

STAJNJAK U SRBIJI – KOLIČINE I EMISIJE GASOVA S EFEKTOM STAKLENE BAŠTE

Miodrag I. Višković^{1*}, Đorđe M. Đatkov¹, Aleksandar Ž. Nesterović¹,
Milan L. Martinov¹ i Slobodan M. Cvetković²

¹Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu, Novi Sad, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd, Srbija

Sažetak: Stajnjak je otpadni tok iz stočarstva koji mogu da čine ekskrementi, prostirka, hrana i druge materije. Usled prisustva organske materije, stajnjak predstavlja značajnu formu đubriva koja se dodaje biljnim kulturama, ali čije neadekvatno skladištenje i korišćenje prouzrokuje negativne uticaje na životnu sredinu. Ciljevi ovog rada su da se odrede količine stajnjaka i alociraju u zavisnosti od veličine i vrste gazdinstava u Srbiji, i da se kvantifikuju emisije gasova s efektom staklene bašte u Srbiji poreklom od upravljanja stajnjakom. U Srbiji se generiše oko 8,6 miliona m³ naturalnog tečnog stajnjaka i oko 20,4 miliona t svežeg čvrstog stajnjaka. Dominantne vrste stajnjaka su tečni svinjski stajnjak i goveđi čvrsti i tečni stajnjak. Od ukupne količine stajnjaka, 81% se nalazi na najmanjim gazdinstvima sa manje od 100 uslovnih grla dok se na velikim gazdinstvima sa preko 1.000 uslovnih grla, generiše oko 12% ukupne količine stajnjaka u Srbiji. Direktno iz stajnjaka se u 2020. godini emitovalo oko 23 Gg (Giga grama) CH₄ i 1 GgN₂O. Indirektno se iz upravljanja stajnjakom emituje oko 1,1 GgN₂O. Ukupne emisije gasova s efektom staklene bašte poreklom od stajnjaka iznosile su u 2020. godini oko 1.144 GgCO_{2ekv}. Zbog redukovanja stočnog fonda emisije su u opadanju, a u odnosu na 1990. godinu su manje za 36%.

Ključne reči: stajnjak, emisije, gasovi staklene bašte, stočarstvo.

Uvod

Stajnjak čine ekskrementi (feces i urin) farmski uzgajanih životinja, sa ili bez prostirke od žetvenih ostataka. Može sadržati i vodu (za čišćenje objekata), ostatke hrane, dlake odnosno perje, ali i hemijska sredstva za pranje i dezinfekciju (nepoželjno). Prema pravilniku koji definiše sporedne proizvode životinjskog

*Autor za kontakt: e-mail: miodragviskovic@uns.ac.rs

porekla, stajnjak spada u materijal kategorije 2 prema riziku za javno zdravlje i zdravlje životinja, a njegovo upravljanje i distribucija na zemljište, omogućeno je u neprerađenom stanju jedino u slučaju da ne postoji mogućnost širenja opasnih zaraznih bolesti (Anonim, 2011).

Značaj stajnjaka kao nusprodukta stočarske proizvodnje ogleda se u tome što, uz odgovarajuću primenu, predstavlja značajan izvor hranljivih materija u biljnoj proizvodnji. Negativni aspekti generisanja i upravljanja stajnjakom su dodatni troškovi usled distribucije i uticaj na životnu sredinu (vodu, vazduh i zemljište).

Negativan uticaj na životnu sredinu stajnjaka proističe iz sadržaja organskih i neorganskih jedinjenja čijim hemijskim reakcijama dolazi do emisije određenih zagađujućih materija u vazduh, vodu i zemljište. Razgradnjom amino kiselina koje sadrže sumpor dolazi do emisija vodonik-sulfida koji je jedan od glavnih komponenti organoleptičkog zagađenja od strane stajnjaka. Anaerobnom razgradnjom organskih komponenti stajnjaka, dolazi i do emitovanja organskih volatilnih kiselina koje takođe doprinose neprijatnim mirisima, a određene vrste stajnjaka karakterišu se i visokim stepenom volatilizacije amonijaka nastalog kao posledica razgradnje uree. Neorganski azot u amonijačnoj formi (NH_3) nitrifikacijom prelazi u nitratni anjon, koji je sklon lakom prolasku i ocedivanju kroz pore zemljišta i doprinosi narušavanju kvaliteta podzemnih, ali i površinskih voda usled ocedenja. U kombinaciji sa jedinjenjima fosfora i kalijuma koja takođe mogu da se nađu u vodama usled primene stajnjaka, dovodi do zagađenja površinskih voda i eutrofikacije. Ostali negativni efekti primene stajnjaka dovode se u vezu sa povećanjem koncentracije teških metala u zemljištu i rasprostiranje semena korova. Svi nabrojani negativni efekti mogu da se svrstaju u grupu lokalno/regionalnog zagađenja i narušavanja životne i radne sredine (Burton i Turner, 2003; Zoranović et al., 2011).

