

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:

Čad, L., 2016. Industrijska čistilna naprava odpadnih vod nastalih pri proizvodnji sladkorja. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Drev, D.): 84 str.

Datum arhiviranja: 09-09-2016

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:

Čad, L., 2016. Industrijska čistilna naprava odpadnih vod nastalih pri proizvodnji sladkorja. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Drev, D.): 84 pp.

Archiving Date: 09-09-2016

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:

LUKA ČAD

**INDUSTRIJSKA ČISTILNA NAPRAVA ODPADNIH VOD
NASTALIH PRI PROIZVODNJI SLADKORJA**

Diplomska naloga št.: 310/VKI

**INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT PLANT OF
SUGAR PRODUCTION**

Graduation thesis No.: 310/VKI

Mentor:

doc. dr. Darko Drev

Ljubljana, 06. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

| Stran z napako | Vrstica z napako | Namesto | Naj bo |
|----------------|------------------|---------|--------|
|----------------|------------------|---------|--------|

IZJAVA

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Luka Čad, vpisna številka 26103245, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Industrijska čistilna naprava odpadnih vod nastalih pri proizvodnji sladkorja

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: Ljubljani
Datum: 31.8.2016

Podpis študenta/-ke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

| | |
|-------------------------|--|
| UDK: | 628.32:664.1(497.4)(043.2) |
| Avtor: | Luka Čad |
| Mentor: | doc.dr. Darko Drev |
| Naslov: | Industrijska čistilna naprava odpadnih vod nastalih pri proizvodnji sladkorja |
| Obseg in oprema: | 84 str., 7 pregl., 33 sl., 2 graf. |
| Ključne besede: | sladkor, tovarna sladkorja, odpadna voda, IED, anaerobni reaktor, kalcij, bioplin, čiščenje odpadnih vod |

Izvleček

Sladkor se v vsakdanjem življenju porablja v enormnih količinah kot ena glavnih surovin v prehrabni industriji in pri proizvodnji pijač. Proizvodni procesi pridobivanja sladkorja iz sladkorne pese pa poleg končnega produkta povzročajo mnoge vplive na okolje, med katerimi je onesnaženje z odpadnimi vodami najbolj oporečno. V diplomski nalogi obravnavam proces čiščenja odpadnih vod tovarne sladkorja na primeru industrijske čistilne naprave, pri čemer predstavljam proizvodne procese v proizvodnih obratih sladkorja in vplive le teh na okolje in s tem tudi vire nastaja odpadnih vod. Za celostni pristop k problematiki predstavljam okoljsko zakonodajo kot pravno osnovo načrtovanja čistilne naprave ter tehnološke procese čiščenja organsko močno obremenjenih odpadnih vod. Pri čiščenju odpadnih vod je poudarek na anaerobnem čiščenju, razpoložljivih tipih anaerobnih reaktorjev ter primernosti na konkretnem primeru industrijskega sektorja proizvodnje sladkorja iz sladkorne pese.

BIBLIOGRAFIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION

| | |
|-------------------------|--|
| UDC: | 628.32:664.1(497.4)(043.2) |
| Author: | Luka Čad |
| Supervisor: | doc.dr. Darko Drev |
| Title: | Industrial wastewater treatment plant of sugar production |
| Scope and tools: | 84 pages, 7 tables, 33 images, 2 graphs |
| Keywords: | sugar, sugar factory, waste water treatment, IED, anaerobic reaktor, biogas, calcium |

Abstract

Sugar as product in our every day's life's been consumed in enormous quantities as one of main resources in food and drink industry. Production processes of sugar from sugar beet bring significant environmental impacts with it's waste waters as the biggest pollutant. The thesis deals with sugar production waste water's treatment process by presenting an example of waste water treatment plant of sugar factory, therefor presenting the production processes in sugar factories and their environmental impacts to point waste water sources. For an comprehensive approach it is presented also the environmental legislation as legal base for treatment planning and examination of waste water with high organics treatment technologies, especially the anaerobic treatment and available anaerobic reactor technologies and their applications at sugar industry sector.

ZAHVALA

Pri nastajanju diplomskega dela bi se v rad zahvalil mentorju doc. Darku Drevu za pomoč in strokovne nasvete, staršema za vsestransko podporo od malih nog, zaročenki Petri za moralno spodbudo ter prijateljem in prijateljicam za vztrajno motivacijo.

Zahvalo namenjam tudi podjetju in sodelavcem Hidroinženiring d.o.o., za številne strokovne izkušnje, ki so mi pomagale pri ustvarjanju diplomskega dela, še posebej pa sodelavki Jelki za neuradno mentorstvo.

Kazalo vsebine:

| | |
|--|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Sladkorna pesa kot surovina za pridobivanje sladkorja | 3 |
| 2.1 Zgodovina nastanka in razvoja sladkorne pese za proizvodnjo sladkorja | 3 |
| 2.2 Lastnosti sladkorne pese | 4 |
| 2.3 Uporabnostna vloga sladkorja v prehrabni industriji..... | 7 |
| 3 Proizvodnji proces pridobivanja sladkorja iz sladkorne pese | 8 |
| | 8 |
| 3.1 Transport in priprava korenov sladkorne pese na ekstrakcijo | 9 |
| 3.2 Ekstrakcija sladkorja iz sladkorne pese | 10 |
| 3.3 Čiščenje difuznega soka..... | 10 |
| 3.4 Zgoščevanje sladkornega soka z izparevanjem..... | 11 |
| 3.5 Kristalizacija sladkorja iz zgoščenega sladkornega soka - sirupa | 12 |
| 4 Vplivi proizvodnje sladkorja na okolje | 14 |
| 4.1 Vplivi na atmosfero | 16 |
| 4.2. Stranski produkti..... | 17 |
| 4.3 Odpadki proizvodnih obratov sladkorja iz sladkorne pese | 18 |
| 4.3.1 Odpadki skladiščenja sladkorne pese | 19 |
| 4.3.2 Odpadki pranja in čiščenja sladkorne pese | 19 |
| 4.3.3 Odpadki pri rezanju sladkorne pese in ekstrakciji..... | 20 |
| 4.3.4 Odpadki pri sušenju gošče sladkornih rezancev..... | 20 |
| 4.3.5 Odpadki pri čiščenju difuznega soka | 21 |
| 4.3.6 Odpadki grelnih naprav in uparjalnikov | 21 |
| 4.3.7 Odpadki skladiščenja sladkorja in stranskih produktov..... | 21 |
| 4.3.8 Odpadki soproizvodnja toplote in energije SPTE..... | 22 |
| 4.3.9 Odpadki kemikalij in goriv proizvodnih procesov | 22 |
| 4.3.10 Ostali odpadki | 22 |
| 4.4 Vplivi na kvaliteto vode in vodni ekosistem | 23 |
| 5 Pravna ureditev na področju varstva okolja | 24 |
| 5.1 Pojmovanje in temeljna načela | 24 |
| 5.2 Pravna ureditev varstva okolja v Republiki Sloveniji | 25 |
| 5.2.1 Ustavna ureditev s temeljnimi izhodišči varstva okolja v republiki Sloveniji | 25 |
| 5.2.2 Zakonska ureditev varstva okolja v Republiki Sloveniji..... | 25 |
| 5.2 Varstvo okolja v pravu Evropske unije | 27 |
| 5.3 Direktiva o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaženja - IPPC direktiva.. | 28 |
| 5.4 Direktiva o industrijskih emisijah - IED direktiva..... | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 5.4.1 Referenčni dokument (BREF) o najboljših razpoložljivih tehnikah (BAT) v industriji hrane, pijače in mleka | 32 |
| 5.4.1.1 Parametri emisij odpadnih vod kot smernice BREF | 35 |
| 6 Tehnologije čiščenja odpadnih vod v proizvodnji sladkorja iz sladkorne pese | 36 |
| 6.1 Odpadne vode proizvodnje sladkorja..... | 36 |
| 6.2 Načini čiščenja odpadnih vod sladkorne industrije..... | 40 |
| 6.3 Anaerobno čiščenje odpadnih vod..... | 41 |
| 6.3.1 Anaerobni kontaktni proces (AC) | 44 |
| 6.3.2 Anaerobni proces z granulirano biomaso - UASB | 45 |
| 6.3.4 Anaerobni proces z granulirano biomaso in notranjo cirkulacijo - IC reaktor..... | 47 |
| 6.3.5 Anaerobni AFB reaktor s fluidizirano biomaso na nosilnem materialu | 48 |
| 6.3.6 Anaerobno čiščenje odpadnih vod v sladkorni industriji..... | 50 |
| 6.4. Aerobno čiščenje odpadnih vod..... | 51 |
| 6.4.1. Prezračevanje anaerobnega izpusta | 52 |
| 6.4.2 Čiščenje z odstranjevanjem organskih spojin in hranil..... | 52 |
| 6.4.3 Aerobni proces v sladkorni industriji | 54 |
| 7. Primer čistilne naprave odpadnih vod tovarne sladkorja | 55 |
| 7.1 Uvodna predstavitev proizvodnega obrata..... | 55 |
| 7.2 Karakteristike odpadnih vod na vtoku na čistilno napravo..... | 56 |
| 7.3 Tehnološka rešitev čiščenja odpadnih vod | 56 |
| 7.3.1 Mehansko predčiščenje - rotacijska bobnasta sita | 57 |
| 7.3.2 Anaerobno čiščenje odpadnih vod | 58 |
| 7.3.2.1 Pred-acidifikacijski bazen z dovajanjem kemikalij in mešanjem | 58 |
| 7.3.2.2 Anaerobni reaktor | 58 |
| 7.3.2.3 Tehnološki sklop razvoda bioplina – linija plina..... | 62 |
| 7.3.2.3.1 Reaktor za razžveplanje bioplina - desulfurizator | 63 |
| 7.3.2.3.2 Plinohram..... | 66 |
| 7.3.2.3.3 Bakla..... | 67 |
| 7.3.4 Aerobno čiščenja odpadnih vod | 67 |
| 7.3.4.1 SBR bazeni | 67 |
| 7.3.4.2 Dehidracija biološkega blata | 68 |
| 7.3.4.3 Biofiltersko čiščenje kontaminiranega zraka | 69 |
| 7.4 Upravljanje in nadzor tehnoloških sklopov čistilne naprave..... | 71 |
| 7.5 Izhodišča za izračun anaerobnega procesa..... | 72 |

| | |
|--|-----------|
| 7.5.1 Prikaz masne bilance | 73 |
| 7.5.2 Tehnološka shema..... | 73 |
| 7.6 Prikaz analize samozadostnosti anaerobnega procesa | 73 |
| 8. Zaključek | 76 |
| 9. Viri..... | 77 |
| Priloge | |

Kazalo slik:

| | |
|--|----|
| Slika 1: Koren sladkorne pese (https://sl.wikipedia.org/wiki/Sladkor)..... | 5 |
| Slika 2: Sestava korena sladkorne pese (Asadi Mosen, 2007: str 105) | 6 |
| Slika 3: Strukturna formula saharoze: (Šušić, S.K., Guralj, E.M. 1965, str 37) | 6 |
| Slika 4: proizvodni procesi in produkti tovarne sladkorja (Asadi Mosen, 2007, str:103)..... | 8 |
| Slika 5: Shema transporta in priprave pese na ekstrakcijo (Antolovič Bruno, 2011, str 8) | 9 |
| Slika 6: Shema ekstrakcije sladkorne pese (Antolovič Bruno, 2011, str 8) | 10 |
| Slika 7: Shema procesa čiščenja difuznega soka (Antolovič Bruno, 2011, str 9)..... | 11 |
| Slika 8: Shema zgoščevanja sladkornega soka z izparevanjem (Antolovič Bruno, 2011, str 10) | 12 |
| Slika 9: Shema kristalizacije sladkorja (Antolovič Bruno, 2011, str 11)..... | 13 |
| Slika 10: Vplivi gojenja sladkorne pese na okolje (Cheesman Oliver..D., 2004 str.14) | 14 |
| Slika 11: Vplivi predelave sladkorne pese na okolje (Cheesman Oliver..D., 2004 str.21)) | 15 |
| Slika 12: Procesni tok vode v tovarni sladkorja (DWA, Applied process engineering in industrial wastewater treatment. 2013, str:10)..... | 39 |
| Slika 13: Shema anaerobne presnove (Vir: Roš, Zupančič, 2010, str 215)..... | 42 |
| Slika 14: Shema procesa anaerobnega kontaktnega reaktorja (Rosenwinkel K.H. et al., 2015, str. 293) | 44 |
| Slika 15: UASB reaktor (vir: http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments/u) | 46 |
| Slika 16: Shema procesa anaerobnega kontaktnega reaktorja (https://www.betterworldsolutions.eu/portfolio/biopaq-ic-bioreactor-for-biogas-production/)..... | 48 |
| Slika 17: Shema procesa anaerobnega AFB reaktorja (http://www.tridenti.com.my/anaerobic-fluidized-bed.php) | 49 |
| Slika 18: Shema procesa nitrifikacije in denitrifikacije (Vir: Roš, Zupančič, 2010)..... | 53 |
| Slika 19: Industrijska čistilna naprava sladkorne tovarne Skidel (lasten vir) | 57 |
| Slika 20: Rotacijska bobnasta sita (Roš Milenko, Zupančič Gregor, 2010, str. 65)..... | 57 |
| Slika 21: Anaerobni R2S reaktor ČN Skidel (lasten vir)..... | 60 |
| Slika 22: Izločene s kalcijevim karbonatom obložene granule iz dna R2S reaktorja ČN Skidel (lasten vir) | 60 |
| Slika 23: Aktivne granule biološkega blata R2S reaktorja ČN Skidel (lasten vir) | 61 |

| | |
|--|----|
| Slika 24: R2S reaktorj (http://www.meri.de/en/Products_Overview/Waste_Anaerobic_R2S.php)..... | 61 |
| Slika 25: Shema desulfurizatorja (http://www.sh-umwelt.de/biogasesentschwefelung/bioreselbettreaktoren/) | 65 |
| Slika 26: Plinohram, desulfurizator, R2S reaktor (od leve proti desni) (lasten vir)..... | 65 |
| Slika 27: Shema plinohrama (http://www.utileengineering.co.uk/gas-holders/)..... | 66 |
| Slika 28: Bakla ČN Skidel (lasten vir) | 67 |
| Slika 29: Centrifuga (http://www.okotechnik.hu/index.php/en/pieralisi) | 69 |
| Slika 30: Biofilterski material (Vir:: http://www.bioteg.com/txt/biofilter_info_6.php) | 70 |
| Slika 31: Biofilter (Vir:: http://www.bioteg.com/ref/ref2.php)..... | 70 |
| Slika 32: Prikaz upravljanja anaerobnega reaktorja ČN Skidel preko SCADA (Vir:: lasten vir) | 71 |
| Slika 33: Prikaz upravljanja plinske linije in kotla ČN Skidel preko SCADA (Vir:: lasten vir). | 71 |
| Slika 35: Graf potrebne toplotne energije za dogrevanje anaerobnega procesa | 74 |
| Slika 36: Graf porabe kurilnega olja za dogrevanje anaerobnega procesa..... | 75 |

Kazalo tabel:

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Sestava karbonacijskega blata (Štefančič Terezija, 1998, str.168)..... | 18 |
| Tabela 2: Struktura BAT (https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp) | 34 |
| Tabela 3: Parametri emisij odpadnih vod (vir:EIIPCB; Povzetek BREF FDM)..... | 35 |
| Tabela 4: Tipi in lastnosti odpadnih vod sladkorne industrije(Merkblatt DWA-M 713;Abwasser aus der Zuckerindustrie, 2007:str 21)..... | 40 |
| Tabela 5: Karakteristike odpadnih vod na vhodu ČN Skidel..... | 56 |
| Tabela 6: Minimalne zahteve za gorilne pline z relativno vsebnostjo kisika 5% (Alseadi Teodorita, 2011, str 89)..... | 64 |
| Tabela 7: Prikaz rezultatov samooskrbnosti ogrevanja anaerobnega procesa (lasten vir).... | 74 |

»Ta stran je namenoma prazna«

1. Uvod

Sladkor se v vsakdanjem življenju porablja v enormnih količinah kot ena glavnih surovin v prehrambni industriji in pri proizvodnji pijač. V zgodovini se je sprva pridobival zgolj iz sladkornega trsa, šele kasneje so v Evropi odkrili in razvili sladkorno peso kot surovino, ki je tudi v današnjem času v naših klimatskih pogojih prevladujoča. Zato sem se v diplomski nalogi osredotočil zgolj na poljščino, ki dobro uspeva tudi v naših krajih.

Proizvodnja sladkorja iz sladkorne pese spada v Evropi med razvite visokotehnološke obrate živilsko predelovalne industrije. Ob vse strožjih okoljevarstvenih omejitvah so proizvajalci morali optimizirati proizvodne procese v smislu zmanjšanja emisij v okolje na eni strani, na drugi stani pa vzpostaviti učinkovit sistem čiščenja odpadnih vod, ki jih spuščajo v okolje.

Podrobna analiza proizvodnje sladkorja iz sladkorne pese nam pojasni, kateri procesi in vhodne surovine so potrebni, kateri stranski produkti se pri tem pojavljajo in kako jih čim boljše izkoristiti, da se zmanjša količina odpadkov ter kako omiliti vpliv proizvodnje sladkorja na okolje. V diplomski nalogi zato predstavljam pregled proizvodnih procesov od začetne faze transporta pese pri spravilu na proizvodne lokacije do končnega produkta, belega kristalnega sladkorja.

Pravno varstvo okolja je v zadnjih dvajsetih letih na nivoju Evropske unije postavilo močne temelje krovne okoljske zakonodaje tako na ustavni ravni kot tudi s sprejemom ključnih direktiv, zato posvečam celotno poglavje pravnemu vidiku varstva okolja, ki so temeljno izhodišče ravnanja oziroma omejevanja vplivov na okolje. Direktiva IPPC in njena naslednica IED sta prisilili industrijske obrate k optimizaciji proizvodnje, ravnanju z odpadki, čiščenju odpadnih vod in zmanjšanju porabe surovin z uvedbo okoljevarstvenih dovoljenj in okoljskih taks. Izhodišča za optimizacijo proizvodnih procesov direktive narekujejo z upoštevanjem najboljših razpoložljivih tehnologij BAT, katerih zaključki so zbrani v referenčnih dokumentih BREF, ki jih izdaja Evropski IPPC biro v Sevilji na podlagi sklepov tehničnih delovnih skupin strokovnjakov. Sladkorna industrija spada v industrijski sektor hrane, pijače in mleka (food, drink and milk industry FDM), ki je BREF dokument izdal leta 2006.

V diplomskem delu glavni poudarek namenjam metodam čiščenja organsko visokoobremenjenih vod pred izpustom v okolje.

Zaradi visoke organske obremenjenosti se pri čiščenju odraža anaerobni proces kot najbolj primeren, konvencionalno aerobno čiščenje pa se uporablja zgolj v zaključni fazi, do končnega zahtevanega učinka čiščenja. Če ni izbrana ustrezna tehnologija anaerobnega reaktorja, lahko zaradi velikih koncentracij kalcija odpadne vode sladkorne industrije povzročajo velike težave na vgrajeni tehnološki opremi.

Ustrezen izbor tehnologije v diplomski nalogi predstavljam tudi na praktičnem primeru čistilne naprave tovarne sladkorja.

2. Sladkorna pesa kot surovina za pridobivanje sladkorja

2.1 Zgodovina nastanka in razvoja sladkorne pese za proizvodnjo sladkorja

Proizvodnja sladkorja sega daleč v zgodovino. Verjetno se prvič pojavi okoli leta 2000 pred našim štetjem v Indiji in se leta 600 preseli na območje Perzije oziroma današnjega Irana. Takrat so pridobivanje sladkorja izpopolnili z mlekom kot čistilnim medijem, očiščeni sirup so kristalizirali, hkrati pa izumili glinen kalup konusnih oblik z majno odprtino na dnu, skozi katero je odtekal sirup, medtem ko so kristale na površini izsušili. Podobne kalupe iz pločevine še lahko najdemo v nekaterih državah na tem delu sveta. Okoli leta 800 se proizvodnja sladkorja iz sladkornega trsa razširi v Egipt, Sirijo, Maroko in Španijo. V 14. stoletju je Egipt postal glavni dobavitelj dragocenega sladkorja Evropi. V 17. stoletju je sladkor postal zelo priljubljen dodatek k čaju v Veliki Britaniji, kamor so ga dobavljali v velikih konusnih oblikah, ki so jih morali potem zdrobiti. (Asadi Mosen, 2007)

Podnebje osrednje Evrope ni omogočalo gojenja sladkornega trsa. Strokovnjaki so raziskovali nove vire za pridobivanje dobrine, za katero so bili povsem odvisni od uvoza. Na našem kontinentu se tako imenovana sladkorna neodvisnost prične šele z odkritjem in razvijanjem sladkorne pese kot surovine.

Sladkorno peso kot surovino so pričeli uporabljati šele konec 18. stoletja, zato jo uvrščamo med mlade poljščine. Do tedaj je bila proizvodnja sladkorja omejena zgolj na sladkorni trs, s čimer je bila Evropa praktično odrezana od lastnega vira sladkorja, kar je bil razlog za visoke cene sladkorja na svetovnem trgu.

Kemik Maggraf je leta 1747 analiziral kemično sestavo korena pese in ugotovil vsebnost 1,5% trsnega sladkorja, ki ga je izločil z alkoholno ekstrakcijo. Začetki gojenja sladkorne pese in snovanje temeljev sladkorne industrije pa so povezani z njegovim učencem Achardom, ki je leta 1790 izvedel tehnološki postopek za pridobivanje sladkorja iz sladkorne pese. V letu 1799 ga je pridobil že 1600kg. V Vroclavu so leta 1802 postavili prvo tovarno sladkorja. Achard je

medtem izvajal poizkuse z odbiranjem križancev med listnato in korenasto peso. Dokazano je bilo, da z odbiranjem in gojenjem lahko poveča vsebnost sladkorja v pesi.

Istočasno je v Rusiji Bindheim preučeval pridobivanje sladkorja z pese in v letu 1802 je začela obratovati prva tamkajšnja tovarna sladkorja. Leta 1809 so postavili prvo tovarno v Franciji in nato na Češkem in v Avstriji.

Med Napoleonovimi vojnami je celinska blokada l. 1806 s prepovedjo uvoza sladkorja iz sladkornega trsa, ki je bila v rokah Angležev, povzročila razmah pridelovanja sladkorne pese in spodbudila proizvodnjo. Francoska selekcijska hiša Vilmoren je v dvajsetih generacijah gojenja uspela vsebnost sladkorja v pesi dvigniti do 20%.

Po Napoleonovem propadu je Anglija sicer z uvozom velikih količin sladkorja iz sladkornega trsa povzročila desetletno krizo v panogi, vendar si je le ta opomogla s posodobitvijo proizvodnje tehnologije, intenziviranjem pridelave, carinskih kvot, padca cen žita in boljših prometnih povezav. Iz zahodno evropskih držav se je pridelovanje širilo tudi v ostale predele Evrope, v Ameriko, nekatere azijske države ter po drugi svetovni vojni tudi v Afriko.

Po drugi svetovni vojni se je začelo pojavljati v severovzhodnih pridelovalnih zadrugah vzhodne Slovenije, vendar pa so oskrbovanje tovarne sladkorja v Ormožu z našo sladkorno peso opustili zaradi dragega transporta. Proizvodnja sladkorja v Sloveniji se prične z sklepom o postavitvi Tovarne sladkorja v Ormožu, ki pa smo jo po vstopu v Evropsko unijo skladno s sporazumom zaprli. V zadnjem času se zaradi poteka prehodnega obdobja prepovedi sladkorne proizvodnje pojavljajo načrti o oživitvi Tovarne sladkorja v Ormožu s postavitvijo nove tovarne. (Štefančič Terezija, 1998)

2.2 Lastnosti sladkorne pese

Sladkorna pesa je rastlina, ki se razvije iz kalčka in ko vznikne je že sposobna za samostojno prehrano in rast. Med rastjo se koren debeli do končne oblike. Prvi vegetativni organi vznikle pese so glavni koren, iz katerega se razvijejo bočne koreninice in klična lista iz katerih se potem razvije stalno listje. V rastni dobi pesa razvija koren, ki je sestavljen iz naslednjih delov:

- glave,
- vratu,

- telesa in
- repa.

Koren je vretenaste oblike, iz njega pa se izraščajo korenine. Najpomembnejši del korena je telo, ki ima dve brazdi iz katerih izraščajo stranske korenine, ki predstavljajo vnos hranil v



Slika 1: Koren sladkorne pese
(<https://sl.wikipedia.org/wiki/Sladkor>)

rastlino. Telo prehaja v rep, ki prodira globoko v tla. Koreninski sistem se razvije od 2-2,5 m v globino in 1 m v širino.

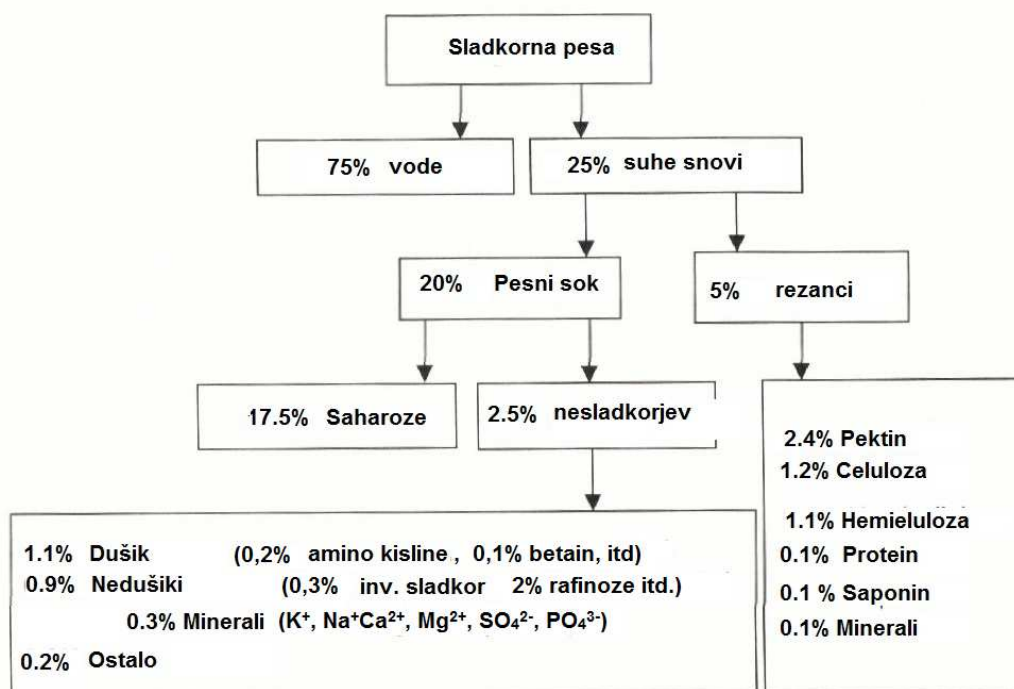
Glede tehnološkega pomena sta pri sladkorni pesi pomembna zgolj telo korena in vrat brez glave in listja, ki ju je treba odstraniti.

Po kemični sestavi pesa vsebuje 18 do 26% suhe snovi, delež sladkorja v suhi snovi pa je 70%. V vodi ne topne snovi, so vlakna, ki jih sestavljajo so celuloza, pektini, lignini in druge snovi. (Štefančič Terezija, 1998)

Vsebnost sladkorja oziroma saharoze se giblje med 13 in 20%

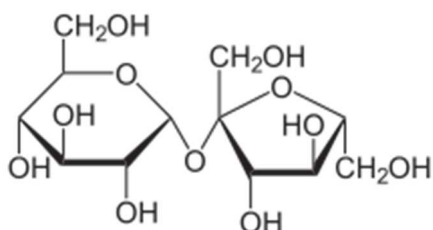
Sestava korena sladkorne pese v % :

- suha snov 25,
- voda 75,
- topna suha snov 20,
- netopna suha snov (rezanci, stržen) 5,
- sladkor (saharoza) 17.5,
- v vodi topni nesladkorji (dušikove vezane org. snovi in anorganske (kalij, natrij in druge)).



