# Model utjecaja raspada animalnog otpada Kategorije 3 na akvatičke sustave

**Jukić, Vedrana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:794936

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-21**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

*Repository / Repozitorij:*

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski sveučilišni nastavnički studij biologije i kemije

Vedrana Jukić

# Model utjecaja raspada animalnog otpada Kategorije 3 na akvatičke sustave

Diplomski rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski sveučilišni nastavnički studij biologije i kemije

Vedrana Jukić

# Model utjecaja raspada animalnog otpada Kategorije 3 na akvatičke sustave

Diplomski rad

Mentor: Doc.dr.sc. Berislav Marković

Osijek, 2015.

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku** **Diplomski rad**
**Diplomski sveučilišni nastavnički studij biologije i kemije**

**Znanstveno područje**: Prirodne znanosti
**Znanstveno polje**: Kemija

# Model utjecaja raspada animalnog otpada Kategorije 3 na akvatičke sustave

Vedrana Jukić
**Rad je izrađen na** Brodarskom institutu d.o.o., Centar za ekotehnologije
**Mentor**: Doc.dr.sc. Berislav Marković
**Komentor**: Prof.dr.sc. Esad Prohić

**Kratak sažetak**:
Zbrinjavanje animalnog otpada je regulirano strogom zakonskom regulativom. Iz dostupnih podataka o zbrinutom i ukupno nastalom animalnom otpadu u Republici Hrvatskoj je vidljivo da se velik dio animalnog otpada ne zbrinjava u skladu sa zakonom. U ovom radu prikazano je istraživanje raspada mišićnog i koštanog tkiva u tlu, te su provedene analize TOC, TN, pH i električna provodnost tijekom 219 dana. Maksimalne vrijednosti su izmjerene nakon 209 dana trajanja eksperimenta. Raspadom animalnog otpada u tlu nastaje visoko koncentrirani eluat, koji ispiranjem i cijeđenjem zagađuje akvatičke sustave. Nedostatak korelacije reaktora i vrijednosti ukupnog dušika ukazuju na to da postoji razlika u mineralizaciji dušika u različitom supstratu. Korelacija između vrijednosti ukupnog organskog ugljika i reaktora ukazuje na to da ne postoji razlika u mineralizaciji ugljika u različitom supstratu. Za ovaj diplomski rad je pripremljena nastavna jedinica: Kruženje ugljika u prirodi za osmi razred Osnovne škole. Obradom ove nastavne jedinice učenici će steći znanja o izvorima ugljika u prirodi i kruženju ugljika u prirodi, te će biti sposobni povezati kruženje ugljika u prirodi sa utjecajem staklenika. Također, biti će sposobni samostalno provesti pokus kojim će dokazati da je $CO_2$ stakleničkі plin i zaključiti što je utjecaj staklenika.

**Broj stranica**: 66
**Broj slika**: 39
**Broj literaturnih navoda**:83
**Jezik izvornika**: hrvatski

**Ključne riječi**: animalni otpad, Kategorija 3, aerobna biodegradacija, zagađenje akvatičkih sustava, zakapanje, organski kontaminati

**Datum obrane**: 01. srpanj 2015.

**Stručno povjerenstvo za obranu**:
1. Prof.dr.sc. Ivan Vicković
2. Doc.dr.sc. Berislav Marković
3. Prof.dr.sc. Esad Prohić
4. Doc.dr.sc. Sandra Ećimović
5. Doc.dr.sc. Elvira Kovač-Andrić

**Rad je pohranjen u**:
U knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku, te je objavljen na web stranici (http://biologija.unios.hr/webbio/) Odjela za biologiju.

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek** **Graduation thesis**
**Graduate Study of Biology and Chemistry in Education**

**Scientific area**: Natural science
**Scientific Field**: Chemistry

# Impact of the Biodegradation of Category 3 Animal Waste in Aquatic Systems – A Modelling Approach

Vedrana Jukić

**Thesis performed** at Brodarski Institute d.o.o., Environmental Technology Center
**Supervisor**: Ph.D. Berislav Marković, Assistant Professor
**Co-Supervisor**: Ph.D. Esad Prohić, Full Professor

**Short Abstract**:
The disposal of animal waste is regulated by stringent regulation. Available data on amount of disposed and created animal waste shows that large portion of animal waste in Croatia is not disposed according to the Law. This study examined degradation of muscle and bone tissue, analyzing TOC, TN, pH and electrical conductivity during period of 219 days. Peak concentration were reached after 209 days of experiment. Degradation of animal waste indicates high concentrated leachate which pollute aquatic systems. Lack of correlation between reactors and total nitrogen indicates that there is difference between different types of soil in nitrogen mineralization. Correlation between total organic carbon and reactors indicates that there is no difference between different types of soil in carbon mineralization. Teaching unit Cycle of Carbon in nature for Middleschool students has been prepared in this graduation thesis. Through this teaching lesson students will understand sources of carbon in nature and cycle of carbon in nature. Students will be capable of connecting cycle of carbon in nature with greenhouse effect. An experiment is envisaged to demonstrate $CO_2$ as a greenhouse gas and conclude what is the greenhouse effect.

**Number of pages**: 66
**Number of figures**: 39
**Number of references**:83
**Original in**: Croatian

**Key words**: Animal Waste, Category 3, Aerobic biodegradation, Aquatic system pollution, Burial, Organic contaminants

**Date of the thesis defence**: July 1st, 2015

**Reviewers**:
1. Ph.D. Ivan Vicković, Full Professor
2. Ph.D. Berislav Marković, Assistant Professor
3. Ph.D. Esad Prohić, Full Professor
4. Ph.D. Sandra Ečimović, Assistant Professor
5. Ph.D. Elvira Kovač-Andrić, Assistant Professor

**Thesis deposited in**
Library of Department of Biology, University of J.J. Strossmayer in Osijek and in National and University Library in Zagreb in electronic form. It is also disposable on the web site (http://biologija.unios.hr/webbio/) of Department of Biology, University of J.J. Strossmayer in Osijek.

*Prof.dr.sc. Esadu Prohiću hvala na svoj pomoći pruženoj tijekom izrade ovog diplomskog rada. Hvala Vam što ste omogućili razvoj ovog rada od početne ideje do smislene cjeline. Također Vam hvala što ste mi ostavili prostora za samostalan razvitak i napredak.*

*Prof.dr.sc. Ivanu Vickoviću veliko hvala za svu pruženu pomoć i podršku tijekom izrade ovog diplomskog rada. Hvala Vam na ljubaznosti i savjetima koje ste mi udijelili tijekom izrade ovog diplomskog rada. Bez Vaše pomoći ovaj diplomski rad sigurno ne bi bio ovakav kakav je sada.*

*Doc.dr.sc. Berislavu Markoviću, izvrsnom profesoru i predavaču, hvala za sve preneseno znanje tijekom studija. Hvala Vam na iskrenosti i svim savjetima koje ste mi udijelili tijekom studiranja.*

*Mariju, Maji, Domagoju, Mladenu i Lukiju iz Centra za ekotehnologije velika hvala što su mi omogućili izradu analitičkog dijela ovog diplomskog rada. Puno Vam hvala za sva znanja koja sam stekla radeći s Vama u laboratoriju i svim savjetima koje ste mi udijelili tijekom tih osam mjeseci rada. Također, hvala što sam se u svakom trenutku provedenom kod Vas osjećala kao da sam dio Vaše grupe i tako stekla nova iskustva i prijatelje.*

*Zahvaljujem se Klaonici i mesnici Karalić za uzorke animalnog otpada.*

*Hvala svim mojim prijateljima, prijateljicama i dečku na svim zabavnim druženjima i zajedničkim trenutcima koje smo prolazili tijekom studiranja i koji će nam zauvijek ostati u sjećanju.*

*Hvala mojoj obitelji na svoj pomoći i razumijevanju tijekom cijelog života.*

*Najveća hvala mami Rozaliji i tati Josipu koji su mi pružili podršku u svakom obliku i u svakom trenutku života. Hvala Vam što ste dali sve od sebe da bih ja danas postala ono što jesam i bila tu gdje jesam, bez Vas to sigurno ne bi bilo moguće.*

# Sadržaj

1. Uvod ..... 1
2. Pregled literature ..... 2
2.1 Zakonska regulativa ..... 2
2.1.1 Kategorizacija animalnog otpada ..... 3
2.1.2 Sakupljanje i prijevoz animalnog otpada ..... 5
2.1.3 Zbrinjavanje animalnog otpada ..... 6
2.1.4 Spaljivanje animalnog otpada ..... 7
2.1.5 Dopuštena odstupanja uporabe i uklanjanja animalnog otpada ..... 8
2.2 Stanje u Republici Hrvatskoj ..... 9
2.3 Aerobna biodegradacija animalnog otpada ..... 12
2.4 Istraživanje utjecaja raspada animalnog otpada na terestrijalni ekosustav . 13
2.5 Istraživanja utjecaja na podzemne i površinske vode ..... 15
2.6 Istraživanje eluata iz grobnih jama ..... 16
2.7 Cilj rada ..... 16
3. Materijali i metode ..... 17
3.1 Opis reaktora ..... 17
3.2 Izvor i priprema materijala animalnog otpada ..... 19
3.3 Uzorkovanje eluata ..... 20
3.4 Analitičke metode ..... 21
3.5 Priprema uzoraka za analizu ..... 23
3.6 Utvrđivanje preostale količine animalnog otpada ..... 24
3.7 Statistička obrada podataka ..... 24
4. Rezultati ..... 25
4.1 Temperatura ..... 25
4.2 pH vrijednost eluata ..... 28

4.3 Električna provodnost ..... 31
4.4 Ukupni dušik (TN) ..... 34
4.5 Ukupni organski ugljik (TOC) ..... 37
4.6 Pearsonov koeficijent korelacije ..... 40
4.6.1 Ukupni dušik (TN) ..... 40
4.6.2 Ukupni organski ugljik (TOC) ..... 41
4.7 Količina preostalog nerazgrađenog animalnog otpada ..... 42
5. Rasprava ..... 45
6. Glavni rezultati i zaključci ..... 50
7. Metodička obrada nastavne jedinice: Kruženje ugljika u prirodi ..... 51
7.1 Priprema nastavnog sata ..... 51
7.1.1 Etape nastavnog sata ..... 53
7.2 Plan ploče ..... 54
7.3 Nastavni listić ..... 55
7.3.1 Zadatci za učenike s posebnim potrebama ..... 56
7.4 Pokus: Dokaz da je $CO_2$ staklenički plin ..... 57
8. Literatura ..... 58
9. Životopis ..... 65

# 1. Uvod

Zbrinjavanje i kategorizacija animalnog otpada je u Europskoj Uniji, a tako i u Republici Hrvatskoj, strogo regulirana zakonima i pravilnicima (NN 82/13, EZ 1774/2002, NN 20/10, EU 1069/2009). Najčešći oblik zbrinjavanja animalnog otpada je spaljivanje u kafilerijama, što u Republici Hrvatskoj predstavlja problem jer postoji samo jedna kafilerija otvorenog tipa te mreža sabirališta i prihvata animalnog otpada još uvijek nije dobro razvijena (Vučemilo, 2004).

Vozilo natovareno lešinama bolesnih životinja može prelaziti velike udaljenosti između dvije farme (Kirby i sur., 2010) što zabrinjava jer je dokazano da je takav prijevoz životinja uzrokovao širenje virusa slinavke i šapa (Aphtae epizooticae) u Ujedinjenom Kraljevstvu (Anderson, 2002; Scudamore i sur., 2002). Prijevoz lešina može širiti ozbiljne bolesti životinja kao ptičju gripu (Pollard i sur., 2008) i kravlje ludilo (Spouge i Comer, 1997).

Iz dostupnih podataka o ukupnom sakupljenom animalnom otpadu u Republici Hrvatskoj (web 1) i ukupnom broju i netto težini zaklane stoke i peradi (web 2) vidljivo je da se velika količina animalnog otpada ne zbrinjava u skladu sa zakonom. Ta količina neadekvatno zbrinutog animalnog otpada završi na odlagalištima komunalnog otpada, divljim odlagalištima otpada ili se zbrine ilegalnim zakapanjem u tlo. Iako je u Europskoj Uniji zabranjeno odlaganje animalnog otpada zakapanjem, u svijetu je to široko raširena metoda zbrinjavanja animalnog otpada (Anon, 2007).

Mali broj istraživanja se bavi utjecajem raspada animalnog otpada na akvatičke sustave, a još manji ispitivanjem eluata nastalog raspadom animalnog otpada (Yuan i sur., 2013). Važno je utvrditi stvaran utjecaj na okoliš uzrokovan različitim metodama zbrinjavanja animalnog otpada da bi se odredile pozitivne i negativne strane dostupnih metoda zbrinjavanja (Gwyther i sur., 2011) što bi potaknulo uporabu ekonomski prihvatljivijih metoda zbrinjavanja animalnog otpada te moglo dovesti do izmjene stroge zakonske regulative u Europskoj Uniji.

# 2. Pregled literature

## 2.1 Zakonska regulativa

Kategorizacija, sakupljanje, prijevoz, uklanjanje, prerada, uporaba i privremeno skladištenje animalnog otpada, odnosno nusproizvoda životinjskog podrijetla koji nisu namijenjeni za prehranu ljudi, je regulirana Zakonom o veterinarstvu (NN 82/13, 148/13), Pravilnikom o nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (EZ 1774/2002), Pravilnikom o registraciji subjekata i odobravanju objekata u kojima posluju subjekti u poslovanju s nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (NN 20/10) i Uredbom u nusproizvodima životinjskog podrijetla (EZ br. 1069/2009, EU br. 142/2011).

Pojava i masovno širenje goveđe spongiformne encefalopatije (GSE) 80-ih i 90-ih godina prošlog stoljeća, dokazana veza između GSE i varijacija Creutzfeldt-Jakobove bolesti kod ljudi (Bruce i sur., 1997) i dokazana veza prijevoza lešina i širenja goveđe spongiformne encefalopatije (Spouge i Comer, 1997) je dovelo do zabrane spaljivanja i zakapanja stoke na farmama. Ta saznanja su potakla donošenje stroge zakonske regulative animalnog otpada u Ujedinjenom Kraljevstvu, a tako i u čitavoj Europskoj Uniji (Anon, 2002.).

Proizvođači animalnog otpada su klaonice, objekti za preradu mesa i ribe, mesnice i ribarnice, ugostiteljski objekti i svi drugi objekti u poslovanju s hranom životinjskog podrijetla.

### 2.1.1 Kategorizacija animalnog otpada

Pravilnikom o nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu namijenjeni za prehranu ljudi su utvrđene tri kategorije animalnog otpada pri čemu je Kategorija 1 najrizičnija dok je Kategorija 3 najmanje rizična.

Materijal Kategorije 1 obuhvaća:

- Sve dijelove trupa ili lešine, uključujući i kožu, životinja za koje se sumnja da su zaražene ili je potvrđena zaraženost TSE-om (transmisivna spongiformna encefalopatija), pokusnih životinja, životinja iz zooloških vrtova i životinja iz cirkusa te divljih životinja za koje se sumnja da su zaražene bolestima koje se mogu prenijeti na ljude ili druge životinje.
- Specifični rizični materijal (može biti dio tkiva ili cijela lešina).
- Životinje na kojima su primjenjivane zabranjene tvari u veterini ili ukoliko tkivo sadrži štetne tvari.
- Sav materijal prikupljen pročišćavanjem otpadnih voda iz objekata za preradu materijala Kategorije 1 i drugih prostora u kojima se odstranjuje specificirani rizični materijal (materijal dobiven nakon prosijavanja i odstranjivanjem pijeska, mješavina masti i ulja, mulj i materijali odstranjeni iz odvoda takvih prostora).
- Ugostiteljski otpad iz prijevoznih sredstava u međunarodnom prometu.
- Izmiješani materijal Kategorije 1 s Kategorijom 2 i/ili Kategorijom 3.

Materijal Kategorije 2 obuhvaća:

- Stajski gnoj i sadržaj probavnog trakta.
- Sav materijal prikupljen pročišćavanjem otpadnih voda iz klaonica i materijala dobivenih prosijavanjem, odstranjivanjem pijeska, smjese masti i ulja, mulja i ostataka odstranjenih iz odvoda navedenih objekata.
- Proizvode životinjskog podrijetla (osim materijala Kategorije 1) koji se uvoze iz trećih zemalja za koje se prilikom pregleda utvrdilo da ne ispunjavaju veterinarske uvjete za uvoz, osim u slučaju povrata pošiljke ili je uvoz dopušten pod posebnim ograničenjima.
- Uginule i životinje usmrćene radi iskorjenjivanja zaraznih bolesti.

- Izmiješani materijal Kategorije 2 s materijalom Kategorije 3 te sav materijal namijenjen preradi u objektu za preradu materijala Kategorije 2.

Materijal Kategorije 3 obuhvaća:

- Dijelove zaklanih životinja koji su prikladni za prehranu ljudi, ali nisu namijenjeni prehrani ljudi iz komercijalnih razloga.
- Dijelove zaklanih životinja na kojima nema znakova bolesti koje se mogu prenijeti na ljude ili životinje.
- Kožu, papke, rogove, čekinje i perje životinja zaklanih u klaonici koje su na temelju ante mortem pregleda proglašene prikladnim za klanje i prehranu ljudi.
- Krv od životinja, osim od preživača zaklanih u klaonici, koje su na temelju ante mortem pregleda proglašene prikladnima za klanje i prehranu ljudi.
- Materijal nastao prilikom proizvodnje proizvoda namijenjenih prehrani ljudi, uključujući odmašćene kosti i čvarke.
- Bivšu hranu životinjskog podrijetla ili bivšu hranu koja sadrži proizvode životinjskog podrijetla, osim ugostiteljskog otpada, koja je iz komercijalnih razloga, grešaka u proizvodnji, pakiranju ili drugih nedostataka, koji ne predstavljaju opasnost za ljude ili životinje, više nije namijenjena prehrani ljudi.
- Sirovo mlijeko dobiveno od životinja koje ne pokazuju kliničke znakove bolesti koja se može prenositi tim proizvodom na ljude ili životinje.
- Ribe i druge morske organizme, osim morskih sisavaca, ulovljene na otvorenom moru radi proizvodnje ribljeg brašna.
- Svježe nusproizvode od ribe iz objekata za proizvodnju ribljih proizvoda za prehranu ljudi.
- Ljuske jaja, nusproizvode valenja i nusproizvode od razbijenih jaja, podrijetlom od životinja koje nisu pokazivale kliničke znakove bilo koje bolesti koja se preko tih proizvoda može prenijeti na ljude ili životinje.
- Krv, kože, papke, perje, vunu, rogove, dlaku i krzno podrijetlom od životinja koje nisu pokazivale kliničke znakove bolesti koja se preko tih proizvoda može prenijeti na ljude ili životinje.
- Ugostiteljski otpad, osim ugostiteljskog otpada iz prijevoznih sredstava u međunarodnom prometu.

### 2.1.2 Sakupljanje i prijevoz animalnog otpada

Pravilnikom o nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (EZ 1774/2002) je određeno da subjekti koji posluju s nusproizvodima moraju osigurati da je moguće identificirati materijale Kategorije 1, Kategorije 2 i Kategorije 3 te moraju biti označeni crnom bojom za Kategoriju 1, žutom bojom za Kategorija 2 (ne uključuje sadržaj probavnog trakta i stajski gnoj) i zelenom bojom sa visokim udjelom plave boje za Kategoriju 3.

Na pakiranju, spremniku ili vozilu tijekom prijevoza oznaka mora jasno isticati kategoriju animalnog otpada i sadržavati određeni tekst. Tekst za materijal Kategorije 3 – „Nije za prehranu ljudi“, za materijal Kategorije 2 i prerađene proizvode (ne uključuje sadržaj probavnog trakta i stajski gnoj) – „Nije za hranidbu životinja“. Ukoliko je materijal Kategorije 2 namijenjen hranidbi životinja onda oznaka sadrži tekst „Za hranidbu…“ pri čemu se mora navesti za hranidbu koje vrste životinje je namijenjen materijal. Materijal Kategorije 1 i prerađene proizvode Kategorije 1 – „Samo za uklanjanje“, a stajski gnoj i sadržaj probavnog trakta – „Stajski gnoj“.

Animalni otpad se mora sakupljati i prevoziti u novim i zapečaćenim pakiranjima ili u pokrivenim nepropusnim spremnicima ili vozilima. Vozila, spremnici i svi dijelovi opreme ili pribora koji dolaze u dodir s animalnim otpadom moraju biti:

- Očišćeni, oprani i dezinficirani nakon svake uporabe
- Održavani čistima
- Očišćeni i osušeni prije uporabe

Spremnici se smiju koristiti za ponovnu uporabu, ali se pritom treba paziti da se koriste samo za istu kategoriju da bi se izbjegla unakrsna kontaminacija. Materijal koji je bio korišten za pakiranje se mora spaliti ili ukloniti na neki drugi način u skladu s uputama nadležnog tijela. Neprerađeni materijal Kategorije 3 namijenjen proizvodnji materijala za hranu za životinje ili kućne ljubimce se mora prevoziti ohlađen ili zamrznut osim u slučaju kada će biti prerađen unutar 24 sata nakon otpreme.

Animalni otpad bi trebao, do sakupljanja i prijevoza, biti skladišten u zatvorenim kontejnerima da stoka i štetočine ne mogu doći do njega te tako potencijalno širiti bolesti (Pollard i sur., 2008).

### 2.1.3 Zbrinjavanje animalnog otpada

Animalni otpad, osim ugostiteljskog otpada Kategorije 3, mora biti sakupljan, prevožen i označen u skladu s Pravilnikom o nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (EZ 1774/2002).

Materijal Kategorije 1 treba ukloniti spaljivanjem u odobrenom objektu za spaljivanje ili preradom u odobrenom objektu za preradu nusproizvoda životinjskog podrijetla Kategorije 1.

Materijal Kategorije 2 treba ukloniti spaljivanjem u odobrenoj spalionici ili preradom u odobrenom objektu za preradu nusproizvoda životinjskog podrijetla, a može ga se zakopati na odobrenom odlagalištu. Također se može ukloniti preradom u odobrenom objektu za bioplin ili objektu za kompostiranje.

Materijal Kategorije 3 treba ukloniti preradom u odobrenom objektu za preradu ili preradom u odobrenom tehničkom objektu. Može se koristiti kao sirovi materijal za proizvodnju hrane za kućne ljubimce, pretvoriti u odobrenom objektu za bioplin ili u odobrenom objektu za kompostiranje.