Sa globalnog aspekta, stajnjak je značajan izvor gasova s efektom staklene bašte (GHG) (Chadwick et al., 2011). Stajnjak sadrži neorganski azot i mikrobiološki dostupan ugljenik i vodu, te samim tim sadrži esencijalne supstrate neophodne za proizvodnju azot-suboksida (N_2O) i metana (CH_4) (Zoranović et al., 2011). Stajnjak naročito doprinosi emisijama CH_4 , s obzirom na to da stočarstvo obuhvata i uzgajanje i eksploataciju preživara (najznačajnija su goveda) čiji je feces bogat anaerobnim arhejama koje su metanogeni mikroorganizmi i upravo proizvođači CH_4 . Digestivni trakt svinja i živine poseduje metanogene mikroorganizme u tragovima, ali se CH_4 svakako formira tokom skladištenja stajnjaka. Pominjani produkti nitrifikacije, nitrati, podložni su denitrifikaciji, anaerobnom mikrobiološkom procesu redukcije do elementarnog azota (N). Prilikom tog procesa denitrifikacije generiše se i N_2O . Ovako nastali N_2O naziva se direktno emitovani. Indirektno emitovani N_2O je onaj koji nastane od volatilisanog NH_3 i azotnih oksida NO_x (IPCC, 2006a, 2006b).

Globalne emisije GHG iznosile su 2010. godine približno 49 GtCO_{2ekv} (ekvivalentne emisije ugljen dioksida). Prema Međuvladinom panelu o promeni klime (engl. *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), od ukupnih emisija, ekonomski sektor kojem pripada poljoprivredna proizvodnja, tzv. AFOLU (engl. *Agriculture, Forestry and Other Land Use*) odgovoran je za približno četvrtinu svih globalnih emisija GHG. Posmatrano globalno, samo stočarstvo učestvuje sa približno jednom četvrtinom emisija u okviru AFOLU, a od toga, polovina emisija je direktna posledica postojanja i upravljanja stajnjakom (IPCC, 2014).

Prema podacima Evropske agencije za zaštitu životne sredine (engl. *European Environment Agency – EEA*), ukupne globalne emisije GHG i dalje imaju trend rasta, dok su samo određeni regioni snizili svoje emisije GHG u poređenju sa referentnom 1990. godinom. EU se naročito ističe sa smanjenjem emisija GHG od 24% do 2020. godine. U 2019. godini, u zemljama EU, uz Veliku Britaniju i Island, stajnjak je bio izvor 40.617,8 ktCO_{2ekv}. To predstavlja 0,9% ukupnih emisija GHG ovih zemalja. Ujedno, stajnjak doprinosi sa 8,5% u ukupnim emisijama CH₄. Od ukupnih emisija iz poljoprivrede, ova količina CO_{2ekv} predstavlja 9,5% i 18% ukupnih emisija CH₄ (EEA, 2021). Dalje tendencije u EU da se smanjuju emisije GHG, oličene u paketu propisa pod nazivom „Fit for 55”, Evropskim zelenim dogovorom i predloženim opštim ciljem da se do 2050. teritorija EU učini klimatski neutralnom teritorijom (da emisije GHG budu 0), predstavljaju osnovu za težnju ka tome da se emisije iz stajnjaka što više smanje (European Commission, 2020).

Poslednje zvanično kvantifikovane emisije GHG u Srbiji objavljene su 2017. godine od strane Ministarstva za zaštitu životne sredine (MZŽS) u Drugom izveštaju Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime (MZŽS, 2017), ali postoji i Nacrt drugog dvogodišnjeg ažuriranog izveštaja Republike Srbije prema okvirnoj konvenciji UN o promeni klime iz 2020. godine (MZŽS, 2020). Što se tiče emisija GHG poreklom od stajnjaka, dokumenti sadrže određena neslaganja, na primer za 2014. godinu dokument iz 2017. godine navodi emisije za kategoriju 3.A.2 Upravljanje stajnjakom od 1.068,58 GgCO_{2ekv}, dok dokument iz 2020. godine navodi 455,12 GgCO_{2ekv}. Verovatan razlog za različite vrednosti emisija je taj što se u novijem izveštaju primenjuje napredniji Tier 2 metod obračuna emisija za stajnjak (IPCC, 2006a), u odnosu na prvi izveštaj gde se primenjuje Tier 1 metod, te samim tim drugačija vrsta podataka za proračun.

Ciljevi ovog rada su da se odrede količine svežeg stajnjaka u Srbiji i da se količine alociraju po vrstama i veličinama gazdinstava, kao i da se kvantifikuju emisije GHG poreklom od upravljanja stajnjakom.