Slika 2: Sestava korena sladkorne pese (Asadi Mosen, 2007: str 105)

Saharosa je vrsta ogljikovih hidratov, znana tudi pod imenom *namizni sladkor*, *beli sladkor*, pogovorno tudi *sladkor*, ki se najpogosteje uporablja v vsakodnevni prehrani in prehrambeni industriji. Doma ga največkrat uporabljamo v kulinariki za sladkanje. Spada med nereducirajoče disaharide. Je spojina fruktoze in glukoze, z molekulsko formulo $C_{12}H_{22}O_{11}$. Je brez barve in vonja, ima sladek okus. Pri sobni temperaturi je v trdnem agregatnem stanju. (Štefančič Terezija, 1998)



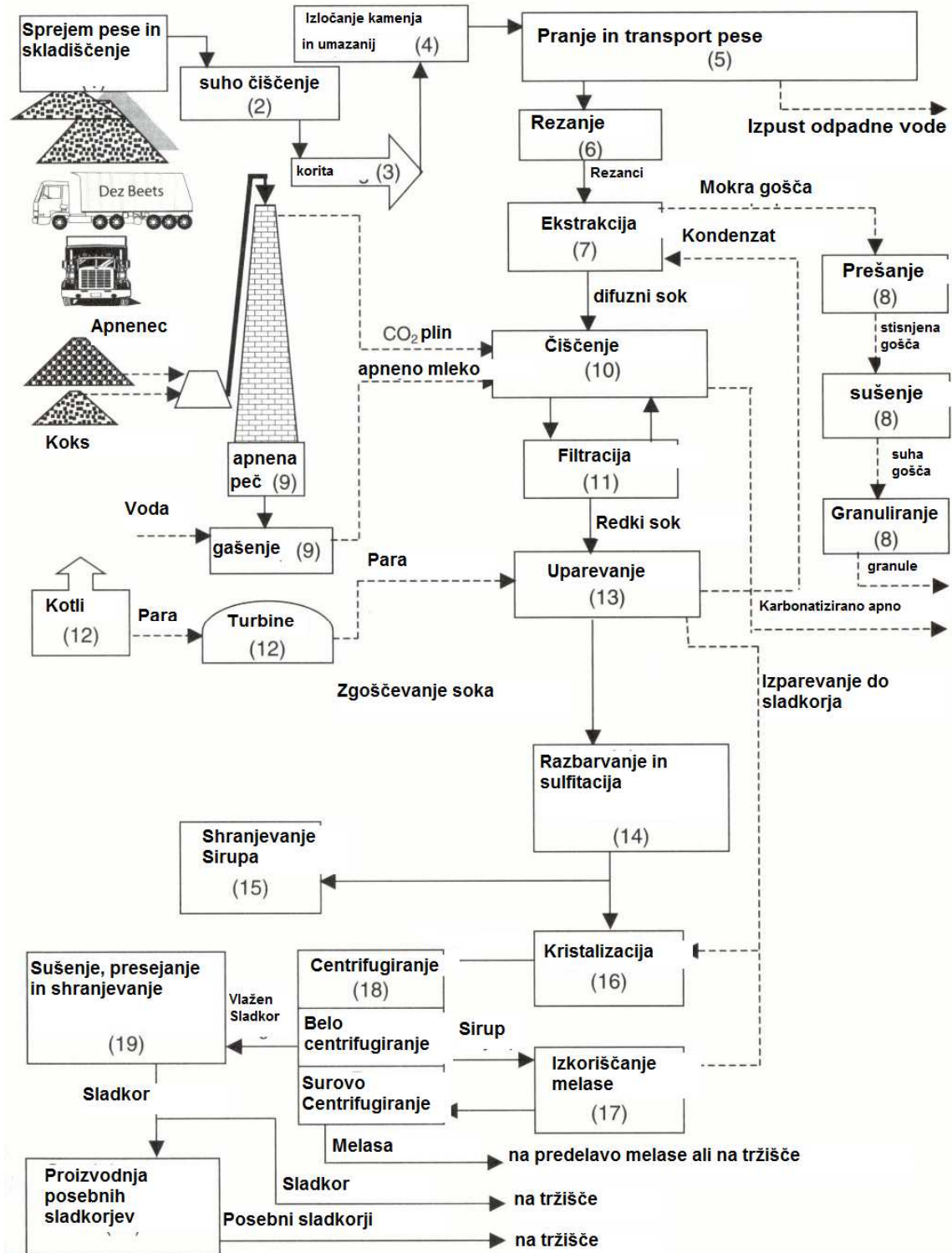
Slika 3: Strukturna formula saharoze: (Šušič, S.K., Guralj, E.M. 1965, str 37)

2.3 Uporabnostna vloga sladkorja v prehrambni industriji

Sladkor je najpogosteje uporabljen kot sladilo za pripravo slaščic in napitkov, vendar ima v prehrambni industriji zelo široko uporabnost:

- kot ojačevalec okusa prehrambnih proizvodov
- kot ojačevalec arome prehrambnih proizvodov
- poudarja lesk v proizvodnji bonbonov
- podaljšuje rok uporabe prehranskih proizvodov
- povečuje prostorninske lastnosti prehranskih proizvodov
- poudarja barvo in strukturo pekarskih izdelkov
- kot sredstvo za konzerviranje
- izboljšuje penjenje beljaka v pri proizvodnji slaščic
- izboljšuje izločanje pektina iz sadnih proizvodov in marmelad
- izboljšuje sposobnost pogrevanja hrane v mikrovalovnih pečicah
- izboljšuje aromo in barvo prehranskih izdelkov s karameliziranjem
- zmanjšuje temperaturno mejo zmrzovanja živil kot so sladoledni izdelki
- kot ojačevalec fermentacije kvasa in vzhajanja pekarskih izdelkov
- povečuje temperaturno mejo vretje in s tem omogoča hitrejše kuhanje pri višjih temperaturah (Asadi Mosen, 2007)

3 Proizvodnji proces pridobivanja sladkorja iz sladkorne pese

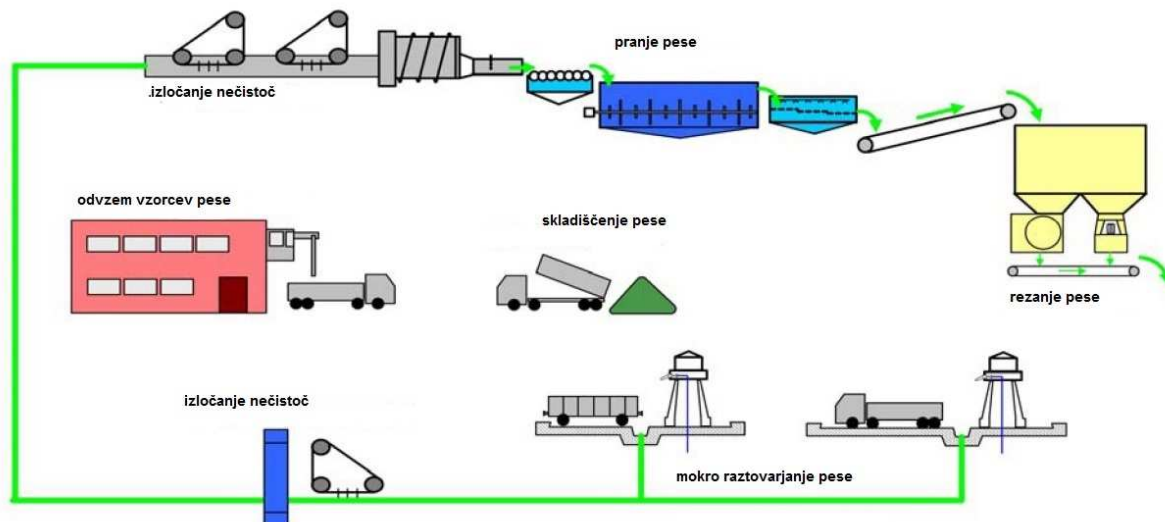


Slika 4: proizvodni procesi in produkti tovarne sladkorja (Asadi Mosen, 2007, str:103)

3.1 Transport in priprava korenov sladkorne pese na ekstrakcijo

Transport pesinih korenov se večinoma izvaja s težkimi tovornimi vozili z mesta spravila direktno do tovarne. Raztovorjeni pesi se odvzamejo vzorci za v analizo, potem pa se jo s transportnimi sistemi vodi preko postopkov čiščenja in pranja. Pred obdelavo je s pese potrebno odstraniti mineralne in organske primesi (zemlja, pesek, listje in trava). Raztovorjena pesa se najprej skladišči v pesinih silosih, odprtih betonskih skladiščih, ki imajo v dnu kanal oz. kineto, po katerem se pesa s pomočjo transportne vode transportira.

Priprava surovine za proces proizvodnje se torej začne z izločanjem primesi oziroma pranjem pese, ki se delno izvaja že med samim vodnim transportom po kineti preko tehnoloških sistemov lovilcev trave, korenin ter kamenja. V zaključni fazi se pesa opere in odcedi na rešetkah, s tem pa je pripravljena na rezanje v tako imenovane rezance, ki zagotavljajo največjo možno površino in tehnološko najboljše pogoje za ekstrakcijo sladkorja. (Asadi Mosen, 2007)

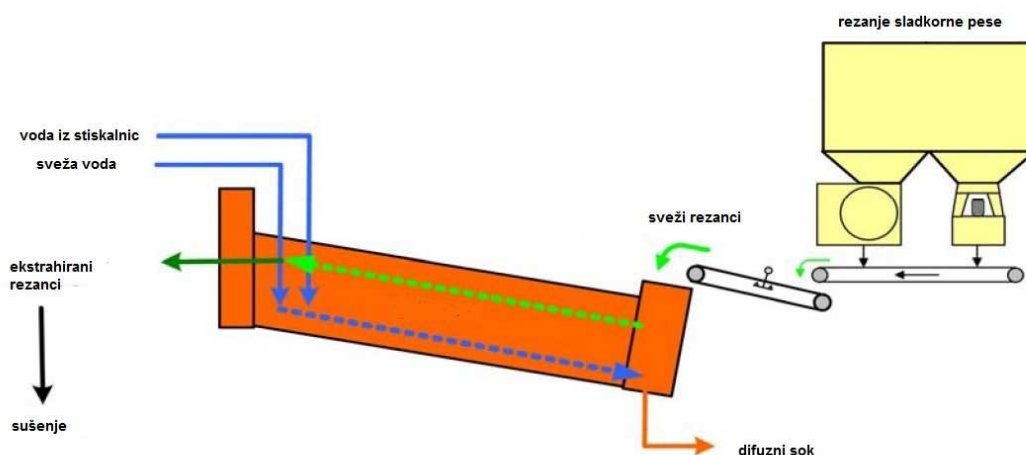


Slika 5: Shema transporta in priprave pese na ekstrakcijo (Antolovič Bruno, 2011, str 8)

3.2 Ekstrakcija sladkorja iz sladkorne pese

Namen procesa ekstrakcije je pridobiti čim večjo količino saharoze iz pesnega tkiva. Molekule saharoze prehajajo iz pesnega tkiva rezancev v difuzni sok s pomočjo topila, ki je v tem primeru voda.

Rezanci prehajajo preko ekstraktorja skozi nasprotni tok vode in se izlužujejo. Izluženi rezanci se po končani ekstrakciji sprešajo do 6-20% suhe snovi, od koder se nastala voda vrača v proces. Preostala trdna snov gre v postopek sušenja - na centrifuge, iz katerih pridobimo 90% suhe snovi. Tok vode v ekstraktorju, ki ga tvorita voda iz preš in dodana sveža voda, mora biti ogret na okoli 65°C s pH 5,5. Produkt ekstrakcije je difuzni zeleni sok, ki vsebuje od 13 do 16 % saharoze, kar pomeni 98% saharoze iz pese. (Asadi Mosen, 2007)



Slika 6: Shema ekstrakcije sladkorne pese (Antolovič Bruno, 2011, str 8)

3.3 Čiščenje difuznega soka

Difuzni sok vsebuje poleg raztopljenih saharoze še raztopljene nesladkorje ter suspendirane trdne delce. Zato pri čiščenju najprej prehaja preko postopka mehanskega čiščenja oziroma precejanja na sitih, nato gre v proces kemijskega čiščenja. Kemično čiščenje precejene difuznega soka se prične z dodajanjem CaO v obliki apnenega mleka za obarjanje težko topnih

kalcijevih soli, koagulacije koloidov in razgradnje organskih primesi. Apno pridobivajo v apneni peči. S termično obdelavo apnenca se pridobiva žgano apno in ogljikov dioksid (CO_2). Ogljikov dioksid se najprej očisti in se nato dovaja kot saturacijski plin, medtem ko se s hidratacijo oziroma gašenjem apna pridobiva apneno mleko.

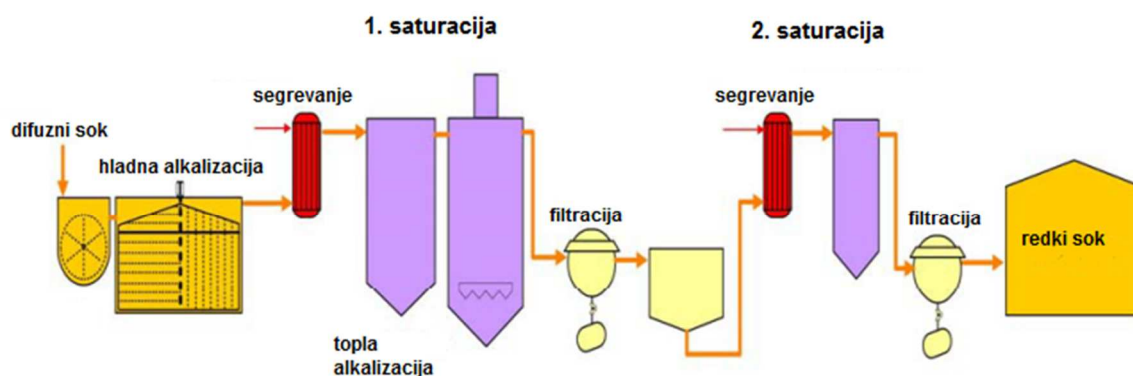
Pri saturaciji se dodaja apneno mleko in ogljikov dioksid kot saturacijski plin. Difuzni sok se pred tem segreje na 90°C , nato pa proces poteka v dveh fazah:

1. v prvi fazi se večji delež $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pretvori v kalcijev karbonat CaCO_3 z uvajanjem plina, ki vsebuje do 40% ogljikovega dioksida. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Iz prve saturacije dobimo tako imenovani muljni sok, ki se nato filtrira preko filtrskih stiskalnic.

2. v drugi saturaciji se sok znova segreje, tokrat do 102°C za odstranjevanje mikroorganizmov, nato pa se s ponovnim dovajanjem saturacijskega plina s CO_2 proces saturacije vrši do stopnje, ko dodajanje ogljikovega dioksida začne zniževati alkalnost soka. Cilj postopka je zagotavljanje optimalnega pH za obarjanje soli. Po naknadni filtraciji dobimo redek očiščen sok.

Pred uparjanjem sledi še sulfatacija z doziranjem NaHSO_3 v sok za razbarvanje medija. (Asadi Mosen, 2007)

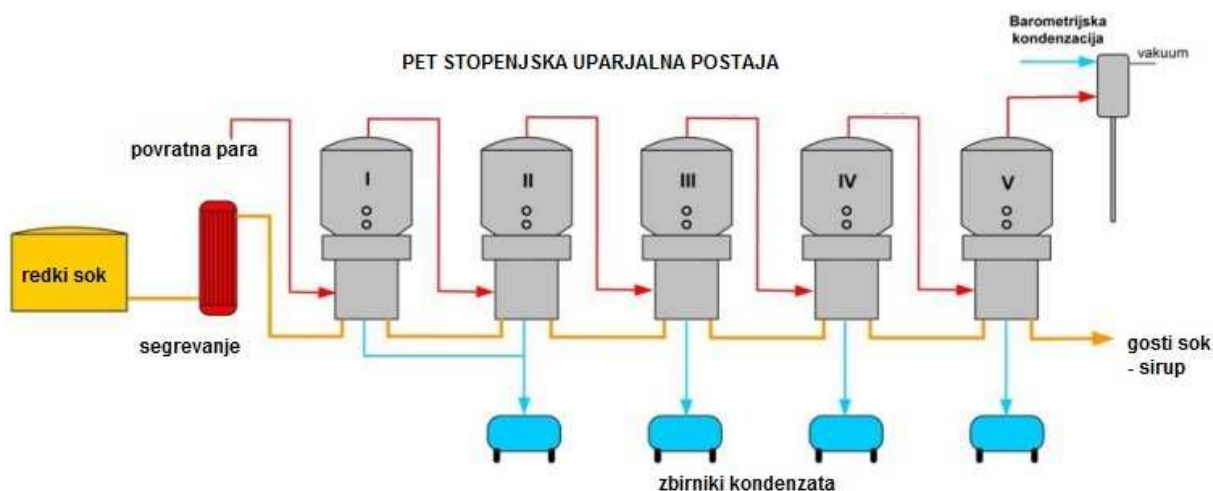


Slika 7: Shema procesa čiščenja difuznega soka (Antolovič Bruno, 2011, str 9)

3.4 Zgoščevanje sladkornega soka z izparevanjem

V tej fazi se izloči voda in iz očiščenega redkega soka se pridobi gosti sok oziroma sirup. Redki sok vsebuje 15% suhe snovi, cilj postopka pa je njegovo zgoščevanje z izparevanjem oziroma

izločanjem vode na uparjalnikih parnega sistema, ki kot vir toplote oskrbuje več proizvodnih procesov pridobivanja sladkorja. Redki očiščeni sok se predhodno segreje do 130°C, potem pa v petstopenjski parni postaji s pomočjo črpalk prehaja na prvo stopnjo izparevanja, kjer se segreva s povratno paro za turbine generatorja, nato prehaja na drugo stopnjo, kjer se za segrevanje izkorišča sekundarna para, nastala na prvi stopnji. Po tem zaporedju se dobi iz pete stopnje zgoščeni sok s 65-70% suhe snovi oziroma saharoze, ki pa ne sme preseči 70%, da ne pride do prezgodnje kristalizacije sladkorja ter povečanja viskoznosti, kar lahko maši cevi in zmanjšuje učinkovitost pri nadaljnji fazi čiščenja in filtracije sirupa. Sekundarna para s pete stopnje prehaja na barometrijski kondenzator, ki je povezan z vakuumskimi črpalkami, s katerimi se vzdržuje podtlak v sistemu. Sekundarne pare, nastale pri segrevanju, se uporabljajo tudi za segrevanje ekstraktorjev, soka ter vakuumskih pogonov. Gosti sok se po zaključenem postopku zgoščevanja filtrira in dodatno očisti pred kristalizacijo.



Slika 8: Shema zgoščevanja sladkornega soka z izparevanjem (Antolovič Bruno, 2011, str 10)

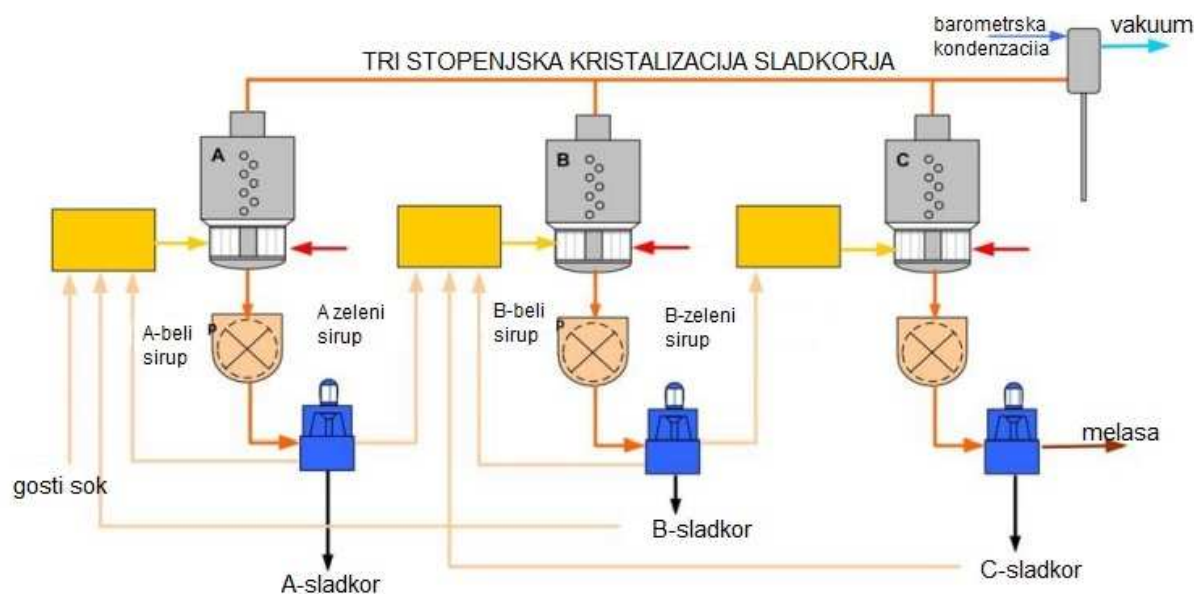
3.5 Kristalizacija sladkorja iz zgoščenega sladkornega soka - sirupa

Pridobljeni gosti sok se zgošča z izparevanjem vse do točke, ko se prične kristalizacija. Ob povečevanju koncentracije sladkorja in ob povečevanju viskoznosti se zato v izogib karamelizaciji in izgubam sladkorja, nadaljnje izparevanje izvaja s pomočjo vakuumu in pri nižjih temperaturah. Z izparevanjem do 92%-93% suhe snovi oziroma sladkorja se dobi zmes kristalov kot trden del produkta in matični sirup kot tekoči del produkta. (Asadi Mosen, 2007)

Prva, tako nastala zmes se imenuje A - sladkorna masa. Ta prehaja preko ohlajevalnih naprav z mešali, kjer se konča proces kristalizacije in nato preide na centrifuge, kjer se kristali ločijo od matičnega sirupa, operejo s paro, posušijo, razvrstijo na vibracijskih sitih glede na velikost, potem pa pakirajo za končnega uporabnika, ali shranijo v silosu. Matični sirup, ki je pomešan

s sirupom od pranja kristalov se vrača na drugi vakuumski aparat, kjer ponovno izpareva do 92% do 93% koncentracije in kot produkt dobimo B – sladkorno maso, ki se najprej v hladilnih napravah ohladi ter nato preko razdelilnega sistema preide na centrifuge iz katerih dobimo B – sladkor, ki se za ločitev od matičnega sirupa oziroma zelenega soka opere s hladno vodo.

Izprani sladkor, nastal pri izpiranju, ki sledi vakuumskemu aparatu A, se imenuje afinada. Le ta se raztaplja v vodi do 60% koncentracije, razbarva, filtrira z aktivnim ogljem ter pošlje ponovno na vakuumski aparat A. Pri izpiranju B-sladkorja dobimo tako imenovani beli sirup, ki se ponovno vrača na izparevanje v B – vakuumski aparat. Zeleni sirup iz B - sladkorne mase se vodi na izparevanje na C vakuumski aparat, kjer se koncentrira do koncentracije med 93% in 95%. Pridobljena C – sladkorna masa se po hlajenju ravno tako centrifugira in nastaja C – sladkor, medtem pa se izloča tudi zadnji sirup, imenovan melasa, iz katerega ni več mogoča kristalizacija. Melasa se nato skladišči v cisternah, kot surovino za uporabo v drugih industrijah, na primer za proizvodnjo etilnega alkohola v destilarnah ter pri proizvodnji pekovskega kvasa.



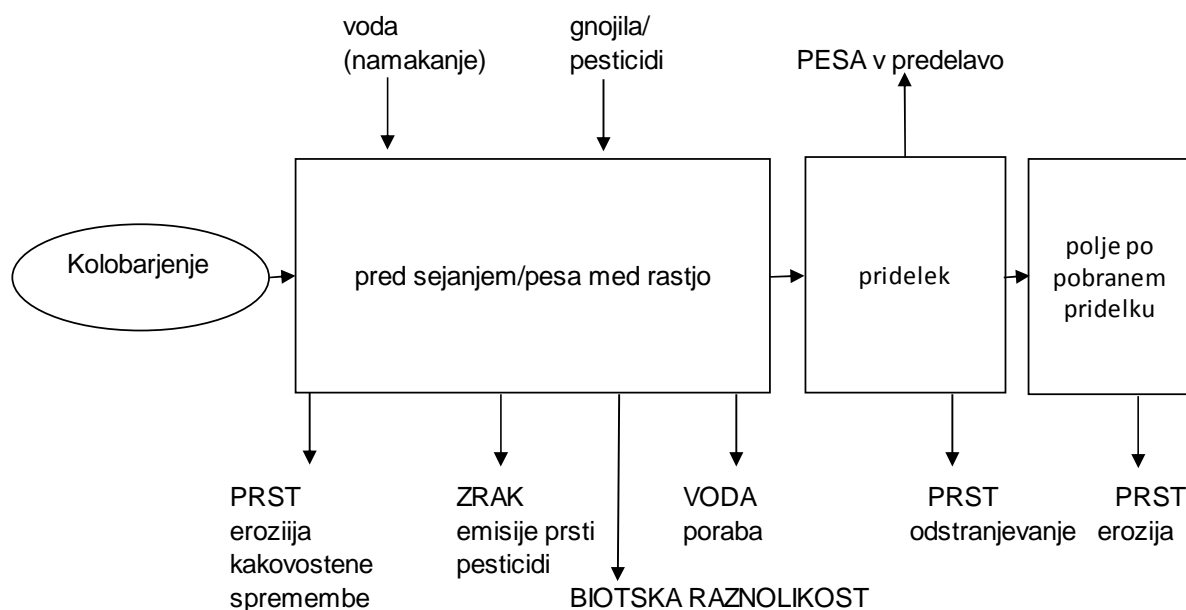
Slika 9: Shema kristalizacije sladkorja (Antolovič Bruno, 2011, str 11)

4 Vplivi proizvodnje sladkorja na okolje

Ob vedno večjem zavedanju pomembnosti zaščite okolja in strožji okoljski zakonodaji ter zaradi pritiskov lokalnih skupnosti, v katerih so umeščeni industrijski kompleksi, igra pri obravnavani proizvodnji okoljski vidik vse pomembnejšo vlogo. Zato sladkorna industrija stremi k zmanjševanju vplivov z namenom zaščite okolja, kar pa obenem vodi k posodobitvi tehnologije gojenja in proizvodnih procesov. S tem se hkrati zagotavlja tudi večja proizvodna učinkovitost.