### 2.1.4 Spaljivanje animalnog otpada

Spaljivanje je proces u kojem se animalni otpad spaljuje pri visokim temperaturama (≥ 850°C) i pri kojem nastaje anorganski pepeo (Anon, 2002). Očekuje se da se na ovaj način uklanjaju svi patogeni (Anon, 2002). Dobiven anorganski pepeo obično predstavlja 1-5% od početnog volumena animalnog otpada (Chen i sur., 2003, 2004). Dobiveni anorganski pepeo, dobiven od materijala specifičnog rizika, se odlaže na određena odlagališta u skladu s Pravilnikom o nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (EZ 1774/2002). Glavni problem ovog načina za zbrinjavanje animalnog otpada su emisije plinova u atmosferu.

Provedeno je istraživanje emisije policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH) u atmosferu u dvije spalionice otpada i njihova usporedba sa spalionicom medicinskog otpada. Izmjerene su veće koncentracije PAH iz spalionica animalnog otpada, nego u spalionicama medicinskog otpada, što se objašnjava dužim retencijskim vremenom zadržavanja PAH u komori kod spalionica medicinskog otpada (Chen i sur., 2003).

Također, postoji rizik od otpuštanja dioksina i furana nepotpunim sagorijevanjem te tako širenje u hranidbeni lanac. Niz istraživanja (Mari i sur., 2008; Nadal i sur., 2008; Yan i sur. 2008) pokazuje da su emisije furana i dioksina u spalionicama animalnog otpada rijetko veće od ambijentalnih koncentracija, dok istraživanje Liu i sur. (2008) u velikim spalionicama komunalnog otpada pokazuje povišene koncentracije dioksina kod radnika koji rade s pepelom. Potrebna su daljnja istraživanja da bi se usporedio utjecaj na okoliš spaljivanjem animalnog otpada i drugih metoda zbrinjavanja animalnog otpada pristupom procjene životnog ciklusa proizvoda (Life-cycle assesment) (Gwyther i sur., 2011).

### 2.1.5 Dopuštena odstupanja uporabe i uklanjanja animalnog otpada

Nadležno tijelo može odobriti uporabu animalnog otpada za potrebe dijagnostike, obrazovanja, istraživanja i uporaba namijenjenih taksidermiji u tehničkim objektima. Također se materijal Kategorije 3 i materijal Kategorije 2, osim ako ne potječe od životinja koje su usmrćene ili uginule od bolesti koja se može prenijeti na ljude ili životinje, može upotrijebiti za hranidbu životinja u zoološkim vrtovima, cirkusima, gmazova i ptica grabljivica, krznaša, divljih životinja čije meso nije namijenjeno prehrani ljudi, psima iz priznatih uzgajališta ili uzgoja lovačkih pasa i kao crvi za mamce za ribe.

Nadležno tijelo može odobriti da se lešine kućnih ljubimaca mogu izravno ukloniti zakapanjem, a materijal sve tri kategorije može biti uklonjen spaljivanjem ili zakapanjem na mjestu nastanka u slučaju ako je nastao na teže dostupnim područjima. U slučaju Kategorije 1 izravno uklanjanje zakapanjem ili spaljivanjem na mjestu nastanka može se odobriti samo u slučaju specificiranog rizičnog materijala.

U slučaju izbijanja bolesti, zbog koje veterinarski inspektor ne dopušta prijevoz do najbližeg objekta za zbrinjavanje, zbog opasnosti širenja rizika za zdravlje ili je tolikih razmjera da nema slobodnih kapaciteta u objektima za spaljivanje ili preradu dopušteno je ukloniti spaljivanjem ili zakapanjem na mjestu nastanka. Takav slučaj se dogodio 2014. godine nakon poplave u županjskoj Posavini kada su sve životinje zakopane na području poplavljenog područja.

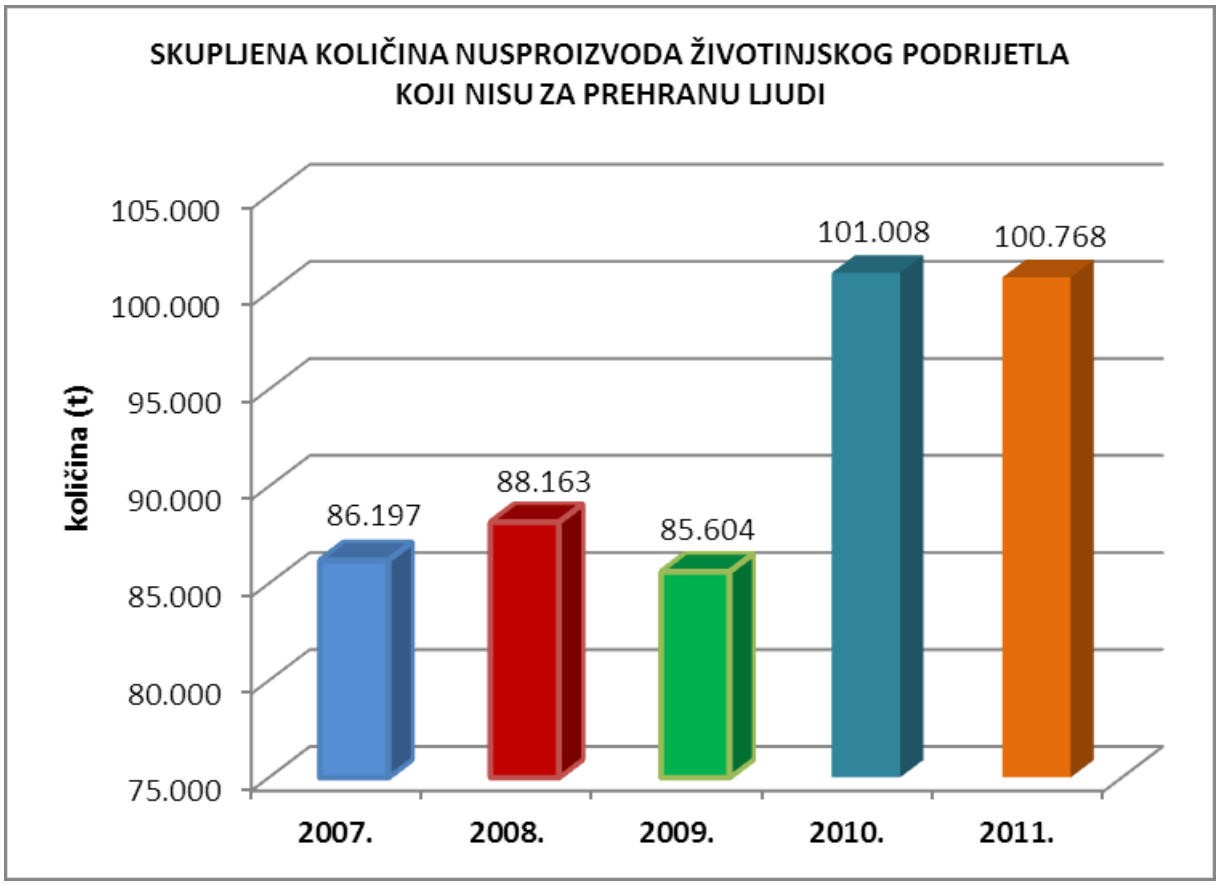
## 2.2 Stanje u Republici Hrvatskoj

Prema izvješću Agencije za zaštitu okoliša za razdoblje 2007. – 2011. do srpnja 2012. godine (web 1) odobrena su ukupno 52 objekta za zbrinjavanje animalnog otpada, od čega su 26 sabirališta animalnog otpada, 5 objekata za spaljivanje, 9 objekata za preradu, 2 objekta za bioplin, 2 objekta za proizvodnju hrane za kućne ljubimce i 8 tehničkih objekata. Registrirana su 72 subjekta, od kojih je 68 prijevoznika i 4 posebna korisnika.

Najveću količinu nusproizvoda životinjskog podrijetla sakupi i zbrine tvrtka Agroproteinka d.d. iz Sesvetskog Kraljevca koja ima odobreni projekt za preradu nusproizvoda životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi Kategorije 1 i Kategorije 2, odobreni objekt za preradu nusproizvoda Kategorije 3, te Ugovor o koncesiji na 10 godina za obavljanje poslova skupljanja i toplinske prerade nusproizvoda životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi na 10 godina.

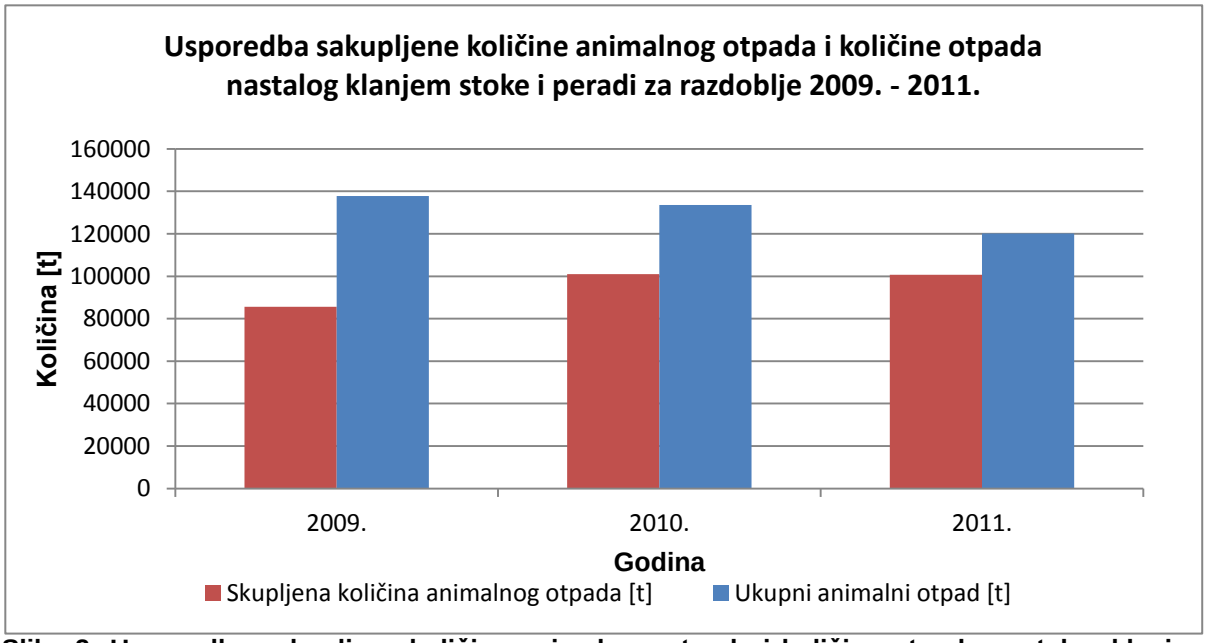
Prema novijim podatcima Uprave za veterinarstvo i sigurnost hrane (web 3) broj prijevoznika i sabirališta se povećao. Na području Slavonije postoji samo jedno sabiralište za sve tri kategorije animalnog otpada i objekt za preradu na području Brodsko – posavske županije i jedno sabiralište neprerađenog animalnog otpada Kategorije 1.

Ukupna sakupljena količina nusproizvoda životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi u Republici Hrvatskoj se uglavnom povećava svake godine (Slika 1)(web 1). Od 2007. do 2011. godine količina skupljenog animalnog otpada je povećana za oko 15000 tona.




**Slika 1: Sakupljena količina nusproizvoda životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi za razdoblje 2007. - 2011. (preuzeto s web 1)**

Na stranicama državnog zavoda za statistiku dostupni su podatci o ukupnom klanju stoke i peradi od 2009. godine (web 2). Ti podaci prikazuju netto težinu i randman zaklane stoke i peradi. Netto težina podrazumijeva težinu očišćenog trupa, bez kože, krvi, glave (osim kod odojaka i peradi), utrobe, prednjih nogu do koljena i stražnjih nogu do skočnog zgloba. Randman predstavlja postotni odnos netto težine zaklane stoke i peradi i brutto težine žive stoke i peradi. Iz ovih podataka je izračunata brutto težina od koje je oduzeta netto težina zaklane stoke i peradi te je tako dobivena težina animalnog otpada zaklane stoke i peradi.




**Slika 2: Usporedba sakupljene količine animalnog otpada i količine otpada nastalog klanjem stoke i peradi za razdoblje 2009. - 2011.**

Na temelju tih podataka vidljivo je da se, iako se svake godine povećava sakupljena količina animalnog otpada, velika količina animalnog otpada ne zbrinjava adekvatno. Na temelju toga može se pretpostaviti da ta razlika u količini sakupljenog animalnog otpada i nastalog animalnog otpada završi na komunalnim odlagalištima otpada, tzv. divljim odlagalištima ili zakopana u tlu.

Podatci Državnog zavoda za statistiku o ukupnoj količini zaklane stoke i peradi prikazuju podatke o broju stoke i stočnoj proizvodnji za pravne osobe. Te podatke se prikuplja iz redovnih izvješća, a podatci poljoprivrednih kućanstava su prikupljeni metodom intervjua na odabranom uzorku. Takvo prikupljanje podataka, metodom intervjua na odabranom uzorku, ne predstavlja potpunu sliku ukupno zaklane stoke i peradi te je vrlo vjerojatno da se omjer skupljenog animalnog otpada i ukupnog animalnog otpada još više povećava u korist ukupnog animalnog otpada.

Nadalje, ovi podatci predstavljaju samo prijavljenu (označenu) zaklanu stoku i perad, no treba spomenuti da postoji i stoka koja nije prijavljena, odnosno nije označena, stoga se ne vodi u niti jednoj evidenciji. Iako je označavanje stoke obavezno i regulirano Zakonom o veterinarstvu (NN 82/13, 142/13) taj zakon se još uvijek ne provodi u potpunosti.

Također, ovaj prikaz ukupne zaklane stoke i peradi ne prikazuje broj uginulih životinja, koje su uključene u ukupnu sakupljenu količinu nusproizvoda životinjskog

podrijetla te se može pretpostaviti da je količina animalnog otpada zbrinutog na neadekvatnim mjestima još veća. Tonković (2001) navodi da se u Hrvatskoj propisno sakuplja tek 60 – 70% od ukupnog animalnog otpada, a Vučemilo (2004) dodaje tome i 10 000 tona godišnje koštanog brašna koje treba adekvatno ukloniti. Jedan od mogućih razloga zbog čega se animalni otpad ne zbrinjava adekvatno jesu problemi u logistici, odnosno, loše razvijena mreža sabirališta (Vučemilo, 2004) i troškovi zbrinjavanja koje plaćaju pravne i fizičke osobe.

## 2.3 Aerobna biodegradacija animalnog otpada

Aerobna biodegradacija je definirana kao raspad organskih zagađivača pomoću mikroorganizama uz prisutnost kisika (U.S. Geological Survey, 2010.) te je poznata i kao aerobna respiracija. Aerobna respiracija je proces uništavanja organskih spojeva uz pomoć kisika. Mikroorganizmi koriste kisik za oksidaciju ugljika iz zagađivača u ugljikov (II) oksid ($CO_2$), a ostatak ugljika koriste za stvaranje novih stanica. U procesu se kisik reducira i pritom nastaje voda. Najveći nusproizvodi aerobne respiracije su ugljikov (II) oksid, voda i povećana populacija mikroorganizama (Nacionalno vijeće za istraživanje, 1993.).

Raspadom animalnog otpada dolazi do aerobne biodegradacije tkiva. Osim otpuštanja vode i ugljikova (II) dioksida u atmosferu u tlu se mineraliziraju ugljik, dušik, fosfor i sumpor te drugi nutrijenti.

## 2.4 Istraživanje utjecaja raspada animalnog otpada na terestrijalni ekosustav

Swift i sur. (1979) procjenjuje da oko 99% raspadnute organske materije u tlu potječe od biljne mase ili fekalne materije. Oko 1% predstavlja organska materija animalnog podrijetla. Osim neadekvatnog zbrinjavanja animalnog otpada treba spomenuti i divlje životinje, koje ugibaju od predacije ili drugih uzroka, te na taj način dolazi do njihovog raspada u terestrijalnim ekosustavima. Kao primjer, može se uzeti prosječna godišnja biomasa bizona (*Bos bison* L.) od 1998. do 2004. godine koja iznosi 92 432 kg. Prosječna stopa smrtnosti iznosi 5,6% što rezultira s oko 5 000 kg lešina (animalnog otpada) te tako predstavlja potencijalno više od procijenjenih 1% organske materije animalnog podrijetla (Carter i sur., 2006).

Iznenađujuće je da se vrlo malo zna o ugljiku i drugim nutrijentima (npr. dušik, fosfor) koji nastaju raspadom animalnog otpada (Putman, 1978; Vass i sur., 1992; Hopkins i sur., 2000; Towne, 2000). Istraživanja o raspadu lešina pokazuju da raspad odgovara sigmoidalnoj krivulji, dok raspad biljne i fekalne materije slijedi eksponencijalnu krivulju (Payne, 1965; Payne i sur., 1968; Micozzi, 1986; Hewadikaram and Goff, 1991; Anderson and VanLaerhoven, 1996; Kocárek, 2003; Melis i sur., 2004; Coleman i sur., 2004; Carter, 2006). Na razliku u krivulji raspada vjerojatno utječe kompleksnost supstrata, te stopa asimilacije ličinki kukaca (Putman, 1977).

Tijekom raspada se može prepoznati 6 faza – svježa, naduta, aktivni raspad, napredni raspad, suha i ostatci (Payne, 1965). Napredak raspada animalnog otpada je uglavnom povezan s temperaturom. Prema tome, prosječna ljetna temperatura (25°C) bi potakla početak naprednog raspada nakon 16 dana, dok bi prosječna zimska temperatura (5°C) potaknula napredni raspad tek nakon 80 dana.

Potrošnja staničnog kisika stvara idealne uvjete za anaerobne mikroorganizme pri čemu se uspostavljaju anaerobni uvjeti. Uspostavljanjem anaerobnih uvjeta dolazi do transformacije ugljikohidrata, lipida i proteina u organske kiseline (npr. propionska kiselina, laktatna kiselina) i plinove (metan, sumporovodik, amonijak). Ova transformacija utječe na stvaranje neugodnog mirisa i nadutosti lešine (Clark i sur., 1997).

Faza aktivnog raspada je karakterizirana brzim gubitkom mase, uzrokovana pojačanom aktivnošću ličinki kukaca, i značajnim otpuštanjem tekućina u tlo i završava terminacijom ličinačkog stadija kukaca, nakon kojeg slijedi faza naprednog raspada. Faza naprednog raspada se povezuje s povećanjem koncentracija dušika u tlu (Carter i sur., 2007).

Zakapanje animalnog otpada u tlo onemogućuje pristup većini insekata i lešinara te tako dolazi do sporijeg raspada animalnog otpada nego na površini tla (Rodriguez i Bass, 1985; Rodriguez, 1977; VanLaerhove i Anderson, 1999; Fiedler i Graw, 2003). Na raspad animalnog otpada utjecaj ima i vrsta tla. Generalno je prihvaćeno da pjeskovita tla, tla s malo vlage, uzrokuju dehidraciju (Mant 1995; Starsiero i sur., 2000; Fiedler i Graw, 2003). Do dehidracije dolazi najvjerojatnije zbog difuzije plinova kroz tlo (Tibbett i sur., 2004). Glinena tla su povezana s inhibicijom raspada animalnog otpada (Turner i Wiltshire, 1999; Hopkins i sur., 2000; Santarsiero i sur., 2000) zbog niske stope difuzije plinova.

## 2.5 Istraživanja utjecaja na podzemne i površinske vode

Odlaganje animalnog otpada se povezuje sa zagađenjem, osobito povećanjem koncentracije topljivog dušika u tlu i podzemnim vodama (Ritter i Chirnside, 1995). Sve veći broj istraživanja se bavi utjecajem aerobne degradacije animalnog otpada jer, izvan Europske Unije, zakapanje animalnog otpada je široko rasprostranjena metoda zbrinjavanja animalnog otpada (Anon, 2007).

Dosadašnja istraživanja o utjecaju raspada animalnog otpada na podzemne i površinske vode su uglavnom provođena na odlagalištima lešina peradi te su mjereni nutrijenti, kloridi i fekalni patogeni (Yuan i sur., 2013.). Istraživanja povećanih koncentracija amonijaka, nitrata, klorida i fekalnih patogena u podzemnoj vodi su provođena na farmi s jamom za odlaganje lešina peradi (Hatzell, 1995; Ritter i Chirnside, 1995; Myers i sur., 1999.). Ritter i Chirnside (1995.) zaključuju da je zagađenje odlaganjem lešina u grobne jame slično zagađenju kućnih septičkih jama te se može kontrolirati regulativom tretiranja otpadnih voda. Hatzell (1995.) i Meyers i sur. (1999.) zaključuju da nepokriven stajski gnoj ima veći učinak na podzemne vode nego grobne jame.

Istraživanje koncentracije mikroorganizama (*E. coli* i *Cryptosporidium*) u podzemnim i površinskim vodama (Vinten i sur., 2008) pokazuje da je izmjerena veća koncentracija navedenih bakterija u površinskim i podzemnim vodama ekskrecijom živih životinja, nego zakapanjem manjeg broja lešina. Prema ovim rezultatima bi se odlaganje animalnog otpada trebalo uskladiti s gnojenjem tla prirodnim gnojivom (Gwyther i sur., 2011.).

## 2.6 Istraživanje eluata iz grobnih jama

Postoji tek mali broj istraživanja eluata nastalog raspadom animalnog otpada u grobnim jamama. Istraživanje eluata MacArthur i sur. (2002.) prikazuje prosječne koncentracije amonijaka-N, alkalnost, BOD (biološka potrošnja kisika) i COD (kemijska potrošnja kisika) te da je tijekom istraživanja proizvedeno ukupno 4000 $m^3$ eluata raspadom animalnog otpada. Pratt i Fonstad (2009.) i Yuan et. al (2013) provode istraživanje eluata iz grobnih jama koje su obložene folijom, te tako izolirane od okružja, i pokazuju vrlo visoke koncentracija dušika, sulfata, klorida, kalija, natrija i fosfora.