Materijal i metode

Proračun količine stajnjaka

Određivanje količine stajnjaka podrazumeva poznavanje vrste stajnjaka na farmama, zastupljenost različitih kategorija istih vrsta životinja, vremena koje grla provode na ispaši, tehnika izđubavanja iz objekata, načina ishrane, tehnike čišćenja objekata, primene hemijskih sredstava. Na primer, goveda se u Srbiji drže na farmama gde se: koristi prostirka od žetvenih ostataka te se formirani stajnjak uklanja iz objekata na dnevnom/nedeljnom nivou; koristi se prostirka, ali se stajnjak uklanja iz objekata nakon nekoliko meseci – duboka prostirka; veće farme se karakterišu automatizovanim uklanjanjem tečnog stajnjaka iz objekta pomoću skrepera ili nekim drugim sistemima tečnog izđubavanja; kombinovani sistemi na istoj farmi za različite kategorije životinja; životinje se određeni deo vremena drže na ispaši pa praktično ni ne postoji stajnjak u smislu nusproizvoda kojim treba da se dalje upravlja; koriste se hemijska sredstva pri muži pa se deo stajnjaka iz muzilišta tretira kao otpadna voda. Zbog navedene kompleksnosti, ne postoji univerzalan način generisanja stajnjaka i jedinstvene karakteristike. Slična situacija je i kod drugih vrsta životinja. Procena količine stajnjaka koja obuhvata veći geografski region, a ne pojedinačnu farmu ili opštinu i okrug, mora da se sprovede sa visokim nivoom nesigurnosti.

Za proračun količine stajnjaka u Srbiji, usvojeno je da:

- 1 uslovno grlo (UG) goveda generiše 18 m^3 naturalnog tečnog stajnjaka (TS) (tabela 1), udela suve materije 8% (Radivojević et al., 2006). Zatim je smatrano da 92,5% te količine naturalnog stajnjaka formira sveži čvrsti stajnjak (ČS), što odgovara pretpostavci da se na farmama do 100 UG generiše samo ČS, na farmama između 100 i 1.000 UG 50% stajnjaka je u čvrstoj formi, a na farmama sa više od 1.000 UG samo 10% stajnjaka je u čvrstoj formi (tabela 2). Za formiranje čvrstog stajnjaka, smatrano je da se za prostirku koristi 5 kg slame po UG na dan (Radivojević et al., 2005).

- 1 UG svinja generiše 15 m^3 naturalnog TS (tabela 1), udela suve materije 5% (Radivojević et al., 2006). Zatim je smatrano da 37,6% te količine naturalnog stajnjaka formira sveži ČS, što odgovara pretpostavci da se na farmama do 100 UG generiše 50% ČS, na farmama između 100 i 1.000 UG 20% stajnjaka je u čvrstoj formi, a na farmama sa više od 1.000 UG se ne generiše ČS, samo tečni (tabela 2). Za formiranje čvrstog stajnjaka smatrano je da se za prostirku koristi 5 kg slame po UG na dan.

- Za proračun količine stajnjaka poreklom od živine korišćen je podatak iz tabele 1 i smatrano da je kompletan stajnjak u čvrstoj formi.

- Ogejo i Wildeus (2010) navode da koze i ovce generišu između 1,55 i 2,63 kg stajnjaka po danu. Za ovu studiju, usvojeno je da ova kategorija životinja generiše 2 kg stajnjaka po danu u formi ČS.

Slične podatke navode i Burton i Turner (2003). Princip koji navode Veljković et al. (2016) bazira se na poznavanju količina hrane i prostirke za individualne farme, te je bio neprimenjiv za procenu količina na nivou celokupne Srbije. U ovom radu korišćeni podaci o generisanju stajnjaka po UG su u skladu s informacijama dobijenim kroz personalnu komunikaciju sa vlasnicima više farmi u Srbiji.

Tabela 1. Godišnja količina stajnjaka prema vrsti životinja (Kaltschmitt et al., 2016).
Table 1. The annual amount of manure by animal species (Kaltschmitt et al., 2016).

	Goveda, m ³ /UG Cattle, m ³ /LU	Svinje, m ³ /UG Pigs, m ³ /LU	Živina, t/UG Poultry, t/LU
Količina stajnjaka Manure quantity	18,0	15,0	6,5
Udeo suve materije Dry matter content	11–12%	7–8%	22–23%

UG: uslovno grlo; LU: livestock unit.

Korišćeni su podaci Republičkog zavoda za statistiku (RZS) za 2018. godinu, sakupljeni preko ankete, koji sadrže detaljne podatke o geografskoj distribuciji, veličini poljoprivrednih gazdinstava, pravnih lica i preduzetnika (RZS, 2021). Podaci od interesa sumirani su u tabelama 2 i 3.

Tabela 2. Zastupljenost UG na gazdinstvima određene veličine u 2018. godini (RZS, 2021).

Table 2. Distribution of LU on farms of a certain size in 2018 (SORS, 2021).

