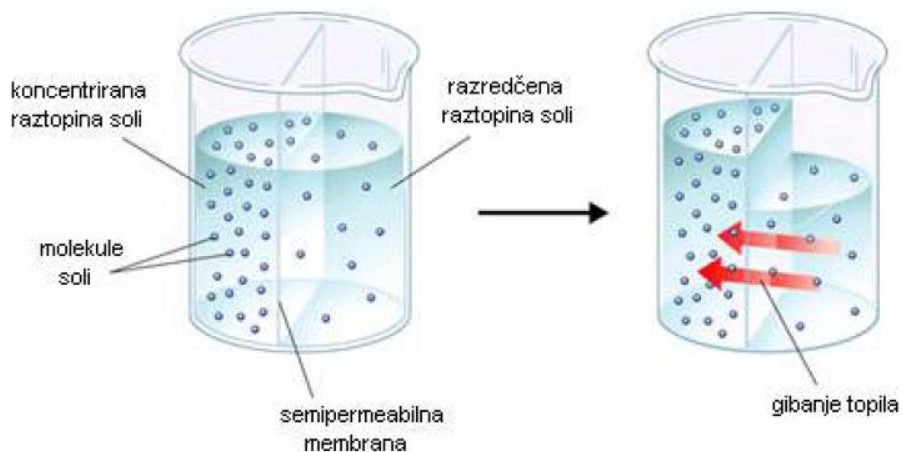
Za izdelavo membrane sta najpogosteje uporabljena materiala celulozni acetat in poliamidi.

NF se od RO razlikuje po večjem premeru por v membrani in nižjem obratovalnem tlaku. Omogoča visoko stopnjo odstranjevanja organskih snovi in srednjo stopnjo odstranjevanja neorganskih snovi. Za odstranjevanje organskih snovi z nizko molekulsko maso (metanol) je neučinkovita [19].

3.1.5.4. Reverzna osmoza

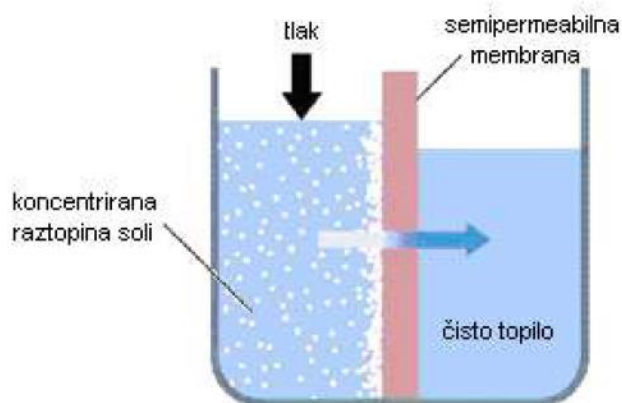
Membrane za RO so najpogosteje narejene iz celuloznega acetata s premerom por 5-20 Å enot. Sposobne so zadržati soli (do 98 %) in organske spojine (do 100 %) pri obratovnem tlaku 2-100 MPa. Z RO se odstranjujejo molekularne trdne snovi in soli z velikostjo 0.003-0.00025 μm , med katere spadajo natrijevi ioni, kalcijevi ioni, klorovi ioni, dušikovi ioni, organske spojine, itd. [27].

Osmoza je proces, pri katerem topilo (voda) difundira skozi semipermeabilno (polprepustno) membrano v koncentrirano do stopnje, kjer sta osmotski in hidrostatični tlak izenačena.



Slika 9: Shematski prikaz delovanja osmoze [28].

Če z zunanjo silo povečamo tlak na strani posode z visoko osebnoostjo raztopljenih snovi (sol), poteka prehod snovi v nasprotni smeri. Ker membrana ni prepustna za soli, gre skozi njo samo čisto topilo. Proces se imenuje reverzna osmoza [28].



Slika 10: Shematski prikaz delovanja reverzne osmoze [28].

Pri reverzno osmozni filtraciji je potrebno upoštevati tudi določene druge pogoje, ki pri običajni filtraciji niso pomembni. Ena izmed glavnih ovir je osmotski tlak, ki ga mora filtracijska naprava premagati, da je pretok vode sploh možen.

Osnovni mehanizem delovanje reverzno – osmotskega filtra lahko opišemo z enačbo:

$$J_1 = K_1(\Delta P - \Delta\pi),$$

pri čemer je:

J_1 ... pretok vode skozi membrano [$\frac{kg}{s m^2}$],

ΔP ... razlika tlaka na membrani [Pa],

$\Delta\pi$... razlika osmotskega tlaka na obeh straneh membrane [Pa],

K_1 ... koeficient permeabilnosti membrane [$\frac{kg s}{m^2 Pa}$].

Pretok soli skozi membrano je sorazmeren razliki koncentracije raztopin na stiku, na obeh straneh membrane.

$$J_2 = K_2 \Delta C,$$

pri čemer je:

J_2 ... pretok soli skozi membrano [$\frac{kg}{s m^2}$],

K ... porazdelitveni koeficient topljenca med membrano in raztopino [$\frac{m}{s}$],

ΔC ... razlika koncentracije soli na obeh straneh membrane [$\frac{kg}{m^3}$].

RO je primerna je za uporabo v primerih, ko je zahtevana visoka stopnja čiščenja. Prečiščeno vodo je mogoče reciklirati, oziroma ponovno uporabiti. Primeri uporabe so [19]:

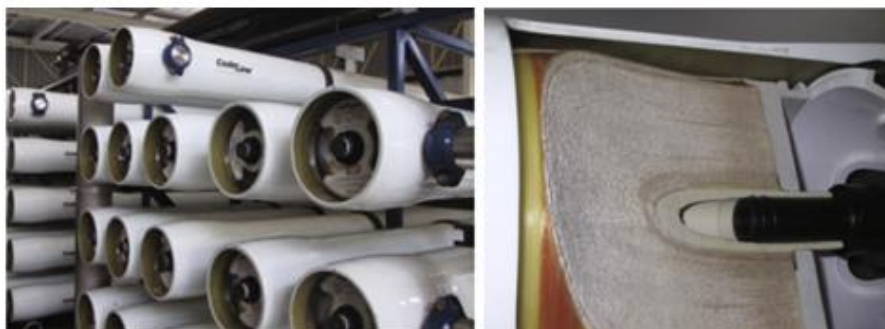
- razsoljevanje,
- čiščenje izcedne vode iz deponij,
- končno odstranjevanje:
 - razgradljivih snovi, v kolikor biološko čiščenje ni na voljo,
 - težkih kovin,
 - strupenih snovi,
- izločevanje onesnaževal z namenom, da se jim poveča koncentracija in jih je nato možno nadaljnjo predelati (predvsem v industriji).

Tehnologije membran se razlikujejo po oblikah in uporabljenih materialih. Najustreznejša izbira membrane za določen primer je v največji meri odvisna od lastnosti odpadne vode, saj se različni materiali različno obnašajo glede na raztopljene snovi v odpadni vodi. Materiali, primerni za izdelavo membran, so [20]:

- celulozni acetat,
- poliamidi,
- poliimidi,
- polikarbonat,
- polivinilklorid,
- polisulfon,
- polietersulfon,
- poliacetal,
- kopolimer od akrilnitrata in vinil klorida,

- polielekrolitska spojina,
- križno povezan polivinil alkohol in
- poliakrilat.

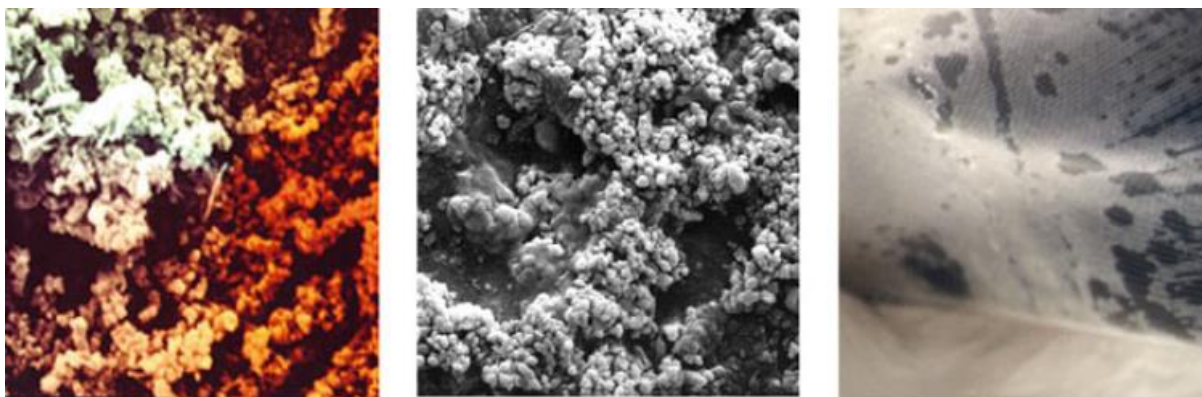
Membrane, zasnovane na poliamidih, dosegajo boljše rezultate pri odstranjevanju sledi organskih molekul kot pa membrane, ki so zasnovane na celulozi [20].



Slika 11: Primer spiralnega modula pri RO [27].

Proces nanofiltracije in reverzne osmoze navadno poteka prečno na tok tako, da je permeat usmerjen pravokotno na smer toka odpadne vode. Nečistoče ostanejo v toku odpadne vode, ki se volumensko zmanjšuje in zapusti membranski sistem kot koncentrat.

Čiščenje membran je potrebno redno izvajati, saj se tudi pri uporabi najboljšega predčiščenja membrane mašijo in uničujejo, kar se močno pozna na učinkovitosti sistema. Zasnova sistema mora omogočati preprosto vzdrževanje in zagotavljati redno mehansko ali kemično čiščenje posameznih modulov [27].



Slika 12: Posledice mašenja membran - neorganske snovi (levo), organske snovi (sredina), biološka rast (desno) [27].

Naprava za čiščenje odpadne vode z reverzno osmozo navadno sestoji iz treh ločenih delov:

- predčiščenje, ki zajema kemijsko čiščenje (obarjanje, koagulacija ali flokulacija), sledi proces filtracije in UF,
- membranski del, kjer se odpadna voda pod visokim tlakom prečno pretaka skozi membrane,
- zbiranje in upravljanje s koncentratom ter priprava permeata za nadaljnjo uporabo ali izpust v okolje.

NF in RO se razlikujeta po lastnostih prehajanja molekul skozi površino membrane, kar pa je potrebno upoštevati pri namenu uporabe. Procesna sta navadno uporabljena v kombinaciji s končnimi fazami čiščenja odpadne vode, kot so ionska izmenjava ali adsorpcija na granularno aktivno oglje.

Pri membranskem čiščenju se proizvede koncentrat, katerega količina je okoli 10 % volumna pritoka odpadne vode, vsebnost emisij pa je desetkrat višja, kot je vsebnost emisij na pritoku v napravo. Poraba

energije je sorazmerna s potrebnim pretokom in potrebi po tlaku. Vzdrževati je potrebno pretočno hitrost po površju membran, ki znaša okoli 2 m/s [27].

Tabela 7: Primerjava med nanofiltracijo in reverzno osmozo [20].

Parameter	Nanofiltracija	Reverzna osmoza
Premer pore [μm]	0.01-0.001	<0,001
Obratovalni tlak [MPa]	0,5-3	2-100
Velikost prestreženih delcev [nm]	>1, 200-1000 g/mol	<1000 g/mol
Pretok permeata [$1 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$]	<100	10-35
Pretočna hitrost [m/s]	1-2	<2
Tip membrane	asimetrične polimerne ali kompozit	asimetrične polimerne ali kompozit
Vrsta membrane	spiralne, tubaste	spiralne, tubaste

Membranska filtracija ima podobno delitev investicijskih stroškov. Vključno s stroškom izgradnje objekta za samodejno čiščenje lahko ocenimo delež stroška investicije na [20]:

- črpalke 30 %,
- zamenljive membranske komponente 20 %,
- membranske module 10 %,
- cevno omrežje, ventili, ogrodje 20 %,
- nadzorni sistem 15 % in
- ostalo 5 %.

Obratovalne stroške pa delimo na:

- strošek porabe elektrike za vzdrževanje potrebnega hidrostaticnega tlaka in pretoka skozi napravo,
- življenjsko dobo membran,
- potrebo po čistilnem ciklu,
- odvisno od lokacije - delovna sila.

Te stroške lahko delimo na:

- zamenljive membranske komponente 35-50 %,
- čiščenje 12-35 %,
- energijo 15-20 % in
- delo 15-18 %.

Tabela 8: Prednosti in slabosti membranske filtracije [20].

Prednosti	Slabosti
Visoka sposobnost čiščenja.	Mašenje in zaraščanje.
Modularni sistem, zelo prilagodljiv za spremembe pri uporabi.	V prisotnosti mehčalnih sredstev je možno zbijanje snovi.
Možna reciklaža permeata in koncentrata.	Potreben je visok tlak.
Nizka obratovalna temperatura.	Počasen tok permeata.
Možna popolna avtomacija delovnega procesa.	/

3.2 Fizikalno – kemijsko odstranjevanje topnih nebiorazgradljivih snovi

3.2.1 Kemijska oksidacija

Kemijska oksidacija je proces, pri katerem se s pomočjo kemijsko oksidacijskih sredstev, med katere ne uvrščamo kisika ali bakterij, emisije v odpadni vodi pretvorijo v podobne, vendar manj škodljive spojine, oziroma v manj kompleksne in lažje biorazgradljive organske spojine. Kemijsko oksidacijska sredstva so [20]:

- klor,
- natrijev ali kalcijev hipoklorit,
- klorov dioksid,
- ozon,
- vodikov peroksid v kombinaciji z UV žarčenjem in
- vodikov peroksid v kombinaciji z železovimi solmi.

Pogosti tehnološki postopki povezani z oksidacijo so:

- oksidacija z ozonom,
- oksidacija z vodikovim peroksidom,
- oksidacija z ozonom in v kombinaciji UV žarčenjem,
- oksidacija z vodikovim peroksidom v kombinaciji z UV žarčenjem,
- oksidacija z ozonom, vodikovim peroksidom v kombinaciji z UV žarčenjem in
- oksidacija s klorom, hipokloritom.

Zasnova oksidacijskega reaktorja je odvisna od njegovega namena [20]:

- Oksidacijski procesi običajno potekajo pod tlakom 0.5 MPa. V primeru uporabe UV žarčenja je za namen pospešitve procesa oksidacije potrebno v reaktorju zagotoviti izvor radiacije (nizko tlačna živosrebrna svetilka). To je urejeno na način, da skozi rektor potekajo cevi z odpadno vodo, ki prepuščajo UV žarke iz izvora v reaktorju, ali pa je izvor radiacije zaščiten s cevmi, ki prepuščajo UV žarke in so obdane z odpadno vodo.
- Ko je v proces vključen ozon, je sestavni del reaktorja naprava za proizvodnjo ozona. Zaradi nestabilnosti ozona ga je bolj smiselno proizvajati na lokaciji in se tako izogniti transportu. Po uporabi je potrebno presežke ozona odstraniti v skladu z varnostnimi predpisi.
- Pri uporabi vodikovega peroksida kot oksidacijskega sredstva je potrebno po končanem oksidacijskem procesu presteči presežke z adsorpcijo na granulirano aktivno oglje.
- Pri uporabi klora je potrebno uporabiti korita iz titana. Priporočena je tudi dodatna naprava za odstranjevanje presežkov klora in hipoklorita po končanem oksidacijskem procesu.

Zagotoviti je potrebno primerne prostore za shranjevanje oksidacijskih sredstev in pri tem upoštevati njihov škodljiv vpliv na okolje.

Kemijska oksidacija se uporablja v primeru, ko odpadna voda vsebuje pretežno bio-nerazgradljive snovi ali neorganske snovi. Takšna odpadna voda lahko negativno vpliva na biološke ali fizikalno-kemijske procese v komunalni čistilni napravi in zato ni primerna za izpust v kanalizacijo. Primeri takšnih onesnaževal so [19]:

- olje in mast,
- fenoli,
- policiklični aromatični hidro ogljiki (PAHs),
- organski halogenidi,
- barvila (s Fenton's agents),
- pesticidi,
- cianidi,

- sulfidi,
- sulfati in
- spojine težkih kovin.

Nekatera od zgoraj naštetih onesnaževal so biorazgradljiva in jih je mogoče čistiti s posebno prilagojenimi mikroorganizmi. V teh primerih je mogoča uporaba kemijske ali biološke oksidacije. Odločitev je odvisna od situacije na lokaciji. Za manjše količine izcedne vode, brez obstoječe infrastrukture za priključitev na centralno čistilno napravo, je priporočena izbira kemijska oksidacija.

Oksidacijske reakcije z aktivnim kisikom (ozon, vodikov peroksid) dopolnjene z UV žarčenjem se pogosto uporabljajo za čiščenje izcedne vode iz deponij, za zniževanje KPK, zmanjševanje neprijetnih vonjav ali obarvanosti [20].

Oksidacija s klorom ali natrijevim kloridom se uporablja pod posebnimi pogoji za odstranjevanje organskih spojin in organskih halogenov.

Tabela 9: Prednosti in slabosti kemijske oksidacije [20].

Prednosti	Slabosti
Možno nižanje KPK v koncentraciji od g/l do $\mu\text{g/l}$.	Visoka poraba energije: Ustvarjanje ozona, UV žarčenje, tlak in ogrevanje za oksidacijo s klorom.
Odstranjevanje neorganskih spojin.	Smiselno v primerih, ko je potreba po visoki stopnji čiščenja odpadne vode.
Delovanje ob spremenljivem pritoku.	Možno tvorjenje organskih halogenov, ko so kot oksidacijska sredstva uporabljeni halogeni.
Kratek zadrževalni čas in posledično manjši volumen reaktorja (oksidacija z vodikovim peroksidom potrebuje pri normalnem tlaku in sobni temperaturi le 60 - 90 min).	/
Tehnološki proces je združljiv z drugimi tehnološkimi procesi, kar omogoča boljše končne rezultate (granulirano aktivno oglje, prepričevanje z zrakom, aktivno blato).	/

Pri visoki onesnaženosti kemijska oksidacija ni ekonomsko opravičena zaradi prevelike porabe oksidacijskih sredstev. Napredni oksidacijski procesi, kot so:

- UV / vodikov peroksid,
- UV / ozon in
- UV / vodikov peroksid / ozon,

zahtevajo visok začetni vložek in obratovalne stroške ter obsežnejše dodatno predčiščenje kot postopek, ki ne vključuje žarčenja.

3.2.2 Kemijsko obarjanje težkih kovin

Tehnologija, ki je na voljo za odstranjevanje težkih kovin iz odpadne vode, je tudi kemijsko obarjanje. Kemijsko obarjanje zelo pogosto uporablja za odstranjevanje večine težkih kovin. Kovine, kot so arzen (As), barij (Ba), kadmij (Cd), baker (Cu), živo srebro (Hg), nikelj (Ni), selen (Se) in cink (Zn), se obarjajo kot hidroksidi ali sulfidi, zato uporabljamo kot obarjalno sredstvo hidroksid (OH⁻) ali sulfid (S₂⁻). Oborino s težkimi kovinami izločimo nato iz odpadne vode z enim izmed separacijskih postopkov (sedimentacija, filtracija, centrifuga, itd.). Kot lug za obarjanje se pogosto uporablja gašeno apno (Ca(CO)₂), ki je zelo poceni [22].

Obarjanje je lahko umeščeno med različne stopnje v postopku čiščenja odpadne vode [20]:

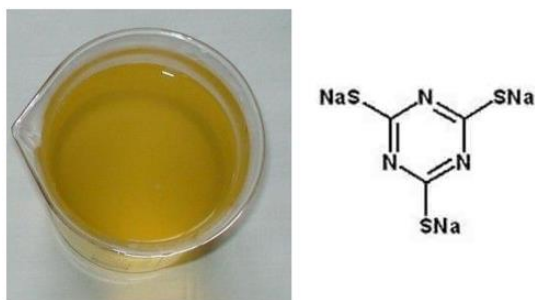
- na začetku procesa, da se odstranijo težke kovine in se s tem prepreči, da bi se dolvodno pomešale in razpršile z manj obremenjeno odpadno vodo,
- uporabi se ga kot glaven tehnološki proces za odstranjevanje fosfatov, sulfatov in fluoridov ali
- za odstranjevanje fosfatov po biološki stopnji v centralni komunalni čistilni napravi.

Nadaljnjo odstranjevanje tekočih ali trdnih snovi je običajno pogojeno z pH vrednostjo, temperaturo in zadrževalnim časom postopka obarjanja.

Tabela 10: Območja obarjanja različnih kovin v odvisnosti od pH vrednosti [22].

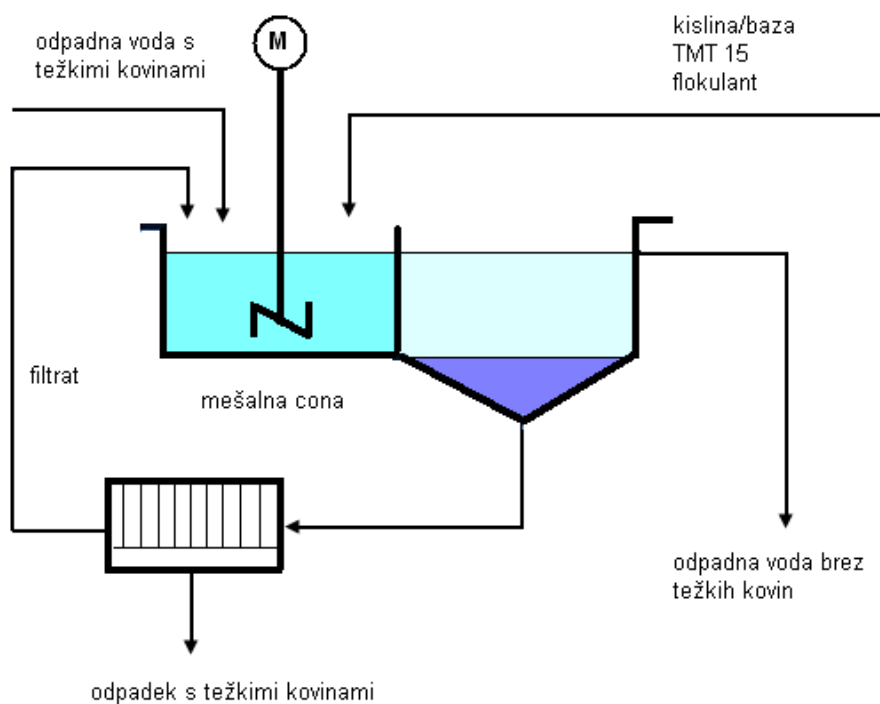
Mejne vrednosti pH	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Pb ²⁺ <0.5 mg/l						▨	▨	▨	▨	▨	▨
Cd ²⁺ <0.2 mg/l									▨	▨	▨
Ni ²⁺ <0.5 mg/l								▨	▨	▨	▨
Zn ²⁺ <2.0 mg/l							▨	▨	▨	▨	▨
Fe ²⁺ <3.0 mg/l							▨	▨	▨	▨	▨
Cu ²⁺ <0.5 mg/l							▨	▨	▨	▨	▨
Cr ³⁺ <0.5 mg/l						▨	▨	▨	▨	▨	▨
Al ³⁺ <3.0 mg/l			▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Sn ²⁺ <2.0 mg/l			▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Fe ³⁺ <3.0 mg/l		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
▨	Vrednosti pH pri katerih se raztopljene snovi spremenijo v kovinske hidrokside z natrijevim hidroksidom										
▨	Območje vrednosti pH z uporabo apnenega mleka										
▨	Območje vrednosti pH z uporabo natrijevega karbonata										

Raztopljene težke kovine v odpadni vodi (izcedni vodi iz deponij) lahko odstranjujemo tudi s kemijsko vezavo na specialne kemikalije. Takšen primer je vezava težkih kovin na TMT 15. Sredstvo reagira z težkimi kovinami na način, ki tvori stabilne, skoraj netopne TMT spojine, ki se nato brez težav odstranijo.