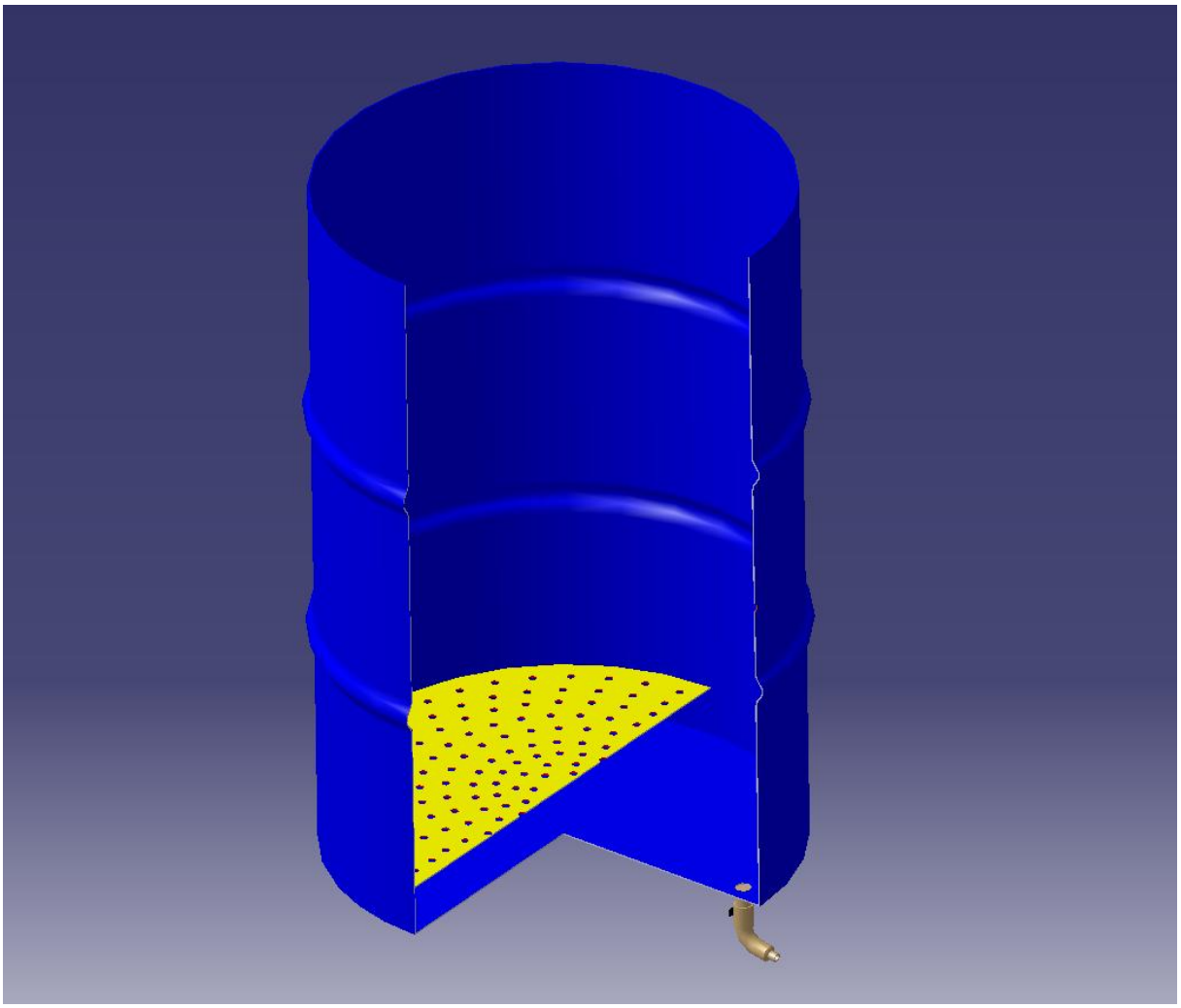
## 2.7 Cilj rada

Cilj ovoga istraživanja je, na osnovi modela raspada animalnog otpada, utvrditi koncentracije ugljika i dušika, pH vrijednost i električnu provodnost eluata nastalog raspadom animalnog otpada te tako procijeniti mogući utjecaj na akvatičke sustave. Također, cilj je prikazati odnos izmjerenih vrijednosti za mišićno tkivo i koštano tkivo te tako utvrditi koje tkivo je potencijalno veći zagađivač. S obzirom da je istraživanje provedeno u dva različita supstrata cilj je utvrditi postoji li razlika u izmjerenim koncentracijama.

# 3. Materijali i metode

## 3.1 Opis reaktora

Postavljena su četiri čelična reaktora cilindričnog oblika, dimenzija 87 × 57 centimetara (h×2r), volumena 220 $dm^3$ (Slika 3).



**Slika 3: Model reaktora**

Reaktori su obloženi PVC folijom debljine 5mm. Na visini od 6 cm je postavljena čelična perforirana pregrada da bi se omogućilo skupljanje eluata. Perforirana čelična pregrada je prekrivena pamučnom tkaninom da bi se spriječilo otjecanje supstrata kroz perforacije i začepljenje slavine. Izbušena je rupa (2r=9 mm) na visini od 40 cm za mjerenje temperature animalnog otpada unutar reaktora. Reaktori su postavljeni pod kutom 5° da bi se omogućilo istjecanje nakupljenog eluata u potpunosti iz reaktora.

Dva reaktora su napunjena glinenim supstratom (oznaka A) , a druga dva zemljom s oranice, crnicom (oznaka B). Oba supstrata su s područja Cerne (45.19, 18.69). Supstrati su natapani destiliranom vodom (V=75 $dm^3$) dva dana te je uzorkovan eluat za početne vrijednosti supstrata. Nakon dva dana gornji dio supstrata je odstranjen (35 cm) te je stavljen materijal animalnog otpada i prekriven odstranjenim supstratom. Reaktori su bili smješteni od 17.10.2014. (početak eksperimentalnog dijela) do 09.12.2014. u vanjskim uvjetima pod nadstrešnicom da ne bi došlo do kontaminacije eluata kišnicom. Od 09.12.2014. (54. dan eksperimenta) reaktori su držani u grijanom zatvorenom prostoru da bi se tijekom hladnih zimskih mjeseci održala temperatura povoljna za raspad animalnog otpada do 12.03.2015. (147. dan eksperimenta) (Slika 4).

**Slika 4: Reaktori u zatvorenom prostoru**

## 3.2 Izvor i priprema materijala animalnog otpada

Materijal animalnog otpada svinjskog i goveđeg podrijetla je uzorkovan u lokalnoj klaonici (Slika 5), te je podijeljen na mišićno (oznaka 1) i koštano (oznaka 2) tkivo. Velike kosti (lopatica, goljenična kost, zdjelica i lubanja) su mehanički oštećene, dok je ostatak kostiju ostao neoštećen.

**Slika 5: Animalni otpad**

Mišićno tkivo se sastoji od iznutrica (crijeva, želudac, jetra, pluća, potrbušnica). Crijeva i želuci su očišćeni od ostataka probave. Mišićno tkivo je težilo 27 kg prilikom stavljanja u jedan reaktor A i jedan reaktor B (oznake A1 i B1). Koštano tkivo je težilo 16 kg prilikom stavljanja u preostala dva reaktora (oznake A2 i B2). Uzorak animalnog otpada je stavljen na 35 cm debeo sloj supstrata i prekriven je s 25 cm.

## 3.3 Uzorkovanje eluata

Tijekom 219 dana (7 mjeseci i 1 tjedan) je uzorkovano ukupno 240 uzoraka eluata, odnosno za svaki reaktor po 80 uzoraka eluata (Slika 6).

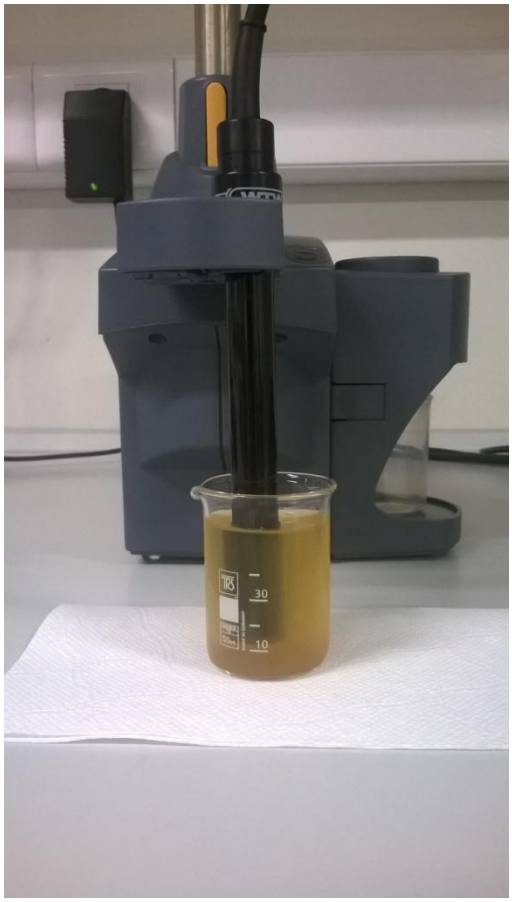
**Slika 6: Uzorkovanje eluata**

Uzorak je uziman prva dva tjedna svaki dan, narednih 77 dana svaki drugi dan, zatim slijedećih 56 dana svaki treći dan i do kraja eksperimenta svaki peti dan. Uzorak je uziman 3 – 8 h nakon dolijevanja destilirane vode u reaktore, ovisno o brzini prolaska destilirane vode kroz sustav. Volumen dolijevane destilirane vode ovisio je o njezinoj brzini prolaska kroz reaktor, te je varirao od 1 L do 5 L.

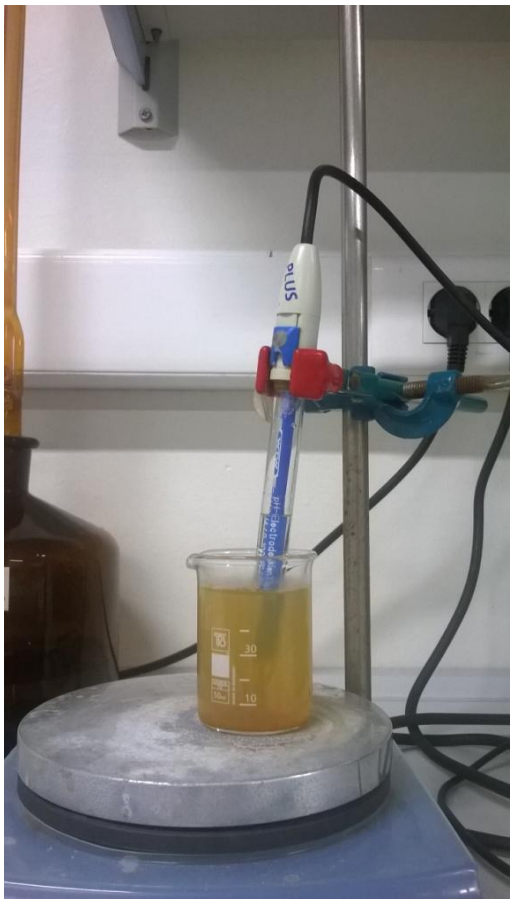
Tijekom eksperimenta za reaktor A1 je potrošeno ukupno 180,9 L destilirane vode, za reaktor A2 182,9 L, za reaktor B1 180,9 L i za reaktor B2 183,9 L. Uzorak eluata je uzorkovan u plastične kivete (V=50 mL) i do analize čuvan na temperaturi -20°C. Tijekom uzorkovanja eluata bilježen je tlak zraka i vlažnost zraka mobilnom aplikacijom Msn vrijeme.

## 3.4 Analitičke metode

Prilikom uzorkovanja eluata mjerena je temperatura zraka i temperatura animalnog otpada unutar reaktora. U laboratoriju je mjerena električna provodnost s WTW Electrical conductivity meter (WTW, Weilheim, Germany) (Slika 7). pH vrijednost eluata mjerena je s WTW pH elektrodom (WTW, Weilheim, Germany) (Slika 8) kalibriranom svakodnevno standardnim otopinama za kalibraciju pri pH 4, pH 7 i pH 10.

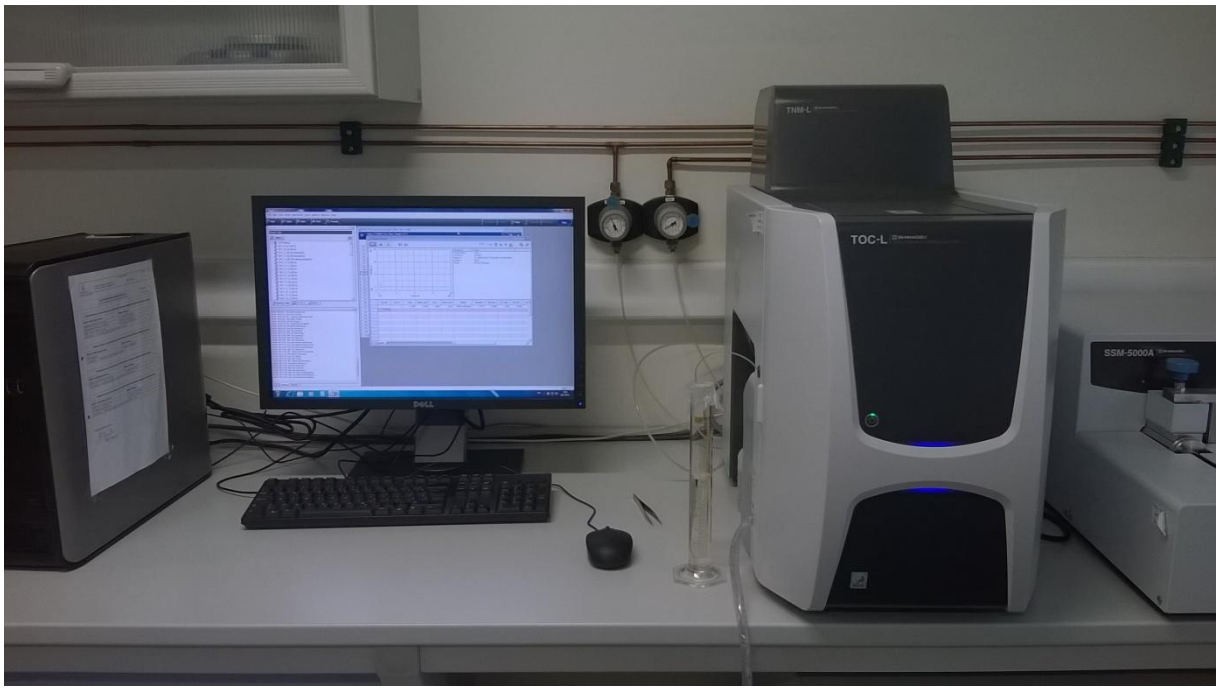


**Slika 8: Mjerenje električne provodnosti**



**Slika 7: Mjerenje pH vrijednosti**

Određen je ukupni organski ugljik (TOC) korištenjem uređaja Total Organic Carbon Analyser (TOC-l CPH/CPN SSM-5000A, Shimadzu, Japan) sukladno HRN EN 1484:2002; Water analysis - Guidelines for the determination of total organic carbon (TOC) for wastewater samples (Slika 9).




**Slika 9: Uređaj za mjerenje ukupnog organskog ugljika i ukupnog dušika**

Ukupni dušik (TN) je mjeren pomoću Total Nitrogen Unit TNM-L na Total Organic Carbon Analyser (TOC-L CPH/CPN, Shimadzu, Japan) sukladno HRN EN 12260:2008 Water quality - Determination of nitrogen Determination of bound nitrogen, following oxidation to nitrogen oxides (Slika 9).

## 3.5 Priprema uzoraka za analizu

Uzorci su odmrznuti na temperaturi 4°C te su prije početka analiza temperirani na sobnu temperaturu. Električna provodnost i pH vrijednost su izmjereni te je zatim uzorak profiltriran filter papirom (Slika 10).

**Slika 10: Filtriranje uzorka**

Za mjerenje ukupnog dušika je potrebno je odvojiti dio profiltriranog uzorka te ga po potrebi razrijediti (5 ili 10x) ultračistom vodom. Ostatak profiltriranog uzorka je zakiseljen 36% klorovodičnom kiselinom (p.a.) do pH vrijednosti ≤2 da bi se odstranio anorganski ugljik, te također po potrebi razrijeđen (10 do 100x) ultračistom vodom i zatim je mjeren ukupni organski ugljik.

## 3.6 Utvrđivanje preostale količine animalnog otpada

Nakon završetka eksperimenta iz reaktora je uklonjen gornji sloj supstrata iz sva četiri reaktora da bi se procijenila količina preostalog animalnog otpada.

## 3.7 Statistička obrada podataka

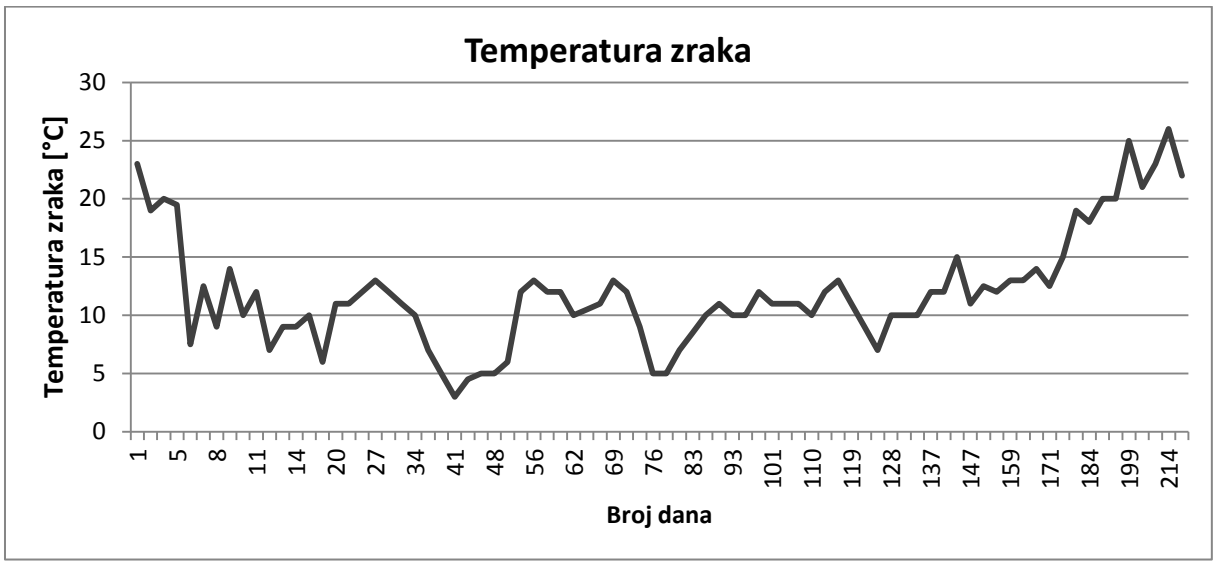
Završetkom eksperimentalnog dijela izmjerene vrijednosti su analizirane i prikazane u programu IBM® SPSS® Statistics v.17 i Microsoft Excel®. Utvrđena je srednja vrijednost, standardna devijacija, minimum i maksimum za izmjerene vrijednosti. Napravljen je Pearsonov test korelacije da bi se utvrdila moguća korelacija između varijabli.

# 4. Rezultati

Prosječna vrijednost tlaka zraka tijekom trajanja eksperimenta iznosi 101849 Pa (min. 99000 Pa, max. 1042000 Pa). Prosječna vrijednost vlažnosti zraka iznosi 61,9 %.

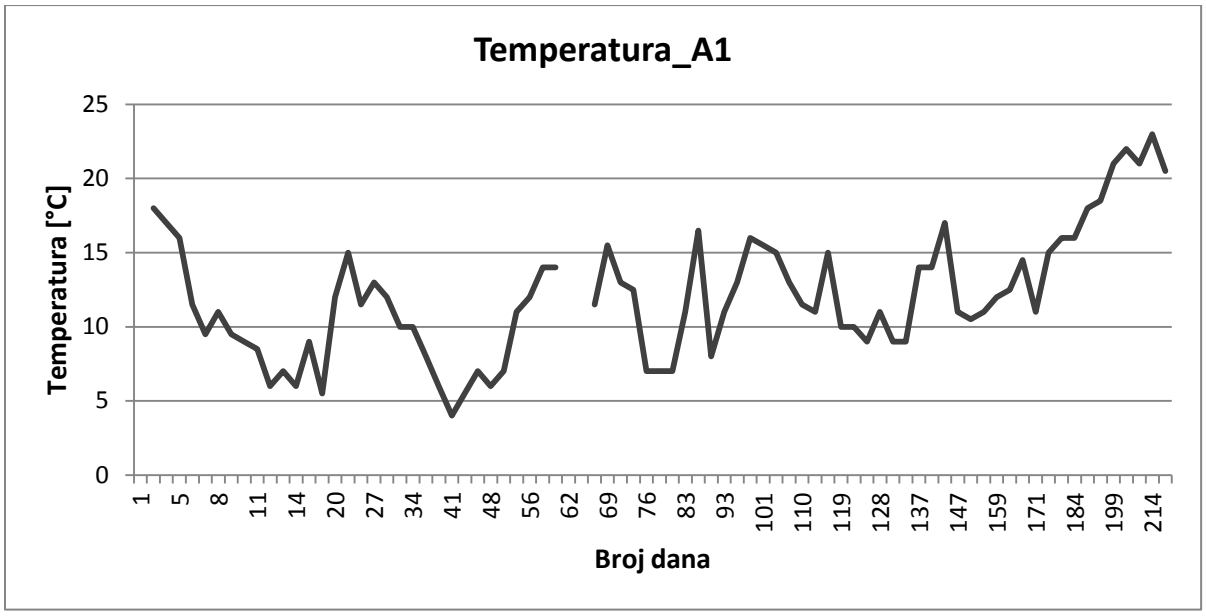
## 4.1 Temperatura

Izmjeren maksimum vrijednosti temperature zraka iznosi 26 °C, a minimum iznosi 3 °C. Srednja vrijednost temperature zraka iznosi t = ( 12 ± 5) °C (Slika 11).



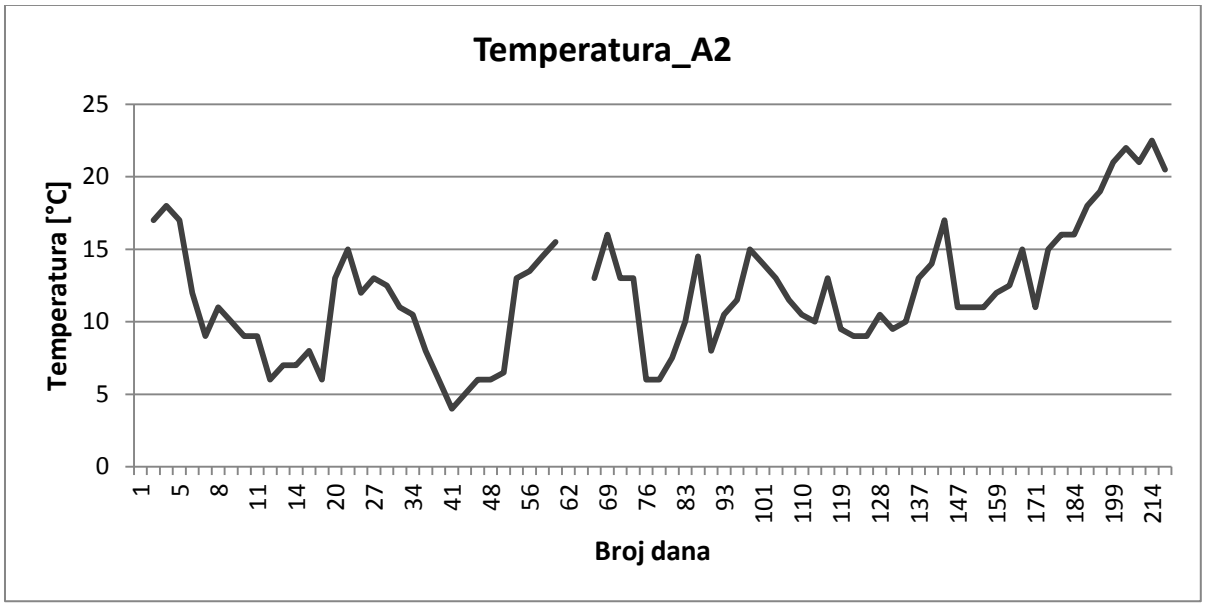

**Slika 11: Temperatura zraka**

Maksimalna vrijednost temperature animalnog otpada unutar reaktora A1 iznosi 23 °C, a minimum iznosi 4 °C. Srednja vrijednost iznosi t = ( 12 ± 4 ) °C (Slika 12).