Proizvodnja sladkorja se ne začne v tovarni z obdelavo pesnih korenov, temveč z gojenjem, ki obsega velike površine kmetijskih zemljišč. Bistvene vplive se torej deli na:

- vplive gojenja oziroma pridelave sladkorne pese

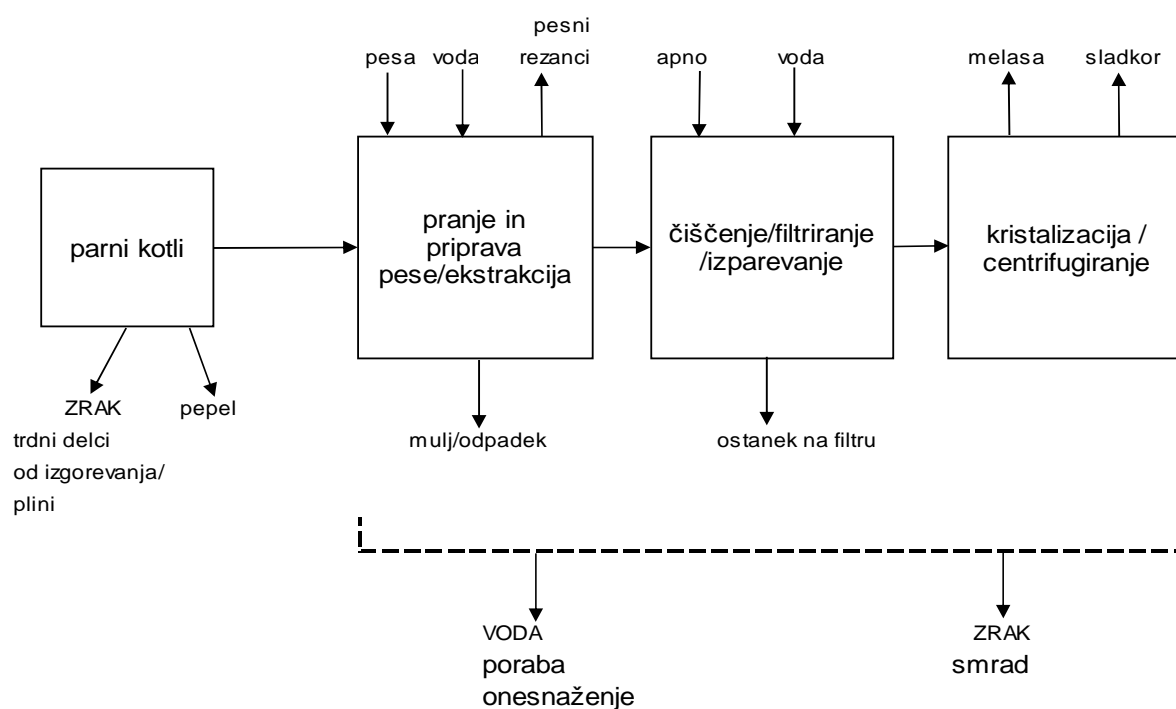


Slika 10: Vplivi gojenja sladkorne pese na okolje (Cheesman Oliver..D., 2004 str.14)

Glavni vplivi gojenja sladkorne pese na okolje so povezani z biološko raznolikostjo, uporabo kemičnih sredstev, vplivom na prst in z morebitnimi posegi tudi v arheološke značilnosti. Gojenje sladkorne pese na način kolobarjenja pozitivno prispeva k raznolikosti poljščin in k celotni biološki raznolikosti kmetijske krajine. Obdelane površine z obravnavano poljščino so dragocen habitat za mnoge vrste, kot vir hrane pozimi. Zaradi težko izvedljivega nadzora nad listnatim plevelom na poljih sladkorne pese, se pojavlja veliko število tovrstnih rastlin, in s pripadajočimi semeni povezanih nevretenčarjev. Trendi zmanjševanja uporabe pesticidov in

dušikovih gnojil sicer predstavljajo doprinos k bolj integriranemu pristopu pri upravljanju pridelave poljščin, a kljub zmanjšanju uporabe ostaja skrb glede pomanjkljivega znanja o vplivih pesticidov na vodni režim in vodne vrste, eutrofikacijo tal in površinskih vod s fosforjem in dušikom, potencialnem tveganju zaradi povečane obdelave semen ter učinkih splakovanja herbicidov v bližnje habitate. Vloga genetsko spremenjene pese v državah, kjer je to dovoljeno, ni poznana. Učinki erozije vode in vetra so odvisni od lokalnih razmer. Erozijo vetra se lahko omili s prekrivanjem. Zaradi erozije vode so izgube prsti manjše kot pri samem pobiranju letine, saj se največ prsti transportira skupaj s pesinimi koreni v proizvodnjo. (Cheesman, Oliver.D., 2004)

- vplive proizvodnega procesa pridobivanja sladkorja iz sladkorne pese



Slika 11: Vplivi predelave sladkorne pese na okolje (Cheesman Oliver..D., 2004 str.21))

Tovarne sladkorja so proizvodni sistemi odprtega tipa, ki med obratovanjem neposredno vplivajo na okolje. Vhodne surovine in energija prihajajo iz okolja na eni strani in se po drugi strani v obliki produktov in odpadkov na koncu vračajo nazaj v naravno okolje. Onesnaževala proizvodnega procesa sladkorja se delijo na naslednje skupine;

- onesnaževala zraka
- tekoča onesnaževala
- trdne snovi

Onesnaževala zraka so plini, trdni delci in vonj. Večina plinov pri proizvodnji sladkorja izhaja iz parnih generatorjev, pogonov na notranje izgorevanje, sušenja pesnih rezancev, nekondenzirajočih plinov pri izparevanju, plinov pri proizvodnji apna ter plinov, ki nastajajo pri čiščenju odpadnih vod. Trdni delci (PM) nastajajo v parnih kotlih. Njihove lastnosti in količine so odvisne od uporabljenega goriva za segrevanje, pri obdelavi sladkorja in pri sušenju ter obdelavi pesnih rezancev. Koncentrirani viri agresivnega vonja v sladkornih tovarnah nastanejo zaradi skladiščenja poškodovane pese, pri sušenju rezancev in pri čiščenju odpadnih vod. (Cheesman, Oliver.D., 2004)

Tekoča onesnaževala so predvsem problematična zaradi velikih količin, ki nastanejo pri proizvodnji. Sladkorna industrija spušča v okolje velike količine vode, saj koren sladkorne pese vsebuje okoli 75% vode. Večina vode, ki izhlapi med proizvodnimi procesi, se kondenzira kot povratek energije v sistem pare in je relativno čista, zato je uporabna kot tehnološka voda pri večini proizvodnih procesov. Kljub temu jo je potrebno na koncu spustiti v okolje, kar je lahko velik ekološki problem, če ni ustrezno očiščena.

Trdne snovi, ki onesnažujejo okolje med proizvodnjo sladkorja so umazanija, blato odpadnih vod, kamenje, koščki sladkorne pese, poškodovana pesa, poškodovani pesni rezanci, odpadek apnenega mleka, izločen kalcijev karbonat, kemikalije laboratorija in pepel premoga, če je uporabljen kot gorivo parnih kotlov. Naštete trdne snovi same po sebi niso škodljive, lahko pa z izpiranjem tvorijo spojine, ki se kot potencialno nevarne vnašajo v okolje. (Cheesman, Oliver.D., 2004)

Vplive proizvodnje sladkorja delimo na naslednje sklope:

- vplivi na atmosfero
- vplivi stranskih produktov in njihova uporaba
- vplivi na kvaliteto vode in vodni ekosistem.

4.1 Vplivi na atmosfero

Onesnaževalci zraka iz proizvodnje sladkorja so emisije parnih generatorjev oziroma emisije parnih kotlov ter ostali plini in moteč vonj.

Energetske kotlovske enote, ki zagotavljajo energijo sladkorni proizvodnji so izvor emisij PM delcev in škodljivih plinov vključno z oksidi, ogljikom, žveplom in dušikom, kar je posledica izgorevanja fosilnih goriv. Ob primernejšem gorivu, kot je na primer zemeljski plin, so emisije manjše.

Škodljivi plini in moteč vonj so v prvi vrsti moteči za zaposleno osebje v tovarni ter za lokalno skupnost. Pri procesu predelave sladkorne pese obstaja možnost nastanka amonijaka (NH_3) iz amidov v pesnem soku. Marsikatero emisije škodljivih plinov so povezane z odpadki, ki nastanejo v tovarni, ter z njihovo obdelavo. Med omenjene sodita tudi H_2S in metan, ki nastajata v lagunah odpadnih vod. Največje oziroma presežene mejne vrednosti škodljivih plinov oziroma polutantov atmosferskega zraka je bilo moč zaznati pri lagunah za akumulacijo odpadne vode. (Cheesman, Oliver.D., 2004)

4.2. Stranski produkti

Vplivi stranskih produktov na okolje pri proizvodnji sladkorja iz sladkorne pese so zaradi njihove velike uporabne vrednosti zmanjšani. Najpomembnejši stranski produkti pri sladkorni pesi so naslednji: (Štefančič Terezija, 1998)

- listje sladkorne pese
- pesni rezanci
- melasa
- karbonatocijsko apno

Količina listja znaša okoli 80% mase pesnih korenov. Iz 100 kg pesnih korenov dobimo približno 14kg sladkorja, 5kg suhih rezancev ter 4kg melase. (Štefančič Terezija, 1998)

Listje sladkorne pese ima veliko krmno vrednost in se ga izkorišča kot krmo v govedoreji. Poleg krmne možnosti v živinoreji ostaja možnost izkoriščanja pesinega listja kot vir hranil z oranjem v polje. Pesni rezanci nastopajo kot stranski produkt v mokri, suhi ali stisnjeni obliki, odvisno

od stopnje tehnološkega postopka stiskanja in sušenja rezancev po ekstrakciji. Vse oblike so primerne za krmo živine. Poleg krmne vrednosti pa imajo rezanci tudi energetski potencial, saj lahko iz njih s fermentacijo pridobivamo bioplin, ali pa jih posušene direktno uporabijo kot kurivo. Melasa nastane pri proizvodnji sladkorja kot zadnji sirup in iz njega ni več mogoča kristalizacija. Vsebuje 42 do 46 % sladkorja, 10 do 12% dušikovih spojin, 8 do 10% pepela in 22 do 28% vode. Uporabna je kot surovina za kvas, alkohol, citronsko in glutaminsko kislino. Tudi v kmetijstvu ima velik pomen zaradi visoke krmne vrednosti kot krma, ali kot dodatek h krmi. Veliko melase se porabi v proizvodnji krme, v mešalnicah, saj veže prašne delce in je uporabna pri briketiranju.

Karbonatacijsko blato nastaja pri sušenju karbonatacijskega blata, ki nastaja pri procesu čiščenja sladkornega soka. S prvotne 45-50% suhe snovi se blato na visokotlačnih prešah stisne do 70% suhe snovi in tako dobimo karbonatacijsko blato, ki je že pripravljeno za direkten raztros na poljih kot gnojilo s 30% CaO. (Štefančič Terezija, 1998)

| | kg/t |
|--|---------|
| Suha snov | 700 |
| Organska snov | 100-150 |
| Bazični del (CaO) | 300 |
| Od tega magnezij (Mg) | 8-10 |
| Dušik(N) | 3-5 |
| Fosfor(P ₂ O ₅) | 7-14 |

Tabela 1: Sestava karbonatacijskega blata (Štefančič Terezija, 1998, str.168)

4.3 Odpadki proizvodnih obratov sladkorja iz sladkorne pese

Za preglednost povzročanja nastajanja odpadkov v sladkorni industriji je najbolje slediti proizvodnim procesom pri katerih nastajajo. Razvrstitev, ki jo je navedel Asadi Mosen (2007):

- skladiščenje sladkorne pese
- pranje in čiščenje sladkorne pese
- rezanje sladkorne pese in ekstrakcija
- sušenje gošče pesinih rezancev

- čiščenje difuznega soka
- grelci in uparjalniki
- skladiščenje sladkorja in stranskih produktov
- sproizvodnja toplote in energije SPTE
- procesne kemikalije in goriva
- ostalo

4.3.1 Odpadki skladiščenja sladkorne pese

Pri skladiščenju sladkorne pese na velikih, v ta namen zgrajenih betonskih ploščadih, se trdni odpadki kot so kamenje, prst, umazanije in koščki pese pravzaprav izločijo sami in se jih običajno transportira nazaj na polja gojenja. Delež navedenih trdnih odpadkov je, kadar je spravilo pridelka kakovostno, sorazmerno majhen. Pri mokrem spravilu lahko ta delež občutno naraste.

Ustrezna nega nakopičene pese je obvezna z namenom preprečevanja razpadanja pese, ki povzroča neznosen vonj.

Zaradi preprečevanja procesa razpadanja pese, ki povzroča neznosen vonj, je nujno ustrezno ravnanje z nakopičeno peso.

Padavinske vode lahko z nakopičene pese sperejo hranila in s tem onesnažijo površinske in podtalne vode.

Transportna sredstva povzročajo emisije v zrak, kapljice goriva ali motornega olja pa so tudi potencialni vir onesnaženja ob spiranju površin, zato je potrebno redno vzdrževanje in takojšnje ukrepanje ob morebitnih iztekanjih goriv ali motornih olj. Prašenje pri transportu se nadzira z vlaženjem cest in kolovozov ali z različnimi zaviralci prahu, kot je na primer kalcijev klorid CaCl_2 .

4.3.2 Odpadki pranja in čiščenja sladkorne pese

Ravnanje s kamenjem, prstjo in ostalimi trdnimi snovmi, ki izvirajo iz površin gojenja pese je enako kot pri tovrstnih odpadkih od skladiščenja. Pralna voda vsebuje poleg navedenih trdnih

snovi tudi raztopljeni sladkorje in hranila iztekajoča iz koščkov sladkorne pese. Delež gline, prsti, kamenja in odpadnih snovi pomešanih s koščki pese niha med od 2 % do 8 %. (Asadi, 2007)

Povečana prisotnost sladkorjev je še posebej značilna za severne predele zaradi zmrzovanja pese pri skladiščenju, kjer razpadle lupine pese prispevajo k dodatnim koncentracijam izločenih sladkorjev na pralnih napravah in v transportnih koritih.

4.3.3 Odpadki pri rezanju sladkorne pese in ekstrakciji

Odpadki pri rezanju pese in ekstrakciji pesnih rezancev so odvisni od učinkovitost čiščenja in priprave pese, ki s tem daljšajo življenjsko dobo in s tem po eni strani zmanjšujejo servisiranje opreme ter menjavo nožev in emisij povzročenih ob teh ukrepih, med drugim tudi izrabljene elemente opreme, po drugi strani pa tudi na ekstraktorjih v mešalcih rezancev izboljšujejo funkcijo toplotne izmenjave in s tem zmanjšujejo porabo energije, posledično pa tudi odpadkov in emisij pri pridobivanju le te.

V primeru predhodno nekakovostno očiščene pese lahko pride do mikrobiološke okužbe na ekstraktorju, pri kateri mikroorganizmi pretvarjajo sladkor v kisline, kar znižuje pH in povečuje delež topnih nesladkorjev v sladkornem sirupu. To lahko posledično povečuje uporabo apnenega mleka pri čiščenju sladkornega soka. Netopni sladkorji se težko popolnoma izločijo, kar jih vodi do konca postopkov pridobivanja sladkorje in s tem povečujejo tudi delež nastale melase v sklepni fazi proizvodnje. (Asadi Mosen, 2007)

4.3.4 Odpadki pri sušenju gošče sladkornih rezancev.

Ravnanje pri sušenju gošče pesnih rezancev ima več učinkov na okolje, zato se glede na okoljski vidik odsvetuje sušenje pesine gošče, če je to le mogoč. Torej jo je kot stranski produkt koristno uporabiti vlažno, kar v primeru živalske krme ni problematično, če je le lokacija farme dovolj blizu. Tudi iz tega razloga je v okolici tovarn sladkorja zaslediti intenzivnejšo govedorejo, kar ima pozitiven vpliv tudi na trajnostni razvoj.

Sušenje pesine gošče je sicer povezano z emisijami grelnih naprav, ki nastajajo pri porabi različnih vrst goriv za proizvodnjo toplote, kot so PM delci, ogljikov monoksid, hlapne organske snovi ter amonijak iz procesa sušenja. Če se za sušenje uporablja toplota uparjalnikov, je potrebno kondenzat, ki je organsko obremenjen, pred izpustom očistiti, a ker te vode vsebujejo tudi kisline, bi bilo koristno preučiti možnost izkoriščanja teh vod kot vir. (Asadi Mosen, 2007)

4.3.5 Odpadki pri čiščenju difuznega soka

Nastali trdni odpadki pri čiščenju difuznega soka, nastalega pri ekstrakciji, so dovedeni kalcijev karbonat, fini delci od presajanja apnenca in koksa, zavržen kalcijev oksid, apno ter uporabljen filterski material. Vsi ti odpadki so koristni za ponovno uporabo.

Emisije v zrak iz peči za žgano apno se pri saturaciji difuznega soka očistijo, direkten izpust pa bi predstavljal znaten potencialni vir onesnaženja. Občasno se iz procesa izpušča amoniak.

4.3.6 Odpadki grelnih naprav in uparjalnikov

Emisije v zrak iz grelnikov in uparjalnikov so povezane z nastankom ne kondenziranih plinov pri segrevanju raztopin vmesnih faz produktov, med katerimi so amonijak in hlapne organske snovi. Čiščenje grelnih površin povzroča nastanek raztopin s kislinami, natrijevimi solmi in natrijevim hidroksidom. Kondenzat iz uparjalnikov pogosto vsebuje amonijak in je organsko obremenjen.

4.3.7 Odpadki skladiščenja sladkorja in stranskih produktov

Ravnanje pri shranjevanju in odpremljanju sladkorja povzroča nastajanje stranskih produktov prašnih delcev in ostankov. Preprečevanje je potrebno zaradi emisij prašnih delcev in potencialne eksplozivnosti prahu. Spiranje sladkorja lahko onesnaži površinske in podzemne vode ter povzroči neznosen vonj. Melasa se lahko pod primernimi pogoji razgradi in če je pojav

hiter, lahko pride tudi do eksplozije. V primeru počasne reakcije pa karbonizira ob sproščanju toplote.

4.3.8 Odpadki soproizvodnja toplote in energije SPTE

Za proizvodnjo pare in električne energije v tovarnah sladkorja uporabljajo kotle na premog, olje in zemeljski plin. Emisije izgorevanja goriv vsebujejo SO_2 , NO_x , nezgorelo gorivo, hlapne organske spojine VOCs, CO, CO_2 , toksine in PM delce. Kotlovski pepel je najbolj značilen trdni odpadek teh procesov.

PM delci, SO_2 in toksini se običajno odstranjujejo iz izpustov. Možno je pranje izpustnih plinov. Sladkorne tovarne s svojimi SPTE enotami in pripadajočimi kotli nad 500 MW uvrščajo le te med velike kurilne naprave, kar jih zavezuje k okoljevarstvenemu dovoljenju po direktivi IED tudi glede segmenta strogih mejnih vrednosti emisij iz tovrstnih kurilnih naprav, pri čemer imajo sladkorne tovarne s starejšo proizvodnjo velike težave pri doseganju okoljevarstvenih zahtev.

4.3.9 Odpadki kemikalij in goriv proizvodnih procesov

Puščanje in spiranje kemikalij kot so SO_2 , HCl, NaOH in goriv lahko povzroči onesnaženje okolja. Zato je v skladu s standardi živilske industrije potrebno zagotoviti ustrezen nivo preprečevanja tovrstnih onesnaženj. Upravljalca mora ravnati skrbno in nevarne odpadke odlagati po predpisih.

4.3.10 Ostali odpadki

Tudi ostali odpadki, ki ne nastajajo neposredno pri proizvodnih procesih, zahtevajo skrbno ravnanje in odlaganje. Med ostale odpadke štejemo komunalne odpadke, laboratorijske odpadke, računalniške in elektronske komponente, blato čistilnih naprav in druge.

4.4 Vplivi na kvaliteto vode in vodni ekosistem

V obravnavanih fazah pri procesu predelave sladkorne pese za proizvodnjo sladkorja se porabijo velike količine vode.

Po podatkih iz Ukrajine se pri tradicionalni tehnologiji porabi 20m³ vode za proizvodnjo 1 tone sladkorja. Vendarle posodobitve tehnološkega kroga vode z recikliranjem in ponovno uporabo hladilnih vod že dalj časa prinašajo bistveno nižjo porabo vode, manjše stroške na enoto produkta, izboljšanje energetske učinkovitosti in z ekološkega vidika zelo pomembno zmanjšanje emisij v atmosfero in zmanjšanje onesnaženja izpusta v vodno okolje.

K izpustu odpadnih vod iz proizvodnje sladkorne pese prispevajo naslednji procesi in elementi:

- čiščenje pese
- hladilne vode barometriške kondenzacije
- apneni mulj
- čiščenje tehnološke opreme

Odpadna voda sladkornih tovarn predstavlja tudi velik potencial onesnaženja okolja glede na pripadajoče fizične in kemične lastnosti.

Fizične lastnosti se nanašajo na temperaturo, barvo in motnost. Pri večini proizvodnih procesov se voda segreva, z izpustom vod z višjimi temperaturami neposredno vplivamo na vrste organizmov vodnega ekosistema, ki so različno občutljivi na temperaturne spremembe. Posredno pa na njih vplivajo še višje temperature, ki povzročajo spremembe koncentracij raztopljenega kisika. Obarvanost vode zmanjšuje prodor svetlobe in s tem fotosintezo, kar škodi naravnemu ravnovesju. Pojav motnosti vode nakazuje prisotnost suspendiranih oziroma neraztopljenih trdnih snovi, ki glede na koncentracijo zmanjšujejo dostop svetlobe. Celokupno vsebnost suspendiranih trdnih snovi (TSS) merimo s tehtanjem ostanka na finem filtru precejene vode.

Kemične lastnosti se nanašajo organske in anorganske raztopljene snovi in raztopljene pline. Raztopljene organske snovi, ki vsebujejo dušik ali fosfor predstavljajo hranila mikroorganizmom. Prevelika vsebnost takšnih hranil lahko povzročijo prekomerno rast mikroorganizmov, kar posledično vpliva na zmanjševanje koncentracije raztopljenega kisika v vodi. V najslabšem primeru tako porabijo ves raztopljeni kisik in nastopijo anaerobni pogoji, pri katerih bo večina aerobnih mikroorganizmov odmrla. (Cheesman, Oliver.D., 2004)

5 Pravna ureditev na področju varstva okolja

5.1 Pojmovanje in temeljna načela

Zakonodaja Republike Slovenije pojem okolje definira kot del narave v katerega lahko seže vpliv človekovega delovanja. Narava je celota materialnega sveta in sestav z naravnimi zakoni med seboj povezanih ter soodvisnih delov in procesov, človek pa je del narave. Narava je v tem primeru širše pojmovana, medtem ko je okolje del narave v katero lahko seže človek oziroma njegov vpliv. Na podlagi omenjene zakonske opredelitve zato pravno varstvo okolja obravnava Zakon o varstvu okolja, medtem ko je varstvo ostale narave zajeto v Zakonu o ohranjanju narave, pri čemer ohranjanje narave obsega varstvo naravnih vrednot in ohranjanje biotske raznovrstnosti. (Pličanič Senko et al., 2010)

Pri obravnavanem pojmovanju na podlagi slovenske zakonodaje se pridružujem avtorjem Komentarja zakona o varstvu okolja Pličaniča in sodelavcev (2010), da je takšna delitev na naravo, v katero ne posega vpliv človeka in del v katerega ta vpliv posega, problematična, saj je jasno, da človek posredno in neposredno posega na vsa živa in neživa področja narave in bi bilo smiselno varstvo okolja in narave obravnavati kot celoto, saj tudi na mednarodnem področju pravo, kot na primer evropsko pravo, naravo obravnava kot del prava okolja.

Temeljna načela pravnega varstva okolja so:

- načelo trajnostnega razvoja
- načelo celovitosti
- načelo sodelovanja
- načelo preventive
- načelo previdnosti
- načelo odgovornosti povzročitelja
- načelo plačila za obremenjevanje
- načelo subsidiarnega ukrepanja
- načelo spodbujanja
- načelo javnosti
- načelo varstva pravic
- načelo dopustnosti posegov v okolje
- načelo ekološke funkcije lastnine

5.2 Pravna ureditev varstva okolja v Republiki Sloveniji

5.2.1 Ustavna ureditev s temeljnimi izhodišči varstva okolja v republiki Sloveniji

Ustava Republike Slovenije, kot najvišji splošni pravni akt državi v splošnih določbah po 5. členu narekuje skrb za ohranjanje naravnega bogastva in kulturne dediščine. Po 8. členu morajo biti zakoni in ostali pravni dokumenti v skladu s veljavnimi načeli mednarodnega prava in mednarodnimi pogodbami, ki našo državo obvezujejo ter da ratificirane in da objavljene mednarodne pogodbe preidejo v rabo neposredno.

Slovenska ustava iz ustavnopravnega vidika zajema ohranjanje naravnega ravnovesja ohranjujočega razvoja z dvema ključnima lastnostma, ohranitev naravnega ravnovesja ter aktivne vloge države pri tem. (Pličanič Senko et al., 2010)

Vključitev novega pogleda v temeljni pravni akt države je bila izvedena na podlagi naslednjih bistvenih oziroma izhodiščnih ustavnopravnih kategorij:

- v 67. členu obravnava ekološko funkcijo lastnine
- v 72. členu obravnava pravico o zdravem življenjskem okolju
- v 72. členu v povezavi z določbo 5. člena opredeljuje skrb za zdravo življenjsko okolje kot nalogo države

5.2.2 Zakonska ureditev varstva okolja v Republiki Sloveniji

V naši državi prvi glavni premik v pravnem pomenu varstva okolja predstavlja Zakon o varstvu okolja iz leta 1993 (ZVO-93) (UL RS št. 32/93), ki je urejal ključna vprašanja okolja v celoti, ni pa obravnaval pripadajočih posameznih delov, zato se ga v uporabi imenuje »krovni« zakon o varstvu okolja. Nanašal se je predvsem na pravno varstvo življenjskega in z njim povezanega naravnega okolja. Opredeljeval je splošno rabo naravnih dobrin kot osnovne pogoje zagotavljanja trajnostnega razvoja. Potrebe sedanjega razvoja in okolja morajo biti uravnotežene do mere, ki zagotavlja enake možnosti zadovoljevanja potreb zanamcem.

Zakon o varstvu okolja (ZVO-1), (UL RS št. 41/04) v veljavi, ki je bil sprejet leta 2004 obravnava bolj samo onesnaževanje okolja in se ne posveča toliko sami rabi. Za razliko od predhodnega krovnega zakona, ZVO-1 ureja tudi posamezne dele, kot so zrak, vode, tla in ostale tako imenovane pravne institute. ZVO-1 ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem, kot osnovni pogoj za trajnostni razvoj in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepanje varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacij o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in draga z varstvom okolja povezana vprašanja. S tem zakonom se v pravni red Republike Slovenije prenašajo tudi direktive EU s področja okolja.

Urejanje standardov kakovosti ter emisij v tla, vode, zrak, emisije hrupa in svetlobe v Sloveniji bazira na ZVO-1 temelječih podzakonskih predpisih in je izhodišče tudi za predpise o ravnanju s komunalnimi in industrijskimi odpadki. Zakoni in pripadajoči podzakonski predpisi pa urejajo rabo po posameznih segmentih okolja in obenem urejajo tudi posebna vprašanja varstva le teh pred onesnaženjem. (Pličanič Senko et al., 2010)

Med te se uvrščajo:

- Zakon o vodah
- Zakon o gozdovih
- Zakon o rudarstvu
- Zakon o divjadi in lovstvu
- Zakon o sladkovodnem ribištvu
- Zakon o morskem ribištvu
- Zakon o zaščiti živali

Z glavno nalogo varovanja narave oziroma biotske raznovrstnosti in naravnih vrednot je temeljni zakon »Zakon o ohranjanju narave«, za same naravne vrednote državnega pomena, pa so v veljavi še posamični neodvisni zakoni:

- Zakon o varstvu podzemnih jam
- Zakon o Triglavskem narodnem parku
- Zakon o naravnem rezervatu Škocjanski zatok
- Zakon o regijskem parku Škocjanske jame

Na segmentu zdravstvenega in okoljskega tveganja so temeljni zakoni naslednji:

- Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti,
- Zakon o ravnanju z gensko spremenjenimi organizmi

- Zakon o soobstoju gensko spremenjenih rastlin z ostalimi kmetijskimi rastlinami

Pomemben segment kemikalij pokrivajo:

- Zakon o kemikalijah
- Zakon o biocidnih proizvodih
- Zakon o fitofarmacevtskih sredstvih
- Zakon o mineralnih gnojilih
- Zakon o zdravilih
- Zakon o kozmetičnih proizvodih

Na področju gradnje so pomembni:

- Zakon o prostorskem načrtovanju
- Zakon o urejanju prostora-1
- Zakon o graditvi objektov-1

Zadeve v zvezi s kmetijskimi zemljišči ureja »Zakon o kmetijskih zemljiščih« Med ostala pomembna vprašanja povezana z varovanjem okolja se prišteva še:

- Zakon o zdravstvenem varstvu rastlin
- Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami

5.2 Varstvo okolja v pravu Evropske unije

Odkar je Republika Slovenija postala članica Evropske unije in oz. že v času pristopnega procesa, je sprejela Pravni red skupnosti (Acquis communautaire), ki zajema vse pogodbe, vso sedanjo veljavno zakonodajo, sodno prakso Sodišča EU, kar tvori posebni pravni sistem, pri katerem veljajo načela avtonomnosti, primarnosti in neposredne uporabnosti. Državam članicam s tem iz široko opredeljenih ciljev varstva okolja iz Pogodbe o delovanju EU ni v celoti prepuščena nobena tematika s področja varstva okolja. (Pličanič Senko in sod., 2010).