Slika 13: TMT 15 v tekočem stanju in strukturna formula [29].

Postopek obarjanja običajno zajema en ali dva pretočna mešalna bazena, kjer se dodajo obarjalna sredstva in usedalni bazen. Po potrebi se vključujejo še dodatne naprave.



Slika 14: Shematski prikaz čistilne naprave z dodatki za odstranjevanje težkih kovin [22].

Obarjene snovi (oborine) se običajno odstranjuje kot blato. V primerih odstranjevanja težkih kovin je tovrstno blato še posebej obremenjeno in se smatra kot strupen odpad. Takšno blato lahko vsebuje karbonate, fluoride, hidrokside (ali okside), fosfate, sulfate in sulfide težkih kovin. Upoštevati je potrebno tudi škodljiv izpust plinov, ki nastajajo pri postopku obarjanja. Priporočljivo je, da reakcije potekajo v primernih prostorih, kjer je zagotovljeno zbiranje odpadnih plinov [19].

Tabela 11: Prednosti in slabosti obarjanja z apnom ali natrijevim sulfidom [20].

Prednosti	Slabosti
Pri uporabi apna.	
Preprečuje povečevanje vsebnosti soli v odpadni vodi.	Možni zapleti, povezani z rokovanjem, shranjevanjem in dodajanjem apna.
Poveča se zadrževalni čas na celotni centralni komunalni čistilni naprave.	Povečanje količine blata zaradi povečane vsebnosti kalijevega hidroksida.
Izboljšanje usedanja blata.	Problemi pri vzdrževanju.
Gostejše blato.	/
Izboljšano mehansko odstranjevanje vode iz blata.	/
Krajši čas cikla odstranjevanja vode iz blata.	/
Nizki obratovalni stroški.	/
Pri uporabi natrijevega sulfida.	
Zmanjšanje količine blata (okoli 30% volumna v primerjavi z apnom).	V primeru napake, pri prenizkem pH, se tvori hidrogeni sulfidi.
Manjša poraba dodanih kemikalij (40% v primerjavi z uporabo apna).	Natrijev sulfid ni okolju prijazen.
Nižja vsebnost kovin po končanem postopku.	/
Zelo učinkovit pri odstranjevanju suspendiranih in raztopljenih kovin iz odpadne vode.	/

3.2.3 Adsorpcija

Najbolj poznani površinsko aktivni materiali so naslednji [22]:

- aktivno oglje,
- diatomejska zemlja,
- azbest,
- razni tipi polisilicijevih kislin (Kieselgur), itd.

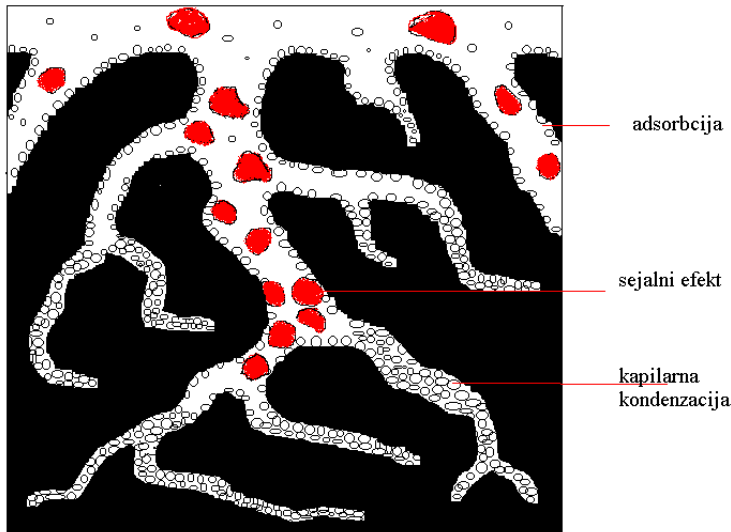
Čistilna sposobnost površinsko aktivnega materiala je odvisna od:

- vrste površinsko aktivnega materiala,
- aktivne površine materiala (od 100 do 1800 m²/g),
- vrste organskih nečistoč, ki jih čistimo,
- konstrukcijskih lastnosti filtra ,
- hitrosti pretoka, itd.

Privlačne sile, ki omogočajo fizikalno vezavo delcev nečistoč na površino, sestavljajo naslednje medmolekularne privlačne sile [22].

- Disperzijske sile (D – sile) , ki jih pogosto imenujemo Van der Wals – ove sile, so neusmerjene in delujejo na kratke razdalje. Niso odvisne od temperature.
- Sile, ki delujejo med dipoli (O – sile) so usmerjene. Pojavljajo se poleg D sil, kadar imajo molekule polarne atomske skupine. Delujejo na večje razdalje in so močno odvisne od temperature. Zaradi toplotnega gibanja se dipoli dezorientirajo, kar povzroči slabljenje privlačnih sil.
- Indukcijske sile (I – sile) se pojavljajo pri deformaciji elektronskega oblaka z električnim poljem atomske skupine, posebno zaradi delovanja dipola. Os inducirane dipola je gibljiva, zato niso temperaturno odvisne.

- Vodikove vezi (H – sile) so močno usmerjene privlačne sile med molekulami. Pojavijo se poleg disperzijskih in dipolnih sil, kadar imajo molekule atomske skupine z rahlo vezanim aktivnim vodikom. Vodikova vez nastane, kadar pride H atom med dva močno elektro-negativna atoma.



Slika 15: Prikaz adsorpcije na aktivnem oglju [22].

Adsorpcija je prenos raztopljenih snovi v odpadni vodi na površje trdnih in visoko poroznih delcev (absorbentov). Absorbenti lahko sprejmejo le določeno količino snovi, preden se iztrošijo in jih je potrebno zamenjati ali regenerirati. Običajno se uporabljajo absorbenti, navedeni v tabeli 12.

Tabela 12: pogosto uporabljeni absorbenti in njihove lastnosti [20].

Adsorbenti	Oblika	Specifična površina [m ² /g]	Volumen por [cm ³ /g]	Specifična gostota [g/l]
aktivno oglje	granule	500 - 1000	0,3 – 0,8	300 – 550
	prah	600 - 1500	0,3 – 1,0	
lignitno oglje	granule, prah	200 - 250	< 0,1	500
aluminijev oksid	granule, prah	300 - 350	0,4 - 0,5	700 – 800
adsorpcijske smole	granule	400 - 1500	poroznost 35 – 65 %	650 - 700

Proces adsorpcije se izvaja na načine:

- Mešanje – običajno pri tipu čiščenja z več serijami.
- Pronicanje skozi stacionarni adsorbent – čistilni proces poteka neprekinjeno. Valja s fiksno posteljico zbitega absorbenta delujeta izmenično. Medtem, ko eden deluje, se drugi regenerira.
- Plavajoč adsorbent – neprekinjen proces usmerjenega toka odpadne vode proti toku absorbenta.

Zaradi hitrega mašenja por na površju absorbentov je potrebno predhodno iz odpadne vode odstraniti čimveč trdnih snovi. Zato se pogosto za predčiščenje uporablja filtracija.

Aktivno oglje je najpogosteje uporabljen absorbent v industrijskem sektorju. Uporablja se ga v obliki granul GAC ali praha PAC. Pogosto se uporabljajo tudi absorbenti kot lignitov koks, aktivni aluminijev oksid, adsorpcijske smole in zeoliti [19].

- Granulirano aktivno oglje se uporablja za odstranjevanje organskih snovi, ki so lahko trdovratne, strupene, obarvane, neprijetnega vonja, in neorganskih snovi kot so dušikove spojine, sulfid in težke kovine. Regeneracija GAC poteka pri temperaturah od 900-1000 °C.

- PAC se uporablja za odstranjevanje istih onesnaževal kot GAC. Dozira se ga v odpadno vodo, da tvori brozgo, in je nato odstranjen s postopkom sedimentacije ali filtracije. PAC je mogoče dodajati na istem mestu, kjer se izvaja koagulacija in je nato odstranjen pri obstoječih procesih sedimentacije in filtracije. Navadno se PAC ne regenerira, ampak postane del blata, ki se ga po uporabi odstrani.
- Lignitno oglje se prideluje in uporablja kot granulirano aktivno oglje in je primerno za uporabo, ko ne potrebujemo visoke stopnje čiščenja. Je cenejši kot aktivno oglje, ampak ga zaradi slabše absorpcije porabimo več in ga je potrebno večkrat regenerirati.
- Aktivni aluminijev oksid se uporablja za odstranjevanje točno določenih hidrofilnih snovi, kot sta fluorid in fosfati. V primeru kontaminacije z organskimi snovmi je potrebna termalna regeneracija pri okoli 750 °C, oziroma kemijska regeneracija za neorganska onesnaževala.
- Absorpcijske smole se uporabljajo za odstranjevanje v naprej določenih hidrofobnih in hidrofilnih organskih snovi. Smole z vezavo organskih snovi po nekem časovnem okviru nabreknejo in jih je potrebno kemijsko regenerirati s topili kot metanol ali aceton.
- Zeoliti se uporabljajo za odstranjevanje težkih kovin. V primeru odstranjevanja amonijaka so učinkoviti samo pri nižjih koncentracijah do 40 mg/l. Regeneracija je mogoča s postopkom izpiranja z raztopino iz natrijevega klorida, kavstično sodo ali apna.

Tabela 13: Prednosti in slabosti adsorpcijskih sredstev [20].

Prednosti	Slabosti
Visoka učinkovitost čiščenja.	Nehomogenost organskih spojin lahko povzroči padec absorpcijske sposobnosti.
Odstranjuje trdovratne oz. strupene organske spojine.	Visoka vsebnost makromolekul zmanjšuje učinkovitost in lahko trajno uniči aktivne površine.
Običajno ne zavzame veliko prostora.	Velika poraba energije pri regeneraciji absorbenta ali pri zažigu v primeru aktivnega oglja v prahu.
Avtomatiziran sistem.	/
Ponovno pridobivanje zajetih snovi.	/

3.2.4 Ionska izmenjava

V procesu ionske izmenjave se iz odpadne vode selektivno odstranjujejo nezaželeni ali okolju nevarni ioni in se nadomestijo z okolju bolj prijaznimi ioni iz ionskega izmenjevalca. Zaradi omejene izmenjevalne kapacitete se ionska izmenjava postopno zmanjšuje do stopnje, ko je potrebno izmenjevalce regenerirati s kislom ali bazično raztopino. Ekonomska plat ionske izmenjave je odvisna predvsem od tipa in potrebne količine regeneracijske raztopine.

Molekulska struktura ionskega izmenjevalca vsebuje kisle in bazične radikale, ki se lahko izmenjujejo in pri tem nimajo vpliva na fizikalne lastnosti izmenjevalca, ki skozi proces izmenjave ostaja netopen [25].

Tradicionalno se je za ionsko izmenjavo uporabljal naravni zeolit, nato sintetični anorganski kompoziti (aluminosilikati) in organski kompoziti, danes pa prevladuje uporaba sintetičnih smol v obliki granul ali prahu [30].



Slika 16: Naravni zeolit (levo) [31], ionsko izmenjevalna sintetična smola v granulah (desno) [32].

Oprema za ionsko izmenjavo običajno sestoji iz:

- pokončnega nerjavečega tlačnega cilindričnega reaktorja, ki vsebuje sintetično smolo v različnih oblikah,
- nazornega ventila in cevne sistema, ki usmerja tok odpadne vode in regeneracijske tekočine na želeno mesta in
- sistema za regeneracijo smole, ki zajema fazo raztapljanja soli in opremo za monitoring raztopine.

Sistem za vtok odpadne vode je nameščen v zgornjem ali spodnjem delu reaktorja na način, ki zagotavlja enakomerno razporeditev odpadne vode po smolnati površini. Ob stiku odpadne vode s smolo se prične proces ionske izmenjave. Sledi faza povratnega toka, ki zajema spiranje nečistoč in prerazporeditev smolnate površine. V fazi regeneracije se pri majhni količini visoko koncentrirane raztopine obnovijo ionski izmenjevalci, ki hkrati oddajo nezaželene ione. Kationske smole se regenerirajo s kislinami, anionske smole pa z bazami. Faza spiranja s počasnim vodnim tokom odstrani obremenjeno regeneracijsko raztopino. Proces se zaključi s hitrim spiranjem, ki odstrani še zadnje nečistoče in morebitne ostanke regeneracijske spojine [30].

Tabela 14: Vrste ionsko izmenjevalnih smol [25].

Tip smole	Lastnosti
Selektivne kelatne smole za odstranjevanje težkih kovin	Struktura je v natrijevi obliki, podobne šibkim kislinam. Selektivne za katione težkih kovin.
Šibko bazične anionske smole	Šibka bazična funkcionalna skupina. Stopnja ionizacije je odvisna od pH.
Močno bazične anionske smole	Visoko ionizirane močno alkalne skupine, primerne za uporabo skozi celotno pH območje
Šibko kisle kationske smole	Obnašajo se podobno kot šibke kisline, ki so slabo disociirane.
Močno kisle kationske smole	Obnašajo se kot močne kisline visoko ionizirane oblike. Primerne za uporabo skozi celotno pH območje.

Ionski izmenjevalci se najpogosteje uporabljajo za mehčanje vode. Zaradi sposobnost odstranjevanja specifičnih onesnaževal so pogosto umeščeni v čistilne procese odpadne vode. Z njimi lahko odstranjujemo [25]:

- ione težkih kovin – katione ali anione kroma (Cr^{+3}) ali kadmijeve spojine pri nižjih koncentracijah in kromate (CrO_4^{-2}) pri višjih koncentracijah,
- ionizirane anorganske spojine, npr. borovo kislino (H_3BO_3) in
- topne organske ali netopne organske spojine, npr. karboksilne kisline (COOH), žveplene kisline, fenole, kisle soli, amine, alkalne sulfate in organsko živosrebrove organske spojine.

Zaradi visokih vrednosti anionov in kationov v izcedni vodi je uporaba te metode omejena.

Tabela 15: Prednosti in slabosti ionske izmenjave [20].

Prednosti	Slabosti
Širok spekter odstranjevanja ionskih in ioniziranih snovi iz tekočega medija.	Potrebno je predfiltriranje.
Nadzor nad intenziteto delovanja z uravnavanjem pretoka.	Rasti bakterij na površini ionskih izmenjevalcev.
Visoka učinkovitost.	Motnje v delovanju zaradi obarjanja in adsorpcije.
Pridobivanje virov in ponovna uporaba.	Motnje zaradi rivalskih ionov v odpadni vodi.
Ponovna uporaba vode.	Odstopanje smolnatih delcev zaradi mehanske obrabe ali regeneracije.
Velika raznolikost sintetičnih smol.	Odpadno blato in slanico je po regeneraciji potrebno ločeno odlagati.

3.3 Biološko odstranjevanje raztopljenih biorazgradljivih snovi

Čiščenje raztopljenih organskih snovi iz odpadne vode poteka s pomočjo mikroorganizmov oz. bakterij, ki delujejo kot oksidacijska sredstva. Biološko razgradljivost odpadne vode je mogoče grobo oceniti iz razmerja biološke potrebe po kisiku (BPK) in kemijske potrebe po kisiku (KPK) [20]:

- $BPK/KPK < 0,2$ slabo biorazgradljiva odpadna voda,
- $BPK/KPK 0,2 - 0,4$ srednje biorazgradljiva odpadna voda,
- $BPK/KPK > 0,4$ dobro biorazgradljiva odpadna voda.

Poznamo tri vrste metaboličnega procesa:

- aerobni - uporablja raztopljen kisik,
- anoksičen - z biološkim razkrojem pridobiva kisik vezan v snoveh,
- anaerobni - deluje v okolju brez kisika.

Glavne značilnosti treh procesov, v povezavi s čiščenjem odpadne vode, so opredeljene v Tabeli 16.

Tabela 16: Učinek anaerobnega, anoksičnega in aerobnega okolja za specifične parametre [20].

Parameter	Anaerobni	Anoksičen	Aerobni
Raztopljen kisik [mg/l]	0	0	> 0
Poraba energije	nizka	nizka	visoka
Količina odpadnega blata	malo	veliko	veliko
Občutljivost na strupene substance	visoka	nizka	nizka
Učinkovitost nižanja KPK	< 85 %	odvisna od denitrifikacije	> 85 %
Učinkovitost odstranjevanja dušika	0	45 – 90 % (potrebna predhodna nitrifikacija)	0
Uporabno za predčiščenje	da	da	da
Uporabno za zadnjo fazo čiščenja	ne	ne	da

3.3.1 Anaerobno biološko čiščenje

Organske snovi v odpadni vodi so v procesu anaerobnega čiščenja izpostavljene mikroorganizmom, ki za svoje delovanje ne potrebujejo kisika. Proces razgradnje ali gnitja tvori kot stranski produkt toplogredne pline (metan, ogljikov dioksid, sulfid, ...). Mikrobiološka razgradnja poteka v zaprtih mešalnih reaktorjih, kjer se vzdržujejo optimalni pogoji (pH 7 – 8 in 32 – 37 °C), primerni za večino

mikroorganizmov, ki se nahajajo v biomasi. Reaktorji so običajno opremljeni s sistemom odplinjevanja, ki proizveden bioplino shranjuje in ga nato uporablja kot energijski vir [19].

Tehnološki proces anaerobnega čiščenja se je izkazal za učinkovito predčiščenje v primerih, ko delež organske snovi v odpadni vodi presega vrednosti nad 2 g/l. Uporablja se ga predvsem v primerih, ko ima odpadna voda visoko vrednost biološke potrebe po kisiku.

Tabela 17. Prednosti in slabosti anaerobnega čiščenja [20].

Prednosti	Slabosti
V primerjavi z aerobnim procesom je majhna poraba energije.	Občutljivost na strupene substance.
Proizvodnja energijsko bogatega bioplina primerne za nadaljnjo uporabo.	Proizvodnja strupenih in gorljivih plinov.
V prisotnosti sulfatov ali organskih žvepljenih spojin se spojine težkih kovin pretvorijo v sulfide in obarjajo.	Zelo počasen začetek delovanja.
/	Potrebne dodatne stopnje čiščenja.

3.3.2 Aerobno biološko čiščenje

Pri aerobnem biološkem čiščenju se za odstranjevanje organskih snovi uporabljajo aerobni mikroorganizmi, ki za svoje delovanje potrebujejo kisik. Organski ogljik predelajo v CO₂, vodo in novo celično maso. Za rast potrebujejo hranila kot so dušik, fosfor, magnezij, kalcij, kalij in žveplo [25].

Aerobni biološki postopki so običajno uporabljeni v zadnji fazi biološkega čiščenja kot sistemi z suspendirano ali pritrjeno biomaso.

Tabela 18: Sistemi s pritrjeno in suspendirano biomaso [19].

Vrsta	Lastnosti
Sistemi s suspendirano biomaso	
Aeracijski bazen z mešanim aktivnim blatom	Najpogosteje uporabljena metoda, ki je učinkovita tudi pri močnejše obremenjenih odpadnih vodah.
Sekvenčni biološki reaktor (SBR)	Kombinacija usedalnika in aktivnega blata v skupnem reaktorju – spremembe temperature slabo vplivajo na učinkovitost.
Membranski bioreaktor	Napredna različica tradicionalnega čiščenja z aktivnim blatom, ki namesto gravitacije uporablja membrano za filtracijo trdnih delcev.
Sistemi s pritrjeno biomaso	
Precejalnik	Redko uporabljen.
Rotirajoči biološki kontaktorji	Možnost, da se težke kovine oprimejo medija in s tem zmanjšajo delež aktivne biomase.
Aerirani biološki filtri	Dovzetni za toksične snovi v izcedni vodi, ovira biološko aktivnost.
Reaktorji z biofilmom	Zelo učinkovito odstranjujejo ogljikove spojine.

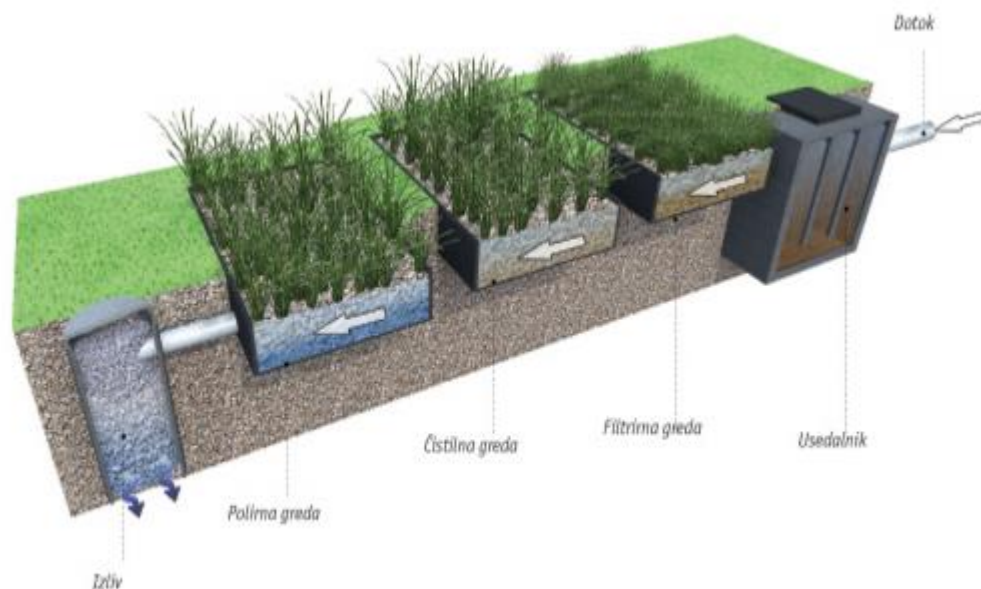
Za težko razgradljiva onesnaževala so aerobni postopki manj učinkoviti. S spremljanjem parametra biološke potrebe po kisiku lahko ovrednotimo učinkovitost delovanja biološkega čiščenja, medtem ko so vrednosti parametra kemijske potrebe po kisiku odvisne od predhodnih čistilnih procesov in se pri aerobnih postopkih v običajno ne spreminjajo.

Tabela 19: Prednosti in slabosti aerobnega biološkega čiščenja [20].

Prednosti	Slabosti
Cenovno ugoden način odstranjevanja organskih snovi.	Visoka poraba energije za dovajanje kisika.
Majhen vpliv na okolje.	Proizvede se velika količina odpadnega blata (z izjemo membranskega bioreaktorja in biofiltra).
Omogoča čiščenje velike količine odpadne vode.	Biološki procesi oslabijo v prisotnosti strupenih snovi.
Visoka učinkovitost v primerjavi z drugimi nebiološkimi postopki.	Pri membranskih reaktorjih je težava z mašenjem.
Produkt razgradnje so večinoma neškodljive snovi.	V prezračenih bazenih z aktivnim blatom lahko prekomerno penjenje privede do nenadzorovanega izpusta.

3.3.3 Aerobni in anaerobni biološki procesi v rastlinski čistilni napravi

Rastlinska čistilna naprava je sistem, ki posnema samočistilno sposobnost narave, kjer so v proces čiščenja vključeni aerobni in anaerobni mikroorganizmi, različne vrste močvirskih rastlin in mešanice substrata.



Slika 17: Shema rastlinske čistilne naprave podjetja Limnos d.o.o. [33].

V Sloveniji je bilo do leta 2013 postavljenih več kot 50 rastlinskih čistilnih naprav. Primerne so za čiščenje komunalnih odplak, čiščenje odpadne vode iz prehrabeno-predelovalne industrije ter izcednih vod iz komunalnih odlagališč odpadkov. Vse pogostejša je tudi uporaba na področju čiščenja odpadnih voda s cestnišč in tretje stopnje čiščenja [34].

Rastlinska čistilna naprava je glede na slovensko zakonodajo enakovredna drugim čistilnim napravam. V Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav (UL RS 30/2010) je opredeljena kot naprava, v kateri se odpadna voda čisti z biološko razgradnjo, in sicer z naravnim prezračevanjem s pomočjo rastlin z vertikalnim tokom.

Vrste RČN lahko razdelimo glede na prevladujoče močvirske rastlinske vrste (makrofite) [34]:

- sistemi s prosto plavajočimi makrofiti,
- sistemi s potopljenimi makrofiti in
- sistemi z emergentnimi makrofiti.