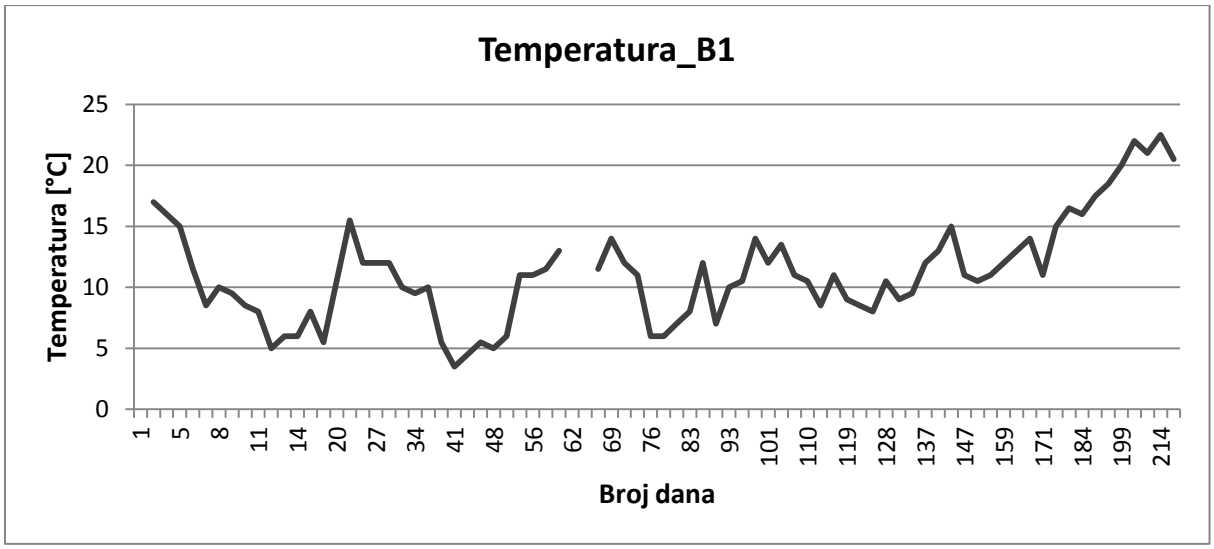

**Slika 12: Temperatura animalnog otpada unutar reaktora A1**

Maksimalna vrijednost temperature animalnog otpada unutar reaktora A2 iznosi 22,5 °C, a minimum iznosi 4 °C. Srednja vrijednost iznosi t = ( 12 ± 4 ) °C (Slika 13).



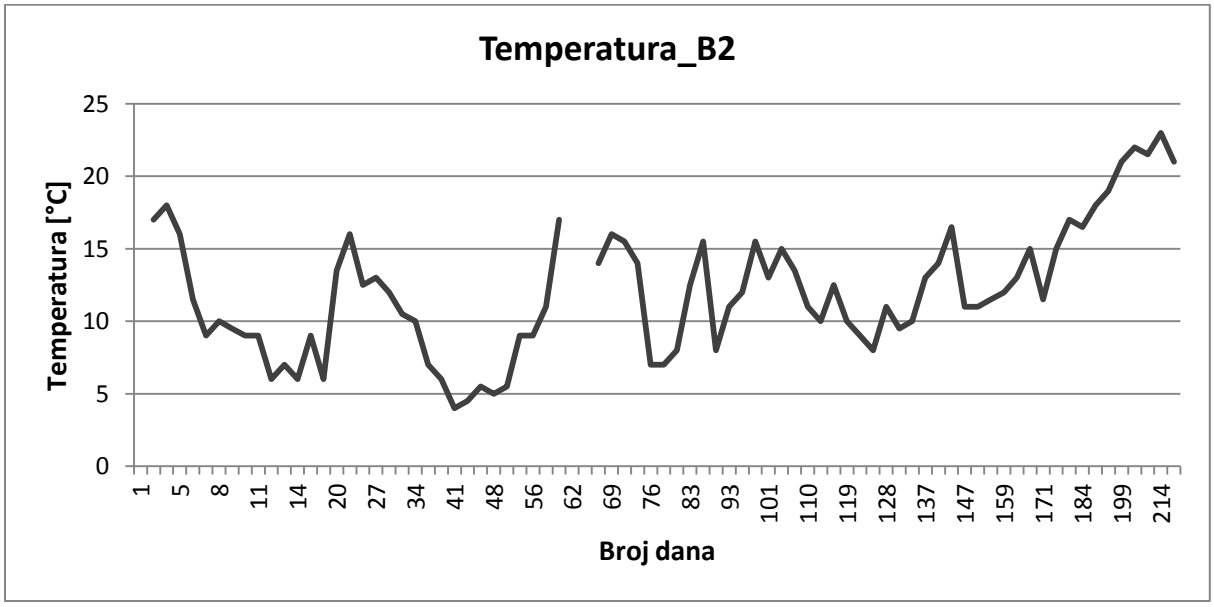

**Slika 13: Temperatura animalnog otpada unutar reaktora A2**

Maksimalna vrijednost temperature animalnog otpada unutar reaktora B1 iznosi 22,5 °C, a minimum iznosi 3,5 °C. Srednja vrijednost iznosi t = ( 11 ± 4 ) °C (Slika 14).




**Slika 14: Temperatura animalnog otpada unutar reaktora B1**

Maksimalna vrijednost temperature animalnog otpada unutar reaktora B2 iznosi 23 °C, a minimalna iznosi 4 °C. Srednja vrijednost temperature iznosi t = ( 12 ± 4) (Slika 15).



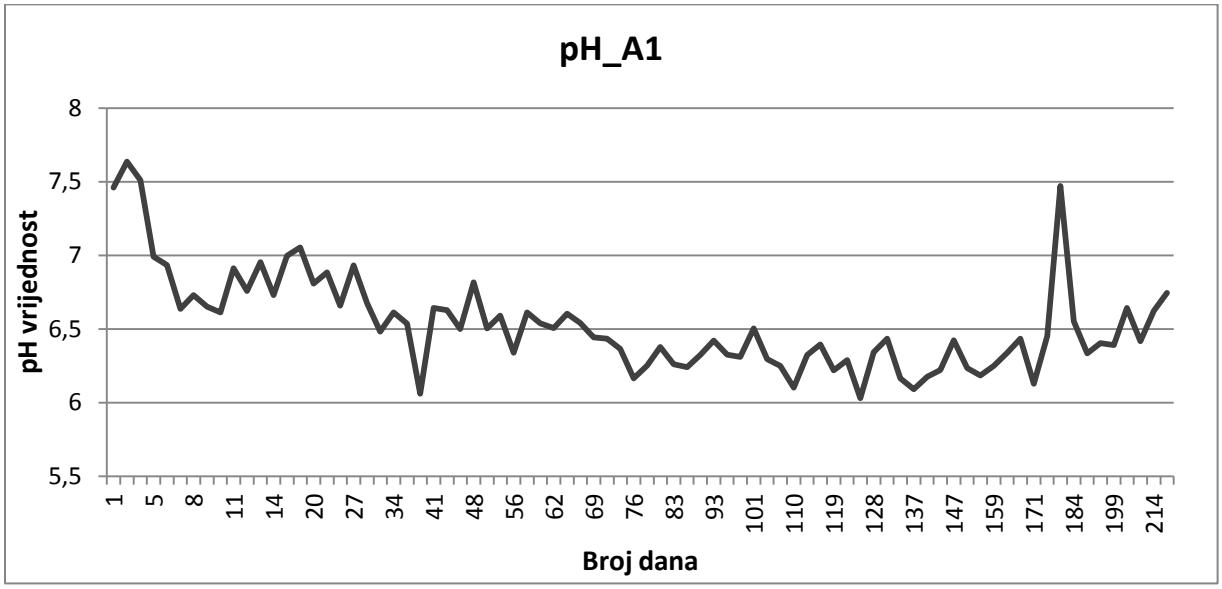

**Slika 15: Temperatura animalnog otpada unutar reaktora B2**

Nedostaju vrijednosti temperature animalnog otpada unutar sva četiri reaktora za 62. i 65. dan eksperimenta.

## 4.2 pH vrijednost eluata

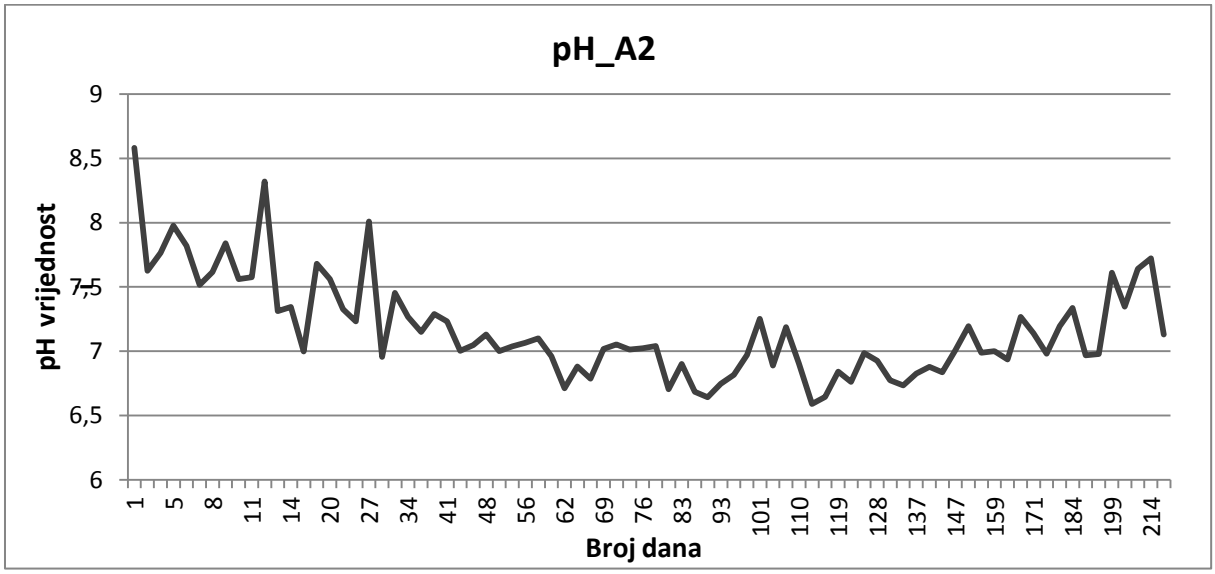
Početne izmjerene pH vrijednosti eluata za A1 reaktor iznosi 7,460, za A2 iznosi 8,582, za B1 iznosi 6,698 i za B2 iznosi 7,150.

Maksimalna pH vrijednosti za A1 reaktor iznosi 7,636, minimum iznosi 6,031. Srednja vrijednost iznosi pH = ( 6,6 ± 0,3) (Slika 16).



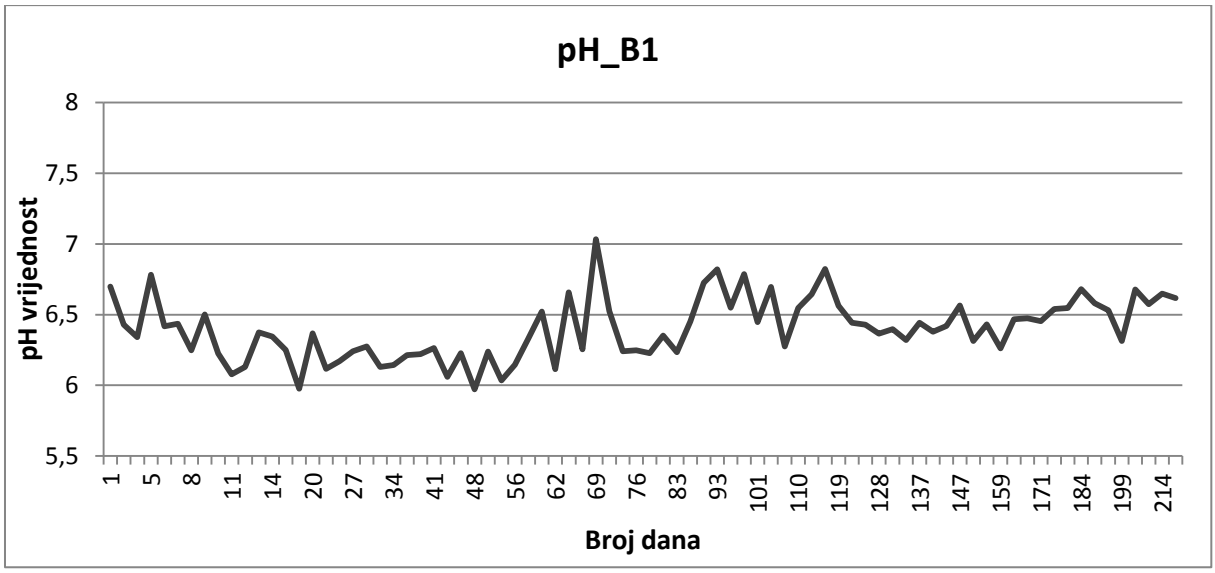

**Slika 16: Prikaz pH vrijednosti za reaktor A1**

Maksimalna pH vrijednosti za A2 reaktor iznosi 8,582, a minimum iznosi 6,591. Srednja vrijednost iznosi pH = ( 7,2 ± 0,2 ) (Slika 17).



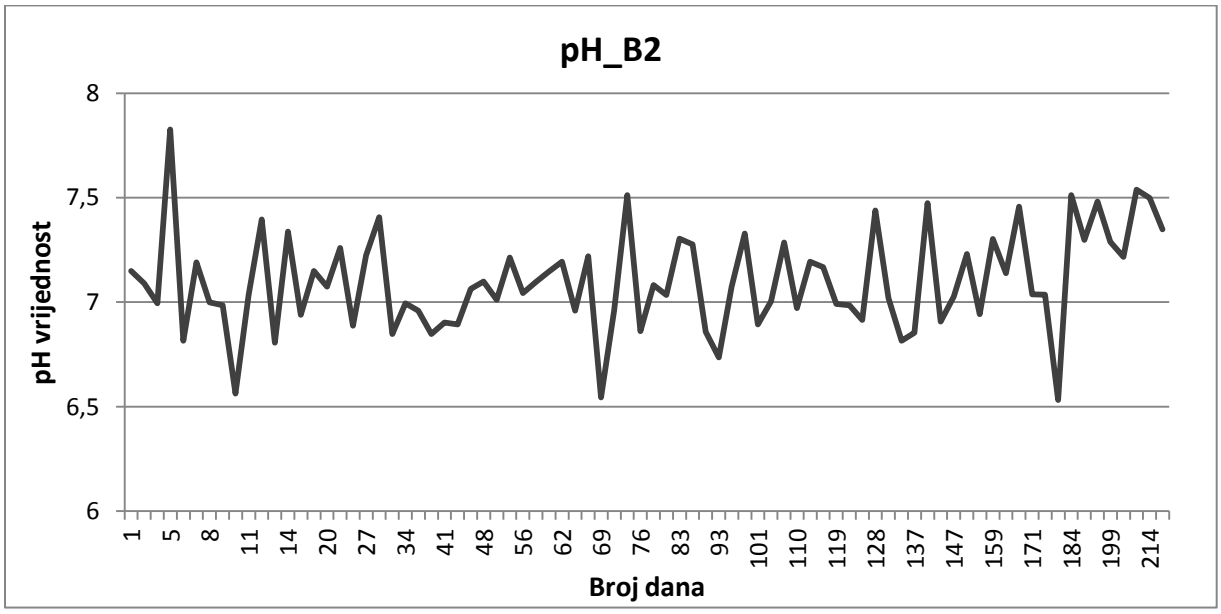

**Slika 17: prikaz pH vrijednosti za reaktor A2**

Maksimalna pH vrijednosti za reaktor B1 iznosi 7,033, a minimum iznosi 5,971. Srednja vrijednost iznosi pH = ( 6,4 ± 0,2) (Slika 18).



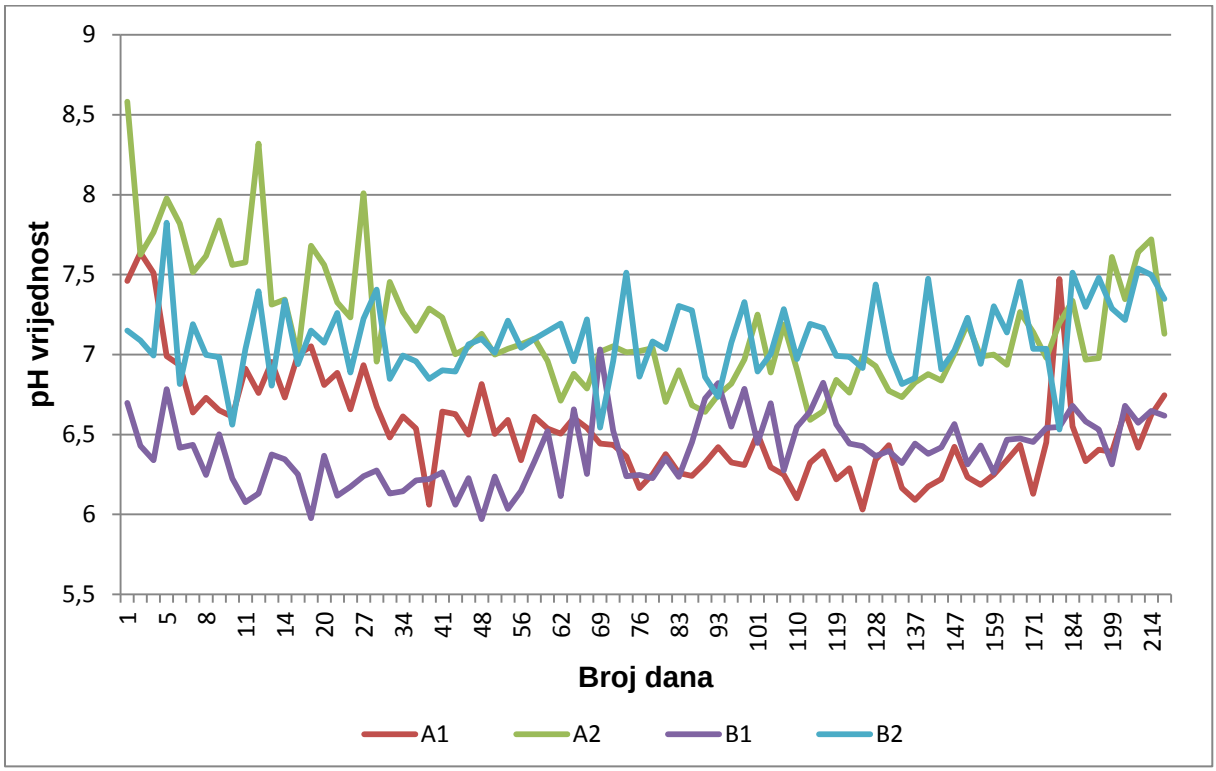

**Slika 18: Prikaz pH vrijednosti za reaktor B1**

Maksimalna pH vrijednosti za reaktor B2 iznosi 7,826, a minimum iznosi 6,532. Srednja vrijednosti iznosi pH = ( 7,10 ± 0,03 ) (Slika 19).




**Slika 19: Prikaz pH vrijednosti za reaktor B2**

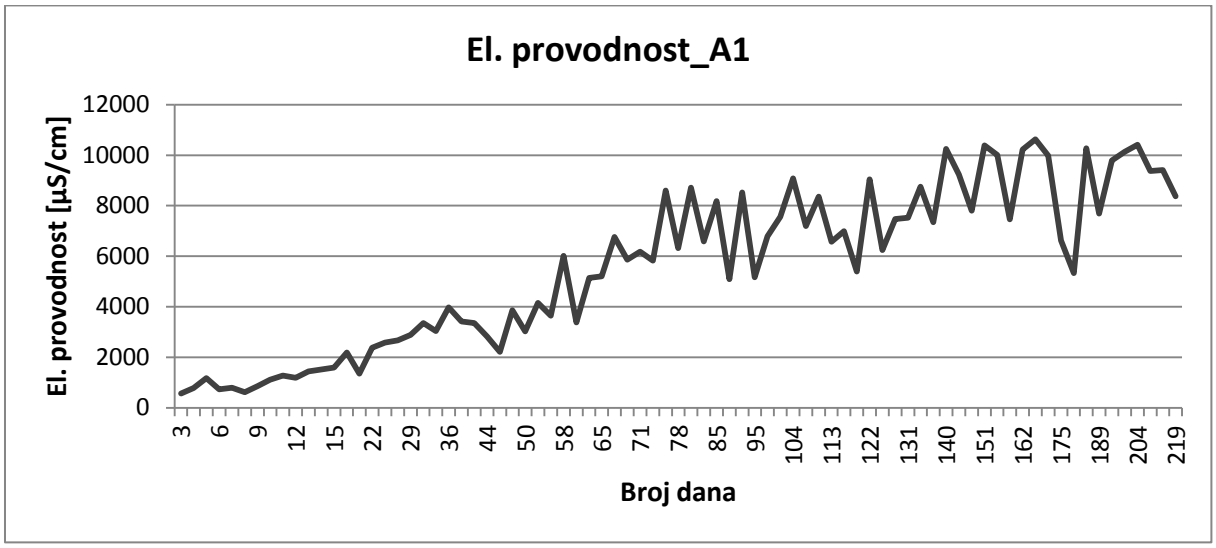
Vrijednosti pH za A1 i B1 reaktor su u blago kiselom području tijekom trajanja cijelog eksperimenta, dok se pH vrijednost za reaktor A2 iz blago lužnatog smanjuje u blago kiselo, te se pri kraju eksperimenta opet povećava na blago lužnato. pH vrijednosti za sva četiri reaktora su oscilirajuće, a za reaktor B2 osobito oscilirajuće (Slika 20).