Vrsta Species	Broj grla Head number	Broj UG Number of LU	Veličina gazdinstva, broj UG Farm size, number of LU			
			0–100	100–500	500–1.000	> 1.000
Goveda Cattle	881.152	678.487	88,4%	5,5%	1,7%	4,4%
Svinje Pigs	3.266.102	816.525	72,7%	5,5%	0,9%	21,0%
Brojleri Broilers	11.722.014	82.054	38,1%	36,8%	6,4%	18,7%
Nosilje Laying hens	8.996.039	125.945	60,3%	10,1%	3,9%	25,6%
Ovce Sheep	1.799.814	179.981	97,6%	2,3%	0,0%	0,1%
Koze Goats	218.397	21.840	99,3%	0,7%	0,0%	0,0%

UG: uslovno grlo; LU: livestock unit.

Određena gazdinstva imaju više vrsta životinja te dolazi do njihovog duplog brojanja, a to je naročito karakteristično za najmanju grupu gazdinstava koja imaju od 0 do 100 UG. Konji, magarci i druge životinje zbog malog broja grla zanemarene su u ovom radu. Za svođenje ukupnog broja grla na broj UG, grla mase 500 kg, korišćeni su koeficijenti RZS (RZS, 2021) za pojedinačne vrste životinja. S obzirom na to da se ti podaci odnose i na različite kategorije životinja u okviru iste vrste, jedinstveni koeficijent za celokupnu vrstu životinja je dobijen kombinujući podatke RZS o broju UG za 2018. godinu. Korišćeni koeficijenti za proračun UG su: goveda 0,77; svinje 0,25; brojleri 0,007; nosilje 0,014; ovce i koze 0,1.

Tabela 3. Broj poljoprivrednih gazdinstava u Srbiji u 2018. godini, u zavisnosti od broja UG (RZS, 2021).

Table 3. The number of farms in Serbia in 2018, depending on the number of LU (SORS, 2021).

Vrsta <i>Species</i>	Broj gazdinstava <i>Number of farms</i>			
	0–100 UG <i>0–100 LU</i>	100–500 UG <i>100–500 LU</i>	500–1.000 UG <i>500–1,000 LU</i>	> 1.000 UG <i>> 1,000 LU</i>
Goveda <i>Cattle</i>	129.744	287	24	18
Svinje <i>Pigs</i>	318.979	425	36	46
Brojleri i nosilje <i>Broilers and laying hens</i>	339.553	374	57	22
Ovce <i>Sheep</i>	137.607	150	8	3
Koze <i>Goats</i>	45.696	38	6	1

UG: uslovno grlo; LU: *livestock unit*.

Određivanje emisija GHG

Poslednji javno dostupni podaci RZS o stočnom fondu korišćeni su za proračun emisija GHG (RZS, 2021). U tabeli 4, dati su podaci za sve kategorije životinja koje značajnije doprinose emisijama, koji su iskorišćeni za proračun emisija definisan u uputstvima Međuvladinog panela za klimatske promene (IPCC, 2006a, 2006b). Vrednosti se ne odnose na uslovna grla. U tabelama 2 i 4, dolazi do manjih neslaganja, koja se mogu pripisati različitoj metodologiji prikupljanja podataka od strane RZS. Određene vrste životinja (konji, magarci i dr.) su zanemarene pošto, zbog malog broja grla, emisije ovih vrsta doprinose sa manje od 1% ukupnim emisijama.

Tabela 4. Stočni fond u Srbiji u hiljadama grla (RZS, 2021).

Table 4. Livestock fund in Serbia in thousands of head (SORS, 2021).

God. Year	Muzne krave Dairy cows	Goveda (ukupno) Cattle (total)	Svinje Pigs	Živina (ukupno) Poultry (total)	Brojleri Broilers	Ostala kokoš Hens	Ovce Sheep	Koze Goats
1990.	923	1.559	4.238	23.405	-	-	2.120	-
2010.	482	938	3.489	20.156	8.019	11.615	1.475	237
2011.	477	937	3.287	19.103	7.002	11.642	1.460	239
2012.	455	921	3.139	18.234	7.190	10.518	1.635	232
2013.	429	913	3.144	17.860	8.075	9.230	1.616	225
2014.	437	920	3.236	17.167	5.949	10.650	1.748	219
2015.	430	916	3.284	17.450	5.382	11.538	1.789	203
2016.	426	893	3.021	16.242	4.545	11.163	1.665	200
2017.	429	899	2.911	16.338	4.981	10.964	1.704	183
2018.	423	878	2.782	16.232	4.877	10.807	1.712	196
2019.	423	898	2.903	15.780	5.212	10.205	1.642	191
2020.	417	886	2.983	15.249	5.082	9.845	1.685	202

U ovom radu su određene emisije CH₄ i direktne emisije N₂O proistekle iz upravljanja stajnjakom. Takođe su određene indirektno emisije N₂O koje nastaju usled prvobitnih emisija NH₃ i NO_x, njihove redepozicije na površinu, te pratećih emisija N₂O koje nastaju usled denitrifikacije. Kompletan metod je baziran na principima vodiča definisanih od strane IPCC-a (IPCC, 2006a, 2006b). Razmotrene emisije odgovaraju IPCC potkategorijama koje nose oznaku 3.A.2 Upravljanje stajnjakom i 3.C.6 Indirektno emisije N₂O od upravljanja stajnjakom.