Rastlinske čistilne naprave z emergentnimi makrofiti so lahko zgrajene na različne načine. V splošnem jih lahko glede na način pretakanja vode razdelimo v štiri glavne skupine:

- sistemi s prosto vodno površino,
- sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom (tretja stopnja čiščenja za zmanjševanje biološke potrebe po kisiku in deleža lebdečih delcev),
- sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom vode (učinkovitejša izraba prostora in večji učinek pri odstranjevanju amonijaka) in
- hibridni sistemi.

Rastlinske čistilne naprave s podpovršinskim tokom vode nimajo proste vodne površine. Zaradi možnega mašenja poroznega medija je klasični sistem podpovršinskega toka omejen na čiščenje

mehansko prečiščene vode z majhno vsebnostjo delcev. V primerjavi s površinskim tokom pa je stična površina vode, bakterij in medija pri teh sistemih bistveno večja.

Najpogosteje uporabljene vrste RČN so sistemi s horizontalnim in vertikalnim podpovršinskim tokom ter hibridni sistemi. V Evropi se najpogosteje uporabljajo RČN s pulznim vertikalnim tokom vode skozi sistem, predvsem za čiščenje visokih vsebnosti amonijaka, v Sloveniji pa horizontalni sistemi in hibridni sistemi [34].

Glavni nosilci čiščenja v RČN so medij, mikroorganizmi in močvirske rastlinske vrste (makrofiti).

3.3.3.1 Hidravlične lastnosti medija

Vloga medija v rastlinski čistilni napravi je:

- čiščenje s fizikalnimi in kemijskimi reakcijami na območju koreninske cone,
- služi kot površina za razvoj mikroorganizmov in
- je podlaga za rast močvirskih rastlin.

Le pravilno dimenzionirana RČN lahko dosega zakonsko predpisane maksimalne vrednosti parametrov. Večina RČN za namen čiščenja komunalnih vod se projektira na željeni BPK₅, ta praksa pa je največkrat prenesena tudi na področje čiščenja izcednih vod [34].

Spodnja enačba nam poda potrebno površino RČN za čiščenje komunalnih odpadnih vod:

$$A = Qd \frac{\ln Co - \ln Ct}{K},$$

pri čemer je:

- A ... površina RČN [m²],
- Qd ... povprečen dnevni pretok [m³/dan],
- Co ... povprečna dnevna vrednost BPK₅ na dotoku [mg/l],
- Ct ... zahtevana povprečna dnevna vrednost BPK₅ na iztoku [mg/l],
- K ... konstanta [m/dan].

Konstanto K izračunamo:

$$K = kT H n,$$

pri čemer je:

- kT ... konstanta pri temperaturi T [1/dan],
- H ... globina sistema [m],
- N ... poroznost medija.

Pričakovana površina za eno populacijsko enoto je okoli 4-5 m²/PE. V primeru izgradnje večjih naprav je potrebno izvesti pilotni preizkus, saj na učinkovitost delovanja čistilne naprave vplivajo številni dejavniki, ki jih ni mogoče zajeti v splošni enačbi, ampak se razlikujejo od primera do primera.

Hidravlična prevodnost zavisi od mešanice in homogenosti uporabljenega medija in v najslabšem primeru povzroči površinski tok, ki zmanjša učinkovitost čiščenja. Izražena je s koeficientom prevodnosti, ki je odvisen od:

- granulacije,
- oblike zrn,
- zavitosti por,
- specifične površine,

- poroznosti,
- gostote tekočine,
- viskoznosti tekočine in
- temperature tekočine.

Tabela 20: Koeficient hidravlične prevodnosti [34].

Vrsta zemljine	Koeficient prevodnosti [k_f]
Prod	$10^{-1} - 10^{-2}$ cm/s
Debel pesek	$10^{-1} - 10^{-3}$ cm/s
Droben pesek	$10^{-2} - 10^{-3}$ cm/s

Hitrost pretoka skozi medij lahko izračunamo po spodnji enačbi:

$$v = \frac{Q}{nAs} = \frac{q}{n_{ef}} \quad n_{ef} < n,$$

pri čemer je:

- As ... del prereza, skozi katerega poteka pretok,
- n ... poroznost medija,
- n_{ef} ... efektivna poroznost,
- q ... specifični pretok oziroma prostornina vode skozi enoto prereza v času.

Od poroznosti je odvisna gostota materiala. Izračunamo jo z enačbo:

$$n = \frac{V_v}{V},$$

pri čemer je:

- V ... volumen por,
- V_v ... celoten volumen medija.

Povprečna vrednost je v primeru finega peska 33 %, grobo zrnatega pa 45 %.

Za potek reakcij potrebujemo zadosten zadrževalni čas, ki je odvisen od pretoka, celotnega volumna in poroznosti medija:

$$t = L W H \frac{n}{Q},$$

pri čemer je

- Q ... pretok [m^3/dan],
- n ... poroznost medija,
- L ... dolžina sistema [m],
- W ... širina sistema [m],
- H ... globina sistema [m].

3.3.3.2 Fizikalne značilnosti medija

Fizikalne lastnosti se skozi življenjsko dobo RČN spreminjajo. Na spremembo lastnosti vplivajo procesi adsorpcije, sedimentacije, razgradnje in filtracije, ki skozi čas zmanjšujejo vsebnost raztopljenega

kisika, oziroma redoks potencial, in tako zmanjšujejo mikrobo aktivnost. V nekatere RČN se za zaradi boljšega prezračevanja vgradi sistem za vpihovanje zraka.

3.3.3.3 Kemijske značilnosti

Raznolikost frakcij medija ima velik vpliv na filtracijo in sorpcijo. Manjše frakcije, kot glina in mivka, doprinesejo večjo reakcijsko površino, hkrati pa z nizko hidravlično prevodnostjo povzročajo mašenje. Zato so pogostejše večje frakcije, kot grušč in pesek, ki pa imajo slabše sorpcijske in filtracijske sposobnosti, manjše frakcije pa služijo kot dodatek. Skozi čas se hidravlične lastnosti izboljšajo, saj se pore zapolnijo z rastjo koreninskega sistema, odmiranjem korenin, obarjanjem, akumulacijo odpadnih delcev in rastjo biofilma [20].

Tabela 21: Premer zrn različnih vrst medija [34].

Vrsta medija	grušč	drobir	pesek	glina
Premer zrna [mm]	6 – 120	2 – 60	0,06 – 2	0,002

Ustrezen medij omogoča filtracijo suspendiranih delcev in patogenih bakterij, sedimentacijo suspendiranih delcev v praznih prostorih medija in sorpcijo raztopljenih organskih snovi, patogenih bakterij, dušika, fosforja, težkih kovin ter obarjanje fosforja in kovin.

Odstranjevanje dušika s postopno izmenjavo nitrifikacije in denitrifikacije s pomočjo mikroorganizmov. Dušik se pretvori v plin, če je pH večji od 7,2.

Kljub večjemu mašenju sistema je dodajanje zemljin pomembno za izboljšanje čistilne sposobnosti. Reaktivnost zemljine določata površina delcev in elektrostatična nabitost, ki je odvisna od velikosti delcev in od vsebnosti organskih snovi v zemljini. Zemljine imajo na površini delcev največkrat negativen naboj, ki privlači pozitivno nabite delce ali katione. Kationi, povezani z ionsko vezjo, se lahko izmenjajo z drugimi kationi, kar pa imenujemo ionska izmenjava [19].

3.3.3.4 Biološki vpliv

Rastlinska čistilna naprava posnema samočistilno lastnost močvirskega ekosistema. Biološki, fizikalni in kemijski procesi so med seboj tesno povezani. Tako ima rast in odmiranje mikroorganizmov vpliv na porast organskega ogljika v mediju, kar ima velik učinek za nadaljnji potek večine kemijskih snovi, prisotnih v sistemu. Sprememba strukture medija je povezana z:

- mikrobnimi procesi v mediju RČN in
- makrofiti ali močvirskimi rastlinami.

Razvoj mikrobnih združb je pri ugodnih pogojih povezan s pretvorbo dušika, žvepla, ogljika in železa. Učinkovitost procesov je odvisna od koncentracije določene snovi, pH medija in redoks potenciala.

Makrofiti z rastjo korenin in rizmov spreminjajo kemizem in hidravlične lastnosti medija. Odmrla rastlinska biomasa prispeva organski ogljik, dušik in fosforne spojine, ki se v obliki celuloze, hemiceluloze, lignina, proteinov in fosfolipidov postopno vračajo v krogotok kot hranila [34].

Močvirske rastline hkrati omogočajo prehajanje plinov (ogljikovega dioksida, vodikovega sulfida in metana) iz čistilne naprave v ozračje ter obratno.

Ob primerjavi medija v močvirju in medija v rastlinski čistilni napravi so najbolj opazne razlike:

- povečana dejavnost številnih mikroorganizmov, gliv, alg in nevretenčarjev, vodi k povečanju deleža detrita v RČN,

- v RČN lahko prihaja do obarjanja kovinskih hidroksidov ali sulfidov, ki predstavljajo dodatek k mineralni sestavi medija,
- povečana vsebnost raztopljenih snovi se v RČN odraža kot povečana električna prevodnost.

3.3.3.5 Mikroorganizmi

Mikroorganizmi v RČN vključujejo bakterije, viruse, plesni in alge. Pri razgradnji odpadne vode imajo največjo vlogo bakterije. Glede na področje, kjer se naseljujejo, in uporabo vira energije ločimo mikroorganizme na [36]:

po viru energije:

- fotolitotrofe - vir ogljika je ogljikov dioksid, energija iz svetlobe,
- fotoorganotrofe - vir ogljika je organska snov, energija iz svetlobe,
- kemolitotrofe - vir ogljika je ogljikov dioksid, energija iz oksidacijsko-redukcijskih procesov,
- kemoorganotrofe - vir ogljika je organska snov, energija iz oksidacijsko-redukcijskih procesov,

glede na področje naseljevanja:

- suspendirane mikroorganizme,
- epifitske mikroorganizme,
- mikroorganizme na površini sedimentne plasti in
- mikroorganizme v interfazi zrak, voda.

glede na porabo kisika:

- aerobne mikroorganizme - potrebni za nitrifikacijo in
- anaerobne mikroorganizme - potrebni za denitrifikacijo.

Mikroorganizmi so najdejavnejši v temperaturnem območju od 20 do 30 °C. Vrednost pH je odvisna od vrste, saj nekaterim ustreza kislo (pH 3-4), drugim bazično (pH 11-12), večini pa nevtralnemu pH območju. Največja skupina bakterij je kemoorganotrofna, ki za rast potrebuje vodo, minerale (molibden, mangan in kobalt), vitamine, vir ogljika in dušika [34].

Pomemben faktor pri vzpostavljanju mikrobiološkega ravnovesja je regeneracijski čas, ki predstavlja potreben čas, da se število celic v mikroorganizmih podvoji. Odvisen je od količine hranilnih snovi, temperature, pH in kisika.

3.3.3.6 Močvirske rastline

Pomembna vloga močvirskih rastlin v sistemu rastlinske čistilne naprave je, da:

- so vključene v proces filtracije in adsorpcije suspendiranih in ujedljivih snovi,
- zaradi difuzije kisika preko koreninskega sistema prezračujejo rizosfero ter s tem omogočajo oksidacijske procese ter razvoj aerobnih mikroorganizmov,
- nudijo površino za pritrditev mikroorganizmov,
- s svojimi izločki (antibiotiki) zmanjšujejo število patogenih bakterij,
- povečujejo hidravlično prevodnost z razvojem ter odmiranjem bogatega prepleta rizomov,
- njihove korenine, ki tvorijo mikropore, privzemajo organske in anorganske snovi.

Za rastlinske vrste, ki so primerne za RČN je zaželeno, da [20]:

- so prilagodljive na spremembe in strupenost v okolju,
- odporne na bolezni,

- imajo visoko sposobnost absorpcije,
- sproščajo dovolj kisika in
- imajo visoko produkcijo biomase z globoko koreninskim in rizomskim sistemom.

Zgornje kriterije najbolj izpolnjujeta rogoz in navadni trs.



Slika 18: Rogoz (levo) [37], navadni trs (desno) [38].

4 RAVNANJE Z ODPADKI V SLOVENIJI

Skrb za varovanje okolja je danes prisotna na vsakem koraku organizacije na področju ravnanja z odpadki. Za zagotavljanje ustrezne kvalitete storitev je potrebno vzpostaviti učinkovit nadzor, ki zagotavlja jasno organizacijsko strukturo s prevzemanjem odgovornosti, upošteva primere dobrih praks, ima v naprej postavljena pravila za ukrepanje, podpira možnosti za razvoj, ima dostopnost do informacij, pregledno posluje in vrši nadzor nad povzročitelji onesnaženja.

Na področju ravnanja z odpadki smo od vstopa v evropsko unijo naredili veliko sprememb. Koncept regijskih centrov za ravnanje z odpadki je spremenil pogled na tradicionalno odlaganja odpadkov. Posledično se je pokazala potreba po celoviti reorganizaciji nacionalnega programa za ravnanje z odpadki.

4.1 Zgodovina

V Sloveniji do leta 1995 nismo izvajali sistematičnega evidentiranja območij, kjer so se v preteklosti odlagali komunalni in industrijski odpadki. V ta namen se ni zbiralo finančnih sredstev ali izvajalo nadzora v skladu s sprejetim programom prioritete.

Leta 1999 je projekt evidentiranja pokazal, da je bilo v Sloveniji 60 odlagališč komunalnih odpadkov, 27 odlagališč industrijskih odpadkov in 1 odlagališče za nevarne odpadke.

Večina teh odlagališč ni imela urejenega tesnjenja dna odlagališča in zajema ali čiščenja izcednih vod. 25 odlagališč komunalnih odpadkov je bilo zgrajenih brez vseh potrebnih dovoljenj, 20 odlagališč je bilo zgrajenih na neprimernem terenu, 4 odlagališča so bila zgrajena v vodovarstvenem območju, 8 na kraškem terenu in 15 na poplavnem terenu [39].

V letu 2005 je bila v Sloveniji sprejeta Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja za obdobje 2005-2012, ki je predvidevala, da bodo odlagališča urejala skladno s predpisi o odlaganju odpadkov, ki so usklajeni s predpisi EU.

Na podlagi te resolucije je bil leta 2013 sprejet operativni program za ravnanje s komunalnimi odpadki, ki podrobneje opredeljuje cilje, usmeritve in naloge za obdobje 2012 – 2020. V ospredje postavlja ločeno zbiranje odpadkov na izvoru in učinkovito obdelavo mešanih komunalnih odpadkov v napravah za mehansko biološko obdelavo. Tako zastavljene cilje namerava doseči z visoko zmogljivostjo naprav za obdelavo komunalnih odpadkov, ki bodo zmanjšali strošek na enoto obdelanega odpadka in s tem ekonomsko upravičili strošek transporta [39].

4.2 Statistika

Glede na statistične podatke je Slovenija ena izmed Evropskih držav, kjer se je situacija na področju ravnanja z komunalnimi odpadki v zadnjem desetletju močno izboljšala. V letu 2007 smo na odlagališča odložili okoli 70 % komunalnih odpadkov, leta 2009 okoli 60 %, letu 2014 pa 23 %. Leta 2014 se je evropsko povprečje gibalo okoli 27,5 % odloženih komunalnih odpadkov.

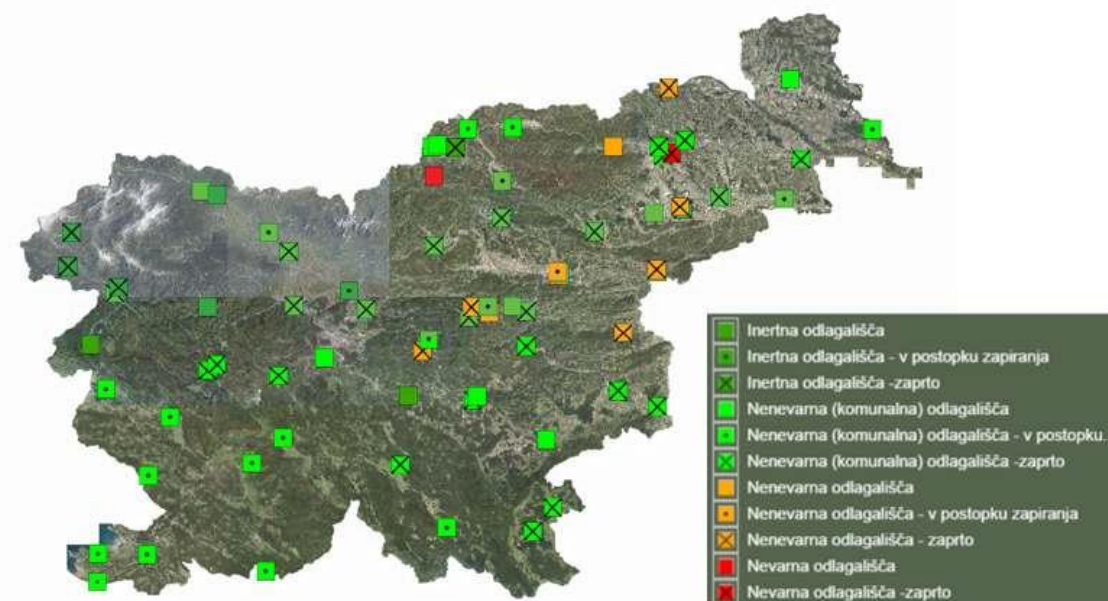
Dobre rezultate lahko pripišemo osveščenosti prebivalstva in učinkoviti politiki na področju ravnanja z odpadki, saj se relativno velik del odpadkov loči že na izvoru [40].

Leta 2016 je Ljubljana pridobila naziv Zelena prestolnica Evrope. V tem duhu se lahko prestolnica pohvali s 55,4 % deležem ločeno zbranih komunalnih odpadkov. Povprečno se v 28 članicah EU ločeno zbere okoli 19 % komunalnih odpadkov [41]. Za pohvalen rezultat je tu najbolj zaslužno javno komunalno podjetje Snaga d.o.o., ki je z novo postavljenim regijskim centrom za ravnanje z odpadki primer dobre prakse v EU [42].

Spremembe so opazne na področju aktivnih deponij. Leta 2007 je delovalo 54 odlagališč, danes pa je v obratovanju 18 deponij, ostale pa so zaprte ali v postopku zapiranja. Kljub spodbudnim spremembam so razlogi za zapiranje največkrat povezani s pritiski s strani EU zaradi neizpolnjevanja okoljevarstvene zakonodaje. Evropska komisija nam je izdala že drugi opomin, ker kljub zavezi, da se bo stanje uredilo do 2009, leta 2016 še vedno okoli 35 deponij krši evropsko zakonodajo [39].

Danes večino odpadkov prevzemajo regijski centri za ravnanje z odpadki, ki odlagajo le nekoristne odpadke, ostalo pa se reciklira ter nameni za ponovno uporabo kot surovina.

4.3 Pregled odlagališč v Sloveniji



Slika 19: Pregled odlagališč v Sloveniji [43].

Odlagališča so razdeljena glede na vrsto (nenevarna, nenevarna-komunalna, inertna, nevarna) in glede na status obratovanja odlagališča. Skladno s tretjim odstavkom 4. člena Uredbe o odlagališčih odpadkov (Uradni list RS, št. 10/14 in 54/15) se šteje za obdobje obratovanja odlagališča čas gradnje odlagališča, odlaganja odpadkov, zapiranja odlagališča in čas po njegovem zaprtju.

Odlagališča so glede na status razdeljena v odlagališča, na katerih se odlaga in imajo pridobljena okoljevarstvena dovoljenja za obratovanje, na odlagališča, ki so v zapiranju in za katera je upravljavec vložil vlogo za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja za čas zapiranja odlagališča in po njegovem zaprtju ter odlagališča, ki so zaprta, na podlagi odločbe o zaprtju odlagališča in odlagališča, za katera je upravljavec vložil vlogo za izdajo okoljevarstvenega dovoljenja za zaprto odlagališče [43].

V naslednjih poglavjih so predstavljena bolj podrobno predstavljena odlagališča, ki so razpolagala s podatki v vsaj petletnem časovnem intervalu. Podatki o statusu odlagališč so posredovani s strani ARSO za leto 2016.

4.4 Zaprte deponije

Slovenija ima vrsto zaprtih deponij, oziroma deponij v zapiranju, v katerih nastajajo izcedne vode, katerih sestavo je potrebno spremljati, odlagališča pa nadzirati in vzdrževati. Trajnostna sanacija odlagališč je povezana z relativno visokimi stroški, ki predstavljajo problem v vsaki lokalni skupnosti, saj se sredstva namensko niso zbirala.

Na odlagališčih, ki imajo izdane odločbe o zaprtju odlagališča, se lahko izvajajo samo še ukrepi varstva okolja po zaprtju. To pomeni, da mora upravljavec odlagališč skrbeti za vzdrževanje in varovanje zaprtega odlagališča, izvajati predpisane obratovalne monitoringe, izvajati redne preglede stanja telesa odlagališča in izdelovati poročila o stanju odlagališča in opredeljenih predpisanih meritvah za posamezno leto. V primeru, da upravljavec zaprtega odlagališča na podlagi meritev ali rednih pregledov telesa zaprtega odlagališča ugotovi, da je prišlo do čezmernih vplivov na okolje ali do pomembnih sprememb telesa odlagališča, mora pričeti izvajati ukrepe za odpravo nepravilnosti [44].

V Tabeli 22 so navedena vsa evidentirana zaprta odlagališča v letu 2016.

Tabela 22: Seznam zaprtih odlagališč z izdano odločbo [46].

Št.	Odlagališče	Upravljavec	komunalni / industrijski	Vrsta odlagališča	Status
1	BARJE (polja I do III)	Javno podjetje Snaga d.o.o., Ljubljana	komunalni	nenevarno	Zaprto
2	BOČKA	Komunala Metlika d.o.o.	komunalni	nenevarno	Zaprto
3	BRSTJE	Javne službe Ptuj	komunalni	nenevarno	Zaprto
4	CVIBLJE	Komunala Trebnje d.o.o.	komunalni	nenevarno	Zaprto
5	DOBOVA	Javno podjetje Komunala Brežice d.o.o.	komunalni	nenevarno	Zaprto
6	GRAŠČAK	Javno komunalno podjetje d.o.o.	komunalni	nenevarno	Zaprto
7	HOTEMEŽ	Komunala Radeče	komunalni	nenevarno	Zaprto
8	HRASTJE- MOTA	Saubermacher Slovenija	komunalni	nenevarno	Zaprto
9	KAMNOLOM ZAGORJE	KOP JKP Zagorje ob Savi	komunalni	nenevarno	Zaprto
10	LESKOVEC- staro	CeROD Novo mesto	komunalni	nenevarno	Zaprto
11	POBREŽJE	Snaga, javno podjetje d.o.o., Maribor	komunalni	nenevarno	Zaprto
12	PUCONCI- staro	CEROP Puconci	komunalni	nenevarno	Zaprto
13	SPODNJI STARI GRAD	Kostak komunalno stavbno podjetje d.d.	komunalni	nenevarno	Zaprto
14	TOJNICE	Komunalno podjetje Vrhnika d.o.o.	komunalni	nenevarno	Zaprto
15	UNIČNO- staro	CEROZ Zasavje	komunalni	nenevarno	Zaprto
16	VRANOVIČI	JP Komunala Vranoviči	komunalni	nenevarno	Zaprto
17	LISIČJA VODENCE	Komunala Tolmin, javno podjetje d.d.	industrijski	inertno	Zaprto
18	METAL- HALDA	Metal Ravne d.o.o.	industrijski	inertno	Zaprto
19	METAVA	Snaga javno podjetje d.o.o., Maribor	Industrijski	nevarno	Zaprto
20	PEPELIŠČE	Talum tovarna aluminija d.d. Kidričevo	industrijski	inertno	Zaprto
21	RDEČE BLATO	Talum tovarna aluminija d.d.	industrijski	nenevarno	Zaprto
22	SUHI MOST	Livar d.d.	industrijski	inertno	Zaprto
23	SUŽID	Komunala Tolmin, javno podjetje d.d.	industrijski	inertno	Zaprto
24	ŠTRKLEPCE	Komunala Tolmin, javno podjetje d.d.	industrijski	inertno	Zaprto
25	ŠONOVO	LF, d.o.o.	Industrijski	nenevarno	Zaprto
26	TOVARNIŠKI KANAL	Paloma Sladkogorska tovarna papirja d.d. Sladki Vrh	industrijski	nenevarno	Zaprto
27	RAKOVNIK	IUV Vrhnika – v stečaju	Industrijski	nenevarno	Zaprto

Na podlagi zgornjega seznama sta med 27 zaprtimi deponijami izpostavljeni dve deponiji, ki sta razpolagali s podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališč za vsaj petletni časovni interval.