**Slika 20: Prikaz odnosa pH vrijednosti za sva četiri reaktora**

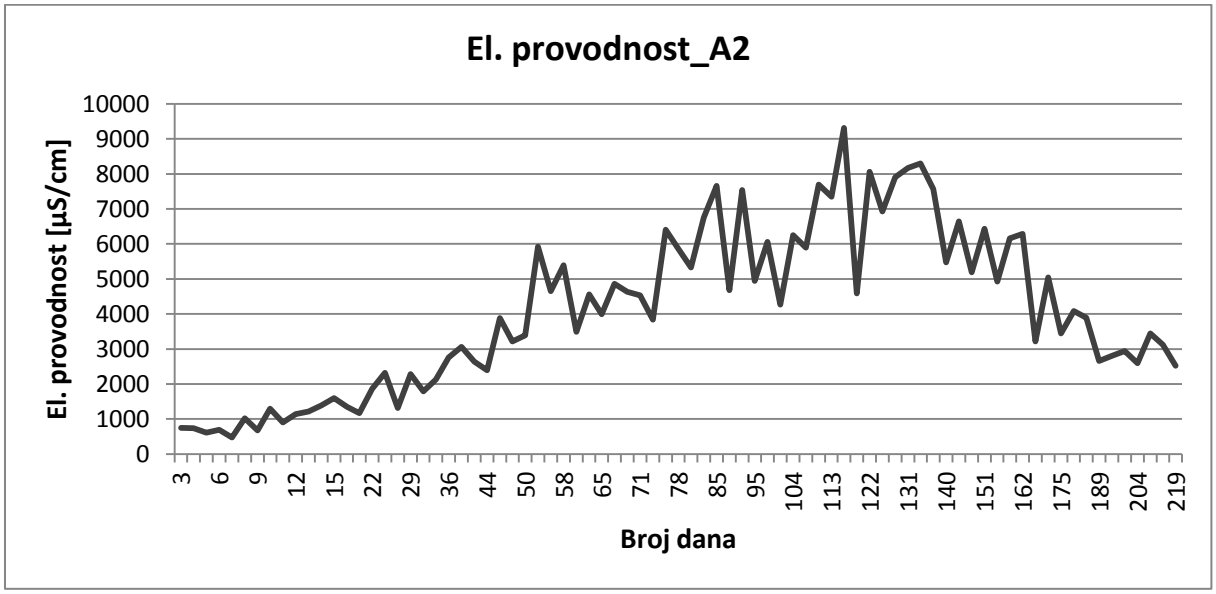
## 4.3 Električna provodnost

Maksimalna vrijednost specifične električne vodljivosti za A1 reaktor je postignut 166. dan, te iznosi 10630 μS/cm i zatim vrijednosti polako počinju opadati. Srednja vrijednost za reaktor A1 iznosi σ = ( 5 ± 3 ) · $10^3$ μS/cm (Slika 21).



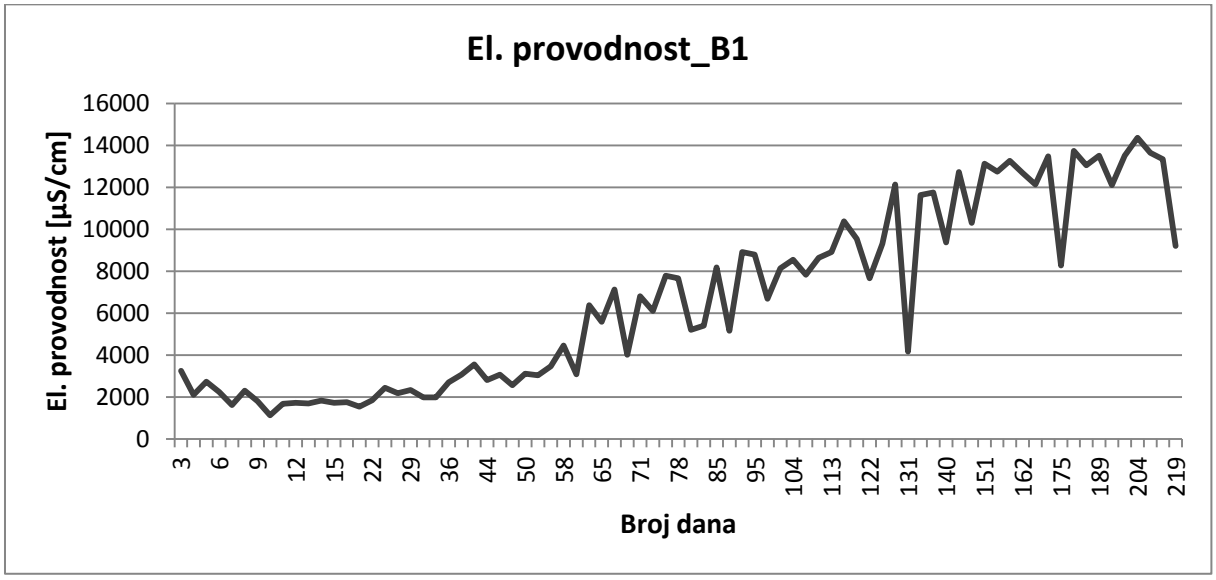

**Slika 21: Električna provodnost za reaktor A1**

Maksimalna vrijednost specifične električne vodljivosti za A2 reaktor je postignut 116. dan i iznosi 9310 μS/cm. Srednja vrijednost za reaktor A2 iznosi σ = ( 4 ± 2 ) · $10^3$ μS/cm (Slika 22).



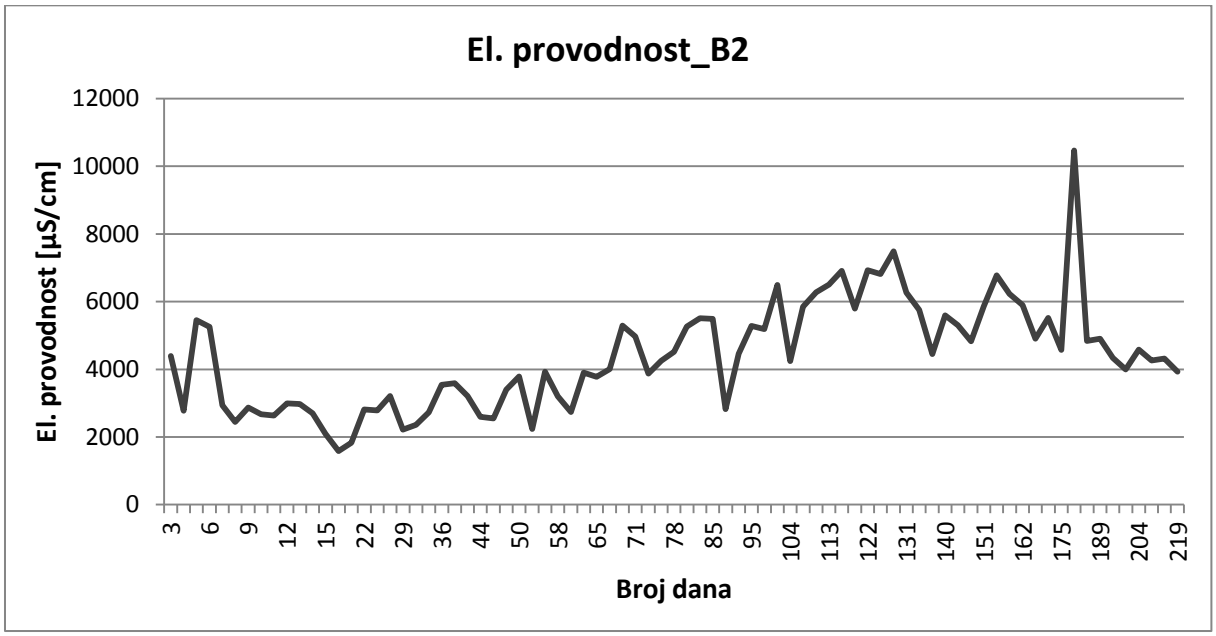

**Slika 22: Električna provodnost za reaktor A2**

Maksimalna vrijednost specifične električne vodljivosti za B1 reaktor je postignut 204. dan i iznosi 14370 µS/cm. Srednja vrijednost za reaktor B1 iznosi σ = ( 7 ± 4 ) · $10^3$ µS/cm (Slika 23).



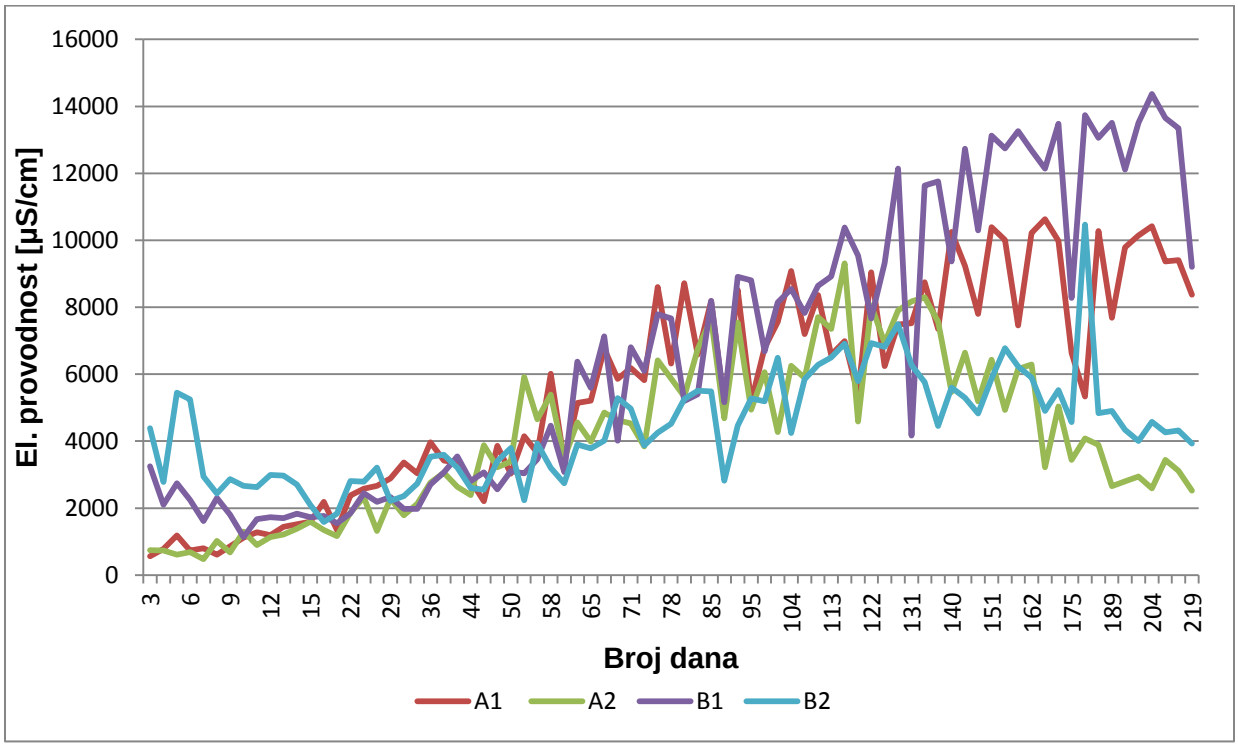

**Slika 23: Električna provodnost za reaktor B1**

Maksimum specifične električne vodljivosti za B2 reaktor je postignut 180. dan i iznosi 10470 µS/cm. Sljedeća najveća vrijednost je dosegnuta 128. dan i iznosi 7490 µS/cm, nakon čega slijedi opadanje vrijednosti izuzevši vrijednost za 180. dan. Srednja vrijednost za reaktor B2 iznosi σ = ( 4 ± 2 ) · $10^3$ µS/cm (Slika 24).




**Slika 24: Električna provodnost za reaktor B2**

Slika 25 prikazuje odnos vrijednosti električne provodnosti za sva četiri reaktora. Reaktor B1 dostiže najviše, a B2 najniže vrijednosti. Početne vrijednosti za reaktor A1 i A2 su vrlo niske, dok su za reaktore B1 i B2 početne vrijednosti 6 do 7 puta više od vrijednosti za reaktore A1 i A2.

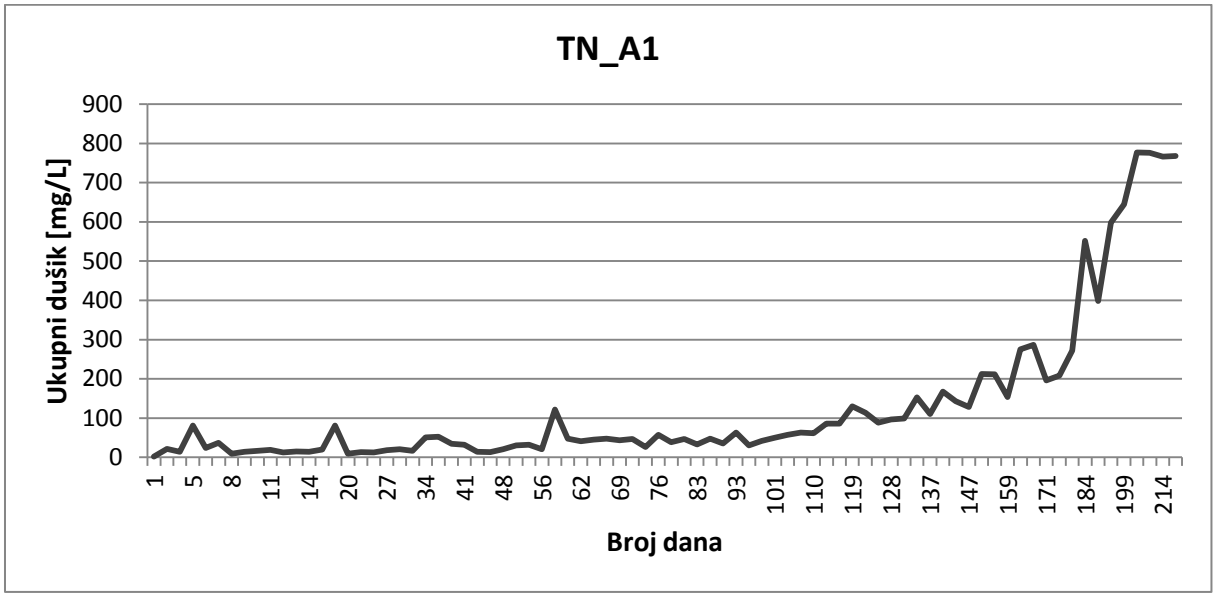



**Slika 25: Odnos električne provodnosti za sva četiri reaktora**

## 4.4 Ukupni dušik (TN)

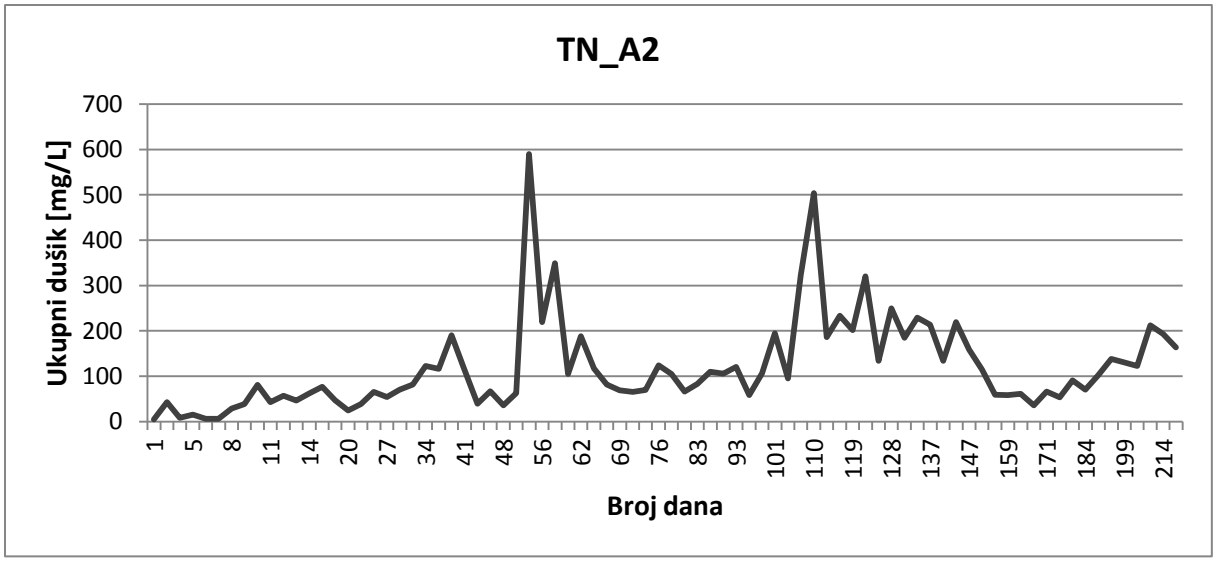
Početna vrijednost, ujedno i najmanja izmjerena vrijednost ukupnog dušika, za reaktor A1 iznosi 1,999 mg/L, a za reaktor A2 iznosi 4,913 mg/L te obje pokazuju tendenciju rasta.

Ukupan dušik, za reaktor A1, maksimalnu vrijednost postiže 204. dan trajanja eksperimenta i iznosi 706,9 mg/L te nakon toga stagnira. Srednja vrijednost koncentracije ukupnog dušika za reaktor A1 iznosi TN = ( 0,1 ± 0,2) g/L.



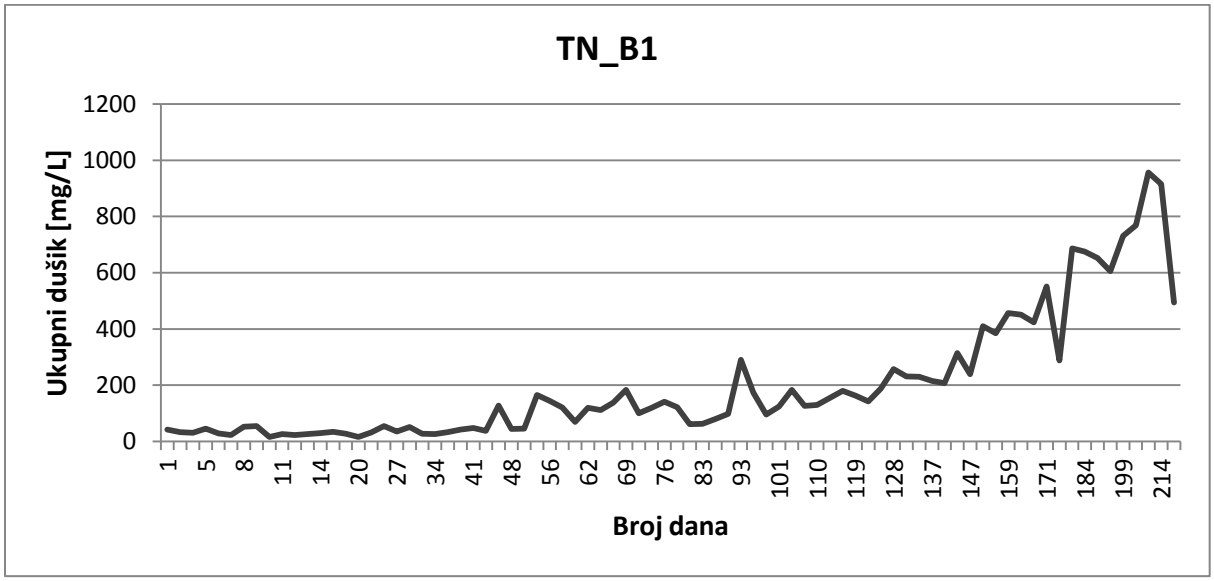

**Slika 26: Koncentracija ukupnog dušika za reaktor A1**

Ukupan dušik, za reaktor A2, maksimalnu vrijednost postiže 54. dan i iznosi 590 mg/L. Srednja vrijednost ukupnog dušika za reaktor A2 iznosi TN = ( 0,2 ± 0,2 ) g/L (Slika 27). Na slici 27 su izražena dva pika, jedan predstavlja maksimum i postignut je 54. dan, a drugi je postignut 110. dan eksperimenta i iznosi 504 mg/L.




**Slika 27: Koncentracija ukupnog dušika za reaktor A2**

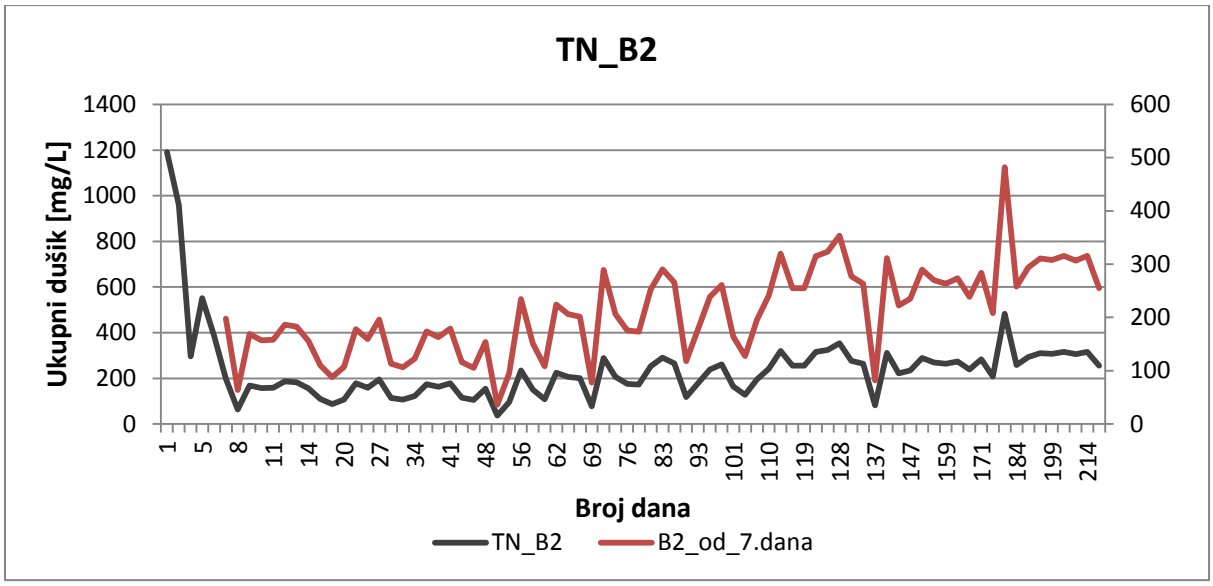
Ukupan dušik, za reaktor B1, maksimalnu vrijednost postiže 209. dan i iznosi 956,50 mg/L. Početna vrijednost ukupnog dušika za reaktor B1 iznosi 41,63 mg/L i opada do sedmog dana eksperimenta, nakon čega ima tendenciju rasta. Srednja vrijednost ukupnog dušika za reaktor B1 iznosi TN = ( 0,2 ± 0,2 ) g/L (Slika 28).