Izvrševalna oziroma primarna raven EU na področju politike varstva okolja večinoma izhaja iz 191. in 192. člena Pogodbe o delovanju Evropske unije 2010 (PDEU), pomembne pa so tudi druge določbe pogodbe, ki opredeljujejo transport (100. člen), okoljevarstvena izhodišča

kmetijstva(43.člen), raziskave in razvoj(ter ukrepanje za delovanje notranjega trga(114.člen). Našteto iz primarnih virov predstavlja podlago nadaljnjim sekundarnim pravnim virom oziroma uredbam, direktivam, odločbam in priporočilom.

Evropske institucije torej na sekundarni ravni sprejemajo naslednje vrste pravnih aktov:

- **Priporočila in mnenja**, ki niso zavezujoč pravni akt oziroma so neobvezna in zato tudi njihovo zakonitost na spada v področje nadzora Sodiča EU. Kljub nezavezanosti pa je upoštevanje oziroma veljava odvisna od nivoja institucije, ki jo izda ter same tematike tovrstnega pravnega akta
- **Uredbe** so v celoti zavezujoči in neposredno v vseh državah članicah uporabni pravni akti, ki pa ne opredeljujejo samo cilja, ampak tudi sredstva za njihovo izvedbo. Uredbe se ne prenašajo v nacionalni pravni red, ampak veljajo neposredno in jih je potrebno izvesti povsod na enak način in brez odstopanj
- **Sklepi** so prav tako popolnoma zavezujoči in v tem pogledu podobni uredbi, vendar se običajno nanašajo na konkretnega naslovnika
- **Direktive** so pravni akti, ki so zavezujoče glede cilja, ki je predpisan, vendar obenem prepuščajo samo izvedbo nacionalnemu pravu posameznih članic. Lahko so splošno veljavne za vse, kot uredbe, lahko pa se nanašajo na konkretnega naslovnika. Direktive ne zavezujejo posameznikov, ampak samo države članice, ki morajo sprejeti ustrezno zakonodajo in ukrepati za njihovo izvedbo.

Na področju urejanja pravnega varstva okolja so direktive najpomembnejši in najpogosteje uporabljeni pravni akti, medtem ko se redkeje uporabljane uredbe večinoma nanašajo bolj na tehnična vprašanja. V nadaljevanju se predstavlja glavne direktive, ki urejajo pravno varstvo okolja na področju industrijskega sektorja. (Pličanič Senko et al., 2010)

5.3 Direktiva o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaženja - IPPC direktiva

V skladu s cilji in načeli politike varstva okolja iz Pogodbe o ustanovitvi Evropske Unije (PEU) ter Pogodbe o delovanju Evropske Unije (PDEU) je bila leta 1996 sprejeta Direktiva Sveta 96/61/ES o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaženja, v angleškem jeziku »IPPC

- Integrated Pollution Prevention and Control«. S ciljem visoke ravni varstva okolja kot celote, je direktiva določala okvir preprečevanja in nadzorovanja onesnaževanja okolja s potrebnimi ukrepi za preprečevanje ali pa vsaj za zmanjševanje s strani navedenih dejavnosti proizvedenih emisij v zrak, vodo in tla ter ukrepi za zmanjševanje odpadkov. Na seznamu industrijskih dejavnosti so energetika, proizvodnja in predelava kovin, nekovinska industrija, kemična industrija, ravnanje z odpadki, živilsko predelovalna industrija in druge.

Za celovitost varstva okolja je bilo uvedeno okoljevarstveno dovoljenje za industrijske obrate, ki jih je glede na mejne vrednosti definirane v svojih prilogah direktiva vključevala. Izdajanje okoljevarstvenih dovoljenj je baziralo na presoji vplivov na celotno okolje oziroma upoštevanju vseh emisij, katerih mejne vrednosti v zrak, tla in vodo, nastajanju odpadkov, varčevanju pri rabi surovin, zmanjševanju porabe energije ter varstvom pred okoljskimi nesrečami.

Poleg glavnega načela previdnosti in preventive, da se onesnaženje prične omejevati že na samem viru, je vodilo ukrepanja vpeljava uporabe najboljših razpoložljivih tehnologij (BAT – Best Available Techniques), glede katerega direktiva IPPC v 12 odstavku 2. člena opredeljuje:

»Najbolj učinkovito in napredno stopnjo pri načinu obratovanja in razvoju dejavnosti, ki kažejo praktično primernost posamezne tehnologije, na podlagi katere se načeloma določa mejna vrednost emisij za preprečevanje, in če to ni izvedljivo, zmanjševanje emisij na splošno ter vpliva na okolje kot celoto:

- **Tehnologija** vključuje tako uporabljen tehnološki postopek, kot tudi način načrtovanja, gradnje, vzdrževanja, upravljanja in razgradnje obrata,
- **Razpoložljiva** tehnologija pomeni tehnologijo na takšni ravni, da omogoča njeno uporabo v posamezni industrijski panogi pod ekonomsko in tehnično izvedljivimi pogoji, ob upoštevanju stroškov in prednosti, ne glede na to, ali se tehnologija uporablja ali razvija znotraj posamezne države članice, če je le upravljalcu primerno dostopna,
- **Najboljša** je najučinkovitejša pri doseganju visoke splošne ravni varstva okolja kot celote. Direktiva zahteva, da države članice sprejmejo potrebne ukrepe, s katerimi zagotovijo, da noben nov obrat ne obratuje brez dovoljenja, izdanega v skladu s to direktivo. Za obstoječe obrate se predvideva ponovna preveritev pogojev in posodobitev, tako da obrati delujejo v skladu z zahtevami«

Pri izdajanju dovoljenj morajo organi članic EU slediti BAT, ki so zaradi lažje dostopnosti zbrani v referenčnih dokumentih »BREF« (**B**at **REF**erences), ki jih pripravlja v ta namen v Seviliji ustanovljen mednarodni strokovni urad (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau), kjer strokovnjaki posameznih članic z namenom harmonizacije standardov

zbirajo informacije o stanju tehnologij za posamezne zadevne industrijske panoge, ki jih prejema od uprav, relevantnih državnih in mednarodnih industrijskih združenj in ostalih nevladnih organizacij. BREF dokumenti niso obvezujoči, jih je pa potrebno upoštevati pri določanju najboljše razpoložljive tehnologije in iz tega izhajajočih zahtev v dovoljenju.

Direktivo IPPC je po enajstih letih veljave leta 2005 dočakala revizijo vključno z ostalo zakonodajo o emisijah, kot odziv na pozive držav članic, Evropskega parlamenta in zainteresirane javnosti k boljšemu upravljanju za večjo okoljsko in stroškovno učinkovitost. Izvajanje IPPC direktive je v večini članic, vključno z Slovenijo, zamujalo. Do zamud je prihajalo predvsem pri izdajanju dovoljenj zaradi poznega prenosa v nacionalni pravni red, pomanjkanju strokovnih kadrov ter problematičnih razmer, v katerih so se znašli upravljalci naprav zaradi praktično težko izvedljivih določil. (Volfand Jože, 2008 et al.)

Na podlagi obsežnih analiz Akcijskega načrta ugotovitve Revizije je Evropska komisija ugotovila naslednje glavne pomanjkljivosti direktive IPPC :

- Ne zadostna uporaba in uveljavljanje najboljših razpoložljivih tehnik (BAT) – emisije iz industrije so kljub zmanjševanju ostale na previsokih vrednostih in s tem ohranile še vedno velik vpliv na okolje, torej jih je potrebno še zmanjševati.
- Z uveljavljanjem direktive in okoljskih izboljšav so nastale omejitve, kar zmanjšuje varovanje okolja in spodbujanje okoljskih inovacij
- Odvečne upravne obremenitve
- Ne zadosten obseg in nejasne zahteve trenutno veljavne direktive (Volfand Jože, 2008 et al.)

V sklepu zaključene revizije je tako Evropska Komisija predlagala sprejem nove zakonodaje s preoblikovanjem oziroma poenotenjem obstoječih direktiv s področja industrijskih emisij v eno skupno direktivo. (Kraner Matej, 2013)

5.4 Direktiva o industrijskih emisijah - IED direktiva

Direktiva IED 2010/75/EU, ki je bila objavljena konec leta 2010, nadomešča sedem obstoječih direktiv s področja industrijskih emisij, ki jih združuje in prenavlja ter v nekaterih primerih tu di zastruje :

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

Nova direktiva narekuje celostni pristop in tako se zahteva za vse naprave, ki so bile sicer v predhodnem okoljevarstvenem dovoljenju obravnavane v teh ločenih direktivah pridobitev celovitega okoljskega dovoljenja s presojo vseh direktiv industrijskih emisij oziroma sedaj po enoviti združeni IED direktivi. S tem se preprečuje prenašanje onesnaževanja z enega segmenta okolja na drugega, na primer med vodo, zrakom in tlemi. Obenem se režim najnižjih emisijskih vrednosti za velike kurilne naprave zaostruje.

Poudarek direktive je pri obravnavanem novem okoljskem pravnem aktu na emisijskih vrednostih, katerih raven je dosegljiva z uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij BAT, ki bodo dopuščale izjemo zgolj z ustrezno tehnično podkrepljeno obrazložitvijo. Po objavi zaključkov BAT zbranih v referenčnih dokumentih BREF je potrebno v roku štirih let prilagoditi obratovanje novim pogojem in posodobiti dovoljenja.

Varstvo tal in podzemne vode se obravnava s posebno pozornostjo, saj obrat s svojo dejavnostjo ne sme poslabševati kvalitete stanja tal ali podtalnice. Pri izdaji dovoljenja bo potrebno v primeru izpustov nevarnih snovi ob možnosti onesnaženja izvesti analize stanja ob izdaji dovoljenja in podati rezultate v obliki poročila. Dovoljenje bo vsebovalo vse predvidene ukrepe za preprečitev emisij v tla in podtalnico, za katere je predviden tudi redni nadzor. Sestavni del dovoljenja je udi zahteva po rednem preverjanju stanja z določenimi časovnimi intervali.

Direktiva predvideva vključevanje zainteresirane javnosti in tako bodo okoljevarstvena dovoljenja javno dostopna. S vključitvijo javnosti že v postopke izdajanja dovoljenj pa se pričakujejo dalj trajajoči postopki.

V okviru direktive se na ravni Evropske unije usklajuje inšpekcijski nadzor, pri čemer je zahtevan inšpekcijski načrt z zajemom vseh obratov z rednim pregledovanjem in morebitnim posodabljanjem. Načrt bo moral vsebovati programe rednih in izrednih pregledov glede na okoljsko tveganje. Vsak pregled bo zaključen s poročilom o skladnosti in morebitnimi predvidenimi ukrepi, vsebina poročila pa bo po treh mesecih dostopna tudi javnosti. (Grošek, 2014)

Časovne komponente nove direktive zahtevajo od države dobro pripravo za prenos v svoj pravni sistem in izvajanje :

- prenos v slovensko zakonodajo pred 6. januarjem 2013
- izvajanje zahtev po 6. januarju 2013 za nove naprave po tem datumu
- izvajanje zahtev po 6. januarju 2014 za naprave, ki so imele status že obstoječih naprav pred 6. januarjem 2013 (razen velikih kurilnih naprav),
- izvajanje do 6. julija 2015 za nove dejavnosti, ki niso bile "IPPC" dejavnosti po direktivi 2008/1/ES
- izvajanje zahtev za velike kurilne naprave po 1. januarju 2016, če so imele status že obstoječe naprave pred 6. januarjem 2013. (GZS, Služba za varstvo okolja)

5.4.1 Referenčni dokument (BREF) o najboljših razpoložljivih tehnikah (BAT) v industriji hrane, pijače in mleka

Sladkorno industrijo v okoljevarstvenem pravu uvrščamo v industrijski sektor proizvodnje hrane pijače in mleka (ang.: Food, Dairy and Milk production – FDM). Razvrstitev izhaja še iz formiranja IPPC direktive in v času izvajanja le te, je IPPC biro v Sevilji (EIPPCB) pod vodstvom delovne skupine strokovnjakov pripadajočih panog sektroja (TWG) izdal referenčni dokument v skladu s členom 16.2 Direktive Sveta 96/61/ES in na podlagi izmenjave informacij o dejavnostih, navedenih v delih 6.4(b) in (c) Priloge 1 k Direktivi Sveta 96/61/ES, v katerem so zbrane najboljše razpoložljive tehnike predmetne industrije. (Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah v industriji hrane, pijače in mleka – Povzetek, 2005)

Referenčni dokument BREF FDM je razdeljen na 7 poglavij:

1. Poglavje o splošnih informacijah:
 - opisuje splošne informacije o sektorju hrane pijače in mleka
 - navaja pomen varnosti živil pri predelavi hrane, pijače in mleka
 - opredeljuje povezanost sektorja hrane pijače in mleka z okoljem
2. Poglavje o uporabljenih postopkih in tehnikah
 - opisuje uporabljene postopke in tehnike

- razdelki 2.1–2.1.9.6.3 opisujejo posamezne dele postopkov
- Razdelki 2.2–2.2.20 opisujejo uporabo delov postopkov v nekaterih večjih posameznih sektorjih

3. Poglavje o sedanji porabi in ravni emisij

- poleg podatkov o porabi in emisijah to poglavje vsebuje dodatne informacije o izdelkih, ki niso glavni končni proizvodi in niso odstranjeni kot odpadki, npr. stranski proizvodi

4. Poglavje o tehnikah, ki jih je potrebno upoštevati pri določitvi najboljših razpoložljivih tehnik (BAT):

- Vsebuje podrobne podatke, ki so jih uporabljali strokovnjaki tehničnih delovnih skupin za določitev najboljših razpoložljivih tehnik
- Vsebuje opise številnih tehnik z običajno strukturo: opisov, doseženih koristi za okolje, križnih učinkov, operativnih podatkov, uporabnosti, ekonomike, gonih sil izvajanja, vzorčnih obratov ter seznamov literature
- vključuje tehnike preprečevanja onesnaževanja na proizvodni ravni in čistilne (end-of-pipe) tehnike

5. Poglavje o najboljših razpoložljivih tehnikah:

- Predstavlja zaključne ugotovitve o najboljših razpoložljivih tehnikah BAT v dveh nivojih
- 1. nivo obravnava navedene BAT za celotni sektor FDM
- 2. nivo obravnava dodatne BAT za nekatere sektorje FDM

V naslednji preglednici je prikazana struktura BAT sektorja hrane, pijače in mleka

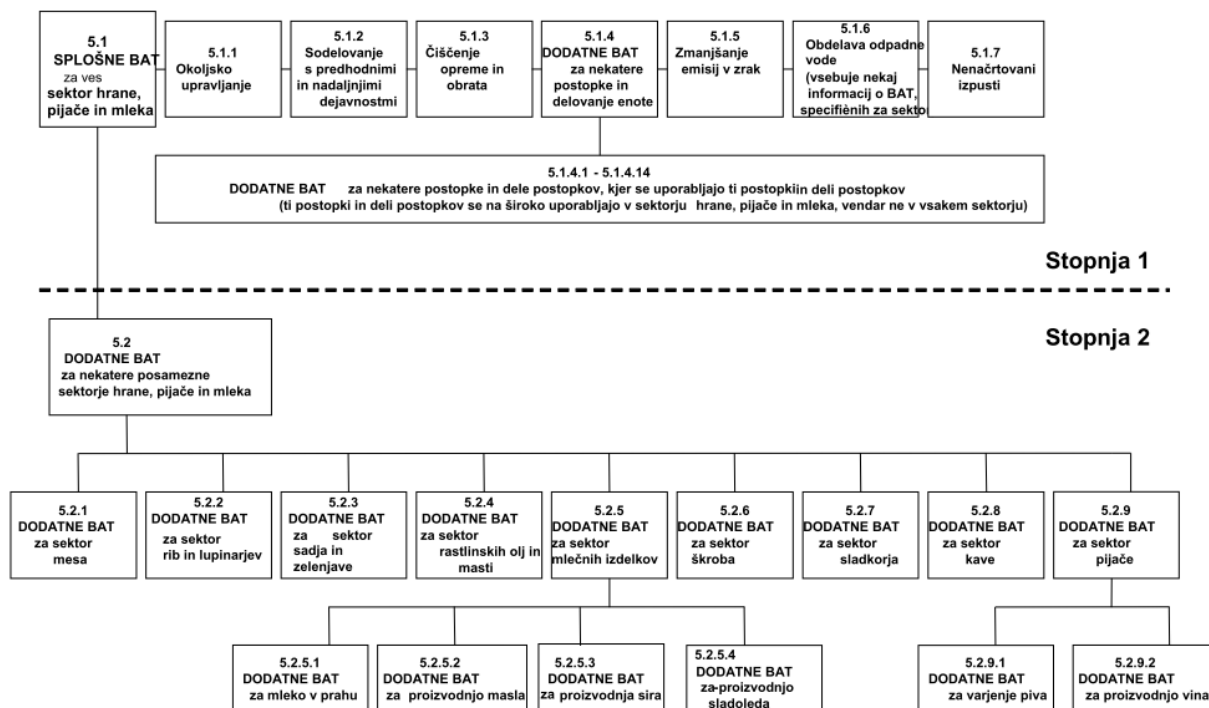


Tabela 2: Struktura BAT (<https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp>)

6. Poglavje v nastajanju vključuje tehniko »uporabe UV/ozona pri adsorbpciji za zmanjšanje vonjav«, ki je v razvojno raziskovalni fazi. Vključitev tehnike ima cilj ozaveščanja pri prihodnji reviziji tega dokumenta.

7. Poglavje sklepnih pripomb o:

- Časovni razporeditvi dela
- Stopnji soglasja gonilne sile in vprašanja, ki izhajajo iz zadnjega zasedanja tehnične delovne skupine
- Navedenih podatkih
- Neuravnoteženih in pomanjkljivih informacijah
- Priporočilih za nadaljnje delo
- Predlaganih temah za prihodnje projekte na področju raziskav in razvoja

(Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah v industriji hrane, pijače in mleka – Povzetek, 2005)

5.4.1.1 Parametri emisij odpadnih vod kot smernice BREF

Parametri emisij odpadnih vod v okolje za sektor hrane pijače in mleka v naslednji preglednici označujejo vrednosti določenih emisij, ki bi bile dosežene s tistimi tehnikami, za katere v splošnem velja, da predstavljajo BAT in temeljijo na strokovni presoji tehnične delovne skupine (TWG).

| Parameter | Koncentracija (mg/l) |
|--|-------------------------|
| BPK ₅ | <25 |
| KPK | <125 |
| TSS | <50 |
| pH | 6–9 |
| Olje in mast | <10 |
| Skupaj dušika | <10 |
| Skupaj fosforja | 0,4–5 |
| Doseči je mogoče boljše ravni BPK ₅ in KPK. Glede na lokalne razmere ni vedno mogoče ali stroškovno upravičeno dosegati prikazane ravni dušika in fosforja. | |

Tabela 3: Parametri emisij odpadnih vod (vir: EIPPCB; Povzetek BREF FDM)

6 Tehnologije čiščenja odpadnih vod v proizvodnji sladkorja iz sladkorne pese

6.1 Odpadne vode proizvodnje sladkorja

Glede na izvor nastanka, odpadne vode obravnavane industrije uvršamo med tehnološke. »Tehnološka odpadna voda je voda, ki nastaja predvsem po uporabi v industriji in obrtni ali obrti podobni gospodarski ali kmetijski dejavnosti in po nastanku ni podobna komunalni odpadni vodi. Za tehnološki odpadno vodo se šteje tudi zmes tehnološke odpadne vode s komunalno ali padavinsko odpadno vodo ali z obema, če se pomešane vode po skupnem iztoku odvajajo v kanalizacijo ali neposredno v vode. Tehnološka odpadna voda so tako tudi hladilne vode in tekočine, ki se zbirajo in odtekajo iz objektov in naprav za predelavo, skladiščenje ali odlaganje odpadkov.« V splošnem lastnosti odpadne vode delimo na fizikalne, kemijske in biološke. (Roš Milenko, Zupančič Gregor, 2010)

Glavne fizikalne lastnosti odpadne vode so:

- *celotne trdne snovi*, ki so sestavljene iz plavajočih in usedljivih snovi, koloidnih delcev in raztopljenih snovi
- *motnost*, ki je merilo za prepustnost svetlobe skozi vodo in je odvisna od prisotnosti koloidnih delcev ter finih suspendiranih snovi
- temperatura vpliva na kemijske reakcije in njihovo hitrost, vodno življenje in primernost vode za koristno uporabo
- barva je odvisna od vrste in starosti odpadne vode
- vonj je odvisen od vrste in starosti odpadne vode
- koncentracija in specifična masa (gostota)

Glavne kemijske lastnosti odpadne vode so izražene z naslednjimi pokazatelji:

- pH, ki določa alkalnost
- kloridi

- alkaliniteta v odpadni vodi je rezultat prisotnosti hidroksidov(OH^-), karbonatov(CO_3^{2-}) in hidrogen karbonatov(HCO_3^-) ter kationov(kalcijev, magnezijev, natrijev, kalijev in amonijev ion) V praksi se izraža v kalcijevem karbonatu(CaCO_3)
- dušik
- fosfor
- žveplo
- plini v odpadni vodi so dušik(N_2), kisik(O_2) in ogljikov dioksid(CO_2) iz atmosfere ter vodikov sulfid(H_2S), amonijak(NH_3) in metan (CH_4), ki nastanejo iz razgradnje organske snovi v vodi in so lahko glede na koncentracijo zdravju nevarni
- kovinske sestavine
- organske sestavine
- BPK_5
- KPK

Biološke lastnosti odpadnih vod se odražajo v vrstah v njej prisotnih mikroorganizmov, kot so bakterije, glive, praživali, mikroskopske rastline in živali ter virusi. Večina mikroorganizmov je pomembnih pri procesih biološkega čiščenja, vendar pa obstajajo tudi patogene bakterije, glive, praživali in virusi.

Količino organske snovi v odpadni vodi merimo z biološko potrebo po kisiku (BPK_5) in kemično potrebo po kisiku (KPK). Oba parametra sta v različnih odpadnih vodah različna. KPK je večji od BPK_5 , njuno razmerje pa niha, vendar je kljub temu katerikoli od njiju primeren za spremljanje stanja odpadnih vod. (Roš Milenko, Zupančič Gregor, 2010)

Z BPK_5 preizkusom določamo množino kisika, ki je potrebna za biološko razgradnjo oziroma stabilizacijo vzorca v 5-ih dneh. S tem preizkusom posredno določamo količino organske snovi, ki je biološkemu sistemu na voljo za razgradnjo odpadne vode in pričakovan vpliv izpusta na vodotok.

S KPK dobimo hitro oceno celotne organske snovi v vzorcu. Postopek, ki temelji na kemijski oksidaciji traja 3-4 ure namesto 5 dni. Rezultati KPK so višji od BPK_5 .

Poraba vode se je v sladkornih tovarnah s tehnološkimi posodobitvami in recikliranjem tehnološke vode z vračanjem v proizvodni proces občutno zmanjšala na od 2,5 do 4 m^3/Mg sladkorne pese. (DWA, Applied process engineering in industrial wastewater treatment, 2013)

Sladkorna pesa vsebuje okoli 75% vode, ki najprej upari pri uparjanju sladkornega soka in nato kondenzira med izkoriščanjem toplotne komponente za ogrevalne namene. Ta voda je z izjemo nekaterih sestavin pese zelo čista in zato uporabna v celotnem proizvodnem procesu.

Z večkratno uporabo kondenzata vode v različnih proizvodnih ciklih, predelava sladkorne pese danes ne potrebuje praktično nobenega zunanjega vodnega vira, razen za potrebe zaposlenih. Glede na navedeno zmanjšanje porabe vode za potrebe proizvodnje so se z leti posledično zmanjšale tudi količine izpustov odpadnih vod v okolje. (Asadi Mosen, 2007)

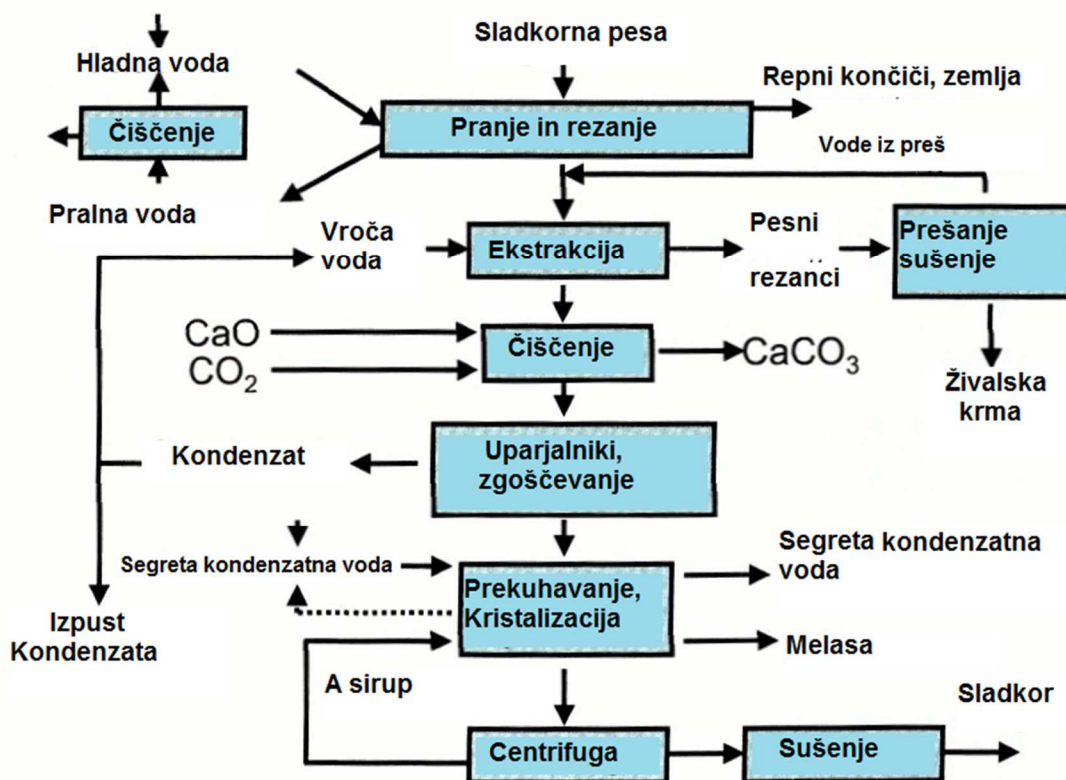
Od obravnavanih proizvodnih procesov k odtoku odpadnih vod količinsko največ prispevajo transportno pralne vode ter kondenzat. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015)

Transportno pralne vode opravljajo funkcijo transporta s skladiščnih območij v tovarno in pranja pesnih korenov pred nadaljnjo obdelavo. Na površini pese se zadržuje med 8-12 % prsti, ki se spira in ostaja raztopljen v vodi. Vodna zmes s prstjo se potem vodi na usedalnik, kjer na dnu poteka zgoščevanje prsti in blata, ki se potem transportira v sedimentacijske lagune.