4.4.1 Odlagališče Bočka Metlika

Zaprto odlagališče Bočka Metlika leži v občini Metlika, zahodno od mesta Metlika v naselju Bočka. Na odlagališču so do leta 2007 dovažali odpadke, ki so se zbirali na področju občine Metlika. Odločba o zapiranju je bila izdana leta 2010.

Deponija nima urejenega tesnjenja dna, telo deponije je prekrito s 0,3 m zemlje in 0,2 m plastjo humusa. Celotna površina odlagališča je zatravljena.



Slika 20: Odlagališče Bočka Metlika [43].

Od leta 2007 se izcedne vode s pomočjo drenažnih cevi zbirajo v vkopano cisterno in se po potrebi odvažajo na centralno čistilno napravo Metlika.

Tabela 23: Podatki o zaprtem odlagališču Bočka Metlika

Podatki za leto	2009	2014
Letna količina izcedne vode	16 m ³ /leto	24 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	ni tesnjenja	ni tesnjenja
Letno odloženih odpadkov	ocenjeno na 3.200 ton	zaprta od 2007
Odlagalna površina	2 ha	2 ha
Tehnološki proces	/	/
Vrsta iztoka izcedne vode	odvoz na ČN Metlika	odvoz na ČN Metlika
Preseženi parametri	ni preseženih parametrov	ni preseženih parametrov

Podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v poglavju 5.1.1.

4.4.2 Odlagališče Barje- stari del, Polja I, II, III

Odlagališče nenevarnih odpadkov Barje je locirano na JZ delu Ljubljane ob robu Ljubljanskega barja, pod sklopom Regijskega centra za ravnanje z odpadki Ljubljana. Na tej lokaciji so začeli odlagati odpadke leta 1964.

Danes zaprti del starega odlagališča je bil zapolnjen po 20. letih odlaganja in služi danes kot golf igrišče, poligon varne vožnje in površina za sejem rabljenih avtomobilov. Odlagališče je bilo namenjeno za odlaganje nenevarnih odpadkov iz Mestne občine Ljubljana in iz primestnih občin. Prevladujejo odpadki iz gospodinjstev in mešani komunalni odpadki iz industrije in obrti.



Slika 21: Odlagališče Barje [43].

Sedanje odlagališče leži južno od potoka Curnovec. V uporabi je od leta 1987.

Enovito IV. oz. V. odlagalno polje je bilo zgrajeno v treh fazah. Prva faza je bila zgrajena leta 2002, naslednje leto pa so bili tam odloženi prvi odpadki. Tretja faza, ki je bila urejena v okviru nadgradnje Regijskega centra za ravnanje z odpadki (RCERO Ljubljana), redno obratuje od septembra 2009. Na tem enovitem polju bi neobdelane odpadke lahko odlagali še nekaj let [47].

Neaktivni del odlagališča sestavljajo tri polja, ki so delno ali povsem prekrita s PE folijo ali 0,5 m plastjo elektrofiltrskega pepela.

Tabela 24: Podatki o zaprtem odlagališču Barje - stari del

Podatki za leto	2005	2014
Letna količina izcedne vode [m ³ /leto]	/	/
Tesnjenje dna	ne	ne
Letno odloženih odpadkov [t]	zaprto	zaprto

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 24

Odlagalna površina [ha]	<i>Polje I: 6,57 ha Polje II: 5,86 ha Polje III: 4,73 ha Skupaj: 17,16 ha</i>	<i>Polje I: 6,57 ha Polje II: 5,86 ha Polje III: 4,73 ha Skupaj: 17,16 ha</i>
Tehnološki proces	/	MBR, denitrifikacija, nitrifikacija, ultrafiltracija, adsorpcija, ionska izmenjava
Vrsta iztoka izcedne vode	V kanalizacijo na CČN Ljubljana Zalog	V kanalizacijo na CČN Ljubljana Zalog
Preseženi parametri	Neaktivni del: Biološka razgradljivost, bor, amonijev dušik, AOX, krom, sulfid	/

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v sledečem poglavju 5.3.2.

4.5 Odlagališča v zapiranju

Za odlagališča, ki so v postopku zapiranja, je upravljavec vložil vlogo za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja za čas zapiranja odlagališča in po njegovem zaprtju. Postopek zapiranja odlagališča običajno traja okoli 3 leta. V tem obdobju mora upravljavec poskrbeti za izvajanje predpisanih ukrepov za zaprtje odlagališča, ki zajemajo [48].

- vzdrževanje in varovanje zaprtega odlagališča,
- izvajanje meritev na način in v obsegu, določenem za izvajanje obratovalnega monitoringa odlagališča iz 45. člena te uredbe,
- redne preglede stanja telesa zaprtega odlagališča v obsegu, določenem za nadzor telesa odlagališča iz 47. člena te uredbe, in
- izdelavo poročila o stanju odlagališča in opravljenih predpisanih meritvah za posamezno koledarsko leto.

Tabela 25: Seznam odlagališč v postopku zapiranja [46].

Št.	Odlagališče	Upravljavec	Komunalni / industrijski	Vrsta odlagališča	Datum prenehanja odlaganja
1	BOČNA- PODHOM	Komunala, Javno komunalno podjetje d.o.o. Gornji Grad	komunalni	nenevarno	11.9.2010
2	CERO Slovenske Konjice	Javno komunalno podjetje d.o.o. Slovenske Konjice,	komunalni	nenevarno	30.6.2011
3	ČRNEČE	JKP Dravograd	komunalni (NND)	nenevarno	31.12.2009
4	DOB	Javno komunalno podjetje Prodnik d.o.o.	komunalni	nenevarno	31.12.2008

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 25

5	DOGOŠE	Snaga javno podjetje d.o.o. Maribor	komunalni	nenevarno	31.12.2009
6	DRAGA	Loška komunala	komunalni (NND)	nenevarno	30.6.2009
7	DRAGONJA	Javno podjetje Okolje Piran d.o.o.	komunalni	nenevarno	17.1.2011
8	DVORI	Komunala Koper d.o.o.	komunalni	nenevarno	15.7.2009
9	GORTINA- MUTA	Javno komunalno podjetje Radlje ob Dravi d.o.o.	komunalni	nenevarno	30.9.2011
10	JELŠANE	Komunalno podjetje Ilirska Bistrica	komunalni	nenevarno	31.1.2013
11	LJUBEVČ	JKP Komunala Idrija	komunalni (NND)	nenevarno	December 1999
12	LJUTOMER	KSP Ljutomer	komunalni (NND)	nenevarno	5.11.2007
13	LOKOVICA	Javno komunalno podjetje Log, d.o.o	komunalni	nenevarno	12.4.2013
14	MALA GORA- komunalno	Komunala Ribnica	Komunalni (NND)	nenevarno	25.11.2009
15	MISLINJSKA DOBRAVA	Javno komunalno podjetje Slovenj Gradec	komunalni	nenevarno	1.7.2013
16	NEŽA	Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o.	komunalni (NND)	nenevarno	31.5.2004
17	RAKEK- PRETRŽJE	Javno podjetje Komunala Cerknica d.o.o.	komunalni	nenevarno	1.10.2010
18	RASKOVEC	JKP Idrija	komunalni (NND)	nenevarno	7.9.2009
19	STARA VAS	Publicus d.o.o.	komunalni	nenevarno	31.12.2012
20	STRENSKO	Javno podjetje Komunala Laško d.o.o	komunalni	nenevarno	15.9.2012
21	ŠIRJAVA	KSP Litija d.o.o.	komunalni (NND)	nenevarno	31.12.2008
22	TENETIŠE	Komunala Kranj, Javno podjetje d.o.o.	komunalni	nenevarno	15.7.2009
23	TUNCOVEC	OKP- Javno podjetje za komunalne storitve Rogaška Slatina d.o.o.	komunalni	nenevarno	31.1.2013
24	VELENJE	PUP – Saubermacher d.o.o.	komunalni	nenevarno	31.12.2009
25	VOLČE	Komunala Tolmin, Javno podjetje d.d	komunalni	nenevarno	31.1.2013
26	IZOLA	Javno podjetje Komunala Izola, d.o.o.	komunalni	nenevarno	31.01.2013
27	MOZELJ	Javno komunalno podjetje Komunala Kočevje d.o.o.	komunalni	nenevarno	16.9.2013
28	STARA GORA	Komunala Nova Gorica d.d.	komunalni	nenevarno	7. 4. 2013
29	DOLGA POLJANA	Komunalno stanovanjska družba d.o.o. Ajdovščina	komunalni	nenevarno	1.2.2013

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 25

30	DOLGA VAS	CEROP Puconci	komunalni	nenevarno	31. 1. 2013
31	BUKOVŽLAK- CINKARNA	CINKARNA Celje, d.d.	industrijski	nenevarno	25.10.2010
32	SUHADOLE	OBČINA KOMENDA	industrijski (NND)	inertno	Maj 2008
33	TUNCOVEC- (Rogaška)	LF, d.o.o.	industrijski (NND)	nenevarno	31.8.2011
34	OSTRI VRH	Javno podjetje Komunalno podjetje Logatec d.o.o	komunalni	nenevarno	Ne odlaga
35	DOBRAVA	Komunalno podjetje Ormož d.o.o	komunalni	nenevarno	31.12. 2015
36	KOVOR	Javno podjetje Komunalno podjetje Tržič d.o.o.	komunalni	nenevarno	31.12. 2015
37	SEŽANA	Komunalno stanovanjsko podjetje d.d. Sežana	komunalni	nenevarno	31.12.2015
38	MALA GORA	Komunala Ribnica	industrijski	inertno	31.12.2015

4.5.1 Odlagališče Mislinjska Dobrava

Na lokaciji v Mislinjski Dobravi je odlagališče, na katerem so se odlagali komunalni in drugi nenevarni odpadki iz občine Slovenj Gradec.

Na lokaciji je starejši del odlagališča, ki nima urejenega tesnjenja in novejši del, ki ima dno deponije zatesnjeno z glinenim nabojem in telo deponije prekrito s PEHD folijo. Odlagališče je v letu 2013 prenehalo z odlaganjem odpadkov.



Slika 22: Odlagališče Mislinjska Dobrava [43].

Deponija ima ločen sistem zbiranja meteornih in izcednih vod. Ločeno je tudi odvajanje izcednih voda iz novega in starega dela odlagališča. Meteorne vode se odvajajo v Grajski potok, izcedne pa se iztekajo v kanalizacijo.

Tabela 26: Podatki o odlagališču v postopku zapiranja Mislinjska Dobrava

Podatki za leto	2005	2014
Letna količina izcedne vode	1.950 m ³ /leto	1.830 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	stari del: ne / novi del: da	da
Letno odloženih odpadkov	7.623 ton	ne odlagajo od 2013
Odlagalna površina	3,72 ha (aktivni del: 0,47 ha)	3,72 ha
Tehnološki proces	RČN	/
Vrsta izтока izcedne vode	v Grajski potok	v kanalizacijo na ČN Slovenj Gradec
Preseženi parametri	KPK, BPK ₅ , strupenost za vodne bolhe, celotni fosfor, AOX, amonijev dušik	biološka razgradljivost, amonijev dušik

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v poglavju 5.2.1.

4.5.2 Odlagališče Bočna Podhom

Odlagališče nenevarnih odpadkov Bočna-Podhom se nahaja vzhodno od Gornjega Grada, oziroma severovzhodno od Bočne pri Dreti, v zgornjem delu povirja potoka Lizavnica, ki se po 2,5 km izliva v reko Dreto. Vzhodno, južno in zahodno je odlagališče obdano z gozdom, s severne strani pa so kmetijske površine.



Slika 23: Odlagališče Bočna Podhom [43].

Odlagališče je od leta 2010 v fazi zapiranja. V okviru zapiralnih del se je prekril vrh odlagališča z ustreznimi materiali, ki omogočajo rekultivacijo odlagalne površine. Vzpostavil se je sistem za odplinjevanje in sežig deponijskega plina. Zapiralna dela so bila zaključena v letu 2013.

Izcedne vode se razbremenjujejo na rastlinski čistilni napravi in se nato odvažajo na čistilno napravo Gornji Grad [49].

Tabela 27: Podatki o odlagališču v postopku zapiranja Bočna Podhom

Podatki za leto	2011	2014
Letna količina izcedne vode	325 m ³ /leto	240 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	Ni tesnjenja dna	Ni tesnjenja dna
Letno odloženih odpadkov	Ne odlaga od 2010	Zaprto od 2014
Odlagalna površina	1,5 ha	1,5 ha
Tehnološki proces	RČN	RČN
Vrsta iztoka izcedne vode	Na telo deponije	Odvoz na ČN Gornji Grad
Preseženi parametri	Amonijev dušik	Amonijev dušik

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v poglavju 5.2.2.

4.5.3 Odlagališče Ljutomer

Odlagališče nenevarnih odpadkov Ljutomer je bilo namenjeno za odlaganje komunalnih odpadkov ter manjših količin inertnih odpadkov in je v postopku zapiranja. V letih 1999 do 2002 je bilo odlagališče sanirano v smislu tesnjenja in odvajanja meteornih in izcednih voda ter odlagališčenega plina.



Slika 24: Odlagališče Ljutomer [43].

Na odlagališču se odpadki od novembra 2007 ne odlagajo več. Površina odlagališča je prekrita s predpisano plastjo zemljine in je v celoti zatravljena. Izcedne vode se zbirajo v namenskem bazenu in se odvažajo na čistilno napravo Ljutomer.

Tabela 28: Podatki o deponiji v zapiranju Ljutomer

Podatki za leto	2009	2014
Letna količina izcedne vode	/	1.900 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	DA	DA
Količina letno odloženih odpadkov	Ne odlaga 2007	Ne odlaga 2007
Odlagalna površina	/	/
Tehnološki proces	RČN	/
Vrsta iztoka izcedne vode	odvoz na ČN	odvoz na ČN
Preseženi parametri	Biološka razgradljivost	Biološka razgradljivost, amonijev dušik

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v poglavju 5.2.3.

4.6 Odlagališča v obratovanju

Poleg tradicionalnih odlagališč obstajajo v Sloveniji tudi moderna odlagališča, ki so bila zgrajena pred kratkim. Ta odlagališča so bila zgrajena v skladu z najnovejšimi dognanji stroke in na njih odlagamo nekoristne odpadke, ki ostanejo po ločevanju.



Slika 25: Prikaz pripravljenega odlagališča za odlaganje odpadkov leta 2015.

Izcedne vode modernih deponij, ki so v obratovanju 3 leta, so običajno manj onesnažene kot izcedne vode tradicionalnih deponij, ki so v obratovanju 9 let. Kljub manjši obremenjenosti so še vedno strupene in navadno neprimerne za čiščenje na biološki način [3].

Tabela 29: Seznam odlagališč v obratovanju [46].

Št.	Odlagališče	Upravljavec	komunalni / industrijski	Vrsta odlagališča	Status
1	BARJE (polji IV in V)	Javno podjetje Snaga d.o.o., Ljubljana	komunalni	nenevarno	Odlaga
2	GLOBOKO	Komunala Trebnje d.o.o.	komunalni	nenevarno	Odlaga
3	LESKOVEC - novo	CeROD Novo mesto	komunalni	nenevarno	Odlaga
4	MALA MEŽAKLA	JEKO-IN, Javno komunalno podjetje d.o.o	komunalni	nenevarno	Odlaga
5	PRAGERSKO	Komunala Slovenska Bistrica d.o.o.	komunalni	nenevarno	Odlaga

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 29

6	PUCONCI- novo	CEROP Puconci	komunalni	nenevarno	Odlaga
7	RCERO Celje (Bukovžlak)	SIMBIO d.o.o., Celje	komunalni	nenevarno	Odlaga
8	UNIČNO- novo	CEROZ Zasavje	komunalni	nenevarno	Odlaga
9	ŠPAJA DOLINA	Javno komunalno podjetje Grosuplje d.o.o.	komunalni	nenevarno	Odlaga
10	CERO GAJKE	Javne službe Ptuj d.o.o.	komunalni	nenevarno	Ne odlaga
11	ZMES	Kocerod d.o.o.	komunalni	nenevarno	V poskusnem obratovanju
12	DESKLE	Salonit Anhovo, gradbeni materiali, d.d.	industrijski	inertno	Odlaga
13	JAVORNIK	SŽ Acroni d.o.o.	industrijski	inertno	Odlaga
14	NOMO MEŽICA	MPI-RECIKLAŽA d.o.o.	industrijski	nevarno	Odlaga
15	NOVAKI	ETA Cerklje d.o.o.	industrijski	inertno	Odlaga
16	PRAPRETNO	Termoelektrarna Trbovlje d.o.o.	industrijski	nenevarno	Odlaga
17	SUHI MOST	Livar d.d.	industrijski	inertno	Odlaga
18	TDR	TDR- Metalurgija d.d.	industrijski	nenevarno	Odlaga
19	TUNCOVEC – novo	LF, skladiščenje in upravljanje z odpadki	industrijski	nenevarno	Ne odlaga (izdano pred gradnjo)
20	VRHE	STORKOM Vrhe	industrijski	nenevarno	Odlaga

4.6.1 CeROD Leskovec

Center za ravnanje z odpadki Leskovec se nahaja pri Velikih Brusnicah, 12 km od Novega mesta. Star del odlagališče je v celoti zapolnjen in zaprt. Nahaja se v opuščnem peskokopu kremenčevega peska, ki ga obdaja dolomitna geološka formacija, na površini 7 ha. Obdano je z mešanim gozdom in ni locirano v vodovarstveni coni. Najbližji vodotok, Brezoviški potok, je oddaljen 200 m od odlagališča. Odlagališče je bilo v obratovanju med leti 1982 in 2012.



Slika 26: CEROD Leskovec [43].

Območje nove deponije zajema:

- odlagalno polje,
- tehtalni sistem,
- plato za sortiranje odpadkov,
- utrjeno ploščad za postavitev naprave za mehansko biološko predelavo organskih odpadkov in muljev iz komunalnih čistilnih naprav,
- aktiven odplinjanjevalni sistem s plinsko postajo (baklo za sežig deponijskega plina),
- nadgrajen sistem zajema izcedne in meteorne vode in
- čistilno napravo z reverzno osmozo za čiščenje izcednih vod iz odlagališča.

Zagotovljena kapaciteta odlagališča je 1.355.000,00 ton nenevarnih odpadkov, kar bo zadoščalo do leta 2037. Skupna zmogljivost starega in novega dela odlagališča je 1.855.000 ton.

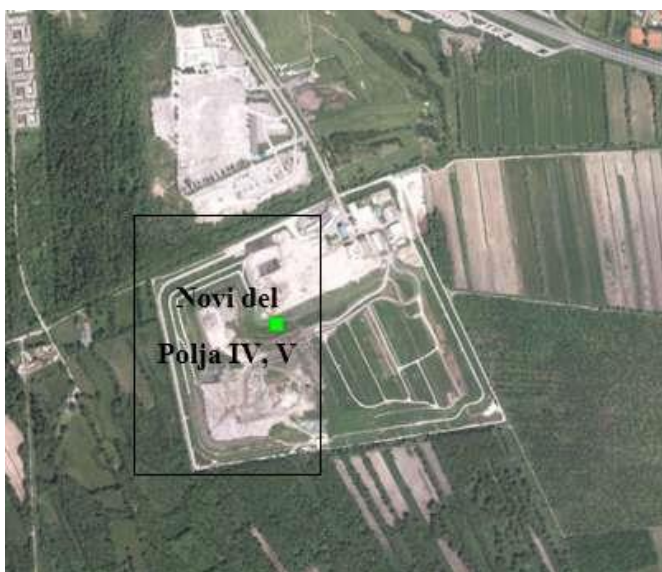
Tabela 30: Podatki o odlagališču v obratovanju CEROD Leskovec

Podatki za leto	2005	2014
Letna količina izcedne vode	31.762 m ³ /leto	19.520 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	/	da
Letno odloženih odpadkov	/	38.343,9 ton
Odlagalna površina	3,1 ha	2 ha
Tehnološki proces	/	ČN Reverzna osmoza
Vrsta iztoka izcedne vode	Iztok v kanalizacijo s KČN Ločna	Ponikalnica/tehnološka voda
Preseženi parametri	Amonijev dušik, AOX, sulfid	Sulfid, bor

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v poglavju 5.3.1.

4.6.2 RCERO Ljubljana

Odlagališče nenevarnih odpadkov Barje je danes del Ljubljanskega regijskega centra za ravnanje z odpadki, ki se nahaja na JZ delu Ljubljane ob robu Ljubljanskega barja in je pričel z obratovanjem konec leta 2015. Območje odlagališča s skupno površino 42 ha je namenjeno za odlaganje nenevarnih odpadkov iz 37 občin, kar zajema tretjino proizvedenih odpadkov v Sloveniji.



Slika 27: RCERO Ljubljana [43].

V sklopu RCERO Ljubljana so zajeta tri neaktivna odlagalna polja, ki so opisana v poglavju 4.4.2, kot del starega odlagališča Barje. Odpadke iz gospodinjstev in mešane komunalne odpadke iz industrije in obrti se danes odlaga na dve aktivni polji IV in V.

Tabela 31: Podatki o odlagališču v obratovanju Barje - novi del

Podatki za leto	2005	2014
Letna količina izcedne vode	155.183 m ³ /leto	273.906 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	da	da
Letno odloženih odpadkov	173.530 ton	64.098,89 ton
Odlagalna površina	<i>Polji IV in V: 7,69 ha</i>	<i>Polji IV in V: 12,59 ha</i>
Tehnološki proces	/	MBR, denitrifikacija, nitrifikacija, ultrafiltracija, adsorpcija, ionska izmenjava
Vrsta iztoka izcedne vode	V kanalizacijo na KCN Ljubljana Zalog	V kanalizacijo na CCN Ljubljana Zalog
Preseženi parametri	Biološka razgradljivost, bor, amonijev dušik, AOX	/

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v sledečem poglavju 5.3.2.

4.6.3 RCERO Celje

Regijski center za ravnanje z odpadki je lociran južno od lokalne ceste Teharje-Proseniško, okoli 5 km od središča Celja. Novo odlagalno polje je zgrajeno južno od že zaključenega in saniranega starega dela odlagališča Bukovžlak in je namenjeno odlaganju obdelanih odpadkov iz 24 priključenih občin Savinjske regije s približno 250.000 prebivalci.



Slika 28: RCERO Celje [43].

V novembru 2011 je bilo pridobljeno IPPC okoljevarstveno dovoljenje za naprave, ki povzročajo onesnaževanje večjega obsega. Center je opremljen s sprejemnim objektom s tehtnico, zbirnim centrom, zaprto kompostarno za biološke odpadke, sortirnico ločeno zbranih frakcij, stiskalnico odpadkov, demontažo in vmesnim skladiščem kosovnih odpadkov in vmesnim skladiščem nevarnih odpadkov, objektom za mehansko/biološko obdelavo odpadkov in novim odlagališčem za preostanek odpadkov.

Tabela 32: Podatki o odlagališču v obratovanju RCERO Celje

Podatki za leto	2011	2014
Letna količina izcedne vode	21.900 m ³ /leto	21.900 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	DA	DA
Letno odloženih odpadkov	50.426 ton	36.306 ton
Odlagalna površina	9,8 ha	9,8 ha
Tehnološki proces	ČN Reverzna osmoza	ČN Reverzna osmoza
Vrsta iztoka izcedne vode	V kanalizacijo na CCN Celje	V kanalizacijo na CCN Celje
Preseženi parametri	Amonijev dušik	/

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v sledečem poglavju 5.3.3.