Za proračun emisija CH₄ i direktnih emisija N₂O korišćen je Tier 1 metod, koji zahteva najmanje podataka. Jednačine, koje su korišćene za proračun emisija, nose oznake 10.22 (za CH₄) i 10.25 (za N₂O) u IPCC vodiču (IPCC, 2006a).

Emisije CH₄ su proračunate koristeći podatke o broju životinja (tabela 4), emisione faktore CH₄ za prosečnu temperaturu od 11 °C (RHMZ, 2021), IPCC podacima o tipičnim masama i frakcijama stajnjaka kojima se upravlja u okviru sistema upravljanja stajnjakom. Razmatrane frakcije stajnjaka su ČS i TS, s tim da je kod živine razmatrano da se generiše ČS bez i sa prostirkom. Odabrani emisioni faktori i tipične mase su karakteristične za istočnu Evropu.

Emisije N₂O, direktne i indirektno, takođe su proračunate na osnovu IPCC emisionih faktora, tipičnim masama životinja, stepenom izlučivanja azota i izabranim frakcijama stajnjaka. Takođe su korišćeni podaci karakteristični za istočnu Evropu. Svi navedeni parametri za proračun sumirani su u tabeli 5.

Za indirektne emisije N₂O korišćen je Tier 1 metod iz uputstva (IPCC, 2006b), jednačine 11.9 i 11.10, čija je suština da se prvo odrede gasovite emisije kao posledica volatilizacije, odnosno ispiranja azota, a da se zatim, koristeći utvrđene emisione faktore, odredi emisija N₂O. Korišćeni parametri su sumirani u tabeli 6.

Tabela 5. Parametri za proračun emisija CH₄ i direktnih emisija N₂O (IPCC, 2006a).
Table 5. Parameters for calculation of CH₄ and direct N₂O emissions (IPCC, 2006a).

Vrsta Species	Emisioni faktor za upr. stajnj. CH ₄ , kgCH ₄ /grlu /god Emission factor for manure man. CH ₄ , kgCH ₄ /head/yr	Stepen izlučivanja azota, kgN/1000kg mase životinje/dan Nitrogen excretion rate, kgN/1000kg animal mass/day	Tipična masa, kg Typical animal mass, kg	Emisioni faktor za dir. N ₂ O-N emisije iz sistema upravljanja stajnjakom, kgN ₂ O-N/(kgN u MMS) Emission factor for dir. N ₂ O- N emissions from MMS, kgN ₂ O-N/(kgN in MMS)		Udeo kategorije stajnjaka kojom se upravlja na određeni način, ČS/TS Fraction of livestock category's manure handled using MMS, SM/LM
				ČS SM	TS LM	
Muzne krave Dairy cows	12,00	0,35	550,0	0,005	0,005	0,925/0,075
Ostala goveda Other cattle	6,00	0,35	500,0	0,005	0,005	0,925/0,075
Svinje Pigs	5,00	0,54	50,0	0,005	0,005	0,376/0,624
Nosilje Laying hens	0,03	0,82	1,8	0,005	0,001	0,5/0,5 (ČS/ČS)
Brojleri Broilers	0,02	0,82	0,9	0,005	0,001	0,5/0,5 (ČS/ČS)
Ovce Sheep	0,19	0,90	48,5	0,005	0,005	1/0
Koze Goats	0,13	1,28	38,5	0,005	0,005	1/0

ČS: čvrsti stajnjak; TS: tečni stajnjak; SM: solid manure; LM: liquid manure; MMS: manure management system.

Proračun emisija sproveden je uz pomoć *IPCC Inventory Software*, korišćenjem integriranih faktora za korišćene metode, a nesigurnost dobijenih vrednosti treba uzimati u opsegu od 20% (IPCC, 2006a, 2006b). Faktori konverzije CH₄ i N₂O u ekvivalentne emisije CO₂ iznosili su 25 odnosno 298.

Tabela 6. Parametri za proračun indirektnih emisija N₂O (IPCC, 2006b).
 Table 6. Parameters for calculation of indirect N₂O emissions (IPCC, 2006b).