Pri transportu pese se koreni poškodujejo in počijo, zato v odpadni vodi ostajajo koščki pese, ki predstavljajo organsko snov, le ta pa v sedimentacijskih lagunah povzroča hidrolizo, kar povečuje vsebnost organskih snovi v odpadni vodi. Zaradi poškodb na pesni površini se manjše količine sladkorja sperejo že med transportom. Zato delež organske snovi v vodi v vodi narašča tudi med proizvodnim procesom. Zaradi zmrzovanja pese v zunanjih skladiščih, ki lahko povzroča še večje poškodbe pesnih korenov, se lahko naraščanje koncentracije pospeši še v zadnji fazi proizvodnega ciklusa. Organske snovi v vodi lahko zakisajo in tvorijo hlapne maščobne kisline HMK, ki povzročajo neznosen vonj. V izogib temu pojavu, se vodi dodaj apneno mleko, kar prispeva k povečanim koncentracijam kalcija v odpadni vodi. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015)

Sladkorna pesa vsebuje 75% vode. Razen dela, ki izhlapi med transportom ter dela, ki se uporabi med procesom, predstavlja ta delež tako imenovani izstopni kondenzat. Kondenzat nastaja pri procesih z izparevanjem za zgoščevanje sladkornega soka pred kristalizacijo. Večino izparele vode kondenzira za povratek energije v parni sistem. Kondenzat je glede na majhno obremenjenost uporaben pri večini procesov. V sladkornih tovarnah se kondenzatne vode v večjem deležu vračajo v proces kot transportno pralne vode. Del se jih uporabi kot transportne vode sedimentiranega blata iz usedalnikov v lagune, medtem ko se preostanek vodi na čistilno napravo. Organska obremenitev kondenzata vključno s hlapnimi maščobnimi kislinami je okoli 200 mg/l. Vsebnost dušika v kondenzatu je odvisna od organske obremenitve kondenzata v sladkorni pesi na vstopu, na kar vpliva tudi samo gojenje oziroma dodajanje hranil med pridelavo pese na poljih. Vsebnost dušika v kondenzatnih vodah se odraža v koncentracijah amonija v mejah med 50 – 150 mg/l, ki so nastale v procesu hidrolize.. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015) Zmanjšanje porabe vode je del strateških smernic

referenčnega dokumenta zaključkov BAT, ki služijo kot podlaga za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja. Vpeljevanje recikliranja toka vode se izraža tudi kot ekonomski doprinos k zmanjšanju onesnaženja vod, saj se zmanjšajo tudi stroški investicije in obratovanja čistilne naprave. Vedno več sladkornih tovarn uporablja za transport pese suhe transportne linije, kar v veliki meri pripomore k zmanjšanju porabe vode.



Slika 12: Procesni tok vode v tovarni sladkorja (DWA, Applied process engineering in industrial wastewater treatment. 2013, str:10)

Zaradi skladiščenja pese na velikih, večinoma nepokritih površinah, ki je ponekod celo izpostavljena zmrzovanju, je sladkor, ki se spira iz poškodovanih delov pese, lahko vir visokih organskih obremenitev padavinskih vod. V izogib temu je potrebno zagotoviti monitoring skladiščnih površin, takoj odstaniti zaznано poškodovano peso zagotoviti, da bodo skladiščna polja ostala suha in izvesti fizične prepreke pred spiranjem s skladiščnih površin v bližnje okolje. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015)

| Tip odpadne vode | Količina m ³ /t pese | Organska obremenitev kgKPK/t pese | Vrsta obremenitev | Ponovna uporaba v: | Postopek čiščenja |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|--|--|---|
| Transportno pralne vode | 0,15 - 0,25 | 2 - 4. | organske snovi in dušik | | Mehansko čiščenje, Biološko čiščenje |
| Kondensat in izpust padavinskih vod | 0,4 - 0,5 | 0,1 - 0,15 | Organske spojine, dušik, toplota | za ekstrakcijo, za regeneracijo ionske izmenjave, transportno pralne vode, čistilne vode | Hlajenje, Biološko čiščenje |
| Voda ionske izmenjave | 0,05 - 0,13 | | nevtrallne soli, organske spojine, toplota | za ekstrakcijo, za regeneracijo ionske izmenjave, | Hlajenje, Biološko čiščenje |
| Čistilne vode | cca. 0,02 | 0,15 - 0,30 | nevtrallne soli, organske spojine | | Biološko čiščenje |
| Izpust pralnih vod uparjalnikov pri sušenju pesne gošče | cca. 0,02 | <0,1 | prah, nevtrallne soli, organske spojine | | Mehansko čiščenje, Biološko čiščenje |
| Uparjen kondenzat sušenja | cca 0,1 | cca. 0,1 | organske spojine, toplota | | Hlajenje, Biološko čiščenje |
| Hladilne vode | različno | cca. 0,15 | toplota | transportno pralne vode, čistilne vode | Hlajenje |

Tabela 4: Tipi in lastnosti odpadnih vod sladkorne industrije (Merkblatt DWA-M 713; Abwasser aus der Zuckerindustrie, 2007: str 21)

6.2 Načini čiščenja odpadnih vod sladkorne industrije

Nekatere, redke sladkorne tovarne za čiščenje odpadnih vod uporabljajo lagune. Tak način obsega predčiščenje, aerobne in anaerobne lagune, ki so lahko tudi prezračevane s posledično visoko porabo energije. Predčiščenje in pred-acidifikacija v lagunah zahteva določen zadrževalni čas, ki omogoča bakterijam organsko obremenitev pretvoriti v organske kisline, ki jih nato v naslednjih stopnjah presnavljajo bakterije, prisotne v aerobnih ali anaerobnih lagunah. Vendar ta zastarel postopek čiščenja zahteva ogromne površine, medtem ko je sam proces zelo težko nadzorovano upravljati, saj je podvržen vplivom nihanja organskih obremenitev, vremenskih okoliščin in ostalim nepredvidljivim slučajem. Z uveljavitvijo učinkovitih postopkov biološkega čiščenja so tovarne slakorja v večini prešle na nov sistem čiščenja, vendar so sistem lagun vsaj v delnem obsegu zadržale. Lagune jim kljub vsemu služijo kot rezervna zaloga vode, ki jim je ob morebitnih tehničnih izpadih ves čas na voljo, poleg tega lahko služijo za sedimentacijo, v njih pa že potekajo določeni aerobno - anaerobni procesi, ki prispevajo k končnemu učinku čiščenja. Razen sedimentacije pa ostalih procesov raje ne izvajamo v lagunah, saj so le ti vse prej kot nadzorovani, nastajajta toplogredna plina metan in ogljikov dioksid ter hlapne maščobne kisline, ki v okolici povzročajo neznosne vonjave.

V nadaljevanju poglavja predstavljam uveljavljeni tehnologiji anaerobnega in aerobnega čiščenja odpadnih vod pod kontroliranimi pogoji in z največjim učinkom čiščenja.

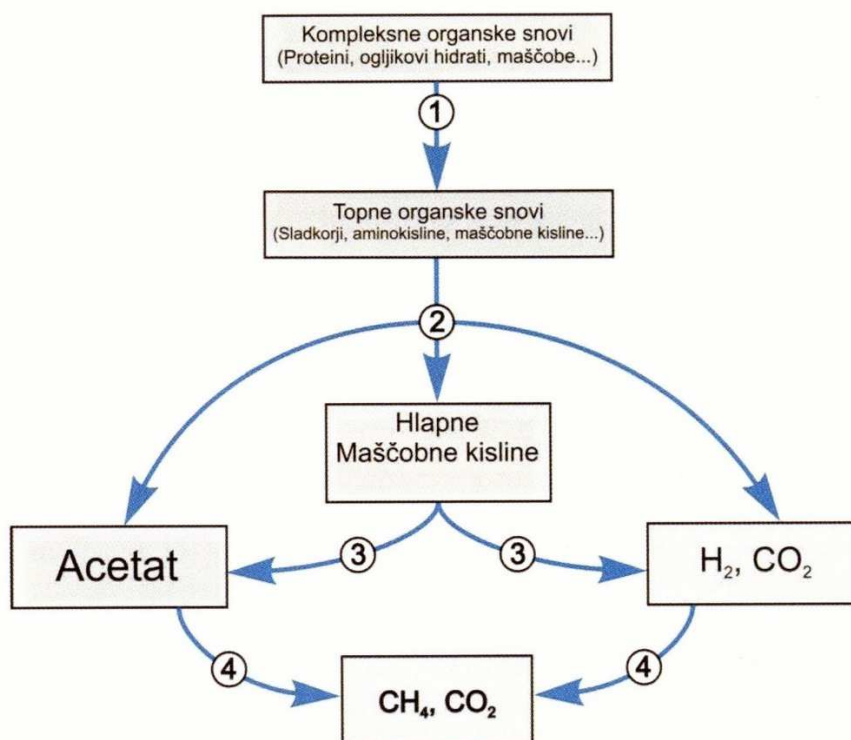
6.3 Anaerobno čiščenje odpadnih vod

Čeprav je anaerobni proces čiščenja odpadne vode že dolgo poznan, je pridobil na veljavi in širši uporabnosti šele v obdobju zadnjih 30 let zaradi mnogih prednosti, povezanih z današnjimi cenami energentov, naraščanjem prostorskih omejitev in zaostrovanjem okoljske zakonodaje.

Anaerobni proces se uporablja za čiščenje organsko močno obremenjenih odpadnih vod, pri katerih KPK presega 1000 mg/l. Proces predstavlja vrsto prednosti, kot so visoka stopnja čiščenja, sposobnost čiščenja visokih obremenitev, produkcija majhne količine odvečnega blata, ki je normalno in zelo stabilno ter produkcija gorljivega plina metana kot končnega produkta.

Anaerobni proces poteka v štirih zaporednih stopnjah:

1. V fazi hidrolize se visokomolekularni ogljikovi hidrati, maščobe in proteini s pomočjo eksoencimov mikroorganizmov iz večinoma netopnih pretvorijo v enostavnejše in topne polimere:
 - kompleksni ogljikovi hidrati se razgradijo v enostavne monomere, kot so monosaharidi
 - maščobe se izločijo v maščobne kisline in glicerin preko lipaze in vodne raztopine
 - proteini se razgradijo v aminokisline s pomočjo encimov proteaza
2. V fazi acidifikacije kislinske bakterije pretvorijo topne polimere v vrsto nižjih organskih kislin (ocetna, maslena, propionska), alkohole ter vodik in ogljikov dioksid, ki sta končna produkta očetne kisline
3. V fazi acetogeneze se organske kisline in alkoholi se pretvorijo v očetno kislino s pomočjo acetatnih bakterij
4. nižje maščobne kisline, ki jih večinoma predstavlja očetna kislina, se pretvorijo v metan, ki se sicer tvori tudi iz vodika in ogljikovega dioksida, vendar se ga več kot 80% pretvori iz očetne kisline



Slika 13: Shema anaerobne presnove (Vir: Roš, Zupančič, 2010, str 215)

Produkt procesa je izpust plina, ki ga zaradi narave nastanka imenujemo bioplin. Bioplin v večji meri sestavljata metan (CH_4) in ogljikov dioksid (CO_2), v manjši pa vodna para in vodikov sulfid H_2S . Bioplin ima visoko kalorično vrednost in predstavlja vir energije. Anaerobni mikroorganizmi pretvorijo večino energijskega potenciala organske snovi v metan in pri tem porabijo zelo malo energije za lastno rast. Količine biološkega blata kot stranskega produkta so majhne. Proces pa je zelo občutljiv na spremembe pogojev kot sta temperatura, pH ter organska obremenitev, zato ga je potrebno vzdrževati v ozkem območju optimalnega delovanja pri temperaturi med $33\text{--}38^\circ\text{C}$ in pH med $6,5 - 7,5$. Anaerobni proces sicer ne zmanjša organske snovi v tolikšni meri, da bi dosegel predpisane parametre za izpust, zato običajno procesu sledi še aerobna stopnja čiščenja za razgradnjo preostalega KPK. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015)

Ob spodaj navedenih prednostih in slabostih anaerobnega čiščenja odpadnih vod podajam kratek pregled značilnosti. (DWA, Basic process engineering in industrial wastewater treatment. 2013)

Anaerobni proces predstavljajo naslednje prednosti:

- količina odvišnega blata je 3-10 krat manjša kot pri anaerobnem čiščenju
- energijske potrebe procesa bistveno manjše, saj proces poteka ob odsotnosti kisika (aeracija ni potrebna)
- proizvod procesa je bioplin, katerega delež metana je med 60 in 80%, kar predstavlja kalorično vrednost okoli 6-8 kWh/m³, s čimer se zelo približa kalorični vrednosti zemeljskega plina
- anaerobni reaktorji večinoma delujejo z volumsko zmogljivostjo razgradnje KPK med 3-12 kgKPK/m³dan in tudi ob visokih obremenitvah obratujejo pri razmeroma majhnih volumnih, kar se odraža v manjših prostorskih zahtevah
- nekateri aerobni procesi so primerni tudi za sezonsko naravo industrije, kot je to značilno za sladkorno industrijo, kje je po nekaj mesečni neaktivnosti biomaso možno reaktivirati v nekaj dneh
- nekatere snovi, kot je na primer pektin, ki se na aerobni stopnji ne morejo razgraditi, se pri anaerobnem procesu razgradijo

Slabosti anaerobnega procesa:

- učinkovitost razgradnje KPK je med 70 in 90 % in ob zanemarljivem odstranjevanju dušika ter fosforja, zato je za končni učinek čiščenja obvezna dodatna aerobna stopnja
- zaradi majhnega prirasta biomase je ob zagonu začetno količino potrebno dobaviti od drugod, kar predstavlja nezanemarljiva finančna sredstva
- anaerobni proces je bolj občutljiv na pogoje in spremembe le teh pri samem procesu glede temperature, pH vrednosti in koncentracije organske obremenitve

Danes obstaja v sladkorni industriji splošna praksa uporabe anaerobnega procesa čiščenja v prvi fazi in aerobnega, ki sledi v drugi, zaključni fazi.

Pri obravnavi postopkov čiščenja odpadnih vod predelave sladkorne pese so bistvene zahteve glede anaerobnega procesa naslednje: visoka stopnja razgradnje, dolga zadrževalna obstojnost biomase tudi v neaktivnem stanju med sezonskim ne-obratovanjem sladkorne industrije in odpornost na visoke koncentracije kalcija.

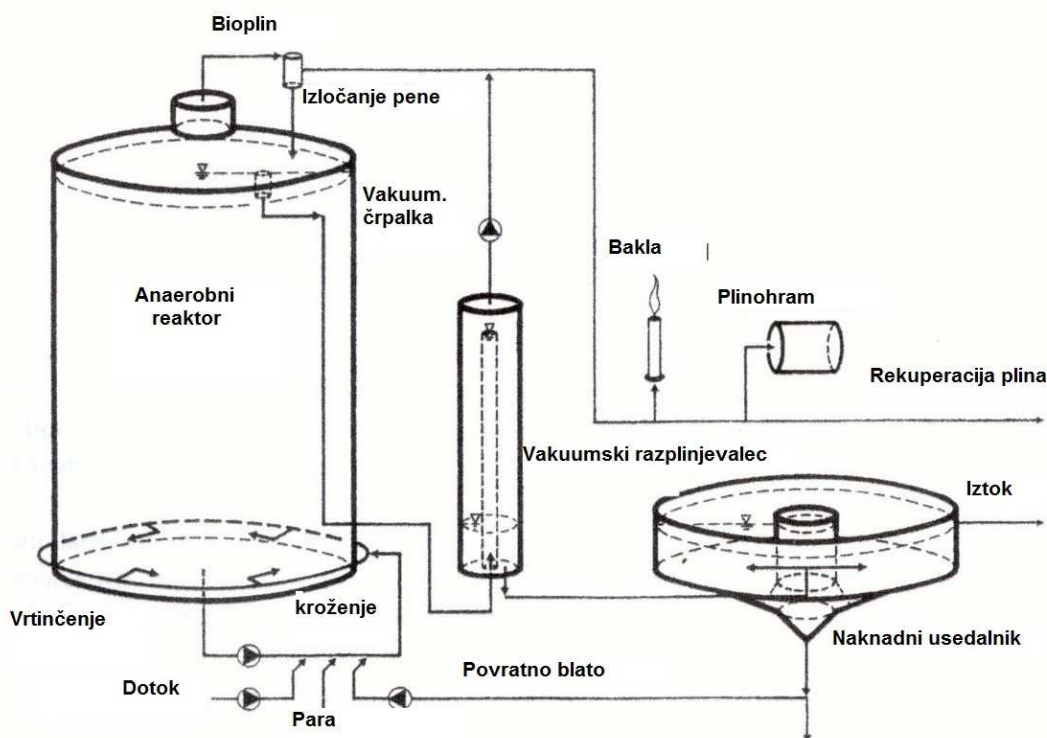
Apno, ki je ena od surovin proizvodnje, v anaerobni proces prinaša visoke koncentracije kalcija. Zaradi razgradnje organskih kislin, ki sprva služijo kot anioni Ca²⁺ kationom in jih držijo v raztopini, nenadoma producirajo presežek prostega kalcija. Zaradi produkcije bioplina med

anaerobno razgradnjo se sproščajo velike količine ogljikovega dioksida (CO_2), ki se spaja s Ca^{2+} ioni in tvori karbonat. Obarjanje kalcijevega karbonata lahko +v procesu škodi tako opremi, kot tudi mikroorganizmom, saj s povzročajo zmanjševanje njihove aktivnosti.

V naslednjem poglavju so obravnavani glavni kontaktni anaerobni sistemi, ki se projektirajo za obdelavo nizkih koncentracij blata ter visoke obremenitve odpadnih vod.

6.3.1 Anaerobni kontaktni proces (AC)

Anaerobni kontaktni proces sestoji iz povsem premešanega reaktorja s suspendirano biomaso, ki mu sledi usedalnik, kjer se suspendirana biomasa loči od odpadne vode in koncentrira za povratek v anaerobni reaktor. Vračanje biomase iz usedalnika je pomembno za zagotavljanje zadostne koncentracije biomase in s tem predvidenega učinka čiščenja. Izločanje bioplinskih mehurčkov vpliva na zmanjšanje sposobnosti usedanja biomase, zato je med reaktor in usedalnik umeščena razplinjevalna enota z vakuumsko črpalko za izločanje plina (v obliki plinskih mehurčkov) pred dotokom v proces sedimentacije v usedalniku.



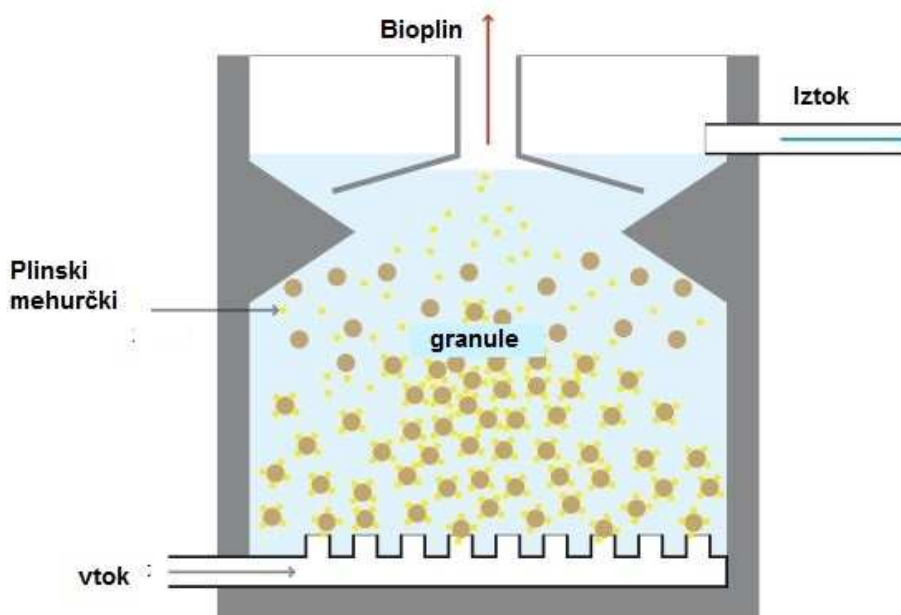
Slika 14: Shema procesa anaerobnega kontaktnega reaktorja (Rosenwinkel K.H. et al., 2015, str. 293)

Vertikalno, zgoraj vpeto mešalo zagotavlja razpršenost biomase po celotnem reaktorju. Mešanje je omogočeno tudi z načinom dotoka povratne vode iz usedalnika v reaktor. Organska obremenitev je med 3 in 10 kg KPK/m³d. Zaradi manjših kapacitet volumske razgradljivosti KPK je reaktor volumsko večji, kot so primerljivi reaktorji, katerih opisi sledijo v nadaljevanju. Razplinjevalna komora odstranjuje plinske mehurčke, ki so suspendirani zato, da se biomasa boljše useda – proces se imenuje razplinjevanje. Obstaja več različnih tehničnih rešitev razplinjevalne enote oziroma komore, vsem pa je skupna vakuumška črpalka za hitrejše odstranjevanje bioplina.

Usedalnik znatno vpliva na učinkovitost procesa z vračanjem biomase v reaktor po usedanju oziroma sedimentaciji, zato je zelo pomembna njegova učinkovitost usedanja in zgoščanja. V Nemčiji kar okoli 70 % čistilnih naprav tovarn sladkorja uporablja kontaktni anaerobni proces, predvsem zaradi visokih koncentracij kalcija, ki ugodno vplivajo na sedimentacijo biomase, poleg tega pa se dosega še visoko koncentrirana biomasa, kar prispeva k manjšim volumnom anaerobnih reaktorjev. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015)

6.3.2 Anaerobni proces z granulirano biomaso - UASB

Princip delovanja UASB procesa temelji na formiranju granulirane biomase v gostejši spodnji del (sludge blanket) ter po dnu distribuiranim dotokom, ki zagotavlja enakomeren vertikalni pretok (upflow) odpadne vode skozi granulirano biomaso, pri čemer se razgrajuje organska snov in proizvaja plin v obliki plinskih mehurčkov. Poleg funkcije biomase imata bistveno vlogo pri procesu distribuiran dotok odpadne vode v dno reaktorja in separator plin – tekočina - trdna snov v zgornjem delu. Zaradi daljšega zadrževalnega časa suspendiranih trdnih snovi v reaktorju, se vzpostavijo visoke koncentracije biomase, ki so sposobne razgraditi večje obremenitve z organsko snovjo, poleg tega pa zahtevajo manjši volumen reaktorja.



Slika 15: UASB reaktor (vir: <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments/u>)

Dotok odpadne vode vstopa na dnu reaktorja preko distribucijskega sistema, ki je zasnovan tako, da zagotavlja čimbolj enakomerno razporeditev toka po celotnem prerezu reaktorja. Gosta posteljica granul se formira v spodnjem delu, razpršen dotok in produkcija plinskih mehurčkov na površini granul pa omogočata dobro mešanje granulirane biomase. Nad posteljico granul se formira še ena, manj gosta plast aktivnega blata manjših granul. Tok odpadne voda se dviguje navzgor proti separatorju. Separator sestavljen iz pokrova plinskega separatorja z usedalnim delom nad njim. Plinski mehurčki ob dviganju s seboj v separator ponesejo tudi posamezne granule. Izločanje plina nato steče v vrhnjem segmentu, pri čemer se nekatere granule vračajo nazaj v spodnjo sekcijo. Plin se iz zgornjega dela separatorja izloči. Tekoči del s posamičnimi trdnimi delci izteka naprej proti usedalnemu delu, kjer pride do izločanja. Očiščen iztok se nato preko preliva odvaja, medtem ko se trdna frakcija iz usedalnega dela vrača v spodnjo, aktivno cono reaktorja, torej v posteljico granul. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015) Nekatere modifikacije UASB reaktorjev imajo v tej fazi umeščen še dodatni bistrilnik z namenom boljšega zadrževanja biomase ter preprečevanja njenih izgub. Dimenzije reaktorja so odvisne od obremenitev odpadne vode, vertikalnih hitrosti toka odpadne vode ter od lastnosti usedanja trdnih delcev v procesu. Obremenitve reaktorja so med 8-15 kgKPK/m³d. (Rosenwinkel K.H. et al., 2015)

Zaradi majhnega prirasta granuliranega blata, se za prvi zagon dobavi določena količina iz podobnega tipa reaktorja za pospešitev poskusnega zagona in rasti biomase, kar po eni strani predstavlja investicijske stroške, po drugi strani pa je dobavljeno blato aktivno in proces zelo

hitro steče. Takšen tip reaktorja in njegove modifikacije predstavljajo najbolj razširjen anaerobni reaktor v svetu. (DWA, Basic process engineering in industrial wastewater treatment. 2013)

Nove verzije reaktorjev, ki so zasnovani na UASB tehnologiji so bili posodobljene z namenom povečanja vertikalnih hitrosti ob zmanjšanju izgub biomase in boljšega mešanja v aktivni coni granuliranega blata.

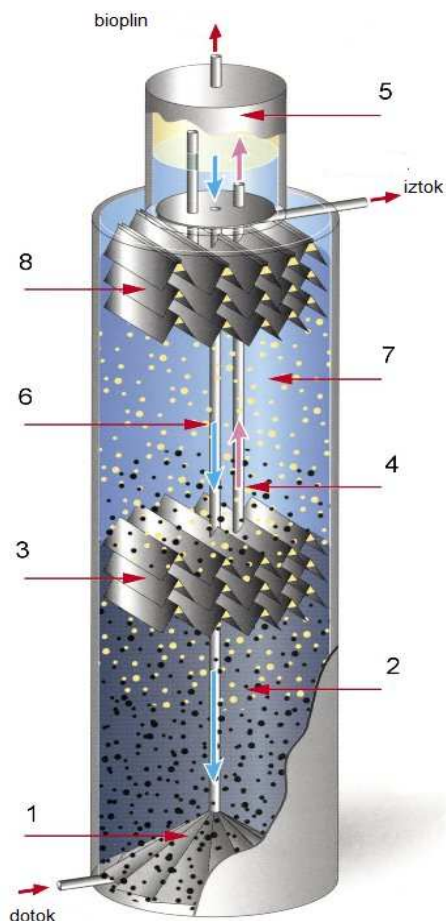
6.3.4 Anaerobni proces z granulirano biomaso in notranjo cirkulacijo - IC reaktor

Reaktor z notranjo cirkulacijo je sestavljen iz dveh UASB reaktorjev . V spodnjem predelu vsebuje razširjeno posteljico granuliranega aktivnega blata, zaradi česar v lahko v angleški literaturi za nadgrajene UASB reaktorje zasledimo poimenovanje EGSB(extended granular sludge blanket - razširjena posteljica granuliranega blata). (DWA, Basic process engineering in industrial wastewater treatment. 2013)

V spodnjem delu razširjene posteljice se razgradi večina KPK, v zgornjem pa preostali del za visok učinek čiščenja. Kot je prikazano na spodnji sliki, se dotok črpa direktno v dno reaktorja, kjer takoj nastopi mešanje (1) z recirkuliranim blatom iztoka iz vertikalnega cevovoda(6) iz plinskega separatorja(5). Iztok se vrača v cono razširjene posteljice granuliranega blata oziroma biomase v spodnjem delu reaktorja. Tukaj se večino KPK pretvori v bioplin, ki se zbira na spodnji ločevalni zapori (3). Od tod se po »dvigajoči cevi« (4) skupaj s plinom dviga tudi voda in manjši del granul v separator(5) na vrhu reaktorja. Bioplin se na tem mestu izloči, voda in blato pa se po vertikalnem cevovodu(6) vračata v spodnji del reaktorja (1), v cono mešanja s svežim dotokom. Po tej notranji cirkulaciji je poimenovan tip reaktorja. Iztok se iz spodnjega predela dviguje preko separacijskega modula(3) do zgornjega segmenta reaktorja(7), kjer se preostali KPK pretvori v bioplin, ki se izloča v zgornjem separacijskem modulu(8) po katerem se izloči preko separatorja plin-tekočina (5) skupaj z bioplinom iz spodnjega separacijskega modula. Končni izpust očiščene vode se preko preliva odvaja v zunanji cevovod.