4.6.3.1 Odlagališče Bukovžlak – stari del

Staro odlagališče nenevarnih odpadkov Bukovžlak je pričelo z obratovanjem v letu 1972 in je danes pod okriljem regijskega centra za ravnanje z odpadki Celje.

Na odlagališču so se odlagali komunalni in drugi nenevarni odpadki. Površina zaprtega in rekultiviranega dela odlagališča znaša 6,8 ha. Novejši del starega odlagališča ima površino 3 ha in urejeno tesnjenje z mineralnimi plastmi in folijo.

Na odlagališču je do konca leta 2005 delovala fekalna postaja, kjer se je dehidriralo blato do stopnje, ki je primerna za odlaganje na odlagališču.

V letu 2014 se je na posebej urejenem delu s površino 1200 m² odlagalo azbestne odpadke in okoli 10 % mešanih komunalnih odpadkov. Vsi ostali odpadki so se odložili na novem odlagalnem polju RCERO v neposredni bližini.

Tabela 33: Podatki o zaprtem odlagališču Bukovžlak - stari del

Podatki za leto	2005	2014
Letna količina izcedne vode	42.900 m ³ /leto	47.450 m ³ /leto
Sanacija odlagališča	Ne	Da
Letno odloženih odpadkov	/	2.967 ton
Odlagalna površina	0,84 ha	0,012 ha
Tehnološki proces	/	RČN
Vrsta iztoka izcedne vode	V kanalizacijo na ČN Celje	V kanalizacijo na ČN Celje
Preseženi parametri	Biorazgradljivost, AOX	/

Ravnanje z izcednimi vodami iz odlagališča in podatki o monitoringu izcednih vod iz odlagališča so komentirani v poglavju 5.3.3.1.

5 EKONOMSKO VREDNOTENJE UPORABLJENIH TEHNOLOGIJ

Stroški vzpostavitve novega tehnološkega procesa za čiščenje izcednih vod, preureditve obstoječega ali v obstoječ sistem vpeljati predčiščenje na posameznih fazah se v veliki meri razlikujejo od odlagališča do odlagališča glede na lokacijske parametre in vrsto odloženih odpadkov. Absolutna stroškovna primerjava postavitve novega sistema čiščenja izcedne vode je zaradi razlikujočih se pogojev neprimerna in brez prave reference, saj je vsaka situacija edinstvena. Primerjava je mogoča med stroški opreme glede na količino izcedne vode, oziroma stroškov čiščenja m³ očiščene izcedne vode [20].

Pregled odlagališč je pokazal, da se odlagališča različno soočajo s problematiko čiščenja izcedne vode. V veliki meri je investiranje v tehnološke postopke povezano z vlogo, ki jo bo odlagališče imelo za lokalno skupnost v prihodnosti.

5.1 Tehnološki postopki čiščenja na zaprtih deponijah

Upravljalci zaprtih deponij se praviloma ne odločajo za investicijo v nove tehnološke postopke. Običajno se poslužujejo improviziranih rešitev, ki le delno zadostijo zakonskim obvezam. Največkrat se izcedna voda zbira v bazenih in se nato s cisterno odvaža na čistilno napravo. Ker večina deponij nima urejenega tesnjenja dna, se zajem izcedne vode vrši ob telesu deponije. To pomeni, da se v bazenu za izcedne vode zbere le del izcedne vode, ostanek pa ponikne v tla.

Okoljsko zavedni upravljalci zaprtih deponij, se pogosto poslužujejo ekonomsko najugodnejše rastlinske čistilne naprave. Sestava izcednih vod je zaradi nizke biološke razgradljivosti in strupenosti dokaj neprimerna za čiščenje na standardni rastlinski napravi, ki navadno zadostuje za čiščenje komunalne vode. Za učinkovito čiščenje je potrebno standardne rastlinske čistilne naprave dopolniti z dodatnimi tehnološkimi procesi, ki so odvisni od lastnosti izcedne vode.

5.1.1 Odlagališče Bočna Metlika

Odlagališče Bočna Metlika ima status zaprtega odlagališča. Iz podatkov o monitoringu izcednih vod za leti 2009 in 2014 vidimo, da ni preseženih normativov za izpust izcedne vode v kanalizacijo.

Tabela 34: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bočna Metlika.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v okolje	2009	2014
Temperatura [C°]	30	15,3	15,8
pH	6,5-9,0	7,6	7,4
Nerazt. sn. [mg/l]	80	14,6	7,8
Used. sn. [ml/l]	0,5	0,10	0,06
KPK [mg/l]	120	46	41
BPK ₅ [mg/l]	25	3,8	1,5
Strupenost	3	1	LOD
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,01	LOD
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	LOD	LOD
Krom-šestvalentni - Cr _{VI} [mg/l]	0,1	LOD	LOD
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,02	0,0096
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,003	LOD
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	0,0003	0,0008
AOX [mg/l]	0,5	0,039	0,038
Celotni fosfor [mg/l]	1	0,15	0,26
Celotni dušik [mg/l]	Se izračuna	33	22
Amonijev dušik [mg/l]	10	27,5	13,1
Nitratni dušik [mg/l]	-	5,95	9,89
Nitritni dušik [mg/l]	1	LOD	LOD
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX [mg/l]	0,1	LOD	0,05
Benzen [mg/l]	0,1	0,01	LOD
Toluen [mg/l]	0,1	0,01	LOD
Ksilen [mg/l]	0,1	0,01	LOD
Celotni ogljikovodiki - mineralna olja [mg/l]	5	0,10	0,12
Klorid [mg/l]	-	43,8	40,2
Sulfid [mg/l]	0,1	0,02	LOD
Cink [mg/l]	2	0,05	LOD
Krom – skupno [mg/l]	0,5	0,0075	LOD

Vrednosti onesnaževal so izjemno nizke in so, z izjemo rahlo preseženega amonijevega dušika, primerne za neposreden izpust v okolje. Iz tega lahko sklepamo, da se zajem izcedne vode ne izvaja pravilno in se v zbirni bazen za izcedne vode izteka predvsem zaledna in meteorna voda. Odvažajo se na čiščenje na najbližjo čistilno napravo.

Ker za trajnostno sanacijo odlagališča ni potrebnih sredstev, bo situacija ostala nespremenjena. Pri trenutni kvaliteti izcedne vode bi bilo morda smiselno vzpostaviti preprosto rastlinsko čistilno napravo, ki bi znižala zdaj preseženo vrednost amonijevega dušika in s tem zadostila normativom za neposreden izpust v okolje.

5.1.2 Odlagališče Barje – stari del

Zaprto odlagališče Barje – stari del je danes del sodobnega regijskega centra za ravnanje z odpadki Ljubljana. V sklopu centra je urejeno tudi čiščenje izcedne vode na skupni čistilni napravi.

Iz podatkov o monitoringu izcednih vod iz deponije za leti 2005 in 2014 (Tabela 35) lahko razberemo, da ni preseženih normativov za izpust izcedne vode v kanalizacijo. Meritve so bile opravljene na iztoku iz zbirnega bazena pred vtokom v kanalizacijo, ki se konča s čistilno napravo Ljubljana Zalag.

Tabela 35: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Barje - stari del.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v javno kanalizacijo	2005	2014
Temperatura (C°)	40	23	17,8
pH	6,5-9,5	8,2	8
Neraztopljene snovi [mg/l]	400	22	1,5
Usedljive snovi [ml/l]	10	0,1	0,1
KPK [mg/l]	-	630	257
BPK ₅ [mg/l]	-	73	28
Strupenost	-	LOD	LOD
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,03	LOD
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	0,01	LOD
Krom-šestvalentni - Cr _{VI} [mg/l]	0,1	LOD	LOD
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,08	LOD
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,03	LOD
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	0,001	LOD
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	0,56	LOD
Celotni fosfor [mg/l]	-	3,1	9,05
Celotni vezani dušik [mg/l]	-	475	311,5
Amonijev dušik [mg/l]	550	450	279
Nitratni dušik [mg/l]	-	1	LOD
Nitritni dušik [mg/l]	10	LOD	0,0975
Biološka razgradljivost (%)	70	36	23,5
Aluminij [mg/l]	-	/	0,071
Arzen [mg/l]	0,1	/	0,0052
Barij [mg/l]	5	/	0,275
Bor [mg/l]	10	33	15
Cink [mg/l]	2	0,1	0,05
Kobalt [mg/l]	0,03	/	0,009
Celotni krom [mg/l]	0,5	0,07	0,024
Kositer [mg/l]	2	/	0,0125
Srebro [mg/l]	0,1	/	LOD
Železo [mg/l]	-	/	1,24
Celotni cianid [mg/l]	10	0,01	/
Klorid [mg/l]	-	615	/
Sulfat [mg/l]	300	/	175,5

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 35

Sulfid [mg/l]	1	0,03	LOD
Sulfit [mg/l]	10	/	0,225
Celotni organski ogljik - TOC [mg/l]	-	225	/
Celotni ogljikovodiki – mineralna olja [mg/l]	20	0,5	0,0675
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX [mg/l]	1	0,03	0,0275
Benzen [mg/l]	1	0,03	0,02
Toluen [mg/l]	1	0,03	0,02
Ksilen [mg/l]	1	0,03	LOD
Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki - LKCH [mg/l]	0,1	/	0,0515
Diklorometan [mg/l]	0,1	/	0,0055
Triklorometan [mg/l]	0,1	/	0,0079
Tetraklorometan [mg/l]	0,1	/	0,0075
1,2-Dikloroetan [mg/l]	0,1	/	0,0077
Polarna organska topila [mg/l]	5000	/	3,5
Fenoli [mg/l]	10	/	0,032
Tenzidi - vsota [mg/l]	-	/	0,305
Tenzidi - anionski [mg/l]	-	/	0,0925
Tenzidi - neionski [mg/l]	-	/	0,19

Iz Tabele 35 lahko razberemo, da je surova izcedna voda iz deponije že primerna za odvajanje v javno kanalizacijo. Kljub ustrezni kvaliteti se iz zbirnega bazena prečrpava v egalizacijski bazen, kjer se pomeša z izcedno vodo iz aktivnega dela odlagališča RCERO Ljubljana in se nato pred iztokom v kanalizacijo razbremeni še na čistilni napravi, katere tehnološki postopek je podrobneje opisan v poglavju 5.3.2.

Če upoštevamo, da se lastnosti izcedne vode skozi čas spreminjajo, prav tako se postopno zaostrojujejo zakonsko predpisane mejne vrednosti izpustov emisij, lahko sklepamo, da je povečanje hidravlične obremenitve obstoječe čistilne naprave na dolgi rok smiselno.

5.2 Tehnološki postopki čiščenja na deponijah v postopku zapiranja

Izbira tehnološkega postopka za čiščenje izcednih voda iz deponij v postopku zapiranja zavisi predvsem od lastnosti izcedne vode, obstoječe tehnologije za ravnanje z izcednimi vodami in od razpoložljivih sredstev za trajnostno sanacijo.

V devetdesetih letih se je v Sloveniji razširil koncept RČN. Zaradi nizkih obratovalnih stroškov je bila tovrstna tehnologija še posebej zanimiva za manjše deponije z nižjim proračunom.

Tabela 36: Odlagališča, ki jih je z RČN opremilo podjetje Limnos d.o.o.

Odlagališče	Leto izgradnje
Ljutomer	2000
Dobrava	1999
Podhom	1999
Stara deponija na Ljubljanskem barju	1994
Deponija na Ljubljanskem barju	1994
Ljubevč	1993
Dragonja	1992

5.2.1 Odlagališče Mislinjska Dobrava

Odlagališče Mislinjska Dobrava je prenehalo z odlaganjem v letu 2013 in je danes v fazi zapiranja. Odlagališče je trajnostno sanirano v smislu odplinjevanja, rekultivacije površja, urejenega sistema za zajem izcedne vode in ustreznega tesnjenja dna.

Podatki o monitoringu izcedne vode za leto 2005 so bili posredovani od ARSO. Monitoring se je opravljal pred iztokom v Gajski potok, v letu 2014 pa pred iztokom v javno kanalizacijsko omrežje, ki se zaključuje s čistilno napravo Slovenj Gradec. Prikazane so letne povprečne vrednosti, pridobljene iz 4 letnih meritev.

Tabela 37: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Mislinjska Dobrava.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v okolje	2005	Mejne vrednosti pri odvajanju v javno kanalizacijo	2014
Temperatura (C°)	30	14	40	14,7
pH	6,5-9,0	8,2	6,5-9,5	7,2
Neraztopljene snovi [mg/l]	80	6,3	400	74,3
Usedljive snovi [ml/l]	0,5	0,1	10	0,27
KPK [mg/l]	120	393	-	123
BPK ₅ [mg/l]	25	57	-	24,5
Strupenost	3	10	-	0,0
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,03	0,5	0,0066
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	0,01	0,025	LOD
Krom-šestvalentni - CrVI [mg/l]	0,1	LOD	0,1	LOD
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,025	0,5	0,0093
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,03	0,5	0,0043
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	0,001	0,005	LOD
Adsorbiljni organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	1,4	-	0,2025

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 37

Celotni fosfor [mg/l]	1	2,4	-	0,5400
Celotni dušik [mg/l]	Izračun	255	-	143
Amonijev dušik [mg/l]	10	233	200	132,475
Nitratni dušik [mg/l]	Izračun	3	-	2,2969
Nitritni dušik [mg/l]	1	LOD	10	LOD
Biološka razgradljivost (%)	-	/	70	46,25
Cink [mg/l]	2	0,1	2	0,0431
Celotni krom [mg/l]	0,5	0,1	0,5	0,0065
Klorid [mg/l]	-	274	-	75,5
Sulfid [mg/l]	0,1	0,03	1	0,0131
Celotni ogljikovodiki - mineralna olja [mg/l]	5	0,1	20	0,1
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki – BTX [mg/l]	0,1	0,03	1	0,003
Benzen [mg/l]	0,1	0,03	1	LOD
Toluen [mg/l]	0,1	0,03	1	LOD
Ksileni (vsota -o,-m,-p) [mg/l]	0,1	0,03	1	LOD

Do leta 2006 se je izcedna voda odvajala v dve trstični gredi, ki sta služili kot improvizirana čistilna naprava. Gredi sta bili projektirani z dimenzijami 10 x 48 x 0,8 m³ in napolnjeni z medijem frakcije 1-4 mm in 4-8 mm, z zadrževalnim časom okoli 16 dni. Izcedne vode iz obeh čistilnih naprav so odtekale v Grajski potok na skupnem iztoku.

Monitoring v Tabeli 37 prikazuje, da je bila rastlinska čistilna naprava projektirana neustrezno, saj so bile presežene mejne vrednosti v primeru parametrov KPK, BPK₅, strupenosti za vodne bolhe, celotnega fosforja, AOX in amonijevega dušika.

Od leta 2006 so izcedne vode speljane v kanalizacijsko omrežje, kjer se čistijo na centralni čistilni napravi Slovenj Gradec.

Iz podatkov v Tabeli 37 lahko vidimo, da so kriteriji za odvajanje v javno kanalizacijsko omrežje preseženi v primeru parametra biološke razgradljivosti in amonijevega dušika.

Upravljalca čistilne naprave Slovenj Gradec je v skladu z veljavno Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo podal mnenje, da naprava na tem iztoku okolja ne onesnažuje prekomerno.

5.2.2 Odlagališče Bočna Podhom

Podatke o monitoringu izcedne vode je posredoval upravljalca odlagališča, Javno komunalno podjetje Gornji Grad. Prikazane so povprečne letne vrednosti parametrov za leti 2002 in 2014.

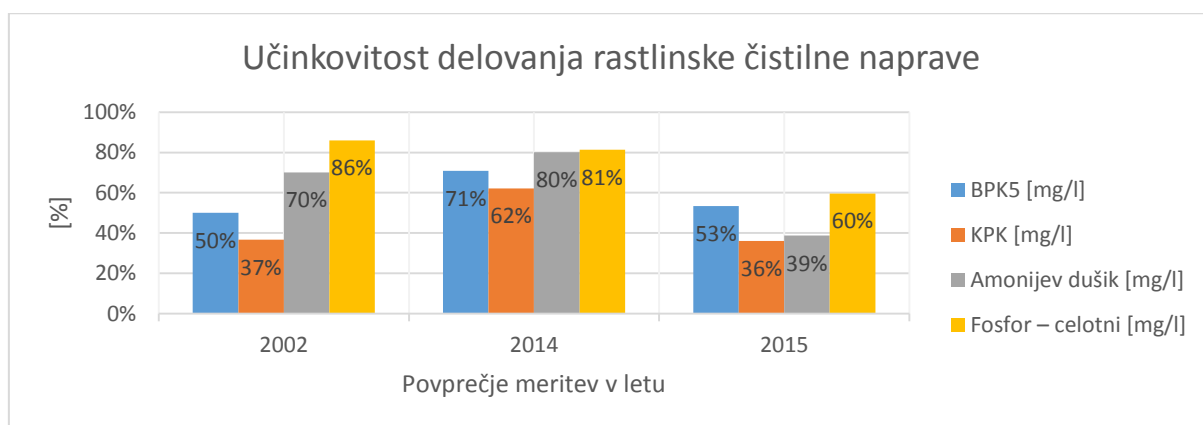
Izcedne vode se iz zbirnega bazena odvažajo na čistilno napravo Gornji Grad.

Tabela 38: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bočna Podhom [50].

Parametri	Mejne vrednosti pri odvajanju v okolje	2002			2014		
		Dotok	Iztok	Učinkovitost naprave [%]	Dotok	Iztok	Učinkovitost naprave [%]
pH	6,5-9	7,65	7,82	-2	/	7,9	/
Neraztopljene snovi [mg/l]	80	70	45	36	/	19,8	/
Usedljive snovi [ml/l]	0,5	0,1	0,1	0	/	0,03	/
KPK [mg/l]	120	828	524	37	356,7	135,3	62
BPK ₅ [mg/l]	25	60	30	50	24	7	71
Amonijev dušik [mg/l]	50	459	137	70	392,8	77,9	80
Nitratni dušik [mg/l]	35	220,3	142	36	/	6,35	/
Fosfor – celotni [mg/l]	2	1,72	0,24	86	1,5	0,28	81
Dušik – celotni [mg/l]	-	/	/	/	451,7	115	75

Izcedne vode odteka na rastlinsko čistilno napravo, ki je locirana ob odlagališču. Hidravlična zmogljivost naprave je ocenjena na 10 m³/dan.

V Tabeli 38 so vrednosti izmerjenih parametrov pred in po vtoku na čistilno napravo. Iz vrednosti je preračunana učinkovitost čistilne sposobnosti naprave, ki je prikazana v Grafu 2.



Graf 2: Prikaz učinkovitosti čistilne sposobnosti rastlinske čistilne naprave po parametrih.

Vzorec odpadne vode je bil odvzet na dotoku na čistilno napravo in ustreza kriterijem za odvoz na čistilno napravo.

Upravljalca čistilne naprave si prizadeva, da bi znižal obratovalne stroške odlagališča z dvigom učinkovitosti rastlinske čistilne naprave in tako zadostiti kriterijem za odvajanje razbremenjene izcedne vode v bližnji potok Lizavnica. Predpisani kriteriji so preseženi v primeru parametrov: amonijev dušik, nitratni dušik in KPK.

Za izboljšanje učinkovitosti je Zavod za zdravstveno varstvo Celje podal priporočilo, da je potrebno obstoječi sistem dopolniti s tehnološkim procesom za odstranjevanje amonijevega dušika. To se lahko izvede z oksidacijo amonijevega dušika v nitratni dušik z dovajanjem zraka ali z vezavo na naravni

zeolit. Fazo dovajanja zraka je potrebno umestiti pred napravo v zbirni bazen, kar najlažje dosežemo z vpihovanjem.

Previsoka vsebnost amonijevega dušika zavira biokemijsko razgradnjo, zato bi znižanje vsebnosti izboljšalo biološko razgradljivost, ki je na pritoku na čistilno napravo prenizka za normalno delovanje.

5.2.3 Odlagališče Ljutomer

Podatke o monitoringu izcedne vode je posredoval upravljalec odlagališča, Komunalno stanovanjsko podjetje Ljutomer.

V Tabeli 39 so povprečne letne vrednosti parametrov na vtoku v zbirni bazen za leto 2009 in 2014. Izcedne vode se iz zbirnega bazena odvažajo na čistilno napravo Ljutomer. Prikazane so letne povprečne vrednosti na podlagi štirih meritev.

Tabela 39: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Ljutomer.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v javno kanalizacijo	2009	2014
Temperatura (C°)	40	11,3	14,5
pH	6,5-9,5	7,81	7,5
Neraztopljene snovi [mg/l]	400	4,84	16,3
Usedljive snovi [ml/l]	10	/	0,08
KPK [mg/l]	-	201	261,0
BPK ₅ [mg/l]	-	11,7	17,8
Strupenost	-	/	LOD
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,05	0,0315
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	0,0114	LOD
Krom-šestvalentni - Cr _{VI} [mg/l]	0,1	0,1	LOD
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,072	LOD
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,095	0,1338
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	0,0002	0,0009
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	0,21	0,1825
Celotni fosfor [mg/l]	-	0,47	1,675
Celotni vezani dušik [mg/l]	-	243	333,5
Amonijev dušik [mg/l]	200	145,4	321
Nitratni dušik [mg/l]	-	114,9	10,20
Nitritni dušik [mg/l]	10	/	LOD
Cink [mg/l]	2	0,05	0,0445
Celotni krom [mg/l]	0,5	/	0,10
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX [mg/l]	1	0,01	0,01
Biološka razgradljivost [%]	70	10	26,15
Celotni ogljikovodiki - mineralna olja [mg/l]	20,00	0,4	0,1
Sulfid [mg/l]	1	0,02	LOD
Kloridi	-	350	224
Benzen [mg/l]	1	/	LOD
Toluen [mg/l]	1	/	LOD

Iz podatkov v Tabeli 39 vidimo, da so mejne vrednosti za iztok v kanalizacijo in odvoz na čistilno napravo presežene v primeru amonijevega dušika in da je izcedna voda slabo biološko razgradljiva.

Odlagališče je bilo leta 2000 opremljeno z rastlinsko čistilno napravo, ki ni dosegala ustreznih rezultatov. Zaradi povišanih vrednosti amonijevega dušika je bila izcedna voda slabo biološko razgradljiva in neprimerna za čiščenje na RČN. Dodaten problem je predstavljalo tudi mašenje naprave. Leta 2005 so jo namesto predvidene sanacije ukinili in se odločili, da bodo izcedno vodo odvažali na najbližjo čistilno napravo.

Predlog za vzpostavitev predčiščenja pred vtokom v rastlinsko čistilno napravo je podoben kot v primeru odlagališča Bočna Podhom. Z odstranjevanjem amonijevega dušika z metodo vpihovanja ali z vezavo na naravni zeolit bi se povečala biokemijska razgradnja, ki je ključni proces v RČN. Bazeni za vpihovanje bi prav tako zmanjšal pogostost maščenja RČN.

5.3 Tehnološki postopki čiščenja na odlagališčih v obratovanju

Odlagališča v obratovanju so večinoma IPPC zavezanci. Izgradnja je bila delno sofinancirana s strani EU in v skladu s smernicami trajnostnega razvoja. Odlagališča danes niso le namenski prostor za odlaganje odpadkov, ampak so opremljena s sodobno tehnologijo za obdelavo odpadkov, ki spreminja tradicionalno strukturo odloženih odpadkov.

Izcedne vode iz sodobnih odlagališč so zaradi odsotnosti biorazgradljivih odpadkov biološko slabo razgradljive, oz. jih je težko očistiti z biološkim čiščenjem. Zato so se v regijskih centrih v Novem Mestu, Novi Gorici, Slovenj Gradcu, Celju, itd. odločili za uporabo čistilnih naprav na reverzno osmozo.