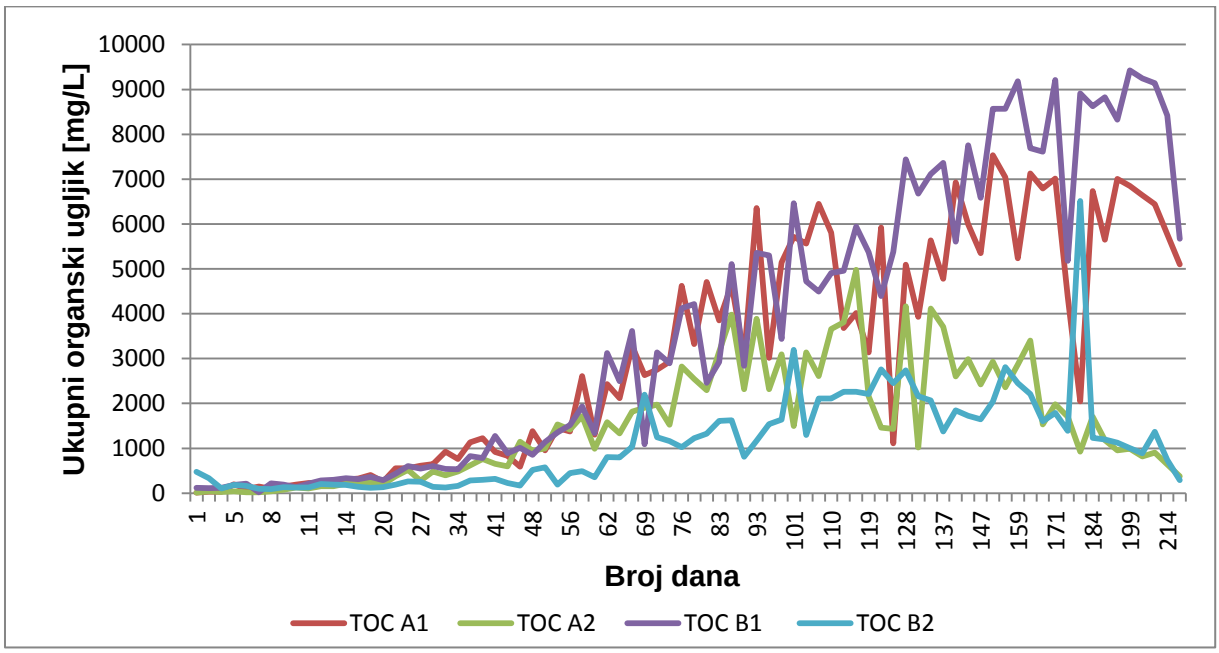

**Slika 28: Koncentracija ukupnog dušika za reaktor B1**

Početna vrijednost ukupnog dušika za reaktor B2 je vrlo visoka, ujedno predstavlja i maksimum, iznosi 1191 mg/L te ima tendenciju opadanja do 8. dana eksperimenta. Sljedeća maksimalna vrijednost je postignuta 180. dana eksperimenta i iznosi 482,4 mg/L. Srednja vrijednost ukupnog dušika za reaktor B2 iznosi TN = ( 0,2 ± 0,2 ) g/L. Vrijednosti za reaktor B2 su jako oscilirajuće, što je vidljivo na Slici 29. Na slici 29 su

također prikazane vrijednosti bez prvih pet vrijednosti da bi se što bolje uočile oscilacije u koncentraciji ukupnog dušika.




**Slika 29: Koncentracija ukupnog dušika za reaktor B2**

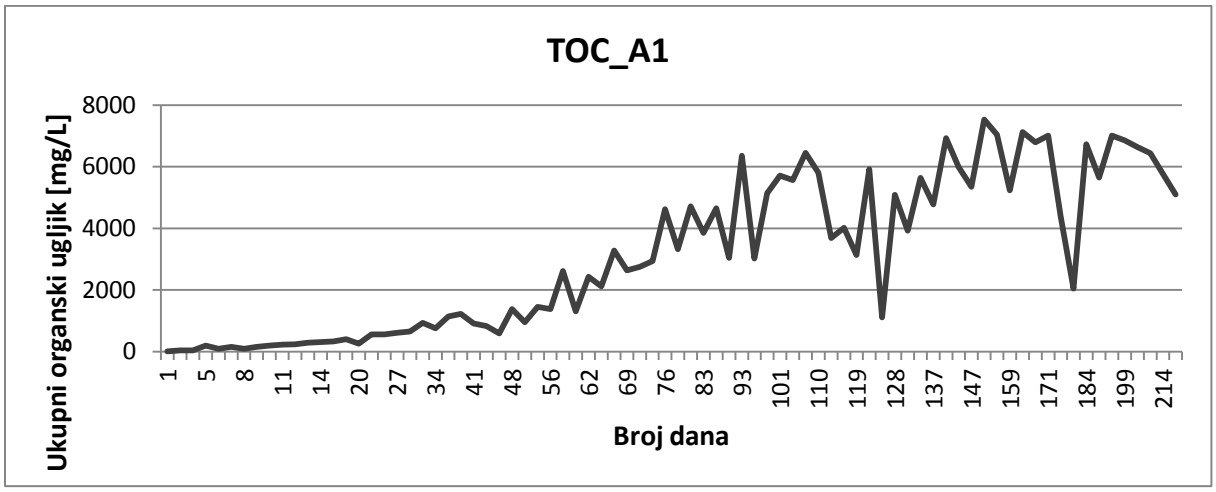



**Slika 30: Odnos koncentracija ukupnog dušika za sva četiri reaktora**

Slika 30 prikazuje odnos izmjerenih vrijednosti ukupnog dušika za sva četiri reaktora. Vrijednosti B1 i A1 reaktora u kojima se nalazi mišićno tkivo su pred kraj eksperimenta vidljivo više od vrijednosti A2 i B2 reaktora u kojima se nalazi koštano tkivo, izuzevši početne vrijednosti B2 reaktora.

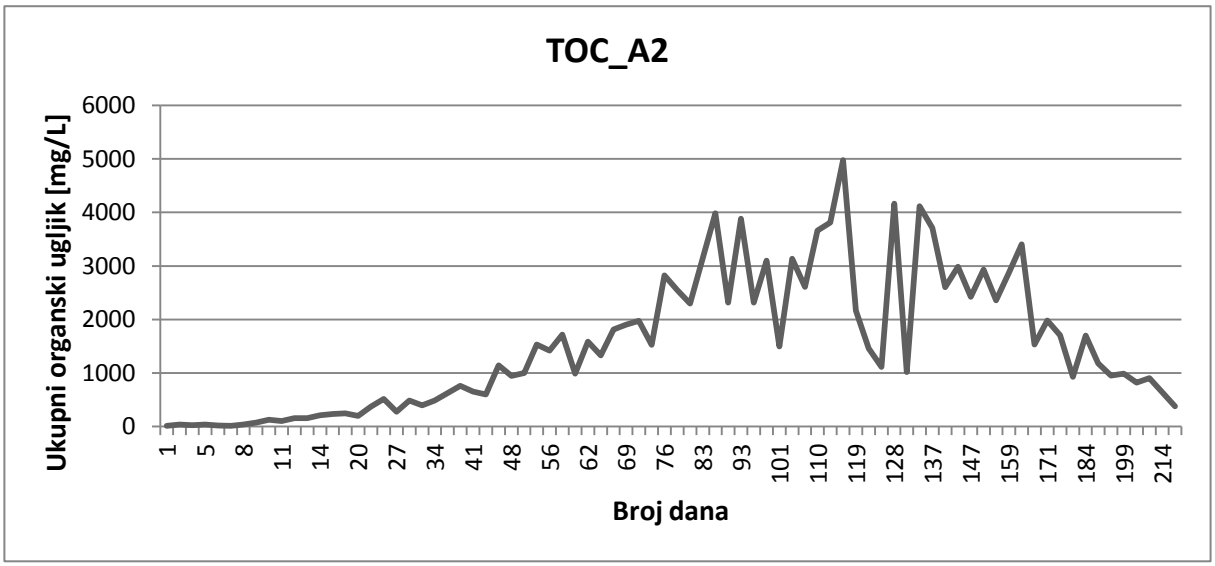
## 4.5 Ukupni organski ugljik (TOC)

Početna vrijednost ukupnog organskog ugljika za reaktor A1 iznosi 11,57 mg/L, što je ujedno i minimalna vrijednost. Vrijednosti imaju tendenciju rasta do maksimuma, koja za reaktor A1 iznosi 7536 mg/L i dosegnuta je 151. dan eksperimenta. Srednja vrijednost ukupnog organskog ugljika za reaktor A1 iznosi TOC = ( 3± 3 ) g/L (Slika 31).




**Slika 31: Koncentracija ukupnog organskog ugljika za reaktor A1**

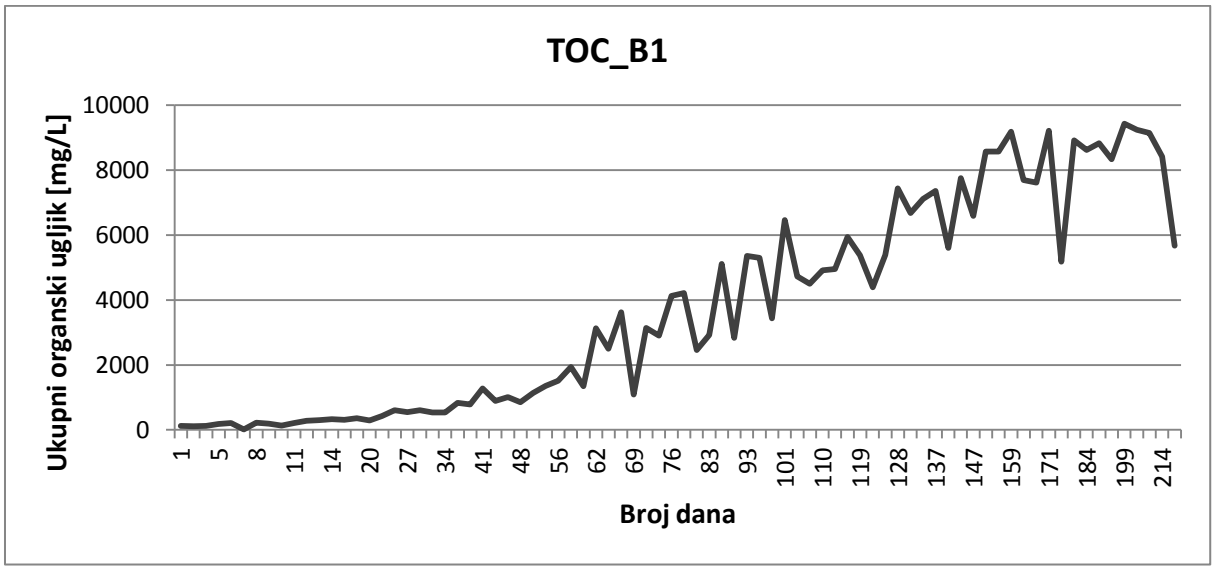
Početna vrijednost za reaktor A2 iznosi 13,94 mg/L, što također predstavlja minimalnu vrijednost. Maksimum za reaktor A2 je postignut 116. dan i iznosi 4980 mg/L. Nakon dosegnutog maksimuma vrijednosti imaju tendenciju opadanja. Srednja vrijednost ukupnog organskog ugljika za reaktor A2 iznosi TOC = (2 ± 1) g/L (Slika 32).




**Slika 32: Koncentracija ukupnog organskog ugljika za reaktor A2**

Početne vrijednosti za reaktore B1 i B2 su relativno visoke, B1=118,9 mg/L i B2=473,9 mg/L, te opadaju do sedmog dana, nakon čega započinje ponovni rast.

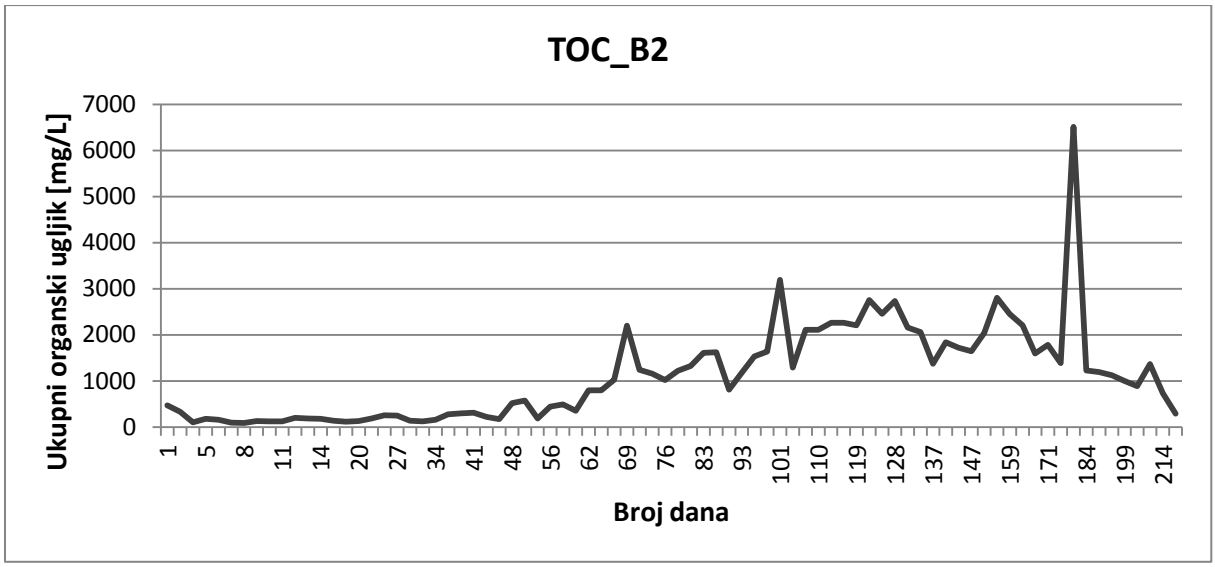
Srednja vrijednosti ukupnog organskog ugljika za reaktor B1 iznosi TOC = ( 4 ± 3 ) g/L. Maksimalna vrijednost za reaktor B1 je postignuta 199. dan i iznosi 9423 mg/L (Slika 33).




**Slika 33: Koncentracija ukupnog organskog ugljika za reaktor B1**

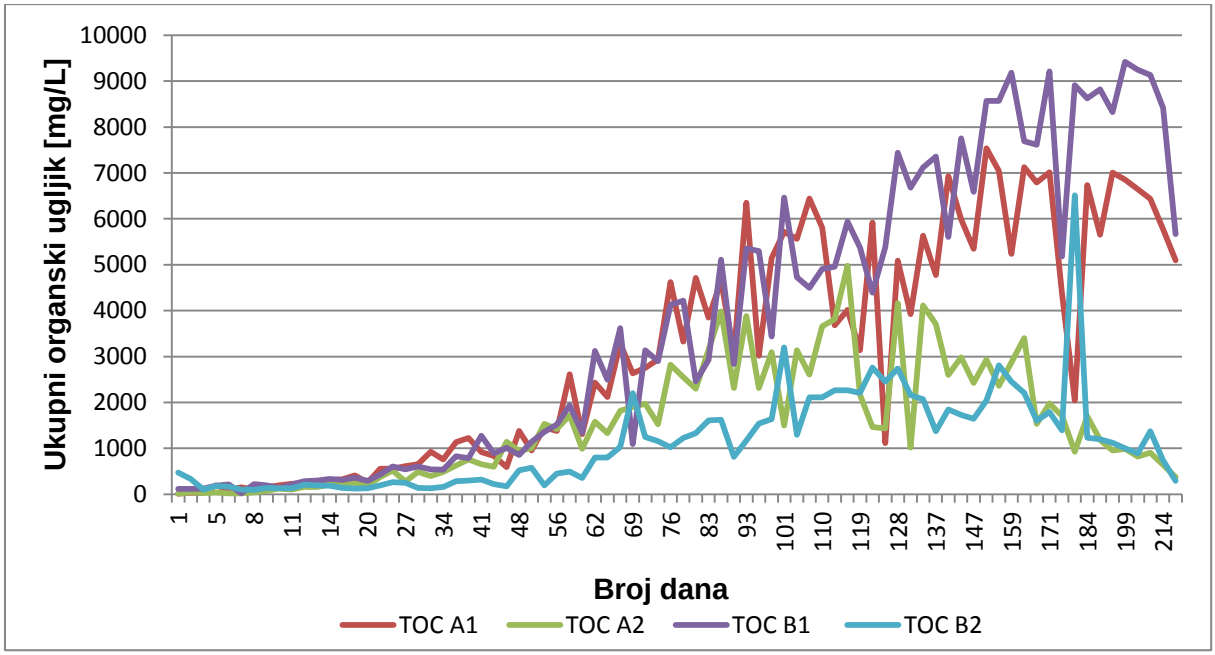
Maksimalna vrijednost za reaktor B2 je postignuta 199. dan trajanja eksperimenta i iznosi 9423mg/L. S obzirom da ta vrijednost jako odskače od ostalih vrijednosti, ako uzmemo sljedeću maksimalnu vrijednost, koja je postignuta 101. dan, i iznosi 3198,5 mg/L. Nakon ove vrijednosti, izuzevši vrijednost za 199. dan, ostale vrijednosti imaju

generalno tendenciju opadanja. Srednja vrijednost ukupnog organskog ugljika za reaktor B2 iznosi TOC = ( 1 ± 1 ) g/L (Slika 34).




**Slika 34: Koncentracija ukupnog organskog ugljika za reaktor B2**

Slika 35 prikazuje odnos izmjerenih vrijednosti ukupnog organskog ugljika za sva četiri reaktora. Početna vrijednost ukupnog organskog ugljika za reaktor B2 je znatno veća od početnih vrijednosti za preostala tri reaktora.




**Slika 35: Koncentracija ukupnog organskog ugljika za sva četiri reaktora**

## 4.6 Pearsonov koeficijent korelacije

### 4.6.1 Ukupni dušik (TN)

Pearsonov koeficijent korelacije je izračunat da bi se utvrdila korelacija između vrijednosti ukupnog dušika i vrijednosti ukupnog ugljika za svaki reaktor. Utvrđena je pozitivna korelacija između varijabli TN_A1 i TOC_A1, r=0,591, N=80, p<0,001; TN_A2 i TOC_A2, r=0,414, N=80, p<0,001; TN_B1 i TOC_B1, r=0,842, N=80, p<0,001. Za varijable TN_B1 i TOC_B1 nije utvrđena statistički značajna korelacija.

Izračunat je Pearsonov koeficijent korelacije da bi se utvrdila korelacija između vrijednosti ukupnog dušika i električne provodnosti za svaki reaktor. Utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija između varijabli TN_A1 i el.provodnost_A1, r=0,590, N=79, p<0,001; TN_A2 i el.provodnost_A2, r=0,562, N=79, p<0,001; TN_B1 i el.provodnost_B1, r=0,831, N=79, p<0,001; TN_B2 i el.provodnost_B1, r=0,518, N=79, p<0,001.

Utvrđena je negativna korelacija za varijable TN_A1 i pH_A1, r=-0,099, N=80, p<0,001, TN_A2 i pH_A2, r=-0,365, N=80, p=0,01. Utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija za varijable TN_B1 i pH_B1, r=0,377, N=80, p=0,001. Za varijable TN_B2 i pH_B2 nije utvrđena statistički značajna korelacija.

Izračunat je koeficijent korelacije da bi se utvrdila korelacija između vrijednosti ukupnog dušika za svaki reaktor i temperature zraka. Utvrđena je pozitivna korelacija za varijable TN_A1 i temperatura_zraka, r=0,710, N=80, p<0,001; TN_B1 i temperatura_zraka, r=0,673, N=80; p<0,001, TN_B2 i temperatura_zraka, r=0,507, N=80, p<0,001. Za varijablu TN_A2 i temperatura_zraka nije utvrđena statistički značajna korelacija.

Izračunat je koeficijent korelacije između vrijednosti ukupnog dušika i temperature animalnog otpada unutar reaktora za svaki reaktor. Statistički značajna korelacija je utvrđena za varijable TN_A1 i temperatura_A1, r=0,710, N=77, p<0,001; TN_B1 i temperatura_B1, r=0,714, N=77, p<0,001; TN_B2 i temperatura_B2, r=0,416, N=77; p<0,001. Za varijable TN_A2 i temperatura_A2 nije utvrđena statistički značajna korelacija.

Utvrđen je statistički značajan pozitivan koeficijent korelacije za varijable TN_A1 i TN_B1, r=0,910, N=80, p<0,001; za varijable TN_A2 i TN_B2 nije utvrđena statistički značajna korelacija.

### 4.6.2 Ukupni organski ugljik (TOC)

Utvrđen je statistički značajan negativan koeficijent korelacije za varijable TOC_A1 i pH_A1, r=-0,612, N=80, p<0,001; TOC_A2 i pH_A2, r=-0,691, N=80, p<0,001. Statistički značajan pozitivan koeficijent korelacije za varijable TOC_B1 i pH_B1, r=0,389, N=80; p<0,001. Statistički značajna korelacija nije utvrđena za TOC_B2 i pH_B2.

Pozitivna statistički značajna korelacija je utvrđena za varijable TOC_A1 i el.provodnost_A1, r=0,967, n=79, p<0,001; TOC_A2 i el.provodnost_A2, r=0,902, N=79, p<0,001; TOC_B1 i el.provodnost_B1, r=0,978, N=79, p<0,001 i TOC_B2 i el.provodnost_B2, r=0,919, N=79, p<0,001.