Zaradi notranjega kroženja in izpopolnjenega ločevanja plina, vode ter trdnih snovi so omogočene večje vertikalne hitrosti odpadne vode ter boljše mešanje, kar povečuje razgradljivost KPK in zmanjšuje zadrževalne čase. Problem pa predstavljajo visoke koncentracije kalcija zaradi dodajanja apna pri proizvodnih procesih, saj lahko kalcijev karbonat, ki se tvori pri procesu v reaktorju zablokira spodnji distribucijski dotok v reaktor in

vertikalno in dvigajočo cev, ki sta bistvenega pomena za pravilno delovanje reaktorja. Poleg tega visoka koncentracija kalcija povzroča odlaganje kalcijevega karbonata na biomaso in s tem zmanjšuje njeno biološko aktivnost in učinkovitost. (DWA, Basic process engineering in industrial wastewater treatment. 2013)

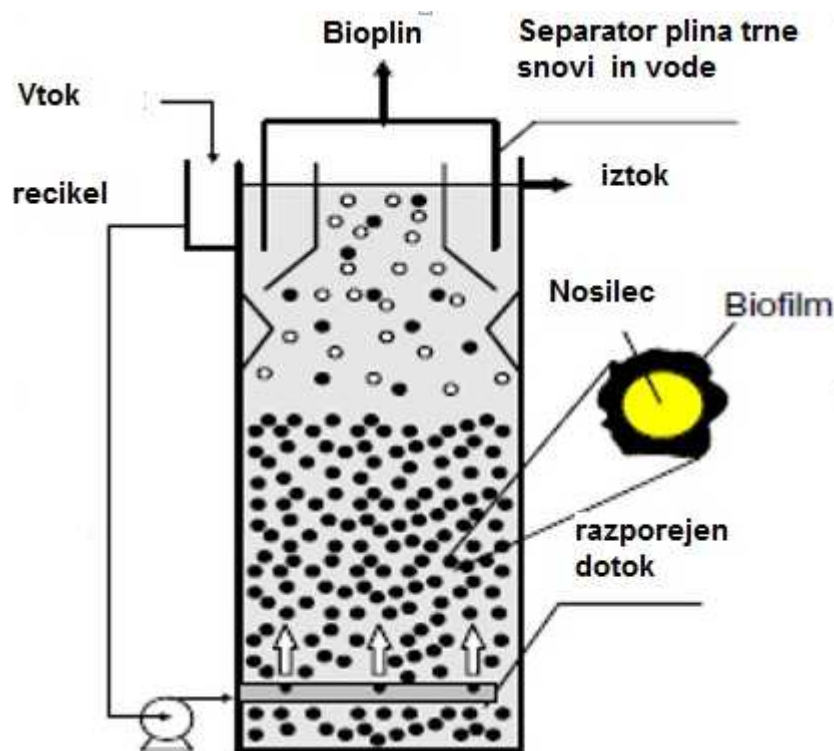


Slika 16: Shema procesa anaerobnega kontaktnega reaktorja

(<https://www.betterworldsolutions.eu/portfolio/biopaq-ic-bioreactor-for-biogas-production/>)

6.3.5 Anaerobni AFB reaktor s fluidizirano biomaso na nosilnem materialu

Izboljšanje zadrževanja biomase je v AFB reaktorju doseženo s plavajočim nosilnim materialom, na katerem je pritrjena biomasa, ki je s tem optimalno razporejena po reaktorju in omogoča relativno visoke vertikalne hitrosti toka odpadne vode.



Slika 17: Shema procesa anaerobnega AFB reaktorja (<http://www.tridenti.com.my/anaerobic-fluidized-bed.php>)

Kalcijev karbonat se odlaga na nosilec biomase, zato na ostalih delih reaktorja praktično ni odlaganja, kar povečuje življenjsko dobo reaktorja. Kalcijev karbonat se postopoma začne odlagati na površini nosilca, kar povečuje specifično težo, a dokler ostaja nosilec zadosti aktiven, ostaja nosilni delec v suspenziji in razgrajuje organsko snov v vodi. Ko nosilni delec ne zmore več razgrajevati organske snovi, zaradi povečane specifične teže potone na dno reaktorja, od koder se ga enostavno odstrani. Nov, svež nosilni del se dodaja, da se nadomesti odstranjenega.

Zaradi količin dovedene odpadne vode je potrebno s prečrpavanjem zagotoviti recirkulacijo v delu reaktorja, da se obdrži fluidizirano posteljico v suspenziji.

Aktivni del se imenuje valjasti del nad spodnjo sekcijo, kjer mikroorganizmi na nosilnem materialu razgrajujejo organsko obremenitev odpadne vode. Vertikalni tok vode vnaša nosilni material v suspenzijo, medtem ko sproščen plin, ki nastaja ob razgradnji, dodatno prispeva k vertikalnemu toku.

Separator reaktorja je nameščen na vrhu aktivnega dela. Naloga je ločiti odpadno vodo v procesu čiščenja, nosilec biomase proizvedeni bioplin. Nosilni material se mora vrniti v proces, medtem ko se očiščena voda in bioplin ločeno odvedeta iz reaktorja. Da se zagotovi trifazno ločevanje, se glava reaktorja razširi navzgor v obliki prisekanega konusa. To pomeni, da se usedalna površina v glavi podvoji, hitrost dviganja pa s tem na sredini zmanjša za polovico. Upadanje vertikalne hitrosti toka in povečanje površine usedanja upočasnijo nosilne delce, ki jim

je s tem omogočeno, da se potopijo nazaj v aktivno fazo reaktorja. Plin se ob tem dviga še naprej in usmerja v zbirnik v pokrovu reaktorja, od koder se odvede iz reaktorja. Očiščena voda odteka radialno v odvodni kanal v obliki obroča v glavi reaktorja in preliva čez nazobčan rob najprej v zbirni rezervoar iztoka, kjer se voda odvede, posamične granule pa se usedajo na dno in se nato preko ločenega cevovoda vračajo nazaj v reaktor.

Okoli delcev inertnega nosilnega materiala se obložijo anaerobni mikroorganizmi in rastejo, medtem ko se hranijo z organsko snovjo iz odpadne vode. Poleg tega prispevajo tudi k teži biomase, ki preprečuje spiranje oziroma odplakovanje biomase iz reaktorja, kar bi se sicer zgodilo zaradi velikih vertikalnih hitrosti drobnih plovnih nosilnih delcev. Delci nosilnega materiala so velikosti med 0,2-0,5mm.

Tipične volumnske obremenitve takšnih reaktorjev so med 5 in 50 kgKPK/m³d. (Jördening H.J., Winter Josef, 2005)

6.3.6 Anaerobno čiščenje odpadnih vod v sladkorni industriji

Uveljavljena praksa pri čiščenju odpadnih vod z visoko organsko obremenitvijo, ki nastajajo v proizvodnem procesu sladkorja iz sladkorne pese, je umestitev biološkega sistema anaerobnega čiščenja kot prve stopnje procesa čiščenja odpadnih vod z zgoraj predstavljenimi tehnologijami anaerobnih reaktorjev:

- Anaerobni kontaktni proces(AC)
- Anaerobni proces z muljno posteljico(UASB)
- Anaerobni proces z muljno posteljico(UASB) in notranjo cirkulacijo(IC reaktor)
- Anaerobni proces z fluidizirano posteljico(AFB)
- R2S reaktor (predstavljen kot izbran reaktor čistilne naprave v 6. poglavju)

Vsaka od njih ima svoje prednosti in slabosti. Izbor bistvenih karakteristik je prikazan v primerjalni tabeli

Med glavnimi kriteriji za izbiro tehnologije je vsebnost kalcija v odpadni vodi. Ob koncentraciji višji od 500 mg/l reaktor z UASB ni več primeren. Predmetni problem odlaganja kalcijevega karbonata zaradi visokih koncentracij kalcija je po moji oceni najbolje rešen v pri tehnološki rešitvi reaktorja R2S. Pri tem reaktorju, ki je bil izbran tudi pri čistilni napravi tovarne sladkorja, obravnavani v naslednjem poglavju, je omogočeno usedanje kalciniranih granul, njihovo

spiranje in izločanje iz posebno izvedenega konusnega dna na tak način, da ne prekinja oziroma moti procesa čiščenja.

V sladkorni industriji prihaja občasno tudi do nenadnih sprememb koncentracij organske obremenitve. To prispeva k spremembi pogojev, na kar pa je anaerobni proces v primernih reaktorjih zelo občutljiv, posledice pa so lahko v skrajnem primeru tudi uničenje celotne granulirane biomase reaktorja, kar na stroškovni ravni lahko pomeni izgubo krepko čez 100.000 evrov. Tovrstno problematiko učinkovito obvladuje anaerobni R2S reaktor, saj z dodano tehnologijo eksterne recirkulacije s pomočjo zunanjega vertikalnega cevovoda količinsko kontrolirano kombinira dovod odpadnih vod na reaktor in tako zagotavlja kar se da konstanten dotok v smislu koncentracije organske obremenitve, kot tudi količinsko.

6.4. Aerobno čiščenje odpadnih vod

Kot je bilo že navedeno, je po vsakem anaerobnem čiščenju odpadnih vod potrebno iztok iz procesa očistiti še na aerobni stopnji, da se doseže predpisane parametre izpusta odpadnih vod v okolje. V splošnem so na voljo naslednje možnosti:

- prezračevanje anaerobnega izpusta
- čiščenje z odstranjevanjem organskih spojin in hranil do predpisanega nivoja

Aerobno čiščenje je biološki proces pri katerem mikroorganizmi v prisotnosti kisika razgradijo organsko snov v odpadni vodi. Pri aerobnih sistemih se prezračevala in/ali mehanska mešala porabljajo za dovajanje kisika v odpadno vodo. Proces razgradnje v primeru, da vsebnost organskih snovi narašča, porablja tudi večje količine kisika. Če je v odpadni vodi zadostna koncentracija raztopljenega kisika, potem aerobni mikroorganizmi učinkovito razgrajujejo organske spojine, medtem pa narašča njihova biomasa. Močno bakterijsko razmnoževanje je razlog za bolj ekstenzivno razgradnjo organskih onesnaževal v primerjavi z anaerobnim procesom. Poleg tega pa se porabi tudi energija, ki je potencialno shranjena v organskih spojinah za svojo rast, kar povzroča nastanek velike količine odvečne snovi namesto metana, kot je to značilno za anaerobni proces čiščenja. Ogljikov dioksid je edini plin, ki pri procesu nastaja, zato ne oddaja praktično nobenega vonja v okolico. Hranila v odpadni vodi se prav tako občutno zmanjšajo deloma že s presnovno vgradnjo v celice biomase,

preostanek pa se lahko eliminira s kombinacijo aerobnih in anaerobnih metod čiščenja odpadnih vod. (Roš Milenko, Zupančič Gregor, 2010)

6.4.1. Prezračevanje anaerobnega izpusta

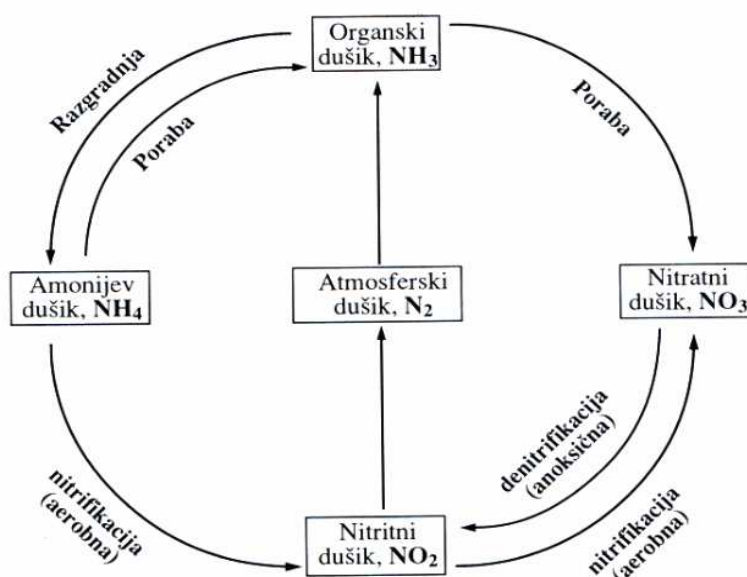
V posameznih primerih anaerobni proces čiščenja v zadostni meri očisti odpadno vodo, da parametri ustrezajo bodisi izpustu v reko, laguno ali lokalno čistilno napravo, ali pa se ponovno uporabi v procesu proizvodnje sladkorja za transportno pralne vode. V tem primeru je potrebno izpustne vode prezračiti, da se anaerobni mikroorganizmi deaktivirajo in da se iz vode odstranijo raztopljeni plini in se s tem prepreči potencialni pojav vonja.

6.4.2 Čiščenje z odstranjevanjem organskih spojin in hranil

V večini razvitih držav odstranjevanje organskih onesnaževal iz odpadne vode ne zadostuje predpisanim parametrom za izpust v okolje, ampak je potrebno odpadno vodo očistiti tudi hranil, da se prepreči eutrofikacija vodnega okolja, ki vodi k pomanjkanju kisika, izumiranju višjih vrst organizmov, motnosti vode in nasploh k razvrednotenju vodnega telesa z vidika naravnega vira.

Čeprav količina fosforja v odpadnih vodah sladkorne industrije iz sladkorne pese ni velika in se ga mora pogosto celo dodajati kot kemikalijo za zagotavljanje učinkovitosti procesa čiščenja, je dušik, večinoma v obliki amonijaka (NH_3), prisoten v presežnih količinah v kondenzatnih odpadnih vodah. Dušik se lahko odstrani z biološkim procesom v dveh stopnjah; z nitrifikacijo in denitrifikacijo.

Avtotrofne bakterije oziroma nitrifikatorji vršijo dvostopenjsko pretvorbo in reducirajo oksidirane ogljikove spojine za celično rast. Ta lastnost je bistvena pri kompetitivnosti posameznih organizmov za prevlado nitrificirajočih bakterij pri čiščenju odpadne vode v aktivnem blatu. Bakterije, ki oksidirajo amonij (NH_4^+), prejmejo energijo z oksidacijo amonijevega dušika v nitratni dušik (NO_3^-), bakterije ki oksidirajo nitrit, pa oksidirajo nitritni (NO_2) dušik v nitratni dušik (NO_3^-).



Slika 18: Shema procesa nitrifikacije in denitrifikacije (Vir: Roš, Zupančič, 2010)

Ob teh reakcijah se proizvede zelo malo energije. Za popolno nitrifikacijo je potreba po kisiku visoka. Zgoraj opisani proces se v praksi uporablja z majhno spremembo konvencionalnega sistema čiščenja z aktivnim blatom. Dodatni bazen za odpadne vode je umeščen pred aeracijskim bazenom. Iztok iz anaerobne stopnje je pomešan s povratnim blatom in reciklirano vodo iz aeracijskega bazena. Kljub temu, da ni nobenega vnosa kisika z aeracijo, je kisik prisoten v obliki nitratov v reciklirani vodi. Zato se ta bazen imenuje anoksični. Ker se bazen ne aerira, je potrebno vzpostaviti mešanje z mešalom, da se zagotovi obstanek aktivnega blata v suspenziji. Po denitrifikaciji v anoksičnem bazenu steče odpadna voda v aeracijski bazen, kjer se očisti preostala organska snov in se obenem dušik v obliki amonija in organski dušik oksidirata do nitrata, ki nato v reciklirani vodi na povratku v anoksičen bazen služi kot vir kisika. S tem se količina odstranjevanja dušika nadzira preko upravljanja z recikuliranjem. (Roš Milenko, Zupančič Gregor, 2010)

Proces nitrifikacije in denitrifikacije se lahko učinkovito izvede tudi v saržnem procesu. Saržni (SBR) proces omogoča prilagodljivost, ki je lahko v določenih okoliščinah dobrodošla prednost.

6.4.3 Aerobni proces v sladkorni industriji

Večina razvitih držav uporablja aerobno stopnjo čiščenja odpadnih vod za naknadno čiščenje anaerobnega izpusta ali kondenzata. Proces z aktivnim blatom z nitrifikacijo-denitrifikacijo se je uveljavil kot dobra izbira v primeru sladkorne industrije. Tipično za tovrstne naprave je, da majhen pretok različno obremenjene odpadne vode služi kot vir ogljika za primerno denitrifikacijo v primeru, ko izpust iz anaerobnega procesa in kondenzat nista že predhodno zmešana skupaj.

Najbolj običajna rešitev nitrifikacijsko-denitrifikacijskega procesa so koncentrični bazeni z osrednjo anoksično cono in zunanjo aerirano cono. Tudi SBR tehnologija aerobnih bazenov je uveljavljena možnost tehnološke rešitve.

7. Primer čistilne naprave odpadnih vod tovarne sladkorja

7.1 Uvodna predstavitev proizvodnega obrata

V sklepnem poglavju diplomske naloge predstavljam primer tehnološke rešitve čistilne naprave odpadnih vod. Izbral sem Tovarno sladkorja Skidel v Belorusiji. Delujoča tovarna sladkorja predela v sladkor okoli 1.000.000 ton sladkorne pese letno, oziroma v sezonskem obdobju obratovanja, od konca avgusta pa do konca decembra, kar lahko zaokrožimo na 120 dni oziroma štiri mesece. Poleg sladkorja tovarna proizvaja citronsko kislino iz melase, okoli 1600 ton na letni ravni.

Obstoječe stanje čiščenja odpadnih vod proizvodnje je predstavljal sistem zaporednih usedalnih lagun z zaključenimi filtracijskimi lagunami na lokaciji, ki je 2 km oddaljena od samega proizvodnega kompleksa tovarne. Tak sistem čiščenja je neučinkovit in povzroča v okolici močan pojav nadležnega vonja.

Za rešitev okoljskega problema je bila potrebna investicija v novo čistilno napravo celotnega toka visoko obremenjenih odpadnih vod proizvodnje sladkorja, v skladu s standardi oziroma z lokalno zakonodajo in z izpustom očiščene vode v reko.

Odpadne vode obravnavane tovarne sladkorja lahko razdelimo na dva glavna vira:

1. odpadne vode iz vseh proizvodnih procesov, vključno s proizvodnjo citronske kisline, ki so priključene na glavni zbiralnik
2. Transportno pralne vode, ki se preko usedalnika najprej zbirajo v laguni za tehnološko vodo, kjer se jim dodaja apno za nevtralizacijo hlapnih maščobnih kislin

Iz prvega vira so vode nato direktno speljane v sistem lagun. Transportno pralne vode pa se po določenem številu ciklov prav tako, a ločeno, dovajajo v sistem lagun.

Obstoječ sistem zaporedno vezanih lagun za usedanje, ki se zaključijo s filtracijskimi lagunami, od koder se iztekajo v reko, ne ustreza emisijskim standardom mejnih parametrov na izpustu.

7.2 Karakteristike odpadnih vod na vtoku na čistilno napravo

| Obremeitev na vtoku v ČN | | mg/l | kg/d |
|--|--|----------|--------|
| KPK | | 3.700 | 14.800 |
| BPK | | 2.000 | 8.000 |
| SS | | 250 | 1.000 |
| N-NH ₄ | | 25 | 100 |
| Celokupni fosfor (P) | | 5 | 20 |
| Kalcij (Ca) | | 500-1500 | |
| Skupaj zaokrožena ORGANSKA OBREMENITEV: 140.000 PE | | | |
| Projektirana hidravlična kapaciteta: $Q_t=4000\text{m}^3/\text{dan}$ | | | |
| $Q_t=(167\text{ m}^3/\text{h})$ | | | |
| Razmerja: | | | |
| KPK : BPK | | | 1,85 |

Tabela 5: Karakteristike odpadnih vod na vhodu ČN Skidel

Po lokalni zakonodaji je omejitev glede izpusta v primerjavi z BREF zelo striktna; Organska obremenitev KPK na izpustu ne sme presegati 25 mg/l, BPK₅ pa mora biti nižje od 5mg/l.

7.3 Tehnološka rešitev čiščenja odpadnih vod

Odpadne vode iz proizvodnje sladkorja so visoko obremenjene in za doseg zahtevane stopnje čiščenja tovrstne vode zahtevajo večstopenjsko čiščenje, in sicer:

1. Mehansko predčiščenje
2. Anaerobno čiščenje
3. Aerobno čiščenje

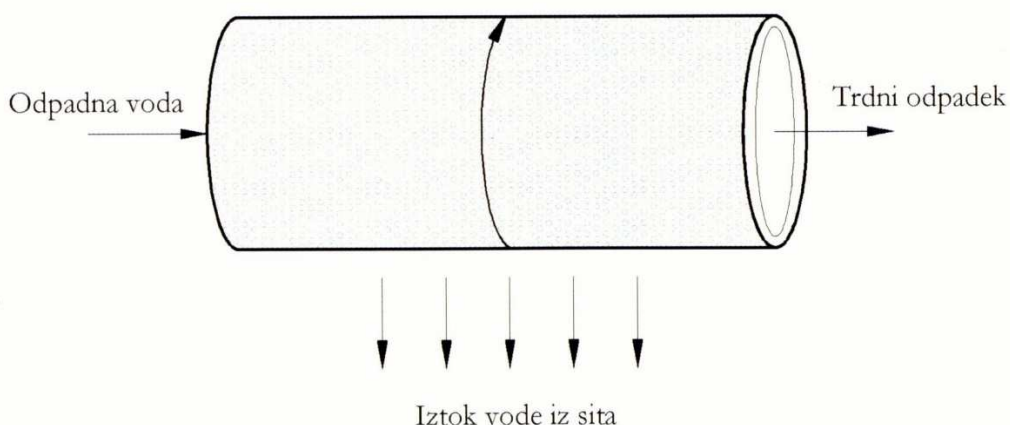
Z vstopnim črpališčem v zadnji laguni se začne sklop tehnološkega kompleksa čistilne naprave odpadnih vod sladkorne tovarne. Vstopno črpališče črpa odpadno vodo na lokacijo naprave in sicer na mehansko stopnjo predčiščenja.



Slika 19: Industrijska čistilna naprava sladkorne tovarne Skidel (lasten vir)

7.3.1 Mehansko predčiščenje - rotacijska bobnasta sita

Naprava za mehansko predčiščenje je nameščena na zgornji plošči predacidifikacijskega zaprtega bazena in sestoji iz dveh, predvidoma izmenično delujočih rotacijskih bobnastih sit s perforacijo 3 mm. Na sitih se izločajo mehanski delci večji od 3 mm, ki se preko transporterja nato odvajajo v kontejner, mehansko očiščena odpadna voda pa gravitacijsko odteče v predacidifikacijski bazen na naslednjo stopnjo čiščenja. Sita imajo vzpostavljeno avtomatsko spiranje z vodo, ki se krmili preko glavnega krmilno-nadzornega sistema.



Slika 20: Rotacijska bobnasta sita (Roš Milenko, Zupančič Gregor, 2010, str. 65)

7.3.2 Anaerobno čiščenje odpadnih vod

7.3.2.1 Pred-acidifikacijski bazen z dovajanjem kemikalij in mešanjem

V zaprtem bazenu s prostornino 650 m³ poteka priprava odpadnih vod pred vstopom na anaerobni reaktor. Odpadni medij se pod stalnim mešanjem v pred-acidifikacijskem bazenu zadržuje v povprečju okoli 4 ure, vrši se kontrola in po potrebi regulacija pH, dodajajo se hranila in obenem poteka hidroliza oziroma pred-acidifikacija organskih snovi, ki povečuje njihovo razgradljivost ter izboljšuje učinkovitost anaerobnega procesa na naslednji stopnji v samem reaktorju.

Za doseganje optimalne anaerobne presnove biomase oziroma mikroorganizmov v reaktorju ter primerne rasti biološkega blata, je potrebno dovajati določeno količino hranil, kot sta dušik in fosfor. Dovajanje dušika in fosforja se mora zagotoviti v naslednjem masnem razmerju:

$$\text{KPK} : \text{N} : \text{P} = 350 : 5 : 1$$

Dušik se dovaja v obliki granul uree ((NH₂)₂CO), z 47% vsebnostjo dušika. Ureo se v zalogovniku z mešanjem v vodi raztopi do 10% raztopine, nato se jo z dozirno črpalko prečrpava v pred-acidifikacijski bazen. Dovajanje fosforja se vrši s pomočjo fosforne kisline H₃PO₄. Le ta se običajno dobavlja v mobilnih rezervoarjih v obliki 85% raztopine, ki vsebuje 450g fosforja na liter raztopine. Fosforna kislina se z dozirno črpalko dovaja direktno iz rezervoarja v pred-acidifikacijski bazen.

Ustrezen pH v pred-acidifikacijskem bazenu se vzdržuje z dovajanjem natrijevega luga NaOH za zvišanje alkalnosti ali solne kisline HCl za znižanje alkalnosti. Obe kemikaliji se shranjujeta v rezervoarjih in se dovajata v medij z dozirnimi črpalkami.

7.3.2.2 Anaerobni reaktor

Izbrani anaerobni reaktor tipa R2S je nova, modificirana verzija IC reaktorja, ki mu je poleg interne cirkulacije dodana še eksterna oziroma zunanja cirkulacija. Anaerobni reaktor je visokozmogljiv reaktor, v katerem anaerobni proces poteka preko granuliranega biološkega

blata. KPK se pretvori v bioplin in v majhno količino odvečnega blata. Reaktor je zaradi sistema izločanja težjega blata preko usedanja na konusnem dnu še posebej primeren za anaerobno presnovo visoko obremenjenih odpadnih vod z visoko vsebnostjo kalcija, kar je značilno za odpadne vode iz proizvodnje sladkorja iz sladkorne pese. Distribuiran vtok v reaktor združuje očiščeno vodo, ki se vrača iz zunanjega vertikalnega cevovoda preko dovodne črpalke, v kateri prihaja do intenzivnega mešanja z odpadno vodo, s čimer je vzpostavljena tako imenovana eksterna cirkulacija. Od tod se odpadna voda dovaja v točkovno razporejen dotok v konusno dno. V spodnjem delu reaktorja se v razširjeni in najgostejši plasti granul večji del organske snovi dovedene odpadne vode pretvori v bioplin. Nastali bioplin se v tem segmentu zbira v spodnjem delu strešin tridelnega zbirnega sistema plina in se po prvi vertikalni cevi usmerja v plinski zbiralnik oziroma v izločevalno komoro na vrhu reaktorja. Zaradi velike vertikalne hitrosti plinskih mehurčkov se skupaj s plinom v zbiralnik dovede tudi voda in posamezne granule. Iz plinske komore se plin izloči in po plinskem razvodnem sistemu usmeri proti plinohramu, mešanica vode in granul pa se po drugi vertikalni cevi vrača v spodnjo plast biomase in visoko obremenjene odpadne vode, s čimer je vzpostavljena tako imenovana interna cirkulacija. Intenziteta interne cirkulacije je odvisna od dovedene KPK obremenitve. V zgornjem delu reaktorja se razgradi še preostali KPK iz spodnjega dela goste razširjene plasti granul, zato ga imenujemo tudi polirni del. Plin se v tem delu zbira v zgornji sekciji strešin in se dviguje po vertikalni cevi v komoro, kjer se spet izloči plinski del od mešanice vode, ki pa se v tej fazi preko prelivov na vrhu reaktorja izteka v vertikalni eksterni cevovod. Od tod se naknadno del iztoka priključuje na aerobno stopnjo čiščenja, določen del pa se v odvisnosti od krmilnih nastavitev vrača kot povratna voda nazaj na dovodno črpalke, kjer se spet meša z dotokom iz pred-acidifikacijskega bazena in potem skupaj dovaja v reaktor. Z obravnavano eksterno cirkulacijo se dotok v reaktor kombinira z dotokom odpadnih vod na čistilno napravo prek pred-acidifikacijskega bazena ter s povratnim dotokom iz eksternega vertikalnega cevovoda, kar rezultira v konstantni dotok in boljšo kontrolo anaerobnega procesa, ki zahteva stalno nadzorovano upravljanje zaradi problematične občutljivosti na nenadne spremembe pogojev.