5.3.1 CEROD Leskovec

Na odlagališču se telo deponije redno tesni na način, ki omejuje dnevno količino izcednih vod na 45 m³. Izcedne vode iz starega dela deponije prispevajo glede na povprečni letni dnevni pretok 1,73 m³/dan.

V zbirni bazen s kapaciteto 576 m³ se izlivajo izcedne vode iz starega in novega dela odlagališča. Po zbirnem bazenu se izvaja postopek predčiščenja z uporabo sita, peščenega filtra in nazadnje vrečastih filtrov s premerom por 10 µm. Sledi dvofazna reverzna osmoza s sposobnostjo obdelave 145 m³/dan:

- Prva faza ima 30 modulov, v katere se izcedna voda črpa pod visokim tlakom 30-75 barov. Glede na vtok se iz izcedne vode na membranah izloči 25-50 % koncentrata, odvisno od sestave izcedne vode, ki se ga odvaja v zbirni bazen.
- Druga faza je sestavljena iz 6-ih modulov in glede na dotok iz prve stopnje zmanjša količino odpadnih snovi za 10 %.

Očiščena voda oz. permeat se nato prečrpava v zunanji bazen očiščene vode velikosti 90 m³, od koder se lahko prečrpava v hidrantno omrežje ali pa se uporabi kot tehnološka voda. V primeru viška vode se le ta preliva v jašek z drenažnim sistemom, od koder se izliva v podzemne vode.

Retentat oziroma koncentrat, ki ostane na membranah po filtraciji, se odvaja v bazen velikosti 90 m³, od koder se ga kasneje odvažna in distribuira po telesu deponije.

Podatki o monitoringu izcedne vode za leto 2005 so pridobljeni od ARSO. Monitoring je bil opravljen na iztoku v javno kanalizacijsko omrežje, ki se zaključuje s čistilno napravo Ločna. Podatki monitoringa za leto 2014 so se zbirali na iztoku iz čistilne naprave. Prikazane so letne povprečne vrednosti na podlagi štirih meritev.

Tabela 40: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča CEROD Leskovec.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v javno kanalizacijo	2005	Mejne vrednosti pri odvajanju v okolje	2014
Temperatura (C°)	40	12,7	30	24,5
pH	6,5-9,5	8,2	6,5-9,0	7,7
Neraztopljene snovi [mg/l]	400	105,3	80	1
Usedljive snovi [ml/l]	10	0,06	0,5	LOD
KPK [mg/l]	-	1657	120	10
BPK ₅ [mg/l]	-	513,8	25	7,8
Strupenost	-	3	3	1,0
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,037	0,5	LOD
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	0,0023	0,025	LOD
Krom-šestvalentni - Cr _{VI} [mg/l]	0,1	LOD	0,1	LOD
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,1225	0,5	0,0016
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,0237	0,5	LOD
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	0,0006	0,005	0,0001
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	0,5467	0,5	LOD
Celotni fosfor [mg/l]	-	4,31	1	0,116
Celotni dušik [mg/l]	-	618,833	-	16,875
Amonijev dušik [mg/l]	200	569,833	50	16,525
Nitratni dušik [mg/l]	-	0,1967	-	0,0386
Nitritni dušik [mg/l]	10	LOD	1	0,0155
Biološka razgradljivost (%)	70	29,175	-	/
Cink [mg/l]	2	0,3217	2	LOD
Celotni krom [mg/l]	0,5	0,205	0,5	LOD
Klorid [mg/l]	-	533,33	-	1,01
Sulfid [mg/l]	1	1,59	0,1	3,53
Celotni ogljikovodiki - mineralna olja [mg/l]	20	/	5	LOD
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki – BTX [mg/l]	1	LOD	0,1	0,05
Benzen [mg/l]	1	0,005	0,1	LOD
Toluen [mg/l]	1	0,0058	0,1	LOD
Ksileni (vsota -o,-m,-p) [mg/l]	1	0,0083	0,1	LOD
Cianidi – skupni [mg/l]	10	0,0212	0,5	LOD

Podatki iz leta 2005 prikazujejo presežene mejne vrednosti parametrov za iztok v kanalizacijo ali odvoz na čistilno napravo v primeru adsorbiljivih organski halogenov, amonijevega dušika in sulfida.

V letu 2012 je v sklopu Centra za ravnanje z odpadki Leskovec pričela obratovati nova čistilna naprava, ki je izcedne vode razbremenila do kriterijev za izpust v okolje.

V dveh meritvah so bile mejne vrednosti za bor in sulfid presežene, ampak so napako odpravili s povečanjem kapacitivnih zmogljivosti naprave na nazivno zmogljivost 145 m³/dan.

Iz povprečnih vrednosti za leto 2014 vidimo, da parameter bor ne presega mejnih vrednosti za izpust v okolje, povprečna vrednost sulfida pa ostaja presežena zaradi predhodnih visokih vrednosti.

Povprečni letni dnevni iztok iz naprave je 53,5 m³/dan, prenovljena naprava pa ima zmogljivost 145 m³/dan. Sklepamo lahko, da se je upravljalec odločil za dražjo različico rešitve problema s predimenzioniranjem naprave in ne z izvajanjem predčiščenja. Presežena parametra bora in sulfida bi lahko v fazi predčiščenja znižal tudi z ionsko izmenjavo ali katerim drugim tehnološkim procesom.

5.3.2 RCERO Ljubljana

Zbiranje izcednih voda poteka ločeno za neaktiven in aktiven del odlagališča v ločenih zbirnih bazenih. Iz zbirnega bazena se izcedna voda prečrpa na čistilno napravo, ki je pričela obratovati leta 2010. Čiščenje izcednih vod poteka v sledečih stopnjah:

- izcedne vode se zbirajo v bazenu, kjer se izravna kvaliteta ter količina izcednih vod,
- biološko čiščenje z MBR,
- denitrifikacija nitratnega dušika do plinskega. V primeru, da je v izcednih vodah premalo biološko razgradljivega organskega ogljika, se v tej fazi dozira metanol. Poleg metanola se doda še fosforjeva kislina, ki je nujno potrebna za rast mikroorganizmov ter sredstvo proti nastajanju pene. Nitratni dušik se v denitrifikacijo vrača iz nitrifikacije z reciklom iz ultrafiltracije,
- nitrifikacija amonijevega dušika do nitrata in razgradnja organskega substrata z vpihovanjem kisika v nitrifikacijski bazen,
- ultrafiltracija, kjer ločujejo aktivno blato od očiščenih izcednih vod,
- adsorpcija na aktivnem oglju, kjer odstranijo biološko nerazgradljive organske snovi,
- selektivna ionska izmenjava bora.

V MBR reaktorju nastaja pri biološkem čiščenju odvečno blato, ki se nato dehidrira s pomočjo centrifug. Za izboljšanje dehidracije blata se mu pred centrifugiranjem dodaja flokulant (polielektrolit). Blato se po obdelavi zbira v zalogovniku in vsebuje okoli 20 % suhe snovi.

Razbremenjene izcedne vode so nato speljane v kanalizacijsko omrežje, kjer se ponovno čistijo na čistilni napravi Ljubljana Zalog.

Podatki o monitoringu izcednih voda za leti 2005 in 2014 so pridobljeni od ARSO. Monitoring je bil opravljen na iztoku v javno kanalizacijsko omrežje. Prikazane so letne povprečne vrednosti na podlagi štirih meritev.

Tabela 41: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Barje - novi del.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v javno kanalizacijo	2005	2014
Temperatura (C°)	40	20	26
pH	6,5-9,5	8,1	8,2
Neraztopljene snovi [mg/l]	400	63	11,1
Usedljive snovi [ml/l]	10	0,6	2,5
KPK [mg/l]	-	747	142,6
BPK ₅ [mg/l]	-	214	13,1
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,03	0,006
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	0,005	LOD
Krom-šestvalentni - Cr _{VI} [mg/l]	0,1	0,00	0,0022
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,05	0,0313
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,03	0,0024
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	0,001	0,0011

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 41

Adsorbiljivi organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	0,24	0,3071
Celotni fosfor [mg/l]	-	4,1	3,3883
Celotni vezani dušik [mg/l]	-	374	26,5642
Amonijev dušik [mg/l]	200	348	1,4224
Nitratni dušik [mg/l]	-	1	LOD
Nitritni dušik [mg/l]	10	0,08	0,1622
Biološka razgradljivost (%)	70	52	81,98
Aluminij [mg/l]	-	0,7	0,414
Arzen [mg/l]	0,1	0,01	0,0123
Barij [mg/l]	5	0,2	0,2774
Bor [mg/l]	10	25,5	7,4748
Cink [mg/l]	2	0,13	0,0517
Kobalt [mg/l]	0,03	0,02	0,0108
Celotni krom [mg/l]	0,5	0,14	0,0388
Kositer [mg/l]	2	0,05	0,0074
Srebro [mg/l]	0,1	0,01	LOD
Železo [mg/l]	-	1,51	0,6338
Klorid [mg/l]	-	454	LOD
Sulfat [mg/l]	300	253	281,5
Sulfid [mg/l]	1	0,28	LOD
Sulfit [mg/l]	10	2,8	0,35
Celotni organski ogljik - TOC [mg/l]	-	303	/
Celotni ogljikovodiki – mineralna olja [mg/l]	20	0,4	0,07
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX [mg/l]	1	0,03	0,03
Benzen [mg/l]	1	0,03	LOD
Toluen [mg/l]	1	0,03	LOD
Ksilen [mg/l]	1	0,03	LOD
Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki - LKCH [mg/l]	0,1	0,01	LOD
Diklorometan [mg/l]	0,1	0,01	LOD
Triklorometan [mg/l]	0,1	0,01	LOD
Tetraklorometan [mg/l]	0,1	0,01	LOD
1,2-Dikloroetan [mg/l]	0,1	0,01	/
Polarna organska topila [mg/l]	5000	3	3,5
Fenoli [mg/l]	10	0,12	0,007
Tenzidi - vsota [mg/l]	-	0,4	/
Tenzidi - anionski [mg/l]	-	0,2	0,076
Tenzidi - neionski [mg/l]	-	0,2	0,66

Iz podatkov vidimo, da so za leto 2005 presežene mejne vrednosti za vtok v kanalizacijo v primeru parametrov biološke razgradljivosti, bora in amonijevega dušika. V eni izmed štirih opravljenih meritev je mejne vrednosti presegel parameter AOX.

Podatki o monitoringu izcednih voda na iztoku v kanalizacijo za leto 2014 nimajo preseženih parametrov.

Izbira tehnoloških procesov za čiščenje izcednih vod je temeljila na za slovenski prostor izjemno veliki dnevni količini izcedne vode, ki znaša okoli 750 m³. Regijski centri se običajno odločajo za čistilne naprave z reverzno osmozo, ampak v primeru RCERO Ljubljana bi tovrstna naprava predstavljala previsok strošek.

5.3.3 RCERO Celje

Zajem izcednih vod poteka preko drenažnih cevi, položenih v peščeni sloj na dnu odlagališča. Izcedne vode gravitacijsko odtekajo po kanalizaciji v usedalni bazen s konusnim dnom. Iz bazena se prečrpajo v čistilno napravo z reverzno osmozo.

Naprava je zasnovana na način, ki dopušča določanje razmerja med količino permeata in koncentrata. S tem je mogoče kvantitativno in kvalitativno določiti parametre za optimalno čiščenje, kljub spremenljivim lastnosti kvalitete izcedne vode.

V napravi so uporabljeni disk-cevni moduli (DT – disk tube), ki pri delovnem tlaku od 12 do 15 MPa proizvedejo 10 – 15 % koncentrata glede na vhodni prtok izcedne vode.

Dnevna količina koncentrata znaša okoli 8 m³ in se vrača na aktivno odlagalno polje. Očiščena odpadna voda ali permeat se izteka v sistem javne kanalizacije, ki se zaključi s centralno čistilno napravo Celje.

Podatki o monitoringu izcedne vode za leti 2011 in 2014 so pridobljeni od upravljalca odlagališča. Monitoring je bil opravljen na iztoku v javno kanalizacijsko omrežje. Prikazane so letne povprečne vrednosti na podlagi štirih meritev.

Tabela 42: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča RCERO Celje.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v javno kanalizacijo	2011	2014
Temperatura (C°)	40	21,3	26
pH	6,5-9,5	7,8	8,2
Neraztopljene snovi [mg/l]	400	33,3	11,1
Usedljive snovi [ml/l]	10	1,9	2,5
KPK [mg/l]	-	411,2	142,6
BPK ₅ [mg/l]	-	50,2	13,1
Strupenost	-	LOD	LOD
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,0244	0,006
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	LOD	LOD
Krom-šestvalentni - Cr _{VI} [mg/l]	0,1	LOD	0,0022
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,0189	0,0313
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,0041	0,0024
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	LOD	0,0011
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	0,1114	0,3071
Aluminij [mg/l]	-	/	0,414
Arzen [mg/l]	0,1	/	0,0123
Barij [mg/l]	5	/	0,2774
Kobalt [mg/l]	0,03	/	0,0108
Biološka razgradljivost (%)	70	45	82
Celotni fosfor [mg/l]	-	3,3122	3,3883

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 42

Celotni vezani dušik [mg/l]	-	161,39	26,56
Amonijev dušik [mg/l]	200	142,7469	1,4224
Nitratni dušik [mg/l]	-	0,4456	LOD
Nitritni dušik [mg/l]	10	0,1202	0,1622
Cink [mg/l]	2	0,0873	0,0517
Celotni krom [mg/l]	0,5	0,0545	0,0388
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX [mg/l]	1	0,003	0,0275
Celotni ogljikovodiki – mineralna olja [mg/l]	20	0,1098	0,0664
Sulfid [mg/l]	1	0,0415	LOD
Sulfat [mg/l]	300	/	281,521
Sulfit [mg/l]	10	/	0,35
Benzen [mg/l]	1	LOD	LOD
Toluen [mg/l]	1	0,0006	LOD
Ksilen [mg/l]	1	LOD	LOD
Tenzidi - anionski [mg/l]	-	/	0,0757
Tenzidi - neionski [mg/l]	-	/	0,6573
Bor [mg/l]	10	/	7,4748
Kositer [mg/l]	2	/	0,0074
Srebro [mg/l]	0,1	/	LOD
Železo [mg/l]	-	/	0,6338
Lahkohlapni klorirani ogljikovodiki - LKCH [mg/l]	0,1	/	LOD
Polarna organska topila [mg/l]	5000	/	3,5000
Fenoli [mg/l]	10	/	0,0068

Iz podatkov monitoringa izcednih vod vidimo, da povprečne letne vrednosti ne presegajo normativov za iztok v kanalizacijo. V dveh meritvah iz leta 2011 je bil parameter amonijev dušik presežen, kar je bila verjetno posledica kalibriranja nove čistilne naprave. V letu 2014 ni preseženih mejnih vrednosti.

5.3.3.1 Bukovžlak – stari del

Odlagališče Bukovžlak – stari del je del sodobnega regijskega centra za ravnanje z odpadki Celje, ki ima del površine namenjen odlaganju azbestnih odpadkov.

Izcedne vode se odvajajo v dva zaporedno vezana zbirna bazena. Iz zbirnih bazenov se je do leta 2014 iztekala v javno kanalizacijo, ki se zaključi na čistilni napravi Celje. Konec leta 2014 je pričela obratovati nova RČN, ki razbremenjuje izcedne vode pred iztokom v kanalizacijo.



Slika 29: Rastlinska čistilna naprava Bukovžlak [45].

Rastlinska čistilna naprava je ima površino okoli 1000 m² in je sestavljena iz prisilno prezračenega primarnega dela horizontalne grede, ki se nadaljuje v gredo z vertikalnim podpovršinskim tokom. Dnevna hidravlična zmogljivost je približno 130 m³ izcedne vode, ki se nato izliva v javno kanalizacijsko omrežje.

Podatki o monitoringu izcedne vode za leti 2005 in 2011 so pridobljeni od upravljalca odlagališča. Monitoring je bil opravljen na iztoku v javno kanalizacijsko omrežje. Prikazane so letne povprečne vrednosti na podlagi štirih meritev.

Tabela 43: Letne povprečne vrednosti monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bukovžlak - stari del.

Parameter	Mejne vrednosti pri odvajanju v javno kanalizacijo	2005	2011
Temperatura (C°)	40	/	17
pH	6,5-9,5	/	8,2
Neraztopljene snovi [mg/l]	400	64,3	706,3
Usedljive snovi [ml/l]	10	0,1	10,15
KPK [mg/l]	-	822,5	1690
BPK ₅ [mg/l]	-	82,5	685
Strupenost	-	LOD	LOD
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,025	0,0415
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	0,0005	LOD
Krom-šestvalentni - Cr _{VI} [mg/l]	0,1	LOD	LOD
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,06	0,0705
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,01	0,0765
Živo srebro - Hg [mg/l]	0,005	0,0005	0,0003
Adsorbiljivi organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	0,6375	0,5625
Celotni fosfor [mg/l]	-	2,6225	10,9388
Celotni vezani dušik [mg/l]	-	LOD	378,5
Amonijev dušik [mg/l]	200	334,55	322,25
Nitratni dušik [mg/l]	-	0,9125	2,8819

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 43

Nitritni dušik [mg/l]	10	LOD	0,0338
Cink [mg/l]	2	0,4425	0,3363
Celotni krom [mg/l]	0,5	0,145	0,1685
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX [mg/l]	1	0,01	0,0598
Biološka razgradljivost [%]	70	29,5	55
Celotni ogljikovodiki – mineralna olja [mg/l]	20	0,1	0,5938
Sulfid [mg/l]	1	0,005	0,0213
Kloridi [mg/l]	-	492,875	593,625

Iz podatkov o monitoringu izcednih vod iz odlagališča za leto 2005 vidimo, da so povprečne letne vrednosti presežene v primeru parametra AOX, amonijevega dušika in biološke razgradljivosti.

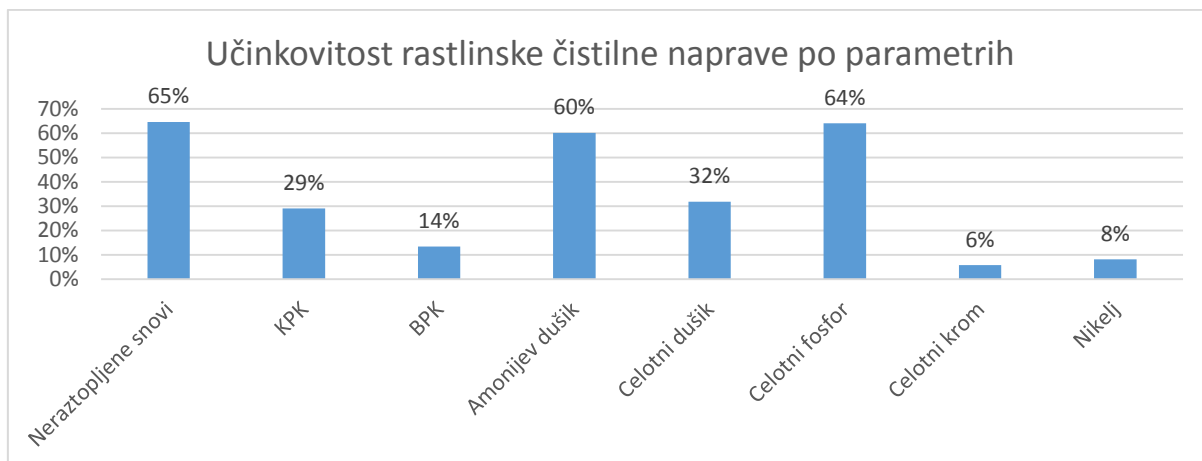
V letu 2011 so bile vrednosti preseženih parametrov iz leta 2005 še vedno presežene, prekomerno pa se je povečala tudi vrednost neraztopljenih snovi.

V letu 2014 je bil opravljen prvi monitoring na iztoku iz nove rastlinske čistilne naprave. Rezultati so prikazani v Tabeli 44.

Tabela 44: Podatki monitoringa izcedne vode iz odlagališča Bukovžlak - stari del na iztoku iz rastlinske čistilne naprave iz leta 2014.

Leto 2014 RČN	dotok				iztok				Učinkovitost [%]
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	1. meritev	2. meritev	3. meritev	povprečje	
Neraztopljene snovi [mg/L]	40	85	56	60,33	3	45	16	21,33	65
KPK [mg/L O ₂]	870	790	750	803,33	680	520	510	570	29
BPK ₅ [mg/L O ₂]	60	80	45	61,67	100	40	20	53,33	14
Amonijev dušik [mg/L N]	441	393	383	405,67	159	159	167	161,67	60
Celotni dušik [mg/L N]	478	452	422	450,67	286	312	324	307,33	32
Celotni fosfor [mg/L P]	2,5	2,7	2,3	2,50	0,7	1	1	0,9	64
Celotni krom [mg/L Cr]	0,225	0,168	0,188	0,19	0,173	0,16	0,214	0,18	6
Nikelj [mg/L Ni]	0,063	0,048	0,01	0,04	0,055	0,042	0,014	0,037	8

Iz podatkov v Tabeli 44 vidimo, da noben parameter ne presega mejnih vrednosti za iztok v kanalizacijo.



Graf 3: Učinkovitosti rastlinske čistilne naprave.

Iz Grafa 3 lahko razberemo, da je rastlinska čistilna naprava učinkovita pri odstranjevanju anorganskih parametrov. Dobri rezultati so posledica prisilnega prezračevanja, ki pomaga pri oksidaciji amonijevega dušika in s tem zmanjša strupenost izcedne vode. Manjša strupenost pa je ključna za uspešno biokemijsko razgradnjo.

6 PRIMER DOBRE PRAKSE - CERO ŠPAJA DOLINA

CERO Špaja dolina je bil ustanovljen z namenom ureditve neustreznih razmer na področju komunalnih odpadkov in prenatrpanosti takratnega obstoječega odlagališča Stehan. V sodelovanju občin Dobropolje, Grosuplje in Ivančna gorica se je v letu 1999 izbrala lokacija za začasno odlagališče v prazni dolini ob magistralni cesti Grosuplje – Višnja Gora.



Slika 30: CERO Špaja dolina [51].

S pridobitvijo Okoljevarstvenega dovoljenja za obratovanje odlagališča (št. 35441-3/2006-3) je v letu 2006 pričel obratovati sodobni Center za ravnanje z odpadki Špaja dolina. Center je zgrajen po evropskih standardih, ki zagotavljajo visoko stopnjo varovanja okolja in ljudi. Osnovna strategija centra je vzporedna evropskim smernicam, ki stremijo neprestanemu postopnemu zmanjševanju deleža odloženih odpadkov. Vsi objekti so zgrajeni v skladu z Odlokom o ureditvenem načrtu Komunalna deponija Špaja

dolina (Uradni list RS, št. 70/98, 13/99, 83/03, 75/06, 3/07, 24/08), ki je pripravljen na osnovi Ureditvenega načrta URN – 1/98 [52].

Odlagališče je umeščeno v skledasto dolino, kar zagotavlja stabilnost odlagališča. Dno deponije je sorazmerno ozko (25 – 30 m), v vzdolžni smeri se nagiba od juga proti severu s 13 % padcem. Brežine na robu odlagališča so urejene v stabilnem nagibu 1 : 3 in se mesečno kontrolirajo. Poleg načrtovanih in izvedenih sistemov za zagotovitev stabilnosti odlagališča se izvajajo tudi naslednji ukrepi:

- redni pregled in po potrebi čiščenje jaškov,
- 1 krat letno pregled cevi za zajem in odvod izcednih vod s kamero, po potrebi čiščenje,
- 1 krat letno čiščenje in pregled bazena za izcedne vode,
- vizualni pregled telesa odlagališča (mesečno),
- letno se izvede geodetske meritve odlagališča (tudi za potrebe poročanja ARSO-u),
- izgradnja drenažnega sloja po potrebi in pregledi PEHD folije (po potrebi varjenje folije).

6.1 Opremljenost območja

V prvi fazi je odlagališče obsegalo garažo za kompaktor ter upravno stavbo s tehnicco, kasneje pa so izgradili še sortirnico ločenih odpadkov in objekt za kompostiranje organskih odpadkov.