Vrsta Species	Udeo N koji volatilizuje, % <i>Fraction of managed livestock manure N that volatilises, %</i>		Emisioni faktor za N ₂ O usled atmosfere depozicije N na zemljište i vodu, kgN ₂ O- N/(kgNH ₃ -N+kgNO _x -N) <i>Emission factor for N₂O emissions from atmospheric deposition of N on soils and water surfaces kgN₂O- N/(kgNH₃-N+kgNO_x-N)</i>	Udeo N koji se ispira iz stajnjaka kojim se upravlja, % <i>Fraction of managed livestock manure N that leaches, %</i>		Emisioni faktor za N ₂ O od ispranog N, kgN ₂ O-N/kgN ispranog <i>Emission factor for N₂O emissions from N leaching and runoff, kgN₂O- N/kgN leached and runoff</i>
	ČS	TS		ČS	TS	
	<i>SM</i>	<i>LM</i>		<i>SM</i>	<i>LM</i>	
Muzne krave <i>Dairy cows</i>	30	40	0,01	30	30	0,0075
Ostala goveda <i>Other cattle</i>	45	45	0,01	30	30	0,0075
Svinje <i>Pigs</i>	45	48	0,01	30	30	0,0075
Nosilje <i>Laying hens</i>	40	-	0,01	30	30	0,0075
Brojleri <i>Broilers</i>	40	-	0,01	30	30	0,0075
Ovce <i>Sheep</i>	12	-	0,01	30	30	0,0075
Koze <i>Goats</i>	12	-	0,01	30	30	0,0075

ČS: čvrsti stajnjak; TS: tečni stajnjak; N: azot; SM: solid manure; LM: liquid manure; N: nitrogen.

Rezultati i diskusija

Količine stajnjaka

U pogledu količina, najviše stajnjaka u Srbiji poreklom je od goveda, zatim svinja, peradi, ovaca i na kraju koza. U tabeli 7 prikazani su podaci o količinama generisanog svežeg ČS i naturalnog TS.

Ukupna količina ČS je približno 20,4 miliona tona. Približno 60% ČS je poreklom od goveda, dok svinje doprinose sa 25%, živina 7%, ovce 6%, a koze 1%. Ukupna količina TS je procenjena na približno 8,6 miliona m³. Dominantno, oko 89% je poreklom od svinja, dok je ostatak poreklom od goveda. Navedene količine su za stajnjak u svežem stanju. Pri skladištenju dolazi do formiranja zgorelog ČS i negovanog odležalog TS, čije su količine manje u poređenju sa svežim stajnjakom usled gubitka vode i razgradnje suve materije. Stepem smanjenja mase (i zapremine) zavisi od načina skladištenja (Radivojević et al., 2005).

U pogledu zastupljenosti stajnjaka na gazdinstvima različitih veličina, najviše stajnjaka se nalazi na gazdinstvima koja imaju do 100 UG. To je u direktnoj relaciji sa činjenicom da je većina stočnog fonda u Srbiji locirana na porodičnim mikro gazdinstvima. Približno 90% ukupnog ČS se nalazi na ovakvim gazdinstvima i nešto malo više od polovine tečnog stajnjaka. Na velikim gazdinstvima, farmama sa više od 1.000 UG, nalazi se nešto malo manje od petine ukupnog stajnjaka u Srbiji. Pored najmanjih gazdinstava koja imaju goveda i svinje, među gazdinstvima na kojima se nalaze veće količine stajnjaka, ističu se mala gazdinstva koja uzgajaju perad i koja imaju skoro polovinu od ukupno generisanog ČS peradi. Na ovoj veličini gazdinstava nalazi se i skoro 40% tečnog govedeg stajnjaka. Od ukupne količine tečnog govedeg stajnjaka, 52% se nalazi na velikim gazdinstvima, a približno jedna trećina celokupnog svinjskog TS se isto nalazi na gazdinstvima ove veličine. Na velikim gazdinstvima nalazi se i oko 44% čvrstog stajnjaka peradi. Podaci o količinama stajnjaka prema poreklu, formi i zastupljenosti na gazdinstvima različitih veličina, prikazani su u tabeli 8.

Tabela 7. Količine generisanog stajnjaka u Srbiji.

Table 7. Quantities of generated manure in Serbia.

Vrsta <i>Species</i>	Tečni stajnjak, m ³ <i>Liquid manure, m³</i>	Čvrsti stajnjak, t <i>Solid manure, t</i>
Goveda/ <i>Cattle</i>	920.753	12.436.893
Svinje/ <i>Pigs</i>	7.640.217	5.168.264
Brojleri/ <i>Broilers</i>	-	533.352
Nosilje/ <i>Laying hens</i>	-	818.640
Ovce/ <i>Sheep</i>	-	1.313.865
Koze/ <i>Goats</i>	-	159.430
Ukupno/ <i>Total</i>	8.560.970	20.430.442

Na farmama sa preko 100 UG, koje imaju oko 78 hiljada UG goveda i 223 hiljade UG svinja generiše se 1,4 odnosno 3,3 miliona m³ naturalnog TS goveda i svinja. Radivojević et al. (2005) navode količine od 1,9 odnosno 1,7 miliona m³ za broj mesta na farmama za goveda (174,6 hiljada) i svinje (550 hiljada) u Srbiji 2000. godine. Razlike u rezultatima su posledica različitih pristupa određivanja količina stajnjaka i promeni kapaciteta farmi.