Kalcij, ki ga vsebujejo odpadne vode sladkorne industrije, se ob kemijski reakciji v reaktorju odlaga v obliki kalcijevega karbonata na površini granul biomase, kar tvori težje blato, ki se useda v konusno dno reaktorja, od koder se ga preko posebnega patentiranega (Voith gmbh . Nemčija) izločevalnega sistema odvede. Odvod težkega blata se izvaja ob neprekinjenem obratovanju reaktorja. Poleg odvajanja kalciniranega blata, se odvaja tudi minimalni prirast blata, ki se ga prečrpava v rezervoar z odvečno blato ob predacidifikacijskem bazenu. Prirast blata je zelo dragocena v primeru dodatnih potreb po blatu, oziroma morebitnih izgub le tega tekom obratovanja. Zaradi visokih cen granuliranega anaerobnega biološkega blata na trgu

in velikega povpraševanja pa utegne biti prirast blata tudi donosna oziroma lahko povrne vložena sredstva v granulirano blato ob začetnem zagonu.



Slika 21: Anaerobni R2S reaktor ČN Skidel (lasten vir)



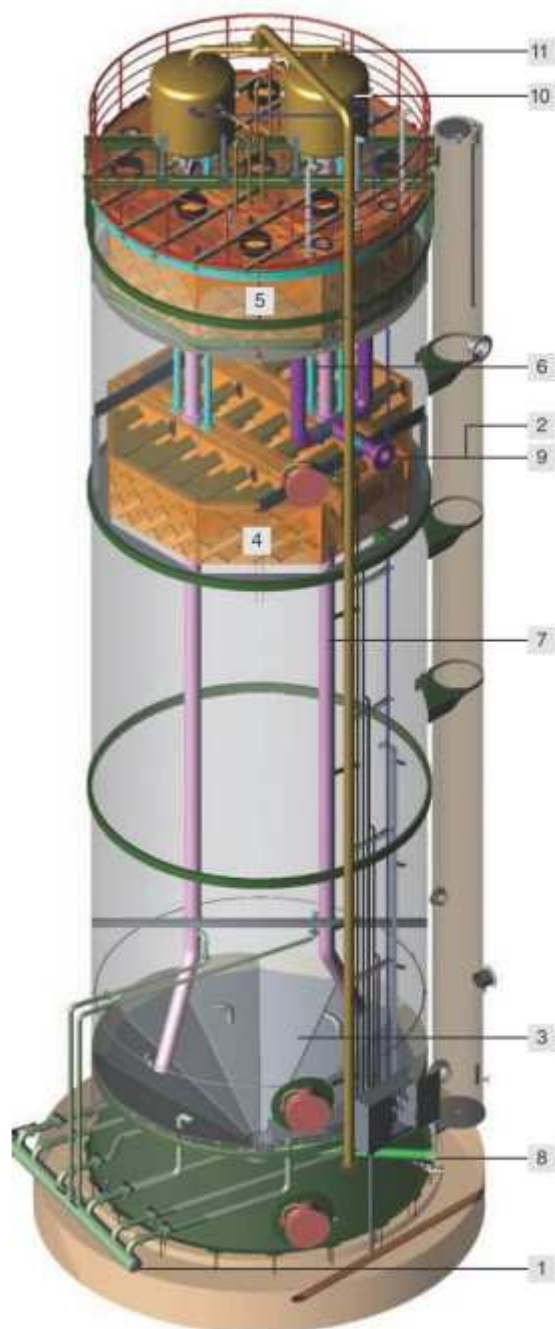
Slika 22: Izločene s kalcijevim karbonatom obložene granule iz dna R2S reaktorja ČN Skidel (lasten vir)



Slika 23: Aktivne granule biološkega blata R2S reaktorja ČN Skidel (lasten vir)

Elementi

- 1 Dotok
- 2 Iztok
- 3 razpršen dotok
- 4 Spodnji separator
- 5 Zgornji separator
- 6 vertikalna navzgor
- 7 vertikalna navzdol
- 8 Izločanje usedleoa blata
- 9 Izločanje pene
- 10 separator plina
- 11 bioplinska cev



Slika 24: R2S reaktorj (http://www.meri.de/en/Products_Overview/Waste_Anaerobic_R2S.php)

Za optimalno delovanje obravnavanega anaerobnega reaktorja moramo zagotoviti temperaturno območje vstopne odpadne vode med 30 in 35°C. Odpadne voda, ki se prečrpava iz pred-acidifikacijskega bazena je speljana preko kotlovnice na toplotne izmenjevalce, kjer se voda glede na potrebno temperaturno razliko dogreva preko dveh toplotnih virov:

1. Ogrevalnega kotla, ki deluje ali na proizveden bioplin, ali kurilno olje
2. Toplota povratne vode iztoka iz reaktorja v eksterni vertikalni cevovod

Cilj takšnega načina obratovanja je, da se za ogrevalne potrebe procesa uporabi zgolj na zgoraj opisan način pridobljen bioplin. S tem je zagotovljena energetska samozadostnost procesa.

7.3.2.3 Tehnološki sklop razvoda bioplina – linija plina

Proizvedeni bioplin se iz plinskega separatorja na vrhu reaktorja izloči. Po plinskem cevnem razvodnem sistemu prehaja preko pripadajočih tehnoloških sklopov plinske linije pod pritiskom okoli 20 mbar. Na vrhu reaktorja sta na plinskem cevovodu nameščena dva podtlačna varnostna ventila, ki izpustita plin v primeru povišanega tlaka do 45 mbar. Plinski cevovod se iz anaerobnega reaktorja spusti do terena in poteka naprej pod njim, najprej preko peščenega filtra z izpustom kondenzata, ki ob temperaturni razliki plina pri okoli 28°C in zunanje temperature, ki se lahko spusti pod -20°C, nastaja v nezanemarljivih količinah. Naprej poteka cevovod na reaktor za razžveplanje bioplina z možnostjo vzpostavitve obvoda s sekcijskimi zapornimi ventili. V nadaljevanju bioplin preko še enega peščenega filtra z izločanjem kondenzata poteka preko plinohrama na kombinirani plinsko-oljni kotel in na koncu še do varnostne plinske bakle, kjer izgorijo morebitne odvečne količine plina. Za potrebe gorilnika kotla je potreben tlak plina 70 mbar, kar zagotavljata električni puhali na odseku od plinohrana do priključitve plinskega cevovoda na gorilnik. V sklop plinskih instalacij tako štejemo naslednje glavne enote:

- Reaktor za razžveplanje bioplina – desulfurizator
- Nizkotlačni plinohram
- Kombinirani plinsko-oljni kotel
- Varnostna bakla

Pri pričakovani proizvodnji plina v povprečju okoli 4.800 m³ plina na dnevni ravni z vsebnostjo:

- 75-80% metana – CH₄,
- okoli 20% ogljikovega dioksida – CO₂
- do 1% vodikovega sulfida H₂S

Celotno območje plinske linije spada v posebno eksplozivno nevarno območje (Ex cono), zato so posebni varnostni ukrepi obvezni za zagotovitev varnosti osebja. Pri analizi varnostnih con se pri dimenzioniranju naprav, ki so del plinskega razvoda, upošteva Atex standard za eksplozivna območja.

7.3.2.3.1 Reaktor za razžveplanje bioplina - desulfurizator

Proizvedeni bioplin se iz plinskega separatorja na vrhu reaktorja izloči in nato po plinskem cevnem razvodnem sistemu prehaja preko tehnoloških sklopov plinske linije pod pritiskom okoli 20 mBar. Pri pričakovani proizvodnji plina v povprečju okoli 4.800 m³ na dnevni ravni z vsebnostjo:

- 75-80% metana – CH₄,
- okoli 20% ogljikovega dioksida – CO₂
- do 1% vodikovega sulfida H₂S
-

Zaradi prisotnosti sulfatov v odpadnih vod na vstopu, se pri anaerobni presnovi tvori tudi toksičen plin z neprijetnim vonjem po gnilih jajcih, vodikov sulfid H₂S, ki z vodo tvori žvepleno kislino H₂SO₄, ki kot jedka kislina učinkuje na tehnološko opremo, plinske instalacije, kotle in ostale elemente razvoda plina. Konkretno je v primeru obravnavane čistilne naprave v kotlovnici kombinirani kotel, ki za dogrevanje procesa kot gorivo porablja nastali bioplin.

| | | |
|---|----------------------|--|
| kurilnost (nižja kurilna vrednost) | H_u | $\geq 4 \text{ kWh/m}^3$ |
| vsebnost žvepla (skupno) | S | $\leq 2,2 \text{ g/m}^3 \text{ CH}_4$ |
| ali vsebnost H_2S | H_2S | $\leq 0,15 \text{ Vol.-%}$ |
| vsebnost klora (skupno) | Cl | $\leq 100,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$ |
| vsebnost fluorida (skupno) | F | $\leq 50,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$ |
| vsota klora in fluorida | (Cl + F) | $\leq 100,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$ |
| prah (3 ... 10 μm) | | $\leq 10,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$ |
| relativna vlažnost (pri najnižji dovodni temperaturi zraka, drugače rečeno kondenzacija v dovodni cevi in poti za kontrolo plina) | ϕ | $< 90 \%$ |
| tlak dotoka pred vstopom v pot za kontrolo plina | p_{gas} | 20 ... 100 mbar |
| nihanje v tlaku plina | | $< \pm 10 \%$ of set value |
| temperatura plina | T | 10 ... 50 °C |
| ogljikovi hidrati (> C5) | | $< 0,4 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$ |
| silicij (pri Si > 5 mg/m ³ CH ₄ analiza olja za vsebnost kovin t < 15 mg/kg pregledanega olja) | Si | $< 10,0 \text{ mg/m}^3 \text{ CH}_4$ |
| metan count (Bioplin MC približno 135) | MZ | > 135 |

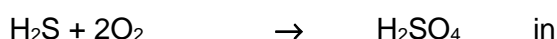
Tabela 6: Minimalne zahteve za gorilne pline z relativno vsebnostjo kisika 5% (Alseadi Teodorita, 2011, str 89)

Zaradi tega se bioplin po izstopu iz reaktorja po cevnem razvodu vodi najprej na tehnološko napravo za razžveplanje, tako imenovan desulfurizator. Gre za biološki reaktor, katerega proces razžveplanja plina je zasnovan na sposobnosti mikroorganizmov za biokemijsko oksidacijo določenih organskih ali anorganskih snovi. Produkti oksidacije, kot so voda, ogljikov dioksid, soli itd., so okolju neškodljivi. Biološko razžveplanje poleg biološke razgradljivosti škodljivih komponent zahteva še določeno koncentracijo določenih mikroorganizmov za razgradnjo v reaktorju, določeno dovajanje kisika in hranil za mikroorganizme ter določene pogoje glede temperature in vlažnosti.

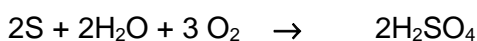
Za zagotovitev visoke gostote mikroorganizmov, je v reaktorju dodan nosilni material za tako imenovano fiksirano biomaso. Bakterije pri oksidaciji potrebujejo kisik, ogljikov dioksid prisotnost fosforjevih in dušikovih spojin.

Oksidacija oziroma odstranjevanje vodikovega sulfida poteka na dva načina:

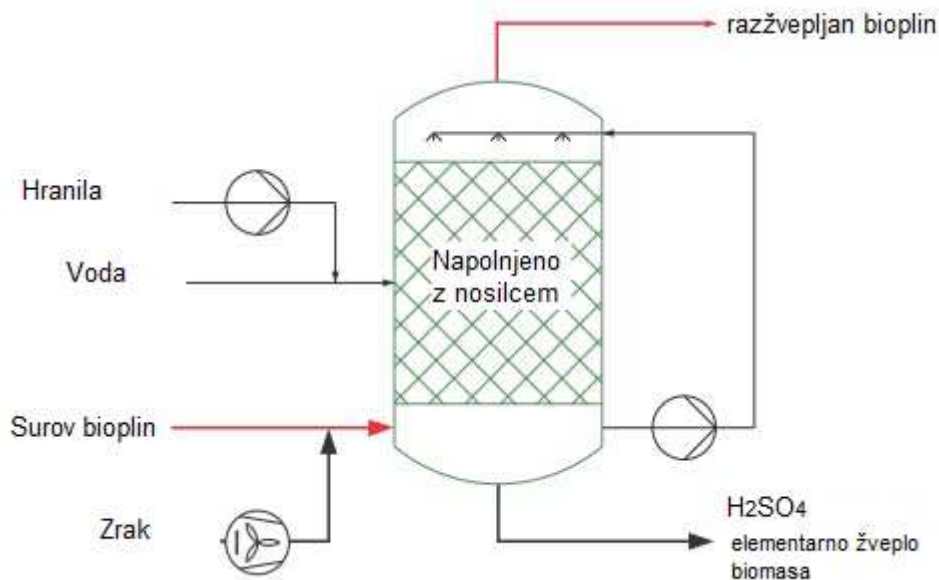
1. Direktna oksidacija H_2S :



2. Oksidacija H_2S z elementarnim žveplom kot vmesnim produktom:



Žveplo in žvepleno kislino kot produkta, se s črpalko prazni iz reaktorja, očiščeni plin pa prehaja naprej po plinskem razvodnem cevovodu preko še enega peščenega filtra z izpustom kondenzata na plinohram za skladiščenje plina.



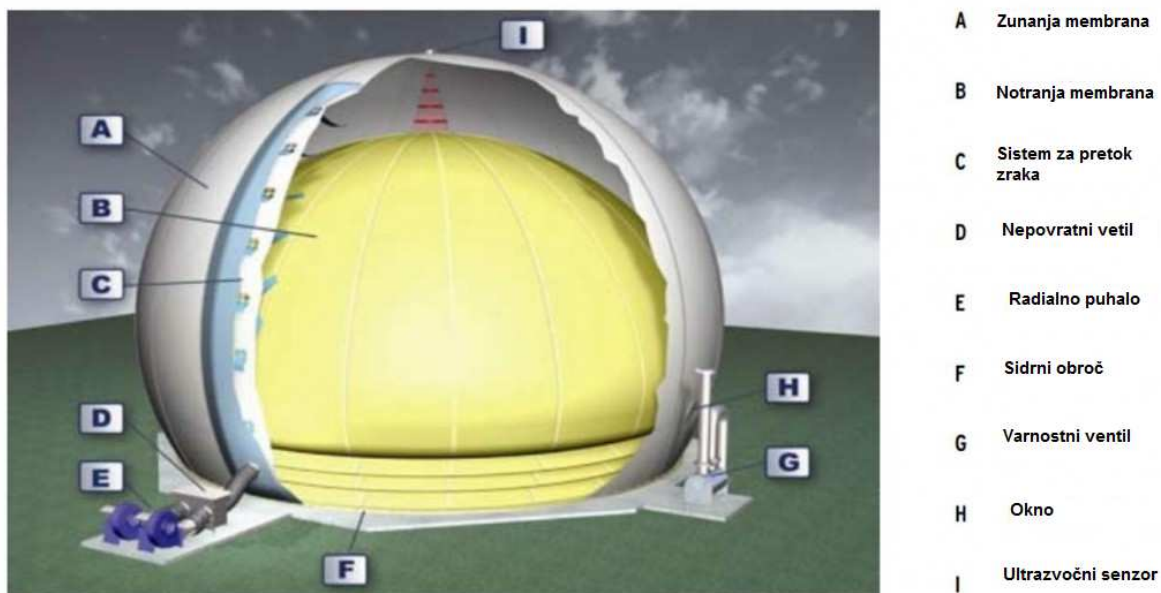
Slika 25: Shema desulfurizatorja (<http://www.sh-umwelt.de/biogasentschwefelung/bioreselbettreaktoren/>)



Slika 26: Plinohram, desulfurizator, R2S reaktor (od leve proti desni) (lasten vir)

7.3.2.3.2 Plinohram

Očiščeni plin se skladišči v zunanem nizkotlačnem plinohramu z dvojno plinotesno membrano. Zunanja membrana je podprta s stalnim dovajanjem zraka z izmenično delujočima električnima puhaloma. Notranja membrana pa se razširi glede na količino bioplina. Nivo plina se meri z ultrazvočnim merilcem, katerega meritev vpliva na upravljanje delovanja plinskih tehnoloških naprav, tako kotla kot tudi bakle.



Slika 27: Shema plinohrama (<http://www.utileengineering.co.uk/gas-holders/>)

7.3.2.3.3 Bakla

Varnostna bakla je kapacitete 150 m³/h plina. To je zunanji plinski gorilnik deluje avtomatsko v primeru prekomerne količine plina. V konkretnem primeru lahko v izjemnih primerih ob polnem plinohramu in hkratnem delovanju kotla proizvodnja preseže porabo in tako presežne količine plina zgorijo na bakli. Zadosten tlak plina za izogrevanje na bakli zagotavljajo električna puhala na plinski liniji.



Slika 28: Bakla ČN Skidel (lasten vir)

7.3.4 Aerobno čiščenja odpadnih vod

7.3.4.1 SBR bazeni

Očiščen iztok iz anaerobnega reaktorja prehaja naknadno še na anaerobno stopnjo, saj karakteristike med 70 in 80 % učinka čiščenja še vedno ne dopuščajo izpusta v okolje. Odpadna voda najprej doteka v kontaktni rezervoar, kamor doteka tudi sanitarna odpadna voda upravnega objekta čistilne naprave in predvidoma tudi del komunalnih odpadnih vod bližnjega naselja, skupaj 200 m³/h. V tej točki se z dozirnimi črpalkami dodaja potrebne količine

hranil za ustrezno delovanje SBR bazenov v razmerju $BPK_5 : N : P = 100 : 5 : 1$. Dušik (N) se dovaja v obliki 10 % raztopine uree, fosfor pa z 85 % koncentracijo fosforne kisline H_3PO_4 .

Odpadna voda se prečrpa v vzporedna sekvenčna saržna reaktorja oziroma SBR bazena pravokotnih oblik. V vsakem od reaktorjev poteka proces čiščenja izmenično v naslednjih štirih stopnjah:

1. Polnjenje SBR bazena z mešanjem
2. Kombinirano mešanje in prezračevanje s tremi potopljenimi prezračevalnimi mešali
3. Usedanje blata
4. Praznjenje SBR bazena

V fazi praznjenja bazena se očiščena voda izloča preko prelivnikov v iztočno kineto na merilni objekt na iztoku. Prelivnika sta krmiljena avtomatsko in sta ob polnjenju dvignjena, ob praznjenju pa spuščena, tako da se očiščena voda preko prelivnih robov prelivnikov preliva v odtočno kineto naprej proti merilnemu objektu ter iztočnemu črpališču. Vodna gladina v sekvenčnih bazenih niha, tako kot se izmenično polnita oziroma praznita posamezna bazena. V fazi polnjenja in prezračevanja posameznega bazena črpalka za recirkulacijo dovaja povratno blato iz zalogovnika. Prvima dvema stopnjama, ko poteka denitrifikacija, sledi izklop prezračevanja in mešanja, da se omogoči proces usedanja blata, ki se ga po končanem usedanju s potopno črpalo prečrpa z dna bazena v zalogovnik blata. Ko je blato prečrpano v zalogovnik, je SBR bazen pripravljen na nov cikel čiščenja. Na potopljena mešalna prezračevala, ki hkrati opravljajo funkcijo mešanja in prezračevanja, se s pomočjo treh kompresorskih puhal, nameščenih v kompresorski postaji dovaja zrak. Puhala delujejo izmenično tako, da dve obratujeta, eno pa je v izklopu

7.3.4.2 Dehidracija biološkega blata

Dehidracija oziroma sušenje blata se izvaja s pomočjo centrifug. Proces dehidracije bo obratoval avtomatsko, po potrebi, v odvisnosti od produkcije odvišnega blata.

Pred pričetkom dehidracije se vklopi v zalogovniku blata zažene mešalo, blato pa se prične črpati na centrifugo s pomočjo potopne črpalke. V centrifugi se s pomočjo centrifugalne sile ločita tekoča in trdna faza tako, da na eni strani dobimo pogačo – dehidrirano blato suhosti 22% suhe snovi in vodo – centrat, ki po interni kanalizaciji odteka v interno črpališče za komunalne odpadne vode. Zgoščeno blato iz centrifuge se bo preko spiralnega transporterja

nalagalo na prikolico za odvoz. Učinkovitost zgoščevanja blata na centrifugi se poveča s predhodnim dodajanjem flokulanta v blato. Flokulant je raztopina polielektrolita, za katerega je v prostoru dehidracije nameščena posebna naprava za pripravo z integrirano dozirno črpalko.



Slika 29: Centrifuga (<http://www.okotechnik.hu/index.php/en/pieralisi>)

7.3.4.3 Biofiltersko čiščenje kontaminiranega zraka

Med tehnološkimi procesi čiščenja odpadnih vod prihaja v mediju zraka do pojava različnih spojin z močnim nadležnim vonjem oziroma smradom. H₂S, hlapljive maščobne kisline in druge organske spojine nastajajo v pokritem pred-acidifikacijskem bazenu, v prostoru rotacijskih bobnastih sit, v prostoru dehidracije in potencialno v tehničnem skladišču upravne stavbe. Iz navedenih prostorov se preko na stropno nameščenega prezračevalnega cevne sistema odesava onesnažen zrak na tako imenovani biofilter.

Na biofiltru, napravi za biološko čiščenje odpadnega zraka, radialni ventilator ustvarja podtlak, ki odesava onesnažen zrak iz kritičnih mest zaprtih sklopov postopka čiščenja in s tem omogoči vdor svežega zunanega zraka in odvod kontaminiranega v sam biofilter. Tu zrak prehaja prek vlažilne komore in se nato iz primerno navlaženega odpadnega zraka kontaminirane spojine adsorbirajo v vodni film, ki obdaja biofilterni material, nato pa se s

pomočjo biološke presnove mikroorganizmov razgradijo, očiščen zrak pa kot produkt prehaja v ozračje. Produkta procesa sta še voda in CO₂, kar omogoča stalno regeneracijo biofilternega materiala.

Učinkovitost čiščenja plinov na biofiltru je sledeča:

- min 98% odstranitev H₂S pri 40ppm vstopni koncentraciji spojine v odpadnem zraku
- min 96% odstranitev enot vonjav (EV) pri 2.500 EV/m³ vstopnega odpadnega zraka



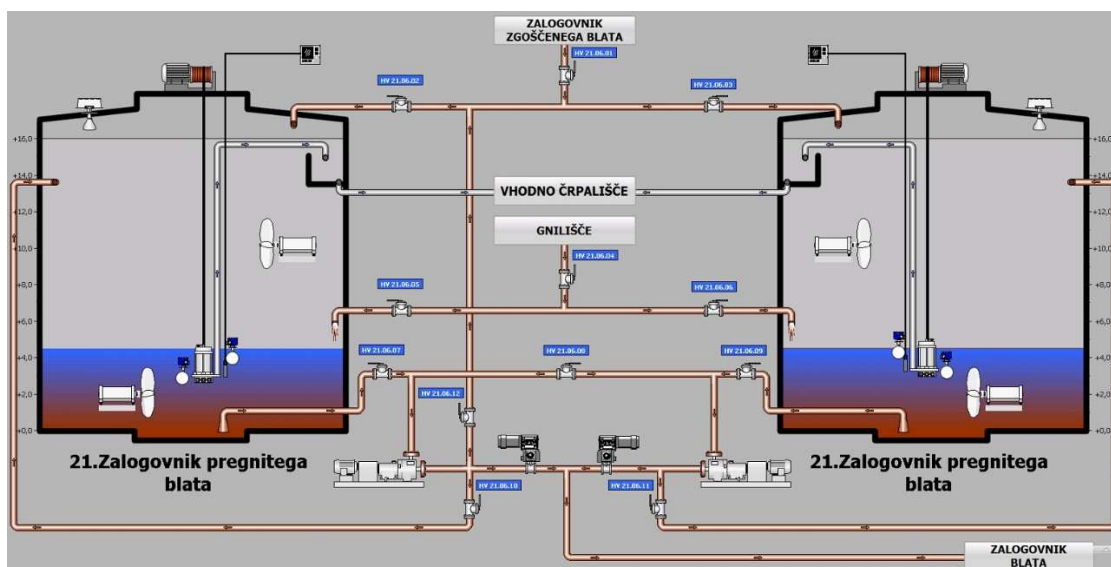
Slika 30: Biofilterski material (Vir.: http://www.bioteg.com/txt/biofilter_info_6.php)



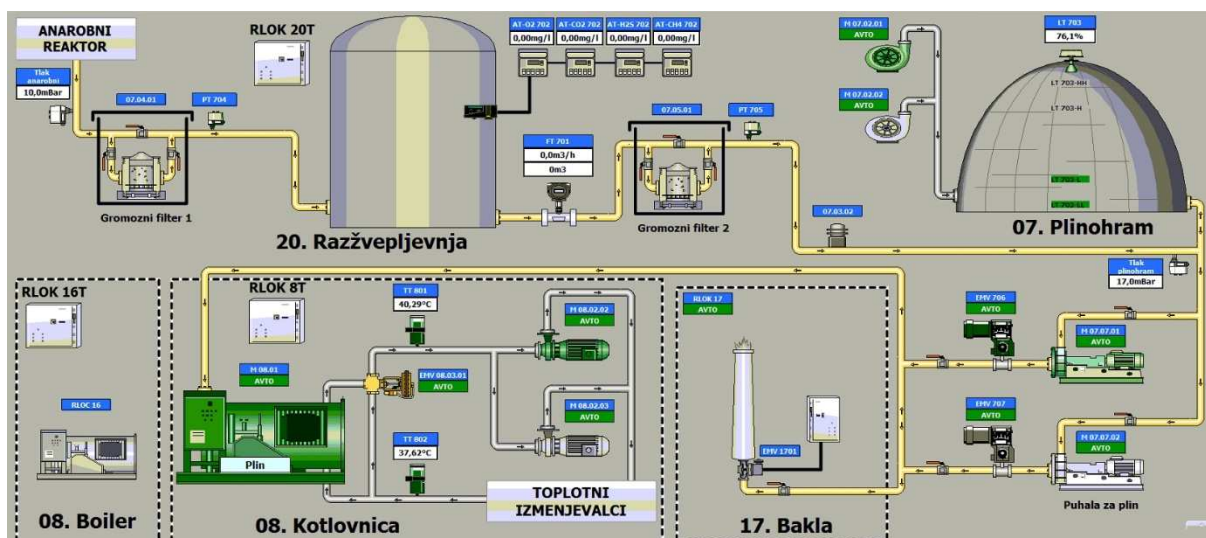
Slika 31: Biofilter (Vir.: <http://www.bioteg.com/ref/ref2.php>)

7.4 Upravljanje in nadzor tehnoloških sklopov čistilne naprave

Tehnološke enote čistilne naprave se upravlja in nadzira preko programskega operacijskega sistema SCADA (System Control And Data Acquisition). Upravljanje je možno lokalno in na daljavo. Pogoni lahko delujejo avtomatsko ali ročno in imajo stikalo varnostno stikalo izrednega ročnega izklopa. Nadzorni sistem merilcev različnih parametrov, kot so pH, temperatura, pretok, frekvenca, koncentracije različnih snovi in tlak vplivajo s svojim avtomatskimi meritvami na delovanje pogonov in tvorijo prepleteno signalno omrežje, ki omogoča celostno in nadzorovano upravljanje občutljivega procesa čiščenja odpadnih vod, kar še posebej velja za anaerobni proces. Poleg same tehnološke merilne opreme je za analizo procesa potreben tudi laboratorij za kemijske analize za zanesljivo spremljanje in upravljanje čistilne naprave. Pri obravnavani ČN se prostor z opremljenim laboratorijem nahaja v upravni stavbi.