Sedaj CERO Špaja dolina sestavljajo naslednji objekti [52]:

- upravna stavba,
- tehnica in vhodna rampa,
- zbirni center za odlaganje ločeno zbranih odpadkov,
- objekti za ravnanje z ločeno zbranimi odpadki,
- objekti za skladiščenje odpadkov,
- kompostarna,
- odlagališče in
- ostali spremljevalni objekti.

6.2 Način in metoda odlaganja odpadkov v telo odlagališča

Odpadki se odlagajo v telo odlagališča po postopku D1 (odlaganje v ali na zemljo). Za odlaganje azbestno-cementnih odpadkov je v telesu odlagališča namenjeno posebno odlagalno polje.

Odpadki se odlagajo na odlagalno polje, kjer se razstirajo v slojih 0,3 – 0,5 m, nakar se s tremi prehodi kompaktorja zgostijo. Odloženi odpadki se konec delovnega dne prekrijejo s tankim slojem inertnih odpadkov (2-5 cm), ki preprečujejo rznos lahkih odpadkov in zbiranje mrčesa, ptičev in glodalcev.

Za dnevno prekrivko se uporabljajo inertni gradbeni odpadki. Odpadki se do uporabe skladiščijo znotraj telesa odlagališča. Predvidena količina tako zbranih odpadkov je do 850 ton/leto. V primeru pomanjkanja tako zbranega materiala za prekrivko se za dnevno prekrivko uporablja inertni gradbeni material iz peskokopov (stena).

V telo odlagališča se 1 m od površine filtrirnega sloja prične nastavljeni plinske jaške z jedrom iz perforirane PEHD cevi. Jaški se gradijo sukcesivno za višino delovne etaže po 2 m višine vedno pred začetkom nalaganja v novo etažo. Tako se dograjujejo do dokončne višine odlagališča, kjer se zaključijo z zaključno kapo in povežejo s sesalnim agregatom in z baklo.

Hkrati z dvigovanjem nivoja odpadkov se gradi tudi drenažni sloj, ki preprečuje poškodovanje PEHD folije. Na že vgrajeno PEHD folijo je potrebno položiti geotekstil, na geotekstil pa se položijo pnevmatike, ki služijo za oporo drenažnemu materialu (savski gramoz, frakcije: 15 – 31 mm). Med in na pnevmatike se natrosi savski gramoz v debelini 25 – 40 cm, ta pa zastre z geotekstilom [50].

6.2.1 Odlagališčni plini

Na odlagališču je zgrajen odplinjevalni sistem, po katerem se deponijski plini po ceveh transportirajo na baklo, kjer zgorijo. Odplinjevalni sistem se dograjuje hkrati z višanjem nivoja odpadkov. Neaktivni del deponijskega polja je začasno pokrit s PEHD folijo, da se preprečuje uhajanje nastalega toplogrednega plina, predvsem metana.

6.3 Pregled odloženih odpadkov

V Prilogi 1 so navedene vrste komunalnih in nekomunalnih odpadkov, ki se odlagajo v CERO Špaja dolina in njihov postopek obdelave V Prilogi A: Tabela 3 so navedeni gradbeni odpadki in odpadki, ki vsebujejo azbest, ki se odlagajo v CERO Špaja dolina, v Prilogi A: Tabela 4 so navedeni odpadki, ki se uporabljajo za nasutje transportne poti in za dnevno prekrivko.

Na odlagališče so se do 2016 odlagali le obdelani mešani komunalni odpadki s klasifikacijsko številko 20 03 01. Obdelava poteka z ročnim izločanjem kovin in plastike v skladu s 60. členom Uredbe o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Sprejema se tudi obdelane mešane komunalne odpadke, ki so obdelani po postopku D8 (biološka obdelava, pri kateri nastanejo končne spojine ali mešanice) in D9 (fizikalno-kemična obdelava, pri kateri nastanejo končne spojine ali mešanice) in so skladni s pogoji iz Uredbe.

Predelane odpadke iz skupine 16 (plastični proizvodi) iz klasifikacijskega seznama odpadkov, ki so zapisani v Prilogi A: Tabela 2, se prevzema na odlaganje le od obratov za razstavljanje izrabljenih vozil.

Prevzema se azbestno cementne odpadke s klasifikacijskimi številkami 17 06 01 (izolirni material, ki vsebuje azbest) in 17 06 05 (gradben material, ki vsebuje azbest). Predvidena letna količina znaša okoli 300 ton. Potrebno je zagotoviti:

- da odpadki ne vsebujejo drugih nevarnih snovi kakor trdno vezani azbest,
- da se odlagajo samo gradbeni odpadki, ki vsebujejo trdno vezani azbest, in drugi trdno vezani azbestni odpadki,
- da se območje z odloženimi odpadki dnevno prekriva in pred vsakim kompaktiranjem, da se prepreči izpuščanje azbestnih vlaken v okolje,
- da se odpadke, ki niso pakirani, med odlaganjem škropi z vodo,
- površinsko tesnjenje telesa odlagalnega polja z odpadki, ki vsebujejo azbest, da se prepreči širjenje azbestnih vlaken v okolje.

Odlagajo se ostanki predelave gradbenih odpadkov ali pa se uporabijo za izgradnjo poti znotraj odlagališča in za dnevno prekrivko.

Odpadki iz skupine 19 (odpadki, ki nastajajo pri čiščenju odpadne vode) iz klasifikacijskega seznama odpadkov, ki so navedeni v Prilogi A: Tabela 3, se prevzemajo le od obratov, ki imajo okoljevarstveno dovoljenje za opravljanje dejavnosti, pri kateri nastajajo oddani odpadki.

Muljasti odpadki s klasifikacijsko številko 08 01 16 in 19 09 02 po odlaganju ne smejo škodovati delovanju sistema odvajanja izcednih vod in stabilnosti telesa odlagališča. Odlagajo se lahko le mulji, za katere je iz sestave odpadka in ocene odpadkov razvidno, da ne škodujejo sistemu odvajanja izcednih vod in stabilnosti telesa odlagališča.

V letu 2016 so preusmerili odvoz mešanih komunalnih odpadkov ali odpadke iz črnega zabojnika iz občin Grosuplje, Ivančna Gorica in Dobropolje na RCERO Ljubljana. To pomeni, da se na odlagališče iz zgoraj naštetih občin odvaža le mešana embalaža, papir, steklo, kosovni odpadki, odpadki primerni za kompostiranje, odpadna električna in elektronska oprema, nevarni odpadki in drugi komunalni odpadki. Iz RCERO Ljubljana bodo prejete mešane komunalne odpadke obdelali in jih le 4,9 % od dostavljene količine vrnili na odlaganje v CERO Špaja dolina.

6.4 Ravnanje z izcedno vodo

Zajem izcednih vod iz odlagališča je urejen z zatesnitvijo telesa odlagališča. To je zagotovljeno s tesnilnim slojem gline z nizko prepustnostjo debeline 0,5 m. Na tako pripravljeno podlago so izvedeni po dnu trije, po brežinah pa dva sloja gline debeline 0,25 m in tesnilni sloj nepropustne folije debeline 2,5 mm [53].

Zajem izcedne vode poteka gravitacijsko preko drenažnega sloja debeline 0,40 m in preko drenažnih cevi. S kanalizacijskim sistemom je zajeta izcedna voda speljana v bazen za izcedne vode s prostornino 386 m³.

Voda iz bazena se očisti na čistilni napravi za izcedne vode, ki je v upravljanju JKP Grosuplje. Očiščena voda ali permeat se odvaja v ponikovalno polje tik ob čistilni napravi, koncentrat pa se vrača na aktivni del odlagališča.

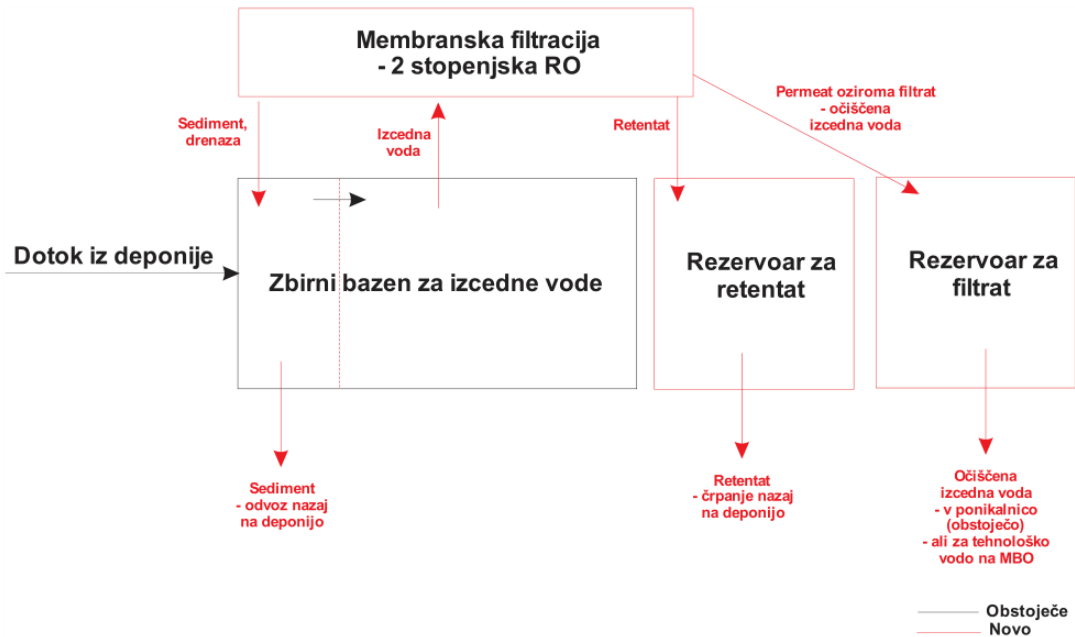
Tabela 45: Vodna bilanca v CERO Špaja dolina [53].

Podatki o izcednih vodah	Očiščena voda – permeat: Največja letna količina: 10.249 m ³ Največja dnevna količina: 31,98 m ³ Največji šesturni pretok: 0,37 l/s Največji šesturni pretok: 8 m ³ Odvajanje: v ponikalno polje (100 m ²) Koncentrat: Največja letna količina: 2.891 m ³ Največja dnevna količina: 9,02 m ³ Največji šesturni pretok: 0,11 l/s Največji šesturni pretok: 2,25 m ³ Odvajanje: vračanje na aktivno polje odlagališča.
Podatki o onesnaženih padavinskih vodah	Ne nastajajo.
Podatki o odpadnih vodah iz pralnice vozil	Največja letna količina: 54 m ³ Največja dnevna količina: 4,5 m ³ Največji šesturni pretok: 4,5 m ³ Odvajanje: Vode se odvajajo v telo deponije in je zajeta v skupni bilanci izcednih vod in se iz odlagališča ne odvaja posebej.
Podatki o komunalnih odpadnih vodah	Letna količina: 48 m ³ Največja dnevna količina: 0,16 m ³ , nepretočna greznica se sprazni s pomočjo izvajalca javne službe JKP Grosuplje z odvozom s tovornim vozilom na KCN Ivančna Gorica in sicer dvakrat letno po 24 m ² .
Podatki o neonesnaženih padavinskih vodah	Neonesnažene padavinske vode se odvajajo v potok Duplica.

Količine izcednih vod se bodo zmanjševale s sprotim prekrivanjem odloženih odpadkov in s končnim prekrivanjem ter rekultivacijo površine zaključenih delov odlagališča.

Padavinske odpadne vode nastajajo na asfaltnih površinah na območju obdelave ločeno zbranih odpadkov. Zajemajo se z muldami in požiralniki ter se po kanalizaciji vodijo preko lovilca olj v površinske kanale ob cesti. V lovilce olj je speljana preko usedalnika tudi voda, nastala pri pranju koles smetarskih vozil [53].

6.5 Opis čistilne naprave



Slika 31: Blok shema ČN za izcedne vode odlagališča Špaja dolina [54].

Čistilna naprava z dvostopenjsko reverzno osmozo je zasnovana tako, da je montirana v kontejnerju standardne ISO velikosti 6,1 m. Sestavni del naprave, ki se ne nahaja v kontejnerju, je še bazen za izcedno vodo, v katerem sta nameščeni tudi dve potopni črpalki na plavajočem pontonu. Plavajoča namestitvev črpalk preprečuje črpanje mulja iz dna bazena v napravo.

Izcedna voda se iz bazena prečrpa v zbirno posodo v kontejnerju, v katerem se z dodatkom kisline H_2SO_4 zniža pH izcedne vode iz 8 na 6,5. S tem je preprečeno nalaganje različnih oborin, predvsem hidrokarbonatov, na membrane, in posledično prehitro mašenje.

Po znižanju pH vrednosti se izcedno vodo vodi preko peščenega filtra, na katerem se s postopkom grobe filtracije iz izcedne vode odstranijo vsi večji delci. Za njim se izcedna voda vodi preko svečnega filtra, ki iz vode odstrani še fine delce do velikosti 10 μm .

Sledi prva stopnja reverzne osmoze, kjer se mehansko očiščena izcedna voda s pomočjo visokotlačnih črpalk vodi na 16 zaporednih modulov, v katerih so nameščene polprepustne membranske blazinice. Sistem tvori tako imenovane odprte kanale, v katerih se koncentrira surova raztopina ali koncentrat. Posamezni kanali so medsebojno povezani preko razporejenih odprtin tako, da se voda preliva preko membranskih blazinic radialno od notranje k zunanji in od zunanje k notranji steni.

Izcedna voda pod visokim vstopnim pritiskom do 75 barov teče preko aktivne površine (membrane), pri čemer čista voda z manjšimi molekulami prehaja preko membran, večje molekule in nečistoče pa ostajajo na nefiltrirani steni. Očiščena izcedna voda, ki je prešla skozi membrane, se imenuje permeat.

Za izboljšanje kakovosti vode poteka za prvo stopnjo reverzne osmoze še druga stopnja z dvema moduloma, kjer se permeat še enkrat prefiltrira skozi membrane.

Sledi naprava za plinsko spiranje, kjer se kot posledica mešanja s kisikom permeatu poveča pH. Permeat se nato zbira v zbirni posodi, od koder se prečrpa na ponikalno polje 100 m^2 . Delež očiščene vode (permeata) znaša 78 %, preostanek pa je koncentrat 22 %.

Koncentrat se preko črpalke v ČN po tlačnem vodu prečrpa v 30 m³ in nato s črpalko po tlačnem vodu prečrpa v rezervoar 12 m³, iz njega pa koncentrat odteka gravitacijsko v telo odlagališča po treh cevovodih.

Za zagotovitev učinkovitosti delovanja membran je potrebno module redno spirati s čistilnimi sredstvi. Sistem je zasnovan tako, da se ob znižanju pretoka permeata ali ob presežnem dvigu diferenčnega tlaka samodejno vključi čistilni proces [54].

6.5.1 Redni obratovalni stroški

Čistilna naprava, ki deluje na principu reverzne osmoze, spada med najučinkovitejše, ampak tudi najdražje tehnološke postopke za čiščenje odpadne vode. Nabavna vrednost zgoraj opisane naprave znaša 376.980,00 €. Poleg visoke nabavne cene je potrebno upoštevati tudi obratovalne stroške, ki prav tako niso zanemarljivi.

Obratovalni stroški čistilne naprave z dvostopenjsko reverzno osmozo so zaradi visoke stopnje čiščenja razmeroma visoki. Izcedna voda iz deponije je razbremenjena do zakonsko določenih okvirjev za neposreden izpust v okolje. Upravljalca čistilne naprave, Javno komunalno podjetje Grosuplje, je za potrebe diplomske naloge posredovalo podatke o obratovalnih stroških čistilne naprave.

Tabela 46: Stroški čistilne naprave v CERO Špaja dolina.

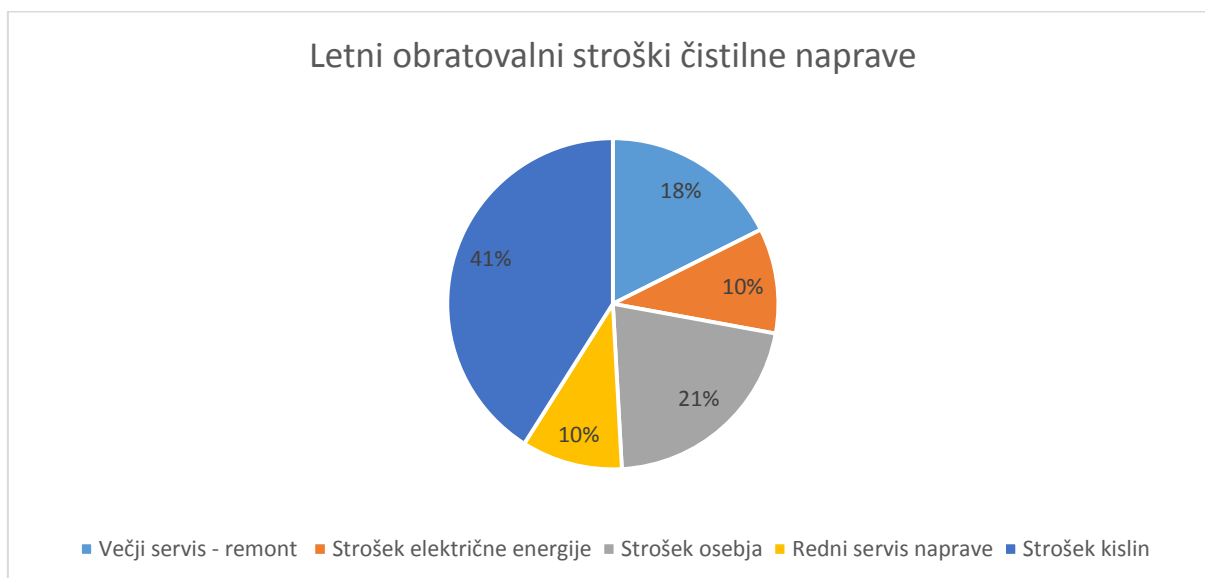
Vrsta stroška	Količina ali znesek
Strošek nabave	309.000 €
Povprečna poraba električne energije	200 kWh/dan
Tarifa - kWh	0,06 €/kWh
Delovna ura vzdrževalca	17,72 €/h
Predviden strošek porabljenih kislin in čistil	1,33 €/m ³
Največji dnevni pretok izcedne vode	36 m ³ /dan
Čas rednega vzdrževanja naprave	1,4 h/dan

Posredovani podatki o povprečni porabi električne energije so preračunani iz mesečne porabe v letih 2015 in 2016. Največji dnevni pretok predstavlja največjo zmogljivost čistilne naprave. Dejanski povprečni letni dnevni pretok, preračunan iz let 2013, 2014 in 2015, znaša okoli 19,33 m³/dan. Predviden strošek porabljenih kislin in čistil je ocenjen s strani proizvajalca čistilne naprave. Delovna ura vzdrževalca je prevzeta iz cenika upravljalca čistilne naprave.

Tabela 47: Letni obratovalni stroški čistilne naprave.

Vrsta stroška	Znesek	Znesek [€/leto]	Delež od celotne vrednosti
Večji servis - remont	30.000 €/4leta	7.500,00	18
Strošek električne energije	12 €/dan	4.380,00	10
Strošek osebja	24,808 €/dan	9.054,92	21
Redni servis naprave	350 €/mesec	4.200,00	10
Strošek kislin	47,88 €/dan	17.476,20	41
		42.611,12	

V Tabeli 47 so preračunani vhodni podatki na letne obratovalne stroške. Skupni letni obratovalni strošek čistilne naprave znaša 42.611,12 €. V Grafu 4 je grafični prikaz deležev posameznega letnega obratovalnega stroška.



Graf 4: Deleži letnih obratovalnih stroškov čistilne naprave na reverzno osmozo Špaja dolina.

6.6 Ekonomska primerjava drugih možnosti

Kljub temu, da so monitoringi izcedne vode na iztoku v skladu s predpisanim mejnimi vrednostmi, se upravljalec kot dober gospodar upravičeno sprašuje, če bi bilo mogoče obstoječo ureditev zastaviti bolj ekonomično.

Že tako okrnjena sredstva javnega komunalnega podjetja bodo morala pokrivati obratovalne stroške čistilne naprave za čiščenje izcedne vode še 30 let po zaprtju deponije. Zato je v nadaljevanju predstavljena okvirna stroškovna primerjava med obstoječim tehnološkim postopkom in na dolgi rok bolj ugodnim načinom upravljanja z odpadno vodo.

Tabela 48: Rezultati monitoringa izcedne vode - dotok na čistilno napravo.

Parameter	Normativ za vtok v kanalizacijo oz. vožnja na ČN	Letno povprečje – dotok na čistilno napravo				
		2010	2011	2012	2014	2015
Temperatura (°C)	40	14,6	19,5	19,3	16,5	14,5
pH	6,5-9,5	7,5	8,1	7,9	7,9	7,5
Neraztopljene snovi [mg/l]	400	416	161	82	134	58
Usedljive snovi [ml/l]	10	2,4	0,6	0,1	0,1	0,1
Biološka razgradljivost [%]	> 50	74	28,25	17	24	/
Baker - Cu [mg/l]	0,5	0,09	0,07	0,05	0,07	0,18
Cink [mg/l]	2	0,59	0,49	0,33	0,2	0,19
Kadmij - Cd [mg/l]	0,025	LOD	LOD	LOD	LOD	LOD
Celotni krom [mg/l]	0,5	0,4	1,28	0,87	1	0,54
Nikelj - Ni [mg/l]	0,5	0,11	0,16	0,1	0,19	0,12
Svinec - Pb [mg/l]	0,5	0,04	0,06	0,02	0,02	0,05

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Tabele 48

Živo srebro - Hg [mg/l]	0,01	LOD	LOD	/	/	LOD
Amonijev dušik [mg/l]	200	473	863	538	710	459
Nitritni dušik [mg/l]	-	2,55	/	/	/	/
Klorid [mg/l]	-	504	718	615	1080	727
Celotni fosfor [mg/l]	-	11,46	11,31	1511,53	10,50	6,06
Sulfid [mg/l]	2	2,57	0,27	1,08	40,70	3,64
KPK [mg/l]	-	4853	2873	1941	2266	1635
BPK ₅ [mg/l]	-	2789	163	311	174	128
Celotni ogljikovodiki – mineralna olja [mg/l]	20	3,45	2,12	0,61	/	0,47
Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki - BTX [mg/l]	1	0,12	0,09	0,01	/	0,03
Toluen [mg/l]	1	0,11	/	/	/	/
Ksilen [mg/l]	1	0,13	0,17	/	/	/
Adsorbiljni organski halogeni - AOX [mg/l]	0,5	0,48	0,75	0,63	0,5	0,39
Celotni vezani dušik [mg/l]	-	502	921	585	739	495

Surova izcedna voda iz deponije presega mejne vrednosti za direkten izpust v kanalizacijo, zato bi bilo potrebno kritične parametre znižati. V primeru izcednih vod CERO Špaja dolina so mejne vrednosti presežene v primeru kroma, amonija, adsorbiljnih organski halogenov in sulfida, dosežen pa ni minimum biološke razgradljivosti.

Vzpostavitev alternativne čistilne naprave, katere strošek bi bil delno krit od prodaje obstoječe čistilne naprave, bi morala zagotavljati normative za vtok v kanalizacijo.

Z vzpostavitvijo novega tehnološkega procesa je potrebno izcedno vodo očistiti na najbližji centralni čistilni napravi. Do naprave jo je mogoče dostavljati na dva načina:

1. z vožnjo namenske cisterne ali
2. izgradnja povezovalnega kanalizacijskega sistema.