Tabela 8. Količine svežeg stajnjaka po veličinama gazdinstava.
 Table 8. Quantities of fresh manure for different farm sizes.

Vrsta <i>Species</i>	0<UG<100 0<LU<100		100<UG<500 100<LU<500		500<UG<1.000 500<LU<1.000		>1.000 UG >1.000 LU	
	ČS, t <i>SM, t</i>	TS, m ³ <i>LM, m³</i>	ČS, t <i>SM, t</i>	TS, m ³ <i>LM, m³</i>	ČS, t <i>SM, t</i>	TS, m ³ <i>LM, m³</i>	ČS, t <i>SM, t</i>	TS, m ³ <i>LM, m³</i>
Goveda <i>Cattle</i>	11.892.01 3	0	371.84 0	337.61 0	114.386	103.856	58.653	479.286
Svinje <i>Pigs</i>	4.994.089	4.452.383	149.95 4	534.75 3	24.221	86.374	0	2.566.708
Brojleri <i>Broilers</i>	203.078	0	196.33 4	0	34.267	0	99.674	0
Nosilje <i>Laying hens</i>	493.890	0	82.744	0	32.303	0	209.702	0
Ovce <i>Sheep</i>	1.281.856	0	29.907	0	405	0	1.696	0
Koze <i>Goats</i>	158.360	0	1.064	0	0	0	5	0
Ukupno <i>Total</i>	19.023.28 7	4.452.383	831.84 3	872.36 3	205.581	190.230	369.731	3.045.994
Udeo u kategoriji, %	93,1	52,0	4,1	10,2	1,0	2,2	1,8	35,6
<i>Share in category, %</i>								
Udeo – ukupno, %	81,0		5,9		1,3		11,8	
<i>Share – total, %</i>								

UG: uslovno grlo; ČS: čvrsti stajnjak; TS: tečni stajnjak; LU: livestock unit; SM: solid manure; LM: liquid manure.

Emisije gasova s efektom staklene bašte

U tabeli 9 prikazani su podaci o emisijama CH₄ i N₂O izraženi u Gg za četiri izdvojene godine. Od 2010. do 2020. godine, ukupne emisije CH₄ poreklom od upravljanja stajnjakom su opale od 26,8 Gg do 23,5 Gg, što je pad od približno 13%. U poređenju sa referentnom 1990. godinom kada su emisije iznosile skoro 37 Gg, smanjenje u 2020. godini je iznosilo oko 36%. Emisije N₂O poreklom od upravljanja stajnjakom u 2020. godini iznosile su približno 1 Gg. Indirektne emisije N₂O usled upravljanja stajnjakom su oko 15% veće i iznosile su približno 1,1 Gg. Kod ovog gasa je takođe evidentan pad emisija u odnosu na 2010. godinu, ukupno za obe kategorije on iznosi 6,3%, tj. za 1990. godinu taj pad iznosi 27,7%.

Ukupne emisije GHG iskazane kroz CO_{2ekv} navedene su u tabeli 10. U 2020. godini emisije proistekle od upravljanja stajnjakom iznosile su oko 812 GgCO_{2ekv}, a indirektne emisije oko 332 GgCO_{2ekv}. Ukupne emisije usled postojanja stajnjaka

iznosile su oko 1.144 GgCO_{2ekv} u 2020. godini. U odnosu na 2010. godinu to je pad od 25%, a u poređenju sa referentnom 1990. godinom, pad je 36%. Ako se posmatraju samo emisije u kategoriji 3.A.2 Upravljanje stajnjakom, pad emisija u odnosu na 1990. godinu iznosi 40%.

Imajući u vidu vrednosti i trendove emisija GHG u Srbiji navedenih u MZŽS (2017), može da se smatra da u okviru AFOLU, upravljanje stajnjakom doprinosi sa oko 38% emisija, a u okviru ukupnih emisija GHG sa približno 2%.

Stajnjaci poreklom od životinja koji najviše doprinose emisijama GHG su svinjski i goveđi. To je logična posledica činjenice da su ove dve kategorije životinja najbrojnije i da generišu najviše stajnjaka. Preko 95% svih emisija GHG proizilazi iz stajnjaka svinja i goveda.

Tabela 9. Emisije CH₄ i N₂O u Gg za IPCC kategorije za upravljanje stajnjakom.
Table 9. Emissions of CH₄ and N₂O in Gg for IPCC categories related to manure.