Slika 32: Prikaz upravljanja anaerobnega reaktorja ČN Skidel preko SCADA (Vir.: lasten vir)



Slika 33: Prikaz upravljanja plinske linije in kotla ČN Skidel preko SCADA (Vir.: lasten vir)

7.5 Izhodišča za izračun anaerobnega procesa

Pri dimenzioniranju anaerobnega procesa čiščenja upoštevamo naslednje kriterije:

1. Koncentracija organske obremenitve odpadne vode (topni del izražen kot KPK in BPK5)
 - pri vrednostih raztopljenega $KPK > 2000 \text{ mg/l}$ se odločamo za anaerobno predčiščenje pred končnim aerobnim čiščenjem, da se dosežejo mejne vrednosti
 - razmerje $KPK/BPK5 \sim 2$ (1,7-2,3)
 - Temperatura odpadne vode (optimalno nad 20°C , , saj se pod temi pogoji proces energijsko samooskrbuje oziroma za ogrevanje procesa porablja samo proizvedeni bioplin
2. Volumska obremenitev reaktorja ($\text{kg KPK/m}^3_{\text{reak}} \text{ dan}$) = $20\text{-}25 \text{ kgKPK topni/ m}^3_{\text{reak}} \text{ dan}$, ob tem da so izpolnjeni naslednji pogoji – upoštevano tudi pri reaktorju tipa R2S
 - temperatura procesa min 35°C , max 37°C
 - granulirana biomasa z nizkim odstranjevanjem suspendiranih snovi (na iztoku iz anaerobnega reaktorja imamo $300\text{-}400 \text{ mg/l SS}$, to v primeru 2. aerobne stopnje čiščenja ni problem, ker se SS odstranijo skupaj v drugi stopnji
 - na vstopu v anaerobni reaktor že prisotne nižje maščobne kisline (NMK) (pred anaerobnim reaktorjem je potrebna predacidifikacija); stopnja predacidifikacije je $40\text{-}50\%$. Na ta način je dosežen boljši izkoritek razgradnje $KPK > 75\%$
3. optimalen volumen reaktorja s tem povezana hitrost toka vode od spodaj navzgor
 - Proizvajalec reaktorja, Voith proizvaja za R2S standardne tipe reaktorjev z vertikalno hitrostjo $5\text{-}8 \text{ m/h}$
 - Za Skidel je bil izbran $H_{\text{tot}}=24 \text{ m}$, $D=6 \text{ m}$ (5,9m)

4. Oblika porazdelitve sistema odpadne vode in izločanja mulja, ki mora upoštevati specifično odpadnih vod (npr. pri odpadnih vodah iz proizvodnje sladkorja je posebnost kalcij, kar pri odpadnih vodah iz proizvodnje piva ni)

5. Sistem za zbiranje bioplina

- Reaktor je lahko na vrhu zaprt in je nad tekočino plin, ki prehaja v plinsko linijo preko separatorja plina/tekočine,
- Reaktor na vrhu ni zaprt, ampak so separatorji plina pod nivojem tekočine, plin se bo posebnem sistemu loči iz tekoče faze in po plinskih ceveh prehaja v plinski separator – primer R2S

6. Učinkovita izraba toplotne energije bioplina in toplote reaktorja

7.5.1 Prikaz masne bilance

Masna bilanca je prikazana v prilogi B.

7.5.2 Tehnološka shema

Tehnološka shema je prikazana v prilogi C

7.6 Prikaz analize samozadostnosti anaerobnega procesa

V spodnji tabeli so prikazani rezultati učinka razgradnje KPK. Reaktor dosega se 80% učinek čiščenja organske obremenitve KPK kljub temu, da hidravlično še ne obratuje pri polni kapaciteti oziroma pretoku $167\text{m}^3/\text{h}$. Prav eksterna recirkulacija oziroma zunanje povratno kroženje preko vertikalnega zunanega cevovoda omogoča, da so v reaktorju vzpostavljeni optimalni pogoji hitrosti vode skozi granulirano biomaso in obremenitve. Obenem so vzpostavljeni kriteriji za doseganje energetske samozadostnosti glede na koncentracijo topnih organskih snovi (izraženo v KPK), ki jo v odpadni vodi morajo doseči glede na temperaturo

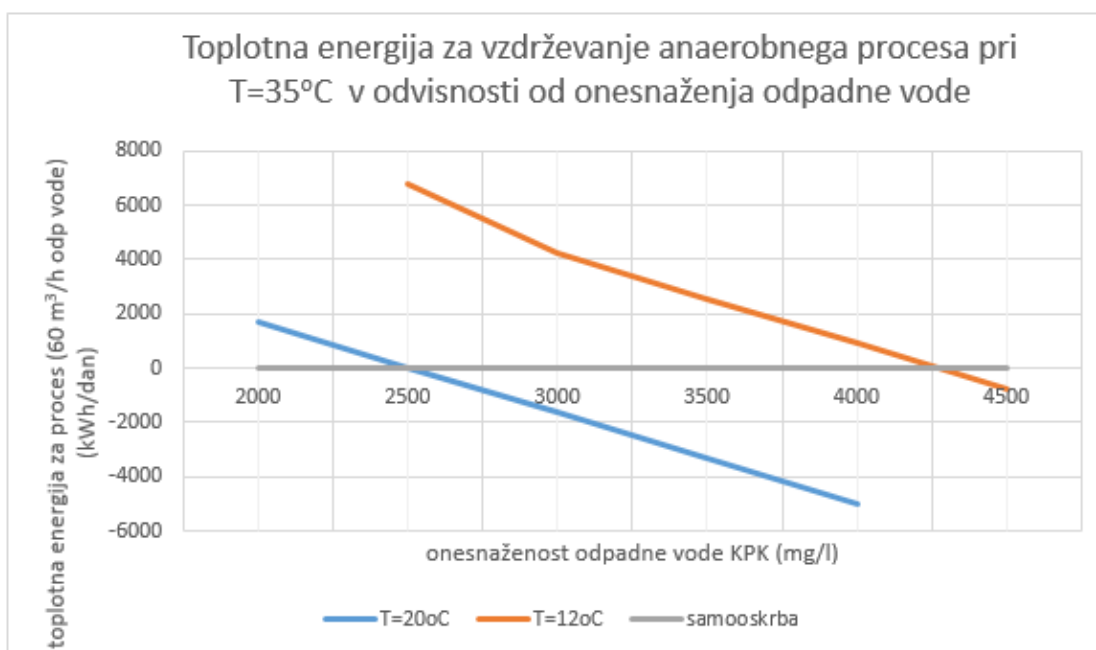
vstopne vode, da ne lahko plinsko-oljni kotel za vzdrževanje temperature v reaktorju na optimalnih 35°C porablja zgolj pridobljen bioplin iz anaerobnega reaktorja.

| pretok odpadne vode | KPK vstop | KPK vstop | temperatura odpadne vode | temp odpadne vode po 1.stopnji gretja | temp odpadne vode po 2.stopnji gretja | potrebna toplota vroče vode - 2.stopnja TI | učinek čiščenja na KPK | proizvodnja bioplina | toplota bioplina | potreba opo kurilnem olju | |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------------------------|---|---|---|------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------|------|
| | | | | | | | | | | m ³ /h | mg/l |
| 60 | 2000 | 2880 | 20 | 30 | 35 | 8400 | 80 | 956 | 6.693 | 1.707 | 162 |
| 60 | 2500 | 3600 | 20 | 30 | 35 | 8400 | 80 | 1.195 | 8.366 | 34 | 3 |
| 60 | 3000 | 4320 | 20 | 30 | 35 | 8400 | 80 | 1.434 | 10.040 | -1.640 | -155 |
| 60 | 3500 | 5.040 | 20 | 30 | 35 | 8400 | 80 | 1.673 | 11.713 | -3.313 | -314 |
| 60 | 4000 | 5.760 | 20 | 30 | 35 | 8400 | 80 | 1.912 | 13.386 | -4.986 | -472 |
| 60 | 2500 | 3600 | 12 | 26 | 35 | 15120 | 80 | 1.195 | 8.366 | 6.754 | 640 |
| 60 | 3000 | 4.320 | 12 | 26,5 | 35 | 14280 | 80 | 1.434 | 10.040 | 4.240 | 402 |
| 60 | 3500 | 5040 | 12 | 26,5 | 35 | 14280 | 80 | 1.673 | 11.713 | 2.567 | 243 |
| 60 | 4000 | 5760 | 12 | 26,5 | 35 | 14280 | 80 | 1.912 | 13.386 | 894 | 85 |
| 60 | 4500 | 6480 | 12 | 26,5 | 35 | 14280 | 80 | 2.151 | 15.060 | -780 | -74 |

komentar: predznak (-) pomeni, da olje ni potrebno, da je v procesu višek bioplina

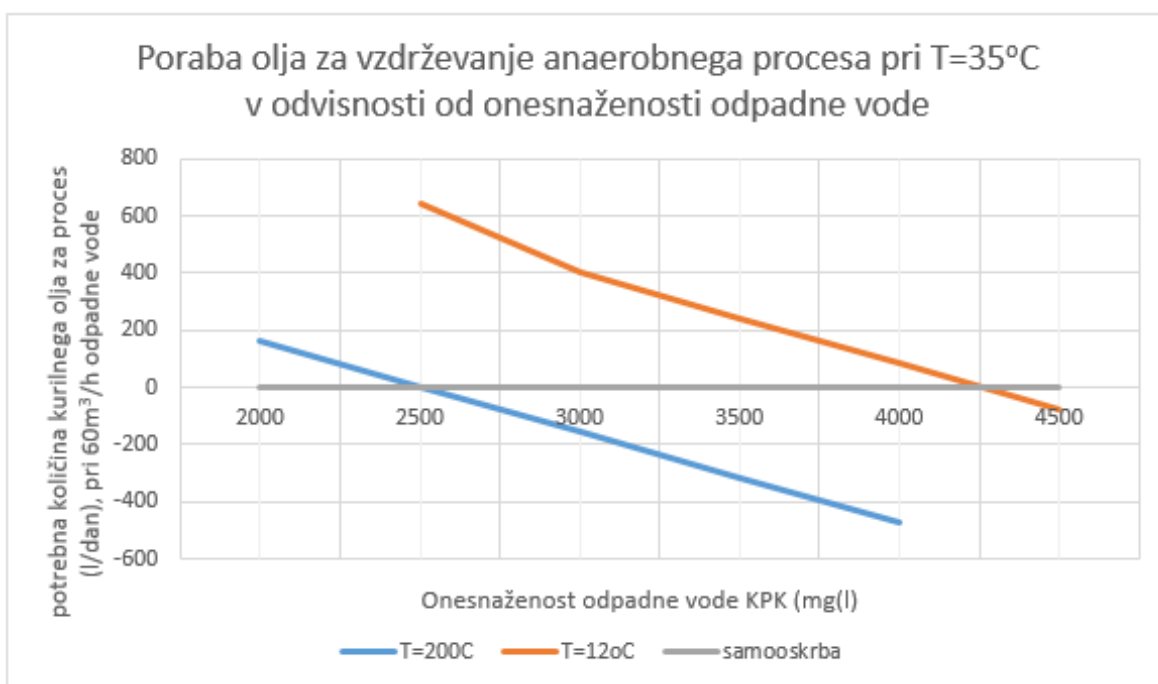
Tabela 7: Prikaz rezultatov samooskrbnosti ogrevanja anaerobnega procesa (lasten vir)

Na spodnjem grafu je prikazano delovanje oziroma proizvodnja potrebne toplotne energije plinsko oljnega kotla glede na temperaturna režima pri 12°C in 20°C vstopne odpadne vode in območje organske obremenitve KPK. Območje nad vodoravno razmejitvijo 0 kWh/dan glede na vrednosti koncentracije KPK pomeni delovanje kotla zgolj na plin, oziroma samooskrbo. Območje pod vodoravno razmejitvijo 0 kWh/dan glede na vrednosti koncentracije KPK pomeni delovanje kotla ne samo na proizvedeni plin, ampak tudi na kurilno olje.



Slika 34: Graf potrebne toplotne energije za dogrevanje anaerobnega procesa

Na spodnjem grafu je prikazana poraba kurilnega olja za proizvodnjo potrebne toplotne energije plinsko oljnega kotla glede na temperaturna režima pri 12°C in 20°C vstopne odpadne vode in območje organske obremenitve KPK. Območje nad vodoravno razmejitvijo 0 kWh/dan glede na vrednosti koncentracije KPK pomeni delovanje kotla zgolj na plin, oziroma samooskrbo. Območje pod vodoravno razmejitvijo 0 kWh/dan glede na vrednosti koncentracije KPK pomeni delovanje kotla ne samo na proizvedeni plin, ampak tudi na kurilno olje.



Slika 35: Graf porabe kurilnega olja za dogrevanje anaerobnega procesa

8. Zaključek

S pregledom tehnoloških procesov pridobivanja sladkorja dobimo pravi vpogled v nastajanje emisij v okolje, ki jih povzročajo tovarne sladkorja. Prav gotovo je pri tehnologiji procesov mogoče še dodatno zmanjšati porabo surovin in s tem posledično omiliti emisije. Čistilne naprave odpadnih vod z visokotehnološkimi rešitvami uspešno čistijo organsko visoko obremenjene odpadne vode in jih očiščene vračajo v okolje.

Na področju čiščenja odpadnih sladkorne industrije je trenutno najprimernejša tehnologija anaerobno čiščenje, saj ne samo da učinkovito čisti odpadno vodo, ampak z bioplino kot stranskim produktom omogoča tudi pokrivanje energetske potrebe za vzdrževanje procesa z nastankom zelo majhnih količin biološkega blata. Kljub zelo visokim učinkom čiščenja pa je pred izpustom potrebna še anaerobna stopnja čiščenja za doseganje dovoljenih parametrov izpustov odpadnih vod v okolje.

Na primeru obravnavane čistilne naprave je možno celostno spoznati delovanje kompleksa industrijske čistilne naprave tovarne sladkorja, principe delovanja in pričakovano energetsko učinkovitost izkoriščanja nastalega bioplina.

V diplomski nalogi obravnavam eno od možnih tehnoloških rešitev čiščenja odpadnih vod sladkorne industrije, kot danih okoliščin obstoječega stanja. Pri načrtovanju novih proizvodnih obratov pa bi se bilo potrebno načrtovanja lotiti celostno, tako iz okoljevarstvenega vidika kot iz vidika optimizacijskih možnosti izkoriščanja stranskih produktov proizvodnih procesov.

Za boljšo učinkovitost je možno nadzorovano izkoriščanje kondenzatnih vod za namakanje površin za gojenje, predhodno pa za izmenjavo toplotne energije, ki jo zahteva anaerobni proces čiščenja odpadnih vod, izkoriščanje pridobljenega bioplina kot vir energije za proizvodni proces. Koristno je tudi vzpostavljanje govedoreje v bližini tovarne za porabo pesnih rezancev kot prehransko bogatega krmila.

9. Viri

Alseadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R., Grmek, M., Vertin, K., Blaznik, I., Jereb, J., Domjan, S. 2010. Priročnik o bioplinu. Ljubljana. Agencija za prestrukturiranje energetike, d.o.o., Ljubljana: 142 str.

Applied process engineering in industrial wastewater treatment. 2013. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall: 121 str.

Antolović, B. 2011. Tehničko – Tehnološko rešenje postojećeg postrojenja Viro Tvornica šećera d.d. Zagreb. Appo d.o.o.: str 3-11

Asadi, M. 2007. Beet sugar handbook. New Jersey. John Wiley & Sons: 866 str.

Basic process engineering in industrial wastewater treatment 2013. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall: 157 str.

Cheesman, O.D. 2004. Environmental impacts of sugar production. Surrey. Cabi bioscience UK centre: 255 str.

Direktiva IPPC EU o celovitem preprečevanju in nadzoru nad onesnaževanjem 96/61/EC
<http://ec.europa.eu/environment/archives/air/stationary/ippc/index.htm> (Pridobljeno 26.7.2016)

Direktiva IED 2010/75/EU Evropskega parlamenta in Sveta 24. o industrijskih emisijah.
<http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/> (Pridobljeno 26.7.2016)

Kajfež, Bogataj, L., Fece, M., Homšak, M., Leban, J., Ljubič, Mlakar, T., Plut, D., Roth, J., Aljaž, Rožič, M., Volfand, J. 2008. IPPC v Sloveniji. Celje. Fit Medija: 76 str.

Jördening H.J., Winter Josef. 2005. Environmental Biotechnology. Weinheim. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 463 str.

Merkblatt DWA-M 713; Abwasser aus der Zuckerindustrie, 2007., DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall

Pličanič, S., Pichler, D., Pucelj, Vidovic, T., Pirnat, R., Kelšin, S. 2010. Komentar Zakona o varstvu okolja. Ljubljana. Inštitut za javno upravo pri Pravni fakulteti v Ljubljani.

Referenčni dokument o najboljših razpoložljivih tehnikah v industriji hrane, pijače in mleka – Povzetek. 2005. Sevilja. EIPPCB

<https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp> (vpogledano 26.7.2016)

Rosenwinkel, K.H., Kroiss, H., Dichtl, N., Seyfried, C.F., Weiland, P. 2015. Anaerobtechnik. Berlin. Springer-Verlag Berlin: 844 str.

Roš, M., Zupančič, G.D. 2010 Čiščenje odpadnih voda. Velenje. Visoka šola za varstvo okolja: 321 str.

Štefančič, T. 1998 Sladkorna pesa. Ormož. 4 A: 189 str.

Šušić, S.K., Guralj, E.M. 1965. Osnovi tehnologije sečera. Beograd. Univerzitet u Beogradu: 717 str.

Ostali viri:

Grošek, L., 2014. Okoljevarstvena dovoljenja po IPPC direktivi. Maribor. Univerza v Mariboru, Pravna fakulteta (samozaložba Grošek.L): 19 str.

Kraner, M., 2013. Javno-pravno varstvo okolja v Republiki Sloveniji in Evropski uniji. Maribor. Univerza v Mariboru, Fakulteta za varnostne vede (samozaložba Kraner.M.): 61 str.

Spletna stran proizvajalca R2S reaktorja Voith:

http://www.meri.de/en/Products_Overview/Waste_Anaerobic_R2S.php (vpogledano 26.7.2016)

Spletna stran Wikipedija: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Sladkor> (vpogledano 26.7.2016)

Spletna stran proizvajalca biofiltrov <http://www.biotech.com/ref/ref2.php> (vpogledano 15.8.2016)

Spletna stran proizvajalca centrifug <http://www.okotechnik.hu/index.php/en/pieralisi> (Vpogledano 15.8.2016)

Spletna stran plinohramov: <http://www.utileengineering.co.uk/gas-holders> (Vpogledano 17.8.2016)

Spletna stran anaerobnega reaktorja AFB <http://www.tridenti.com.my/anaerobic-fluidized-bed.php> (Vpogledano 17.8.2016)

Spletna stran proizvajalca anaerobnih reaktorjev:

<https://www.betterworldsolutions.eu/portfolio/biopaq-ic-bioreactor-for-biogas-production/>

(Vpogledano 17.8.2016)

Spletna stran reaktorja UASB: <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments/u>

(Vpogledano 17.8.2016)

SEZNAM PRILOG:

Priloga A: Navedbe zakonov, predpisov, uredb in standardov na področju sladkorne industrije, odvajanja odpadnih vod in varovanja okolja.

Priloga B : Masna bilanca ČN Skidel

Priloga C: Tehnološka shema ČN Skidel

PRILOGA A: Navedbe zakonov, predpisov, uredb in standardov na področju sladkorne industrije, odvajanja odpadnih vod in varovanja okolja:

- 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)
- Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15)
- Zakon o gozdovih (Uradni list RS, št. 30/93, 56/99 – ZON, 67/02, 110/02 – ZGO-1, 115/06 – ORZG40, 110/07, 106/10, 63/13, 101/13 – ZDavNepr, 17/14, 24/15 in 9/16 – ZGGLRS)
- Zakon o rudarstvu (Uradni list RS, št. 14/14 – uradno prečiščeno besedilo)
- Zakon o divjadi in lovstvu (Uradni list RS, št. 16/04, 120/06 – odl. US, 17/08 in 46/14 – ZON-C)
- Zakon o sladkovodnem ribištvu (Uradni list RS, št. 61/06)
- Zakon o morskem ribištvu (Uradni list RS, št. 115/06 in 76/15)
- Zakon o zaščiti živali (Uradni list RS, št. 38/13 – uradno prečiščeno besedilo)
- Zakon o varstvu podzemnih jam (Uradni list RS, št. 2/04, 61/06 – ZDru-1 in 46/14 – ZON-C)
- Zakon o Triglavskem narodnem parku (Uradni list RS, št. 52/10 in 46/14 – ZON-C)
- Zakon o naravnem rezervatu Škocjanski zatok (Uradni list RS, št. 20/98 in 119/02 – ZON-A)
- Zakon o regijskem parku Škocjanske jame (Uradni list RS, št. 57/96 in 46/14 – ZON-C)
- Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 70/08 – ZVO-1B, 60/11 in 74/15)

- Zakon o ravnanju z gensko spremenjenimi organizmi (Uradni list RS, št. 23/05 – uradno prečiščeno besedilo, 21/10 in 90/12 – ZdZPVHVVR)
- Zakon o soobstoju gensko spremenjenih rastlin z ostalimi kmetijskimi rastlinami (Uradni list RS, št. 41/09 in 69/15 – ZOPPGSR)
- Zakon o kemikalijah (Uradni list RS, št. 110/03 – uradno prečiščeno besedilo, 47/04 – ZdZPZ, 61/06 – ZBioP, 16/08, 9/11 in 83/12 – ZFfS-1)
- Zakon o biocidnih proizvodih (Uradni list RS, št. 25/14)
- Zakon o fitofarmacevtskih sredstvih (Uradni list RS, št. 83/12)
- Zakon o mineralnih gnojilih (Uradni list RS, št. 29/06 in 90/12 – ZdZPVHVVR)
- Zakon o zdravilih (Uradni list RS, št. 17/14)
- Zakon o kozmetičnih proizvodih (Uradni list RS, št. 91/13)
- Zakon o prostorskem načrtovanju (Uradni list RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US in 14/15 – ZUUJFO)
- Zakon o urejanju prostora-1 (Uradni list RS, št. 110/02, 8/03 – popr., 58/03 – ZZK-1, 33/07 – ZPNačrt, 108/09 – ZGO-1C in 80/10 – ZUPUDPP)
- Zakon o graditvi objektov-1 (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10 – ZRud-1, 20/11 – odl. US, 57/12, 101/13 – ZDavNepr, 110/13 in 19/15)
- Zakon o zdravstvenem varstvu rastlin (Uradni list RS, št. 62/07 – uradno prečiščeno besedilo, 36/10 in 40/14 – ZIN-B)
- Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/06 – uradno prečiščeno besedilo in 97/10)

Standardi v živilski in predelovalni industriji:

- SIST EN ISO 9001:2000 Certifikat za kakovost
- SIST EN ISO 14001 Okoljevarstveni certifikat
- SIST EN ISO 22000:2005 Sistem zagotavljanja varnosti živil

- IFS- Standard za presojanje živilskih proizvodov pod blagovno znamko trgovcev in veletrgovcev
- HACCP sistem

Odvajanje odpadnih voda je skozi številne podzakonske predpise urejeno tudi v Zakonu o varstvu okolja:

- 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)
- 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)
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz naprav za obdelavo in predelavo živilskih in rastlinskih surovin ter mleka pri proizvodnji hrane za prehrano ljudi in živalske krme (Uradni list RS, št. 45/07)
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanja okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Uradni list RS, št. 80/12 in 98/15)

DIREKTIVE

- Morska direktiva - Direktiva 2008/56/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 17. junija 2008 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju politike morskega okolja (Okvirna direktiva o morski strategiji). Besedilo velja za EGP
- Kopalna direktiva - Direktiva 2006/7/ES Evropskega Parlamenta in Sveta 2006/7/ES z dne 15. februarja 2006 o upravljanju kakovosti kopalnih voda in razveljavitvi direktive 76/160/EGS
- Direktiva o okoljskih standardih kakovosti - Direktiva 2008/105/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv Sveta 82/176/EGS, 83/513/EGS, 84/156/EGS, 84/491/EGS, 86/280/EGS ter spremembi Direktive 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta
- Direktiva o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje - Direktiva 2014/52/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. aprila 2014 o spremembi Direktive 2011/92/EU o presoji vplivov nekaterih javnih in zasebnih projektov na okolje. Besedilo velja za EGP

- Direktiva o pticah - Direktiva 2009/147/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. novembra 2009 o ohranjanju prosto živečih ptic
- Direktiva o habitatih - Direktiva Sveta 97/62/ES z dne 27. oktobra 1997 o prilagoditvi Direktive 92/43/EGS o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst znanstvenemu in tehničnemu napredku
- Direktiva o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje - Direktiva 2001/42/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. junija 2001 o presoji vplivov nekaterih načrtov in programov na okolje
- Direktiva o pitni vodi - Direktiva Komisije (EU) 2015/1787 z dne 6. oktobra 2015 o spremembi prilog II in III k Direktivi Sveta 98/83/ES o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi
- Direktiva o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč v katere so vključene nevarne snovi - Direktiva 2012/18/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 4. julija 2012 o obvladovanju nevarnosti večjih nesreč, v katere so vključene nevarne snovi, ki spreminja in nato razveljavlja Direktivo Sveta 96/82/ES. Besedilo velja za EGP
- Direktiva o industrijskih emisijah - Popravek Direktive 2010/75/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 24. novembra 2010 o industrijskih emisijah (celovito preprečevanje in nadzorovanje onesnaževanja), UL L 334, 17.12.2010
- Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode - Direktiva Sveta 2013/64/EU z dne 17. decembra 2013 o spremembi direktiv Sveta 91/271/EGS in 1999/74/EC ter direktiv 2000/60/ES, 2006/7/ES, 2006/25/ES in 2011/24/EU Evropskega parlamenta in Sveta zaradi spremembe položaja Mayotta v razmerju do Evropske unije
- Direktiva o blatu iz čistilnih naprav - Direktiva Sveta 86/278/EGS z dne 12. junija 1986 o varstvu okolja, zlasti tal, kadar se blato iz čistilnih naprav uporablja v kmetijstvu
- Nitratna direktiva - Direktiva Sveta 91/676/EEC z dne 12. decembra 1991, o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov
- Direktiva o podzemni vodi - Direktiva Komisije 2014/80/EU z dne 20. junija 2014 o spremembi Priloge II k Direktivi 2006/118/ES Evropskega parlamenta in Sveta o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem in poslabšanjem. Besedilo velja za EGP
- Direktiva o omejevanju emisij nekaterih onesnaževal iz srednje velikih kurilnih naprav v zrak – Direktiva (EU) 2015/2193 Evropskega Parlamenta in Sveta
- Direktiva ATEX 2014/34/EU o protieksplzijski zaščiti

BREF REFERENČNI DOKUMENTI:

- BREF FDM 2006