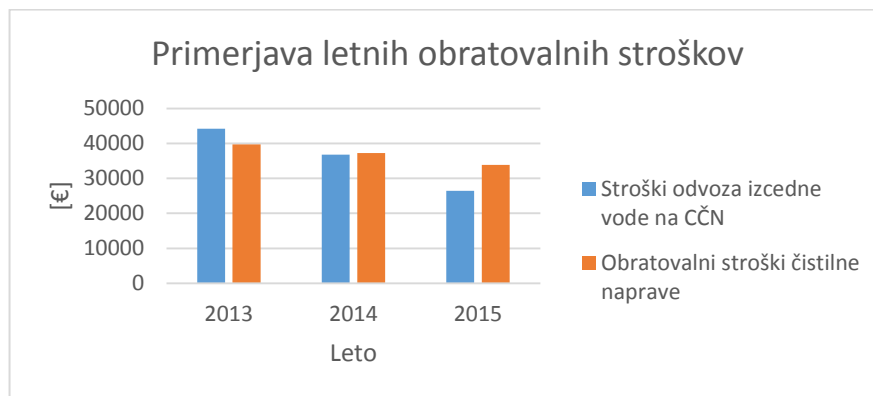
6.6.1 Odvoz izcedne vode na najbližjo čistilno napravo

S prevozom izcedne vode bi komunalno podjetje lahko uporabljalo že obstoječa namenska vozila za praznjenje greznic. Opremljena so s črpalnim sistemom in cisterno, strošek odvoza je 4 €/m³. V Tabeli 49 je prikaz vrednosti letne količine očiščene vode, ki je uraden podatek, ki se ga vsako leto sporoča ARSO. V primeru čistilne naprave z reverzno osmozo je očiščena voda ali permeat 78 % pritoka izcedne vode, ostalih 22 % pa je koncentrat, ki se vrača na telo deponije.

Tabela 49. Letni strošek odvoza izcedne vode na čistilno napravo.

Leto	2013	2014	2015
Količina očiščene vode [m ³]	8.620	7.180	5.160
Letna količina izcedne vode [m ³]	11.051	9.205	6.615
Strošek odvoza izcedne vode na čistilno napravo [€]	44.205	36.821	26.462

Stroški odvoza so sorazmerni količini izcedne vode, za katero se pričakuje, da se bo s časom postopoma zmanjševala. Količina je odvisna predvsem od kontroliranega odvajanja površinskih in zalednih vod iz izpostavljenih območij deponije.



Graf 5: Primerjava obratovalnih stroškov odvoza in obstoječega stanja.

Iz Grafa 5 je razvidno, da stroški odvoza izcedne vode na prvi pogled niso najboljša alternativa. V primeru, da bi se trend upadanja količine izcedne vode nadaljeval, bi se na dolgi rok investicija iz finančnega vidika izplačala. Iz okoljskega vidika pa moramo upoštevati še obremenjevanje okolje, ki bi ga povzročila vozila z neprekinjeno vožnjo.

6.6.2 Izgradnja kanalizacijskega omrežja

V sodelovanju z občino Grosuplje je javno komunalno podjetje Grosuplje, kot upravljalec kanalizacijskega omrežja, že načrtovalo širitev omrežja. V tem sklopu je bila že izvedena finančna ocena izgradnje kanalizacijskega omrežja do odlagališča CERO Špaja dolina.

Projekt je razčlenjen na tri etape:

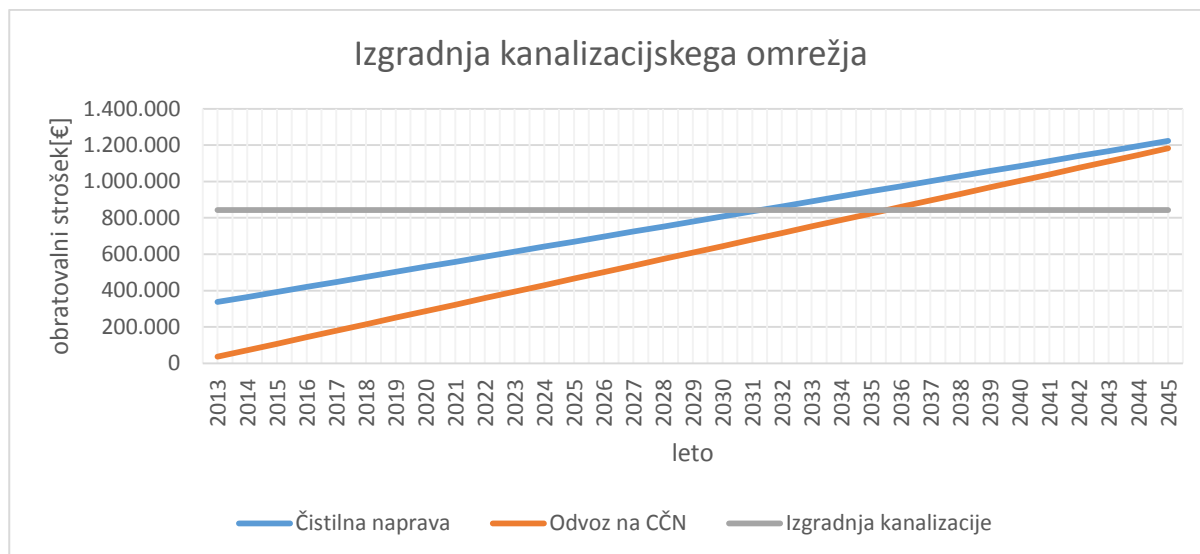
- Strošek izgradnje prve etape znaša 1.065.102,05 €. Strošek izgradnje prve etape bi bil v celoti pokrit iz kohezijskega sklada.
- Strošek izgradnje druge etape znaša 80.187,00 € in bi ga morala poravnati občina.
- Strošek izgradnje tretje etape znaša 762.779,00 € in bi ga prav tako poravnala občina.

Skupna vrednost projekta je 1.908.068,05 €, od tega pa bi bil strošek za občino 842.966,00 €.

6.6.3 Rezultati

Trenutni pravna ureditev zahteva vzdrževanje odlagališča in čiščenje izcedne vode še 30 let po zaprtju odlagališča. Če upoštevamo, da bo CERO Špaja dolina obratoval še 10 let, bi se investicija v izgradnjo kanalizacijskega omrežja gotovo obrestovala.

Primerjava med obratovalnimi stroški čistilne naprave in odvozom izcedne vode na najbližjo komunalno čistilno napravo je pokazala, da bi bil transport bolj ugoden približno 38 let. Potrebno je upoštevati tudi, da se bo količina izcedne vode po zaprtju in sanaciji odlagališča zmanjšala in s tem dolgoročno znižala stroške odvoza.



Graf 6: Prikaz ekonomske opravičenosti izgradnje kanalizacijskega omrežja.

Iz Grafa 6 lahko razberemo, da bi se pri upoštevanju trenutnih pogojev vrednost investicije za izgradnjo kanalizacijskega omrežja obrestovala po 24 letih. Po 33 letih bi upravičila strošek prevoza izcedne vode z uporabo namenske cisterne na najbližjo čistilno napravo.

Kljub nižjim stroškom odvoza je potrebno opozoriti, da transport izcedne vode s tovornim vozilom ni trajnostna naravnana rešitev.

V izračunu sicer ni bil upoštevan strošek zamenjave čistilne naprave, ki bi bil delno ali v celoti pokrit z izkupičkom od prodaje obstoječe čistilne naprave. Obstoječo čistilno napravo na reverzno osmozo bi bilo smiselno zamenjati z rastlinsko čistilno napravo in jo prilagoditi, kot so to storili v primeru rastlinske čistilne naprave starega dela odlagališča Bukovžlak.

V kolikor bi se upravljalec odlagališča odločil za investicijo v RČN, bi bilo priporočljivo, da to izvede čim hitreje. Trenutni pravni okvirji dopuščajo vračanje koncentrata iz čistilne naprave na telo deponije, kar dolgoročno negativno vpliva na lastnosti izcedne vode. Izcedne vode bodo s časom postajale vedno bolj obremenjene in strupene ter posledično neprimerne za čiščenje na RČN.

7 ZAKLJUČEK

Področje ravnanja z odpadki v Sloveniji pestijo številne težave povezane z desetletji nevzdržnega ravnanja z odpadki. Tradicionalno deponiranje odpadkov je okolju neprijazno in povzroča nenadzorovano nastajanje nevarnih izcednih voda ter deponijskega plina. Stabilizacija odpadkov v anaerobnih pogojih traja več let in celo po desetletjih so izcedne vode še vedno onesnažene in škodljive za okolje. Čiščenje tovrstnih izcednih vod je zapleten proces in tudi kombinacija različnih tehnoloških postopkov ne zagotavlja izpolnjevanja zakonskih omejitev.

S sprejetjem hierarhije trajnostnega razvoja ravnanja z odpadki se je pričela izgradnja in upravljanje sodobnih odlagališč. Odlaga se le preostanek komunalnih odpadkov, ki ne vsebujejo biološko razgradljivih odpadkov ali delov odpadkov, ki jih lahko uporabimo za energetske izrabo ali jih ponovno uporabimo kot surovine. Ti odpadki so odloženi v aerobnih pogojih, ki omogočajo hitro stabilizacijo odpadkov in posledično manj obremenjeno izcedno vodo.

Odpadki se kljub spodbudnim rezultatom sodobnih postopkov odlaganja v večji meri še vedno odlagajo na tradicionalen način, s predhodnim stiskanjem in stabilizacijo v anaerobnih pogojih. Spreminja se le struktura odloženih odpadkov, ki izključuje odlaganje biološko razgradljivih odpadkov.

Upravljalci zaprtih odlagališč in odlagališč v postopku zapiranja se zaradi pomankanja sredstev odločajo za improvizirane tehnološke postopke čiščenja izcedne vode, ki večinoma ne dosegajo vseh zakonsko postavljenih omejitev za izpust v okolje. Izcedne vode se zbirajo in odvažajo na čistilno napravo, kar pomeni dodatne stroške in obremenitev okolja zaradi transporta. Pogosta je uporaba tradicionalnih rastlinskih čistilnih naprav, ki so za zrele izcedne vode z nizko biološko razgradljivostjo, neprimerne. Mnogo tovrstnih naprav bi s predhodnim zmanjševanjem strupenosti dosegalo boljše rezultate.

CERO Špaja dolina je v diplomski nalogi izpostavljena kot primer dobre prakse, ki ravna z izcednimi vodami skladno z EU zahtevami. Delovanje obstoječe čistilne naprave z reverzno osmozo je povezano z visokimi stroški, zaradi katerih upravljalec odlagališča razmišlja o ekonomsko ugodnejši možnosti. V diplomski nalogi se je po opravljeni primerjavi za ekonomsko upravičeno možnost izkazala zamenjava obstoječe čistilne naprav z rastlinsko čistilno napravo in izgradnjo povezovalnega kanalizacijskega omrežja. Investicija bi se pri trenutnih izdatkih povrnila po 24 letih.

Kot primer dobre prakse izstopa rastlinska čistilna naprava v RCERO Celje, ki je zasnovana za čiščenje starih izcednih vod iz zaprtega dela odlagališča. Kombinacija grede s prisilnim zračenjem, grede s horizontalnim tokom in grede z vertikalnim tokom se je v prvem letu delovanja že uspešno izkazala.

V Sloveniji čiščenje izcedne vode iz odlagališč v obratovanju praviloma poteka s sodobnimi čistilnimi napravami, ki delujejo na principu reverzne osmoze ali pa se kot v primeru RCERO Ljubljana poslužujejo kombinacije več različnih vrst tehnoloških postopkov. Naprave so zasnovane po načelih najboljših razpoložljivih tehnologij in dosegajo dobre rezultate, ki so navadno povezani z relativno visokimi stroški.

VIRI

- [1] Drev, D. 2011. Zdravstvena hidrotehnika in sanitarno inženirstvo. Ljubljana, Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta Impletum: 58 str.
- [2] Polh, M., Vidic, T., Žitnik, M. 2015. Prebivalec Slovenije je v 2014 v povprečju proizvedel 433 kg komunalnih odpadkov, od tega 3,3 kg nevarnih. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije: 2 str.
<http://www.stat.si/StatWeb/prikazi-novico?id=5494&idp=13&headerbar=11> (Pridobljeno 14. 5. 2016.)
- [3] Kalčikova, G. 2013. Vpliv trajnostnega ravnanja z odpadki na sestavo in čiščenje deponijskih izcednih vod = The effect of sustainable waste management on municipal landfill leachate composition and treatment. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 137 f.
- [4] Direktiva 2008/98/ES Evropskega parlamenta in Sveta o odpadkih.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX:32008L0098> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [5] Direktiva 2010/75/EU o celovitem nadzoru in preprečevanju onesnaževanja okolja.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010L0075> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [6] Okvirna vodna Direktiva 2000/60/ES.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:32000L0060> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [7] Direktive 91/271/EGS o čiščenju komunalne odpadne vode.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=celex:31991L0271> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [8] Uredbe, direktive in drugi akti. 2016.
http://europa.eu/eu-law/decision-making/legal-acts/index_sl.htm (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [9] IPPC direktiva = International plant protection convention (IPPC). Direktiva 96/61/EC.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?qid=1469026214612&uri=CELEX:32006D0194> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [10] Direktiva o emisijah iz industrije. 2010/75/EU.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:sl:PDF> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [11] Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode = Urban waste water treatment Directive. Direktiva 91/271/EEC.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0271&from=EN> (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [12] Zakona o varstvu okolja (ZVO-1). Uradni list RS št. 41/2004.
- [13] Uredba o odpadkih. Uradni list RS št. 103/2011.
- [14] 6. Problemska konferenca komunalnega gospodarstva, 2015. Predstavitev novosti, ki jih prinaša nova Uredba o odpadkih. Gospodarska zbornica Slovenije.
https://www.gzs.si/zbornica_komunalnega_gospodarstva/Novice/ArticleId/48648/vabilo-na-predstavitev-nove-uredbe-o-odpadkih (Pridobljeno 3. 7. 2016.)
- [15] Spletni vir: <http://www.delo.si/gospodarstvo/okolje/vse-vec-nevarnih-komunalnih-odpadkov.html> (Pridobljeno 12. 4. 2016.)

- [16] Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov. Uradni list RS št. 7/00.
- [17] Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS št. 47/05, 45/07, 79/09 in 64/12.
- [18] Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda. Uradni list RS št. 98/15.
- [19] Degrémont, 2007. Water treatment handbook. Paris, Lavoisier Publishing, 7. ed.: 1905 str.
- [20] Integrated pollution prevention and control, Reference document on best available techniques in common waste water and waste gas treatment / management systems in the chemical sector. European commission. 2003. European commission: 440 str.
- [21] Guidance for the treatment of landfill leachate. Integrated pollution prevention and control. 2007. Sector guidance note IPPC S5.03.: 128 str.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/322411/Guidance_for_the_Treatment_of_Landfill_Leachate_part_1.pdf (Pridobljeno 25. 4. 2016.)
- [22] Drev, D., Čuvan, J. 2013. Okoljevarstvene tehnologije: učbenik za modul Okoljevarstvene tehnologije v programu Okoljevarstveni tehnik. Celje, Fit media: 164 str.
- [23] Reagents for drinking water. 2016.
<http://www.uvss.ru/tech/koag.html> (Pridobljeno 12. 4. 2016.)
- [24] Slika usedalnega bazena. 2016.
https://sl.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cistilna_naprava#/media/File:Sedimentation_tank.jpg (Pridobljeno 12. 4. 2016.)
- [25] Cheremisinoff, N.P. 2002. Handbook of water and wastewater treatment technologies. Pollution engineering: 654 str.
- [26] Drev, D., Panjan, J. 2010. Nekaj možnih postopkov izdelave hidrofobnih in oleofobnih polimernih membran ter njihova uporaba = Hydrophobic and oleophobic membrane usage and production processes. Materiali in tehnologije 44, 2: 51–57 str.
- [27] Wang, L.K., Chen, J.P., Hung, Y., idr. 2011. Membrane and desalination technologies. Handbook of Environmental Engineering V13. ZDA, Humana Press: 716 str.
- [28] Rotreat, 2016. RCDT membranska tehnologija.
http://www.cerod-2.info/PDF/RCDT%20Technology_slo_print.pdf (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [29] Slika TMT 15.
<http://www.water-treatmentchemical.com/sale-7651677-heavy-metal-removal-agent-chemicals-for-metal-ions-waste-water.html> (Pridobljeno 23. 7. 2016)
- [30] Krečič, M. 2010. Uporaba naravnega zeolita klinoptilolita in zeolita 4a za odstranjevanje bakrovih ionov iz vodnih raztopin. Magistrsko delo. Nova Gorica, Univerza v Novi Gorici, Poslovno-tehniška fakulteta: 67 f.
- [31] Spletni vir: <http://linares.evisos.cl/venta-de-zeolita-natural-clinoptilolita-mordenita-id-496934> (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [32] Spletni vir: <http://www.bonnafidechemicals.com/ion-exchange-resin.htm> (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [33] Shema RČN Limnowet. 2016. http://www.limnos.si/rastlinske_cistilne_naprave.php (Pridobljeno 23. 6. 2016.)

- [34] Griessler Bulc, T. 2013. Okoljske tehnologije in ekoremeditacije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta: 84 str.
- [35] Botolin, A. 2016. Ekološki in ekonomski vidik odvajanja in čiščenja izcednih vod deponije. Magistrska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo: 130 f.
- [36] Hercog, A. 2014. Rastlinska čistilna naprava Grborezi. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Vodarstvo in komunalno inženirstvo: 31 f.
- [37] Spletni vir: http://www.zrsvn.si/sl/informacija.asp?id_meta_type=64&id_informacija=716 (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [38] Spletni vir: <http://www.atropa.si/spletna-trgovina-sadik-rastlin/vodne-in-mocvirske-rastline/?izdelek=1152> (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [39] Operativni program ravnanja z odpadki in program preprečevanja odpadkov. 2015. Vlada RS: 233 str.
- [40] New study shows capitals of Slovenia, Estonia and Finland as top performers in separate waste collection. 2016. European commission: 2 str. http://ec.europa.eu/environment/pdf/29_01_2016_en.pdf. (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [41] Spletni vir: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [42] Oblak, E. 2015. Case study – The story of Ljubljana. Zero Waste Europe: 6 str. <http://eurorazvite.org/wp-content/uploads/2015/06/CS5-Ljubljana-English.pdf> (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [43] Spletni vir: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas Okolja AXL@Arso> (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [44] Spletni vir: http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/podrocja/odpadki/pogosta_vprasanja/Kaksni_so_nacrti_drzave_saniranje_zaprlih_odlagalisc.docx (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [45] Slika RČN Bukovžlak. 2016. <https://www.facebook.com/rastlinska.si/photos/pcb.584474918339919/584471391673605/?type=3&theater> (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [46] ARSO, 2016. Tabela – vmesno poročanje februar 2016 – vsa odlagališča. (Pridobljeno 15. 4. 2016.)
- [47] Snaga, 2016. Odlagališče nenevarnih odpadkov Barje. <http://www.snaga.si/odlaganje-odpadkov/odlagalisce-nenevarnih-odpadkov-barje> (Pridobljeno 23. 6. 2016.)
- [48] Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih. Uradni list RS, št. 61/2011.
- [49] Občina Gornji Grad, 2011. <http://www.gornji-grad.si/?q=content/komunala-predstavitev> (Pridobljeno 14. 5. 2016.)
- [50] Komunala Gornji Grad, 2003. Program prilagoditve odlagališča nenevarnih odpadkov Podhom, pravilnik o odlaganju odpadkov: 40 str.
- [51] Občina Grosuplje, 2016. http://www.mojaobcina.si/img/1/H_MAX_1024x768/102_deponija_iz_zraka_velika.jpg (Pridobljeno 14. 5. 2016.)
- [52] Kastelic, M. 2011. Razvijanje strategije centra za ravnanje z odpadki Špaja dolina. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta: 40 f.

- [53] Javno komunalno podjetje Grosuplje, 2014. Poslovnik – Center za ravnanje z odpadki Špaja dolina. Grosuplje, Javno komunalno podjetje Grosuplje: 33 str.
- [54] Rotreat, 2013. Poslovnik čistilne naprave z reverzno osmozo. Neuseiersberg, Rotreat Abwasserreinigung GmbH: 64 str.

PRILOGE**Priloga A:** Odpadki, ki se odlagajo na odlagališče CERO Špaja dolina.

Tabela 1: Vrste komunalnih odpadkov, ki se odlagajo, ter postopek obdelave na CERO Špaja dolina.

Klasifikacijska številka	Naziv odpadka	Objekt obdelave (šifra naprave)	Opis metode obdelave	Postopek obdelave (R, D-koda)	Izvor odpadka **
20 02 02	Zemlja in kamenje	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	1, 2
20 02 03	Drugi odpadki neprimerni za kompostiranje	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	1, 2
20 03 01	Mešani komunalni odpadki – obdelani	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	1, 2, 3, 4
20 03 03	Odpadki pri čiščenju cest	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2
20 03 07 - obdelani	Kosovni odpadki	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	1, 2, 3
Predvidena skupna letna količina odloženih odpadkov (v tonah)		cca 7.000			

Legenda: **1 – iz gospodinjstva; 2 – iz dejavnosti; 3 – iz IJS zbiranja in prevažanja komunalnih odpadkov; 4 – iz izločanja

Tabela 2: Skupine nekomunalnih odpadkov, ki se odlagajo, ter postopek obdelave na CERO Špaja dolina.

Klasifikacijska številka	Naziv odpadka	Objekt obdelave (naprava)	Opis metode obdelave	Postopek obdelave (R, D-koda)	Izvor odpadka*	Predvidena letna količina (tone)
08 01 16	Vodni mulji barv in lakov	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	30
16 01 19	Plastika	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	200
16 01 99	Drugi tovrstni odpadki	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	150
17 06 04	Izolirni materiali, ki niso navedeni por 17 06 01 in 17 06 03	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	1	100
19 05 99	Drugi tovrstni odpadki	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	800
19 08 01	Ostanki na grabljah in sitih	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	150
19 08 02	Odpadki iz peskolovov	Telo odlagališča	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	400
19 09 02	Mulji iz bistrenja	Odlagališče	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	300
19 12 12	Drugi odpadki (tudi mešanice materialov) iz mehanske obdelave odpadkov, ki niso zajeti pod 19 12 11	Odlagališče	Odlaganje v ali na zemljo	D1	2	1000
Skupna letna količina odloženega D1(t)			cca 3.055			

Legenda: **1 – iz gospodinjstva; 2 – iz dejavnosti; 3 – iz IJS zbiranja in prevažanja komunalnih odpadkov; 4 – iz izločanja;

Tabela 3: Nevarni odpadki, ki se odlagajo v CERO Špaja dolina

Klasifikacijska številka	Naziv odpadka	Objekt obdelave (naprava)	Opis metode obdelave	Postopek obdelave (R, D-koda)	Izvor odpadka*	Predvidena letna količina (tone)
17 06 01*	Izolirni materiali, ki vsebujejo azbest	Območje odlaganja azbestno cementnih odpadkov	Odlaganje v ali na zemljo	D1	1, 2	10
17 06 05*	Gradbeni material, ki vsebujejo azbest	Območje odlaganja azbestno cementnih odpadkov	Odlaganje v ali na zemljo	D1	1, 2	290

Legenda: **1 – iz gospodinjstva; 2 – iz dejavnosti; 3 – iz IJS zbiranja in prevažanja komunalnih odpadkov; 4 – iz izločanja;

Tabela 4: Odpadki za izgradnjo poti znotraj telesa odlagališča in za dnevno prekrivko

Klasifikacijska številka	Naziv odpadka	Objekt obdelave (naprava)	Opis metode obdelave	Postopek obdelave (R, D-koda)	Izvor odpadka**	Predvidena letna količina (tone)
17 01 01	Beton	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	50
17 01 02	Opeke	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	50
17 01 03	Ploščice in keramika	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	50
17 01 07	Mešanica betona, opek, ploščic in keramike, ki niso navedene pod 17 01 06*	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	50
17 05 04	Zemljina in kamenje, ki nista navedena pod 17 05 03	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	50
17 05 06	Izkopni material, ki ni naveden pod 17 05 05	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	50
17 08 02	Gradbeni material na osnovi sadre, ki niso navedeni pod 17 08 01	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	50
17 09 04	Mešani gradbeni odpadki	Telo odlagališča	Za izgradnjo poti znotraj telesa in za dnevno prekrivko	/	1, 2	500