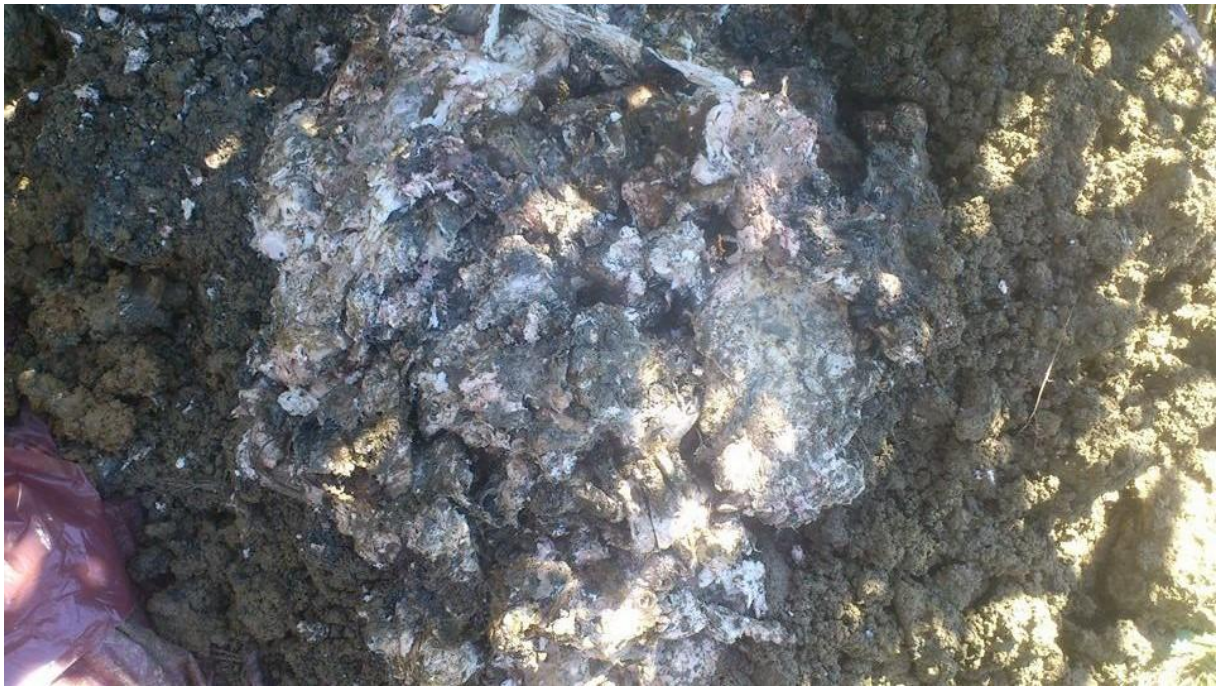
Pozitivni statistički značajan koeficijent korelacije za varijable ukupnog organskog ugljika, za svaki reaktor, i temperature zraka je utvrđen samo za TOC_B1 i temperatura_zraka, r=0,423, N=80, p<0,001.

Pozitivna statistički značajna korelacija je utvrđena za varijable TOC_A1 i temperatura_A1, r=0,456, N=77, p<0,001; TOC_B1 i temperatura_B1, r=0,513, N=77, p<0,001. Za varijable TOC_A2 i temperatura_A2, i TOC_B2 i temperatura_B2 nije utvrđena statistički značajna korelacija.

Utvrđen je pozitivan statistički koeficijent korelacije za TOC_A1 i TOC_A2, r=0,662, N=80, p<0,001, TOC_A1 i TOC_B1, r=0,892, N=80, p<0,001; TOC_B1 i TOC_A2, r=0,554, N=80, p<0,001; TOC_A1 i TOC_B2, r=0,571, N=80, p<0,001; i TOC_B2 i TOC_A2, r=0,567, N=80, p<0,01.

## 4.7 Količina preostalog nerazgrađenog animalnog otpada

Uklanjanjem gornjeg sloja supstrata utvrđeno je stanje preostalog animalnog otpada nakon završetka eksperimenta. S obzirom da je vrlo teško u potpunosti razdvojiti preostali nerazgrađeni animalni otpad od supstrata nije moguće utvrditi točnu masu preostalog animalnog otpada.



**Slika 36: Preostalo mišićno tkivo iz reaktora A1**

**Slika 37: Preostalo koštano tkivo iz reaktora A2**

**Slika 38: Preostalo mišićno tkivo iz reaktora B1**

**Slika 39: Preostalo koštano tkivo iz reaktora B2**

Slike 36 - 39 prikazuju preostali nerazgrađeni animalni otpad u reaktorima. Mišićnog tkiva je preostalo oko 30%, odnosno oko 8 kilograma od ukupne mase mišićnog tkiva. Koštanog tkiva je preostalo oko 40%, odnosno oko 6 kg. Prema tome, tijekom 219 dana, se raspalo oko 19 kg mišićnog tkiva i oko 10 kg koštanog tkiva.

Dijeljenjem sume koncentracija ukupnog dušika ili ukupnog organskog ugljika s težinom raspadnutog materijala dobivena je koncentracija ukupnog dušika ili ukupnog organskog ugljika nastala raspadom jednog kilograma animalnog otpada. Za reaktor A1 po kilogramu mišićnog tkiva nastaje oko 543 mg/L ukupnog dušika i oko 13 275 mg/L ukupnog organskog ugljika. Za reaktor B1 po kilogramu mišićnog tkiva u nastaje oko 844 mg/L ukupnog dušika i oko 15 765 mg/L. Za reaktor A2 po kilogramu koštanog tkiva nastaje oko 963 mg/L ukupnog dušika i oko 12 289 mg/L ukupnog organskog ugljika. Za reaktor B2 po kilogramu koštanog tkiva nastaje oko 1 912 mg/L ukupnog dušika i oko 8 990 mg/L ukupnog organskog ugljika.

# 5. Rasprava

Stopa raspada animalnog otpada ovisi o okolišu (temperatura, tip tla, mikrobiološka aktivnost,..) (Mann i sur., 1990; Fiedler i Graw, 2003; Dent i sur., 2004). Pretpostavlja se da animalni otpad ne ostaje jednako dugo u terestrijalnim ekosustavima kao fekalije i drveni materijal (Schoenly i Reid, 1987).

Smanjenje temperature uzrokuje male potrebe mikroorganizama za energijom te se stoga smanjuje stopa metabolizma. Do toga dolazi jer je respiracija ograničena pri niskim temperaturama zbog dostupnosti nutrijenata i/ili dolazi do hladnoćom induciranog suzbijanja hidrolitičkih enzima uključenih u raspad (Reichstein i sur., 2000; Conant i sur., 2004). Česte oscilacije u temperaturi su prema tome uzrokovale oscilacije i u vrijednostima koncentracija TOC i TN što je potvrđeno statistički značajnim pozitivnim koeficijentom korelacije za A1 i B1 reaktor (TOC) i A1, B1 i B2 reaktor (TN).

Srednja vrijednost temperature u reaktorima i temperature zraka je između 11 i 12°C, te je značajniji porast koncentracija ukupnog dušika i ukupnog organskog ugljika započeo između 20. i 30. dana eksperimenta. Može se pretpostaviti da je tada započela faza aktivnog raspada animalnog otpada.

U fazi naprednog raspada dolazi do značajnog povećanja koncentracija nutrijenata (Vass i sur., 1992, Towne 2000; Carter, 2005) i pH vrijednosti (Vass i sur., 1992; Carter, 2005). Oko 50. dana trajanja eksperimenta dolazi do značajnog povećanja koncentracije ukupnog organskog ugljika u sva četiri reaktora te tada započinje faza naprednog raspada.

Na temelju dobivenih rezultata pH vrijednosti možemo zaključiti da se pH vrijednost eluata smanjuje za reaktore A1 i A2. Smanjenje pH vrijednosti za ova dva reaktora je uzrokovano povećanjem koncentracije ukupnog ugljika i ukupnog dušika što je potvrđeno negativnom korelacijom ($p<0,001$).

Općenito se smatra da do povećanja pH vrijednosti dolazi zbog akumulacije iona $NH_4^+$ u tlu (Hopkins i sur., 2000; Towne, 2000; Brathen i sur., 2002; Carter i sur., 2007; Melis i sur., 2007 ). Možemo pretpostaviti da ovdje dolazi do smanjenja pH vrijednosti zbog toga jer je omjer koncentracija ugljika i dušika (C:N) vrlo velik tijekom trajanja eksperimenta. Smanjivanje pH vrijednosti može biti potpomognuto

skupljanjem kiselih produkata fermentacije šećera prilikom inaktivne mikrobiološke aktivnosti acetogenih i metanogenih bakterija (Barlaz i sur., 1989).

Za reaktor B1 je utvrđen pozitivni koeficijent korelacije ($p<0,001$) te dolazi do povećanja pH vrijednosti povećanjem koncentracije ukupnog organskog ugljika i ukupnog dušika. Povećanje pH vrijednosti se može objasniti, osim akumulacijom $NH_4^+$ iona, i time da velika mineralizacija ugljika može stvoriti anaerobna mikro staništa koja uzrokuju smanjenje redoks potencijala i tako smanjuju pH vrijednosti. Također treba uzeti u obzir da promjena pH vrijednosti može biti uzrokovana biomasom mikroorganizama (Rodriguez i Bass, 1985; Vass i sur., 1992; Hopkins i sur., 2000).

Izmjerene vrijednosti električne provodnosti su u korelaciji s vrijednostima koncentracija ukupnog ugljika i ukupnog dušika te imaju sličan trend rasta što je pokazano i u istraživanju Yuan i sur. (2013). Izmjerene vrijednosti električne provodnosti su do 6 puta manje od izmjerenih vrijednosti električne provodnosti u studiji Yuan i sur. (2013), što može biti povezano s velikom razlikom u težini uzorka animalnog otpada. U istraživanju Yuan i sur. (2013) je promatran raspad oko 1400 kg svinjskih lešina.

Korelacija električne provodnosti i koncentracije ukupnog organskog ugljika i ukupnog dušika je očekivana jer vrijednost električne provodnosti ovisi o koncentraciji iona u otopinama. Što su veće koncentracije iona, to je veća i električna provodnost.

Prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98, 137/08) električna provodnost je jedan od fizikalno – kemijskih pokazatelja kakvoće vode. Vode se prema graničnim vrijednostima svrstavaju u pet vrsta (od I do V). Srednje vrijednosti električne provodnosti iznose 5618,47 µS/cm; 4079,71 µS/cm; 6708,59 µS/cm i 4379,95 µS/cm za reaktore A1, A2, B1 i B2. Prema izmjerenim vrijednostima električne provodnosti eluata možemo ga svrstati u vrstu V (>20,0 µS/cm) što ukazuje na vrlo visoku zagađenost vode.

Istraživanja električne provodnosti eluata nastalog na odlagalištima komunalnog otpada (Abu – Rukah i Al – Kofahi, 2001; Christensen i sur., 1994; Fatta i sur., 1999; Mor i sur., 2006) također pokazuju vrlo visoke vrijednosti (do 24 500 µS/cm) što je 2 – 3 puta više od električne provodnosti eluata nastalog raspadom animalnog otpada.

Maksimalne vrijednosti koncentracija ukupnog dušika su i do 20 puta manje od koncentracija dušika ili derivata iz istraživanja Yuan i sur. (2013), Pratt i Fonstead (2009) i MacArthur i sur. (2002), što također može biti povezano s razlikom u težini uzorka animalnog otpada i frekvenciji uzorkovanja eluata. U istraživanju Yuan i sur. (2013) eluat je uzorkovan prva dva mjeseca eksperimenta jednom u dva tjedna, a ostatak eksperimenta jednom mjesečno što je moglo utjecati na dobivene rezultate.

Utvrđen pozitivan koeficijent korelacije između koncentracija ukupnog dušika za reaktor A1 i reaktor B2 može ukazivati na činjenicu da ne postoji razlika u nastajanju dušika prilikom raspada animalnog otpada u različitom tlu za mišićno tkivo. Nedostatak korelacije između koncentracije ukupnog dušika za reaktore A2 i B2 može ukazivati na to da razlika u tlu utječe na raspad koštanog tkiva.

Istraživanje metabolizma dušika i ugljika u tlu pokazuje da tla s više glinenih čestica generalno zadržavaju veće proporcije organskog ugljika i dušika u biomasi (Ladd i sur., 1977; 1981).

Prema Uredbi o klasifikaciji voda eluat možemo svrstati u vrste od III (3,0 - 10.0 mgN/L) do V (>20,0 mgN/L), ovisno o kojem periodu eksperimenta se radi, ali srednje vrijednosti za svaki reaktor su 6 – 12 puta veće od minimuma za V vrstu vode.

Istraživanje koncentracija $NH_4$-N (2675 mg/L), $NO_3^-$ (380 mg/L) iz eluata nastalog na odlagalištu komunalnog otpada pokazuje i do tri puta veće vrijednosti od vrijednosti koncentracija ukupnog dušika nastalog raspadom animalnog tkiva (Abu – Rukah i Al – Kofahi, 2001; Christensen i sur., 1994; Fatta i sur., 1999; Tatsi i Zoubolis, 2002; Mor i sur., 2006).

S obzirom da je za reaktore B1 i B2 korišten supstrat s lokalne oranice, na kojoj je netom prije uzimanja supstrata izvađena šećerna repa (*Beta vulgaris*), početne vrijednosti koncentracije ukupnog dušika u eluatu čistog supstrata su vrlo visoke, 40,63 mg/L i 1191 mg/L za B1 i B2 reaktor. Početna vrijednost ukupnog dušika za reaktor B2 je veća i od maksimalnih vrijednosti ukupnog dušika nastalog raspadom animalnog otpada. S obzirom da se dušik vrlo lagano procjeđuje u podzemnu vodu kroz tlo kišom ili navodnjavanjem, pliće podzemne vode podložnije su zagađenju (Naik i sur., 2008; Gao i sur., 2012).

Vrlo visoke početne vrijednosti su izmjerene zbog intenzivnog korištenja umjetnih gnojiva s visokim udjelom dušika, što uzrokuje visoku akumulaciju dušika u tlu, a tako i veliko procjeđivanje dušika u podzemne vode (Zhu i sur., 2009; Akhavan i sur., 2010; Gao i sur., 2010). Izmjerene koncentracije ukupnog dušika iz bunara u blizini oranica i naseljenog područja variraju od 20 do 40 mg/L (Gao i sur., 2012).

Treba uzeti u obzir da je, u eksperimentu, animalni otpad zakopan na dubini od 25 cm, te se ispod njega nalazi 35 cm zemlje, dok je u stvarnim uvjetima sloj zemlje ispod i iznad zakopanog animalnog otpada 10-tak puta veći pa samim time tlo može akumulirati veću količinu mineraliziranih nutrijenata, što utječe na koncentracije izmjerene u podzemnim vodama.

Također, treba uzeti u obzir i površinu promatranog područja. U eksperimentu je na površinu od 25 $dm^2$ zakopano 27 kg mišićnog tkiva, odnosno 16 kg koštanog tkiva, dok aplikacija mineralnih gnojiva nije tako koncentrirana na istoj površini, te su i zbog toga vrlo vjerojatno izmjerene niže vrijednosti koncentracija dušika.

Istraživanja nitrata ($NO_3^-$) u podzemnim vodama na području gdje je primjenjivana gnojidba stajskim gnojivom izmjerene su koncentracije od 44,3-174 mg/L (Cheong i sur., 2012). Bitno je spomenuti i da su ova istraživanja provedena tijekom cijele godine, te da je na području gdje je aplicirano stajsko ili umjetno gnojivo posijana poljoprivredna kultura koja je iskoristila oko 70% (Lowrance i Smittle, 1988; Reuter, 2000; Venterea i Rolston, 2000) količine apliciranog dušika. Izmjerena početna koncentracija ukupnog dušika (1192 mg/L) ukazuje na to da ukoliko nema poljoprivredne kulture koja će iskoristiti većinu dostupnog dušika iz tla zagađenje podzemnih voda će biti znatno veće, odnosno koncentracije ukupnog dušika će biti znatno veće od dosad prijavljenih.

Izmjerene koncentracije ukupnog organskog ugljika su vrlo visoke, čije su maksimalne vrijednosti 7536 mg/L, 4980 mg/L, 9423 mg/L i 6514 mg/L, za reaktore A1, A2, B1 i B2. Usporedbom s vrijednostima dobivenim u istraživanju Yuan i sur. (2013) izmjerene koncentracije su 3-5 puta niže od prijavljenih koncentracija, što može biti zbog razlike u težini animalnog otpada i razlike u frekvenciji uzorkovanja eluata.

Istraživanje na svinjskom stajskom gnoju ukazuje na to da organski ugljik ima topljivu fazu koja se može detektirati u eluatu i netopljivu fazu koja će se inkorporirati u tlo (Bolado-Rodriguez i sur., 2010). Istraživanje eluata nastalog na odlagalištima komunalnog otpada (Rathod i sur., 2013) pokazuje prosječnu vrijednost otopljenog organskog ugljika (DOC) 1720 mg/L što je približno jednako izmjerenim koncentracijama ukupnog organskog dušika za reaktore A2 i B2, te dva puta manja vrijednost od vrijednosti za reaktore A1 i B1.

Visoke vrijednosti ukupnog organskog ugljika ukazuju na prisutnost organskog materijala i potiču rast mikroorganizama kako u tlu, tako i u akvatičkim sustavima, te na taj način utječu na kvalitetu vode. Kako se povećava koncentracija ukupnog organskog ugljika, tako raste i biomasa što utječe na prozirnost vode. Prozirnost vode je jedan od kriterija za određivanje stupnja trofije. Statistički značajan pozitivan koeficijent korelacije između koncentracija ukupnog organskog ugljika za sve reaktore ukazuje da ne postoji razlika u metabolizmu ugljika za korištena dva supstrata, iako istraživanje Ladd i sur. (1977, 1981) ukazuje na to da postoji razlika u metabolizmu ugljika za tla s različitim udjelom glinenih čestica.

# 6. Glavni rezultati i zaključci

U eluatu nastalom raspadom animalnog otpada su izmjerene vrlo visoke koncentracije ukupnog organskog ugljika i ukupnog dušika.

Usporedbom izmjerenih vrijednosti s drugim poljoprivrednim zagađivačima može se zaključiti da raspadom animalnog otpada ne nastaju značajno veće koncentracije.

U istom vremenskom razdoblju izmjerene su otprilike jednake koncentracije ukupnog organskog ugljika u eluatu iz reaktora A1 i B1 koji sadrže mišićno tkivo kao i iz reaktora B1 i B2 koji sadrže koštano tkivo.

U istom vremenskom razdoblju izmjerene su do tri puta veće koncentracije ukupnog dušika u eluatu iz reaktora B2 koji sadrži koštano tkivo negoli iz reaktora A2 koji sadrži koštano tkivo i reaktora A1 i B1 koji sadrže mišićno tkivo.

Nedostatak korelacije između vrijednosti ukupnog dušika za A1 i B1, te A2 i B2 reaktor ukazuje na to da postoji razlika u mineralizaciji dušika u različitom supstratu.

Statistički značajna korelacija između vrijednosti ukupnog organskog ugljika i sva četiri reaktora ukazuje na to da nema razlike u mineralizaciji ugljika u različitim supstratima.

Potrebna su daljnja fizikalno-kemijska i mikrobiološka istraživanja za procjenu utjecaja raspada animalnog otpada na akvatičke sustave.

# 7. Metodička obrada nastavne jedinice: Kruženje ugljika u prirodi

## 7.1 Priprema nastavnog sata

**Škola:** Osnovna Škola M. A. Reljkovića

**Razred:** 8.a

**Predmetni učitelj:** Vedrana Jukić

**Nastavni predmet:** Kemija

**Nastavna cjelina:** Ugljik i ugljikovi spojevi

**Nastavna jedinica:** Kruženje ugljika u prirodi

**Ključni pojmovi:** kruženje ugljika u prirodi, fotosinteza, stanično disanje ili respiracija, učinak staklenika

**Cilj:** Steći znanje o kruženju ugljika u prirodi i razumjeti njegovu važnost, utvrditi znanje o fotosintezi i staničnom disanju, naučiti što je učinak staklenika i na koji način dolazi do učinka staklenika na Zemlji, razmisliti o načinima koji smanjuju učinak staklenika.

**Zadaće:**

- **Kognitivne:** stjecanje znanja o:
  - izvorima ugljika u prirodi, na koji način ugljik kruži u prirodi, procesima kruženja ugljika u prirodi, fotosintezi, staničnom disanju, stakleničkim plinovima i učinku staklenika.
- **Afektivne:** razvijanje/usvajanje stavova i/ili interesa i navika za:
  - važnost kruženja ugljika u prirodi, uočavanje učinka staklenika i njegov negativan utjecaj, oprezan rad s kiselinama.
- **Psihomotoričke:** razvijanje sposobnosti i/ili vještina i umijeća za:
  - rad u grupi, poštivanje mišljenja, razvijanje komunikacijskih vještina, samostalno i grupno rješavanje zadataka i osmišljavanje pokusa.

**Ishodi učenja:** Učenik će znati navesti izvore ugljika u prirodi. Učenik će moći objasniti načine kruženja ugljika u prirodi. Učenik će moći objasniti što je fotosinteza i što je stanično disanje. Učenik će znati napisati kemijske jednadžbe fotosinteze i staničnog disanja. Učenik će moći definirati stakleničke plinove i znati objasniti što je učinak staklenika. Učenik će moći eksperimentalno prikazati učinak staklenika. Učenik će moći predložiti načine za umanjenje učinka staklenika.

**Tip sata:** Obrada/upoznavanje novih sadržaja

**Socijalni oblici rada:** Frontalni, individualni, skupni/timski

**Nastavne metode:** Razgovor, rješavanje problema, pisanje, rješavanje zadataka

**Nastavna pomagala i sredstva:** Nastavni listići i kemikalije za pokus

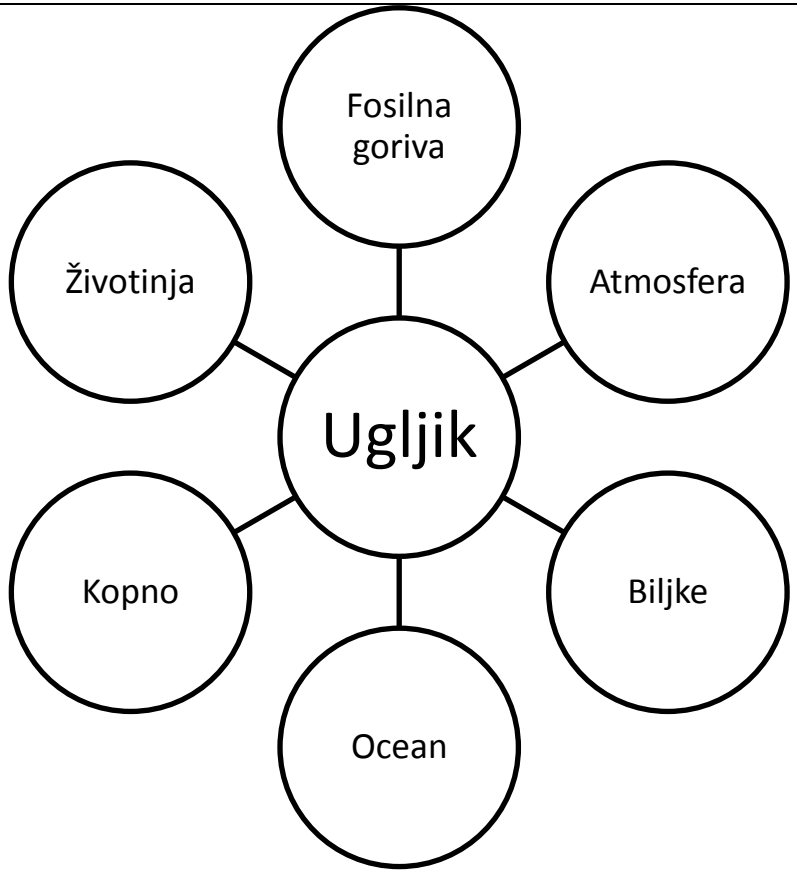
**Izvori za pripremanje:** Lukić, Varga, Krmpotić-Gržančić, Marić Zerdun, Maričević. 2014. Kemija 8. Udžbenik kemije u osmom razredu osnovne škole i Radna bilježnica za kemiju u osmom razredu osnovne škole. Školska knjiga

**Potrebno pripremiti:** Zadatke za učenike s posebnim potrebama, nastavne listiće, pribor i kemikalije za pokus

### 7.1.1 Etape nastavnog sata

| |
|---|
| **Uvodni dio sata:**<br><br>Učenicima postavljam pitanje gdje se ugljik nalazi u prirodi. Učenici odgovore zapisuju na ploču i u bilježnicu. Kada su ustanovljeni izvori ugljika u prirodi (fosilna goriva, kopno, oceani, atmosfera, biljke, životinje) objašnjavam im što je kruženje ugljika u prirodi. Definiciju zapisujemo na ploču i u bilježnicu. Postavljam im pitanje na koji način ugljik kruži u prirodi. |
| **Središnji dio sata:**<br><br>Učenici su podijeljeni u 4 grupe i dobivaju nastavni listić sa zadatcima. Zadatci su podijeljeni na teorijski i pokusni dio. Teorijski dio obuhvaća pitanja o fotosintezi, staničnom disanju i učinku staklenika, a pokusni dio obuhvaća izvođenje, praćenje i objašnjavanje pokusa.<br><br>Učenici se moraju organizirati tako da svi sudjeluju u grupnom radu i da je svaki učenik autor barem jednog odgovora na radnom listiću. |
| **Završni dio sata:**<br><br>Zajednički provjeravamo odgovore na pitanja te pišemo na ploču kemijske jednadžbe fotosinteze, staničnog disanja i pokusa. |

## 7.2 Plan ploče




**Kruženje ugljika u prirodi –** niz biokemijskih procesa u kojima se ugljik na Zemlji neprestano mijenja i prelazi u različite oblike postojanja

$6CO_2(g) + 6H_2O(l) \longrightarrow C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g)$

$C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) + E$

$HCl(l) + CaCO_3(s) \longrightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

## 7.3 Nastavni listić

**Prvo pročitajte sve zadatke u cijelosti, a zatim brzo krenite u rješavanje :)**

1. Objasni što je fotosinteza.
2. Objasni što je stanično disanje.
3. Objasni kruženje ugljika u prirodi pomoću fotosinteze i staničnog disanja (riječima, grafički i kemijskom jednadžbom)
4. Navedi još neki/e primjer/e kruženja ugljika u prirodi.
5. Objasni učinak staklenika i nabroji stakleničke plinove.
6. Nabroji moguće posljedice učinka staklenika.
7. Izračunaj relativnu molekulsku masu $CO_2$ i maseni udio ugljika u tom spoju.
8. D.Z. Razmisli i istraži na koje načine možemo smanjiti utjecaj učinka staklenika.

**POKUS: Dokaz da je $CO_2$ staklenički plin**

Napravite pokus s dostupnim priborom i kemikalijama kojim ćete dokazati da je $CO_2$ staklenički plin. Pomno pratite promjene i zabilježite ih u bilježnicu. Objasnite što se dogodilo i zašto. Napišite kemijsku jednadžbu reakcije. Preporučujem da prvo postavite pokus. U radnoj bilježnici se nalazi uputa za izvođenje pokusa. Za zadaću nacrtajte skicu aparature i napišite protokol.

**OPREZ u radu s kiselinom!**

### 7.3.1 Zadatci za učenike s posebnim potrebama

1. Koji prirodni procesi omogućuju kruženje elemenata u prirodi?
2. Što je fotosinteza?
3. Napiši jednadžbu fotosinteze.
4. Što je stanično disanje?
5. Napiši jednadžbu staničnog disanja.
6. Što je učinak staklenika?
7. Nabroji stakleničke plinove.

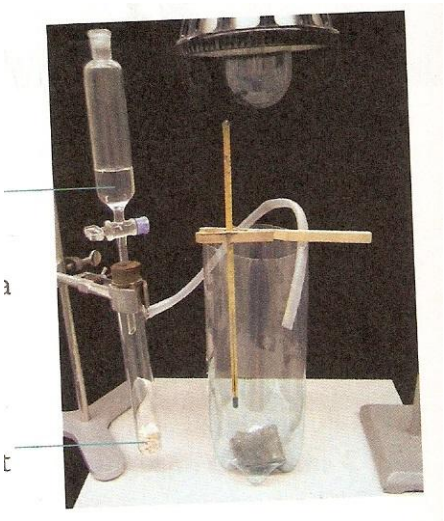
## 7.4 Pokus: Dokaz da je $CO_2$ staklenički plin

**Dokaz da je $CO_2$ staklenički plin**

**PRIBOR:** plastična boca odrezanog grla od 2 L, svjetiljka sa žaruljom (100 W) i reflektirajućim zrcalom, crno obojena metalna pločica, termometar, metalni stalak, metalna hvataljka, lijevak za dokapavanje, epruveta za odsisavanje, gumeni čep, gumena cijev

**KEMIKALIJE:** Kalcijev karbonat, klorovodična kiselina ( w = 18 – 20 % )

**POSTUPAK:**



1. Na dno plastične boce stavite crnu pločicu. Termometar objesite i spustite u bocu pazeći da vrh termometra bude na njezinoj sredini. Iznad prostora plastične boce stavite žarulju. U lijevak za dokapavanje ulijte klorovodičnu kiselinu, a u epruvetu za odsisavanje kalcijev karbonat. Složena aparatura bi trebala izgledati kao na slici.

2. Upalite žarulju i pratite promjenu temperature u boci. Kad se temperatura unutar boce ustali, zabilježite je.

3. Dokapavajte iz lijevka za dokapavanje male količine klorovodične kiseline na kalcijev karbonat u epruveti. Nastali plin uvodite u plastičnu bocu. Punite bocu plinom nekoliko minuta i ponovno u zabilježite promjene temperature svake dvije minute.

# 8. Literatura


Abu- Rukah Y, and O. Al- Kofahi. 2001. The assessment of the effect of landfill leachate on ground-water quality - a case study. El-Akader landfill site - north Jordan. *Arid Environ*. 49: 615-630.

Akhavan S, Abedi-Koupai J, Mousavi SF, Afyuni M, Eslamian SS, i sur. 2010. Application of SWAT model to investigate nitrate leaching in Hamadan–Bahar Watershed, Iran. *Agriculture Ecosystems and Environment* 139: 675–688.

Anderson GS, VanLaerhoven SL. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwest British Columbia. *J Forensic Sci* 41:617–625.

Anderson I. 2002. Foot and Mouth Disease 2001: Lessons to be Learned Inquiry. The Stationary Office Limited, London.

Anon. 2002. The Animal By-Products Regulations (EC) No 1774/2002. European Commission, Brussels.

Anon. 2007. Disposal of dead livestock. Washington State Legislature, Washington. No. 16–25.

Barlaz MA, Schaefer DM, Ham RK. 1989. Bacterial population development and chemical characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill. *Appl Environ Microbiol*. 55:55–65.

Bolado-Rodriguez S, Garcia-Sinovas D, Alvarez-Benedi J. 2010. Application of pig slurry to soils. Effect of air stripping treatment on nitrogen and TOC leaching. *Journal of Environmental Management*. 91:2594-2598.

Brathen KA, Danell K, Berteaux D. 2002. Effect of muskox carcasses on nitrogen concentration in tundra, *Arctic.* 55:389–394.

Bruce ME, Will RG,Ironside JW, McConnell I, Drummond D, Suttie A, i sur. 1997. Transmissions to mice indicate that ‘new variant’ CJD is caused by the BSE agent. *Nature* 389: 498-501.

Butow E, Holzbecher E, Kob E. 1989. Approach to Model the Transport of Leachates from aLandfill Site including Geochemical Processes, Contaminant Transport in Groundwater. *Balkema*. 183–190.

Carter DO, Tibbett M. 2006. The decomposition of skeletal muscle tissue (Ovis aries) in a sandy loam soil incubated at different temperatures. *Soil Biol Biochem* 38:1139–1145.

Carter DO, Yellowlees D, Tibbett M. 2007. Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissen.* 94:12–24.

Carter DO. 2005. Forensic taphonomy: processes associated with cadaver decomposition in soil. Ph.D. thesis, James Cook University

Chen SJ, Hsieh LT, Chiu SC. 2003. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons from animal carcass incinerators. *Sci. Total Environ*. 313:61–76.

Chen SJ, Hung MC, Huang KL, Hwang WI. 2004. Emission of heavy metals from animal carcass incinerators in Taiwan. *Chemosphere.* 55:1197–1205.

Cheong JY, Hamm SY, Lee JH, Lee KS, Woo NC. 2012. Groundwater nitrate conatamination and risk assesment in an agricultural area, South Korea. *Enivron Earth Sci*. 66: 1127-1136.

Christensen JB, Jensen DL,Gron C, Filip Z, Christensen HT. 1998. Characterization of the dissolved organic carbon in landfill leachate-polluted groundwater, *Water Res*. 32:125-135.

Christensen T H, Kjeldsen P, Albrechtsen HJ, Heron G, Nielson PH, Bjerg PL, Holm PE. 1994. Attenuation of Landfill Leachate Pollutants in Aquifers. *Critical Reviews in Environ. Science and Technol.* 24:119-202.

Coleman DC, Crossley Jr. DA, Hendrix PF. 2004. *Fundamentals of soil ecology*. 2nd edn. Elsevier Acadamic Press, Burlington, MA, USA, 375 pp.

Conant RT, Dalla-Betta P, Klopatek CC, Klopatek JM. 2004. Controls on soil respiration in semiarid soils, *Soil Biology & Biochemistry.* 36:945–951.

Dent BB, Forbes SL, Stuart BH. 2004. Review of human decomposition processes in soil. *Environ Geol* . 45:576–585

Eleazer WE, Odle WSI, Wang YS, Barlaz MA. 1997. Biodegradability of municipal solid waste components in laboratory-scale landfills. *Environ Sci Technol.* 31:911–7.

Fatta D, Papadopoulos A, Loizidou M. 1999. A study on the landfill leachate and its impact on the groundwater quality of the greater area. *Environ Geochem Health.* 21 (2): 175-190.

Fiedler S, Graw M. 2003. Decomposition of buried corpses, with special reference to the formation of adipocere. *Naturwissenschaften*. 90:291–300.

Gao Y, Yu G, Lou C, Zhou P. 2012. Groundwater nitrogen pollution and assesment of its health risks: A case study of a typical village in rural-urban continuum, China. *PLoS ONE* 7(4); e33982. Doi:10.1371/journal.pone.0033982

Gao Y, Zhu B, Wang T, Tang JL, Zhou P, i sur. 2010. Bioavailable phosphorus transport from a hillslope cropland of purple soil under natural and simulated rainfall. *Environmental Monitoring and Assessment.* 171: 539–550.

Gao Y, Zhu B, Wang T, Wang YF. 2012. Seasonal change of non-point source pollution-induced bioavailable phosphorus loss: a case study of Southwestern China. *Journal of Hydrology.* 420–421: 373–379.

Gwyther CL, Williams PA, Golyshin PN, Edwards-Jones G, Jones DL. 2011. The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: a review. *Waste Manage*. 31: 767 – 778

Hatzell HH. 1995. Effects of waste-disposal practices on ground-water quality at five poultry (broiler) farms in north-central Florida, 1992–93; U.S. Geological Survey.

Hewadikaram KA, Goff ML. 1991. Effect of carcass size on rate of decomposition and arthropod succession patterns. *Am J Forensic Med Pathol*. 12:235–240.

Hopkins DW, Wiltshire PEJ, Turner BD. 2000. Microbial characteristics of soils from graves: an investigation at the interface of soil microbiology and forensic science. *Appl Soil Ecol* .14:283–288.

Kirby M, Brizuela C, Wilkinson R. 2010. An investigation into farmer's perspective on the disposal of fallen livestock and animal by-products in Great Britain. *Vet. Rec*. 167: 606-609.

Kocárek P. 2003. Decomposition and Coleoptera succession on exposed carrion of small mammal in Opava, Czech Republic. *Eur J Soil Biol*. 39:31–45

Ladd JN, Parsons JW, Amato M. 1977. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils-i. Distribution of immobilized nitrogen amongst soil fractions of different particle size and density. *Soil Biology & Biochemtstry*. 9:309-31.

Liu HH, Shih TS, Chen IJ, Chen HL. 2008. Lipid peroxidation and oxidative status compared in workers at a bottom ash recovery plant and fly ash treatment plants. *J Occup Health*. 50: 492–497.

Lowrance R, Smittle D- 1988. Nitrogen cycling in a multiple crop-vegetable production system. *J Environ Qual*. 17:158–152.

MacArthur AJ, Milne JC. 2002. Leachate characteristics and management requirements arising from the foot & mouth operations in Scotland. Proceedings waste. Integrated waste management and pollution control: research, policy, and practice. 305–14.

Mann RW, Bass MA, Meadows L. 1990. Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *J Forensic Sci*. 35:103–111.

Mari M, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL. 2008. Monitoring PCDD/Fs, PCBs and metals in the ambient air of an industrial area of Catalonia, Spain. *Chemosphere* 73:990–998.

Melis C, Teurlings I, Linnell JDC, Andersen R, Bordoni A. 2004. Influence of a deer carcass on Coleopteran diversity in a Scandinavian boreal forest: a preliminary study. *Eur J Wildl Res.* 50:146–149.

Melis N, Selva I, Teurlings C, Skarpe JDC, Linnell R, Andersen. 2007. Soil and vegetation nutrient response to bison carcasses in Bialowieza Primeval Forest, Poland, *Ecol. Res*. 22:807–813.

Micozzi MS. 1986. Experimental study of postmortem change under field conditions: effects of freezing, thawing and mechanical injury. *J Forensic Sci*. 31:953–961.

Mor S, Ravindra K, Dahiya RP, Chandra A. 2006. Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. *Environmental monitoring and assessment*. Vol. 118. Issue 1-3. 436-456

Myers LM, Bush PB, Segars WI, Radcliffe DE. 1999. Impact of poultry mortality pits on farm groundwater quality. Proceedings of the 1999 Georgia water resources conference. Athens, Georgia: The University of Georgia.

Nadal M, Perello G, Schuhmacher M, Cid J, Domingo JL. 2008. Concentrations of PCDD/PCDFs in plasma of subjects living in the vicinity of a hazardous waste incinerator: follow-up and modeling validation. *Chemosphere*. 73:901–906.

Naik PK, Tambe JA, Dehury BN, Tiwari AN. 2008. Impact of urbanization on the groundwater regime in a fast growing city in central India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 146: 339–373.

Payne JA, King EW. 1968. Coleoptera associated with pig carrion. *Entomol Monthly Mag* 105:224–232.

Payne JA. 1965. A summer carrion study of the baby pig Sus scrofa Linnaeus. *Ecology*. 46:592–602.

Pollard SJT, Hickman GAW, Irving P, Hough RL, Gauntlett DM, Howson SF, Hart A, Gayford P, Gent N. 2008. Exposure assessment of carcass disposal options in the event of a notifiable exotic animal disease: application to avian influenza virus. *Environ. Sci. Technol*. 42, 3145–3154.

Pratt DL, Fonstad TA. 2009. Livestock mortalities burial leachate chemistry after two years of decomposition. 3rd international symposium on management of animal carcasses, tissue, and related by-products. Davis, California.

Pravilnik o nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (EZ 1774/2002)

Pravilnik o registraciji subjekata i odobravanju objekata u kojima posluju subjekti u poslovanju s nusproizvodima životinjskog podrijetla koji nisu za prehranu ljudi (NN 20/10)

Putman RJ. 1977. Dynamics of the blowfly, Calliphora erythrocephala, within carrion. *J Anim Ecol*. 46:853–866.

Putman RJ. 1978. Patterns of carbon dioxide evolution from decaying carrion. Decomposition of small mammal carrion in temperate systems 1. *Oikos*. 31:47–57.

Rathod M, Mishra H, Karmakar S. 2013. Leachate characteritation and assessment of water pollution near municipal solid waste landfill site. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*. 2.

Reichstein M, Bednorz F, Broll G, Kätterer T. 2000. Temperature dependence of carbon mineralization: Conclusions from a long-term incubation of subalpine soil samples. *Soil Biology & Biochemistry.* 32: 947–958.

Reuter D. 2000. Nutrient balance in regional farming systems. Fertilizer in focus. In: Proceedings of the conference, May 28–29. Industry Federation of Australia Inc., Australia, pp 57–63

Ritter WF, Chirnside AEM. 1995. Impact of dead bird disposal pits on groundwater quality on the Delmarva Peninsula. *Bioresource Technol*.,53:105-111.

Robinson HD, Luo MMH. 1991. Characterization and treatment of leachates from Hong Kong landfill sites. *J Inst Water Environ Manag.* 5:326–34.

Rodriguez WC, Bass WM. 1985. Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. *Journal of Forensic Sciences.* 30: 836–852.

Schoenly K, Reid W. 1987. Dynamics of heterotrophic succession in carrion arthropod assemblages: discrete seres or a continuum of change. *Oecologia*. 73:192–202.

Scudamore JM, Trevelyan GM, Tas MV, Varley EM, Hickman GAW. 2002. Carcass disposal: lessons from Great Britain following the foot and mouth disease outbreaks of 2001. *Rev. Sci. Technol*. 21: 775–787.

Spouge J, Comer P. 1997. Compendium of five reports: (a) overview of risk from BSE via environmental pathways, (b) thruxted mill rendering plant risk assessment of waste disposal options, (c) risk from burning rendered products from the over thirty months scheme in power stations, (d) risks from disposing BSE infected cattle in animal carcase incinerators, (e) assessment of risks from BSE carcases in landfills. Report to the Environment Agency.

Swift MJ, Heal OW, Anderson JM. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell Scientific, Oxford, 372 pp.

Tatsi AA, Zouboulis AI. 2002. A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate (Thessaloniki, Greece). *Adv Environ Res*. 6:207–19.

Tonković V. 2001. Zbrinjavanje otpada životinjskog podrijetla u okolnostima nakon pojave GSE-a i zabrane upotrebe mesno-koštanog brašna za ishranu životinja od kojih se proizvodi ljudska hrana. Zbornik Veterinarski dani, Opatija, 17.-20. listopada, 2001. 125-129.

Towne EG. 2000. Prairie vegetation and soil nutrient responses to ungulate carcasses. *Oecologica*. 122:232–239.

Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98, 137/08)

Uredba u nusproizvodima životinjskog podrijetla (EZ br. 1069/2009, EU br. 142/2011)

Van Veen JA, Ladd JN, Amato M. 1985. Turnover of carbon and nitrogen through the microbial biomass in a sandy loam and a clay soil incubated with [$^{14}$C(U)]glucose and [$^{15}$N]$(NH_4)_2SO_4$ under different moisture regimes. *Soil. Biol: BIochem*. Vol.17, 6:747-756.

Vass AA, Bass WM, Wolt JD, Foss JE, Ammons JT. 1992. Time since death determinations of human cadavers using soil solution. *J Forensic Sci*. 37:1236–1253.

Venterea RT, Rolston DE. 2000. Mechanisms and kinetics of nitric and nitrous oxide production during nitrification in agricultural soil. *Global Change Biol.* 6:303–316.

Vinten A, Smith H, Watson C, Fenlon D, Ritchie R. 2008. Assessment of risks of water contamination with E. coli, Salmonella and Cryptosporidium from burial of animal carcasses using artificially drained field burial plots. Macaulay Institute

Vučemilo M. 2004. Zbrinjavanje životinjskih leševa i konfiskata. *Meso*. Vol 4. 4:54-57.

Yan JH, Xu MX, Lu SY, Li XD, Chen T, Ni MJ, Dai HF, Cen KF. 2008. PCDD/F Concentrations of agricultural soil in the vicinity of fluidized bed incinerators of co-firing MSW with coal in Hangzhou, China. *J. Hazard Mater*. 151: 522–530.

Yuan Q, Saunder SE, Bartelt-Hunt SL. 2012. Methane and carbon dioxide production from simulated anaerobic degradation of cattle carcasses. *Waste Manage*. 32:939–43.

Yuan Q, Snow DD, Bartelt-Hunt SL. 2013. Potential water quality impacts originating from land burial of cattle carcasses. *Science of the total environment*. 456-457. 246-253.

Zakon o veterinarstvu (NN 82/13, 148/13),

Zhu B, Wang T, Kuang FH, Luo ZX, Tang JL, i sur. 2009. Measurements of nitrate leaching from a hillslope cropland in the central Sichuan Basin, China. *Soil Science Society of America Journal*. 73(4): 1419–1426.

Web izvori:

1. http://www.azo.hr/Izvjesca25 (pristupljeno 29.05.2015.)
2. http://www.dzs.hr/ (pristupljeno 29.05.2015.)
3. http://www.veterinarstvo.hr/default.aspx?id=1049 (pristupljeno 29.05.2015.)

## 9. Životopis

# Vedrana Jukić

Adresa: Kolodvorska 47, 322727 Cerna

Mob: +385 99 6752-717

E-mail: vedrana.jukic2@gmail.com

Datum rođenja: 08.12.1990.

## *Školovanje*

2012 - 2015 **Diplomski sveučilišni nastavnički studij biologije i kemije**
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju

2009 – 2012 **Preddiplomski studij biologije**
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju

## *Iskustvo*

Listopad 2014 – svibanj 2015

**Brodarski institut d.o.o., Centar za ekotehnologije**

- Rad u fizikalno – kemijskom laboratoriju tijekom izrade diplomskog rada
  - Uzorkovanje i priprema uzoraka za analizu
  - Plinski kromatograf (GC)
  - Analizator ukupnog organskog ugljika (TOC) i ukupnog dušika (TN)

2009 – 2014

**Laboratoriji Odjela za kemiju i Odjela za biologiju**

- Stečena znanja u rukovanju s aparaturom i kemikalijama tijekom praktikuma

## Strani jezici

| Engleski jezik | Njemački jezik | Španjolski jezik |
| --- | --- | --- |
| Aktivan korisnik | Aktivan korisnik | Pasivan korisnik |

## Vještine

- Napredan rad na računalu
- Napredan rad u MS Office™
- Poznavanje rada u statističkom paketu SPSS®
- Vozačka B – kategorije

## Aktivnosti

- Suosnivač udruge studenata biologije – Zoa
- Sudjelovanje u sportskom i znanstvenom dijelu Primatijade (Znanstveno – sportska manifestacija studenata Prirodoslovno – matematičkih fakulteta)
- Čitanje knjiga

## Preporuke

Dostupne na zahtjev.