Godina/Year	1990.		2010.		2015.		2020.	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
3.A.2 – Upravljanje st. <i>Manure management</i>	36,888	1,439	26,785	1,023	25,316	1,024	23,476	0,968
3.A.2.a – Goveda <i>Cattle</i>	14,892	0,829	8,520	0,495	8,076	0,481	7,818	0,466
3.A.2.a.i – Muzne kr. <i>Dairy cows</i>	11,076	0,510	5,784	0,266	5,160	0,237	5,004	0,230
3.A.2.a.ii – Ostala gov. <i>Other cattle</i>	3,816	0,319	2,736	0,229	2,916	0,244	2,814	0,235
3.A.2.c – Ovce <i>Sheep</i>	0,403	0,265	0,280	0,185	0,340	0,224	0,320	0,211
3.A.2.d – Koze <i>Goats</i>	0,000	0,000	0,031	0,033	0,026	0,029	0,026	0,029
3.A.2.h – Svinje <i>Pigs</i>	21,190	0,328	17,445	0,270	16,420	0,254	14,915	0,231
3.A.2.i – Živina <i>Poultry</i>	0,403	0,017	0,509	0,040	0,454	0,036	0,397	0,031
3.C.6 – Ind. emisije N ₂ O <i>Ind. N₂O emissions</i>	-	1,441	-	1,200	-	1,185	-	1,114

U poređenju sa zvaničnim podacima (tabela 11), u ovom radu su emisije relativno slične sa vrednostima navedenim u Drugom zvaničnom izveštaju (MZŽS, 2017). Prosečno su za IPCC kategoriju 3.A.2 dobijene vrednosti oko 15% manje, dok je za kategoriju 3.C.6 prosek emisija oko 6% veći. U poređenju sa Nacrtom drugog ažuriranog izveštaja (MZŽS, 2020), razlika je značajnija, pa za navedene kategorije iznosi 47,3% odnosno 55,9%. Važno je napomenuti da su vrednosti koje se navode u ažuriranom izveštaju obračunate koristeći Tier 2 IPCC metod koji se smatra pouzdanijim pošto podrazumeva detaljnije podatke o stočnom fondu i pouzdanije emisione faktore karakteristične za razmatranu zemlju.

Tabela 10. Emisije GHG u GgCO_{2ekv} za IPCC kategorije za upravljanje stajnjakom.
 Table 10. GHG emissions in GgCO_{2eq} for IPCC categories related to manure.

Godina/Year	1990.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.
3.A.2 – Upravljanje st. <i>Manure management</i>	1,351,125	974,456	942,027	917,204	908,979	930,858
3.A.2.a – Goveda <i>Cattle</i>	619,266	360,495	359,371	350,949	344,263	347,680
3.A.2.a.i – Muzne kr. <i>Dairy cows</i>	428,747	223,896	221,573	211,354	199,277	202,993
3.A.2.a.ii – Ostala gov. <i>Other cattle</i>	190,519	136,599	137,797	139,594	144,986	144,687
3.A.2.c – Ovce <i>Sheep</i>	89,155	62,030	61,399	68,759	67,960	73,511
3.A.2.d – Koze <i>Goats</i>	0,000	10,752	10,842	10,525	10,207	9,223
3.A.2.h – Svinje <i>Pigs</i>	627,541	516,633	486,722	464,807	465,547	479,170
3.A.2.i – Živina <i>Poultry</i>	15,163	24,546	23,694	22,165	21,002	21,274
3.C.6 – Ind. emisije N ₂ O <i>Indirect N₂O emissions</i>	429,418	357,600	350,150	342,402	342,700	350,448
Godina/Year	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.
3.A.2 – Upravljanje st. <i>Manure management</i>	938,162	883,323	871,974	838,011	866,315	812,369
3.A.2.a – Goveda <i>Cattle</i>	345,327	337,777	340,069	332,789	338,780	334,196
3.A.2.a.i – Muzne kr. <i>Dairy cows</i>	199,741	197,883	199,277	196,490	196,490	193,703
3.A.2.a.ii – Ostala gov. <i>Other cattle</i>	145,586	139,894	140,793	136,299	142,290	140,493
3.A.2.c – Ovce <i>Sheep</i>	75,235	70,020	71,660	71,997	69,053	70,882
3.A.2.d – Koze <i>Goats</i>	9,209	9,073	8,302	8,892	8,665	9,164
3.A.2.h – Svinje <i>Pigs</i>	486,278	447,334	431,046	411,944	429,861	441,707
3.A.2.i – Živina <i>Poultry</i>	22,114	19,119	20,897	12,389	19,956	19,299
3.C.6 – Ind. emisije N ₂ O <i>Indirect N₂O emissions</i>	353,130	332,270	333,760	325,714	331,078	331,972

Karakteristično i za podatke izračunate u ovom radu i za dva izveštaja MZŽS je pad u emisijama GHG (slika 1). To je direktna posledica redukovanja stočnog fonda, naročito u govedarstvu. Praktično je cilj u pogledu smanjenja emisija GHG od upravljanja stajnjakom, u poređenju sa 1990. godinom, ispunjen s obzirom na to da je smanjenje emisija veće od 20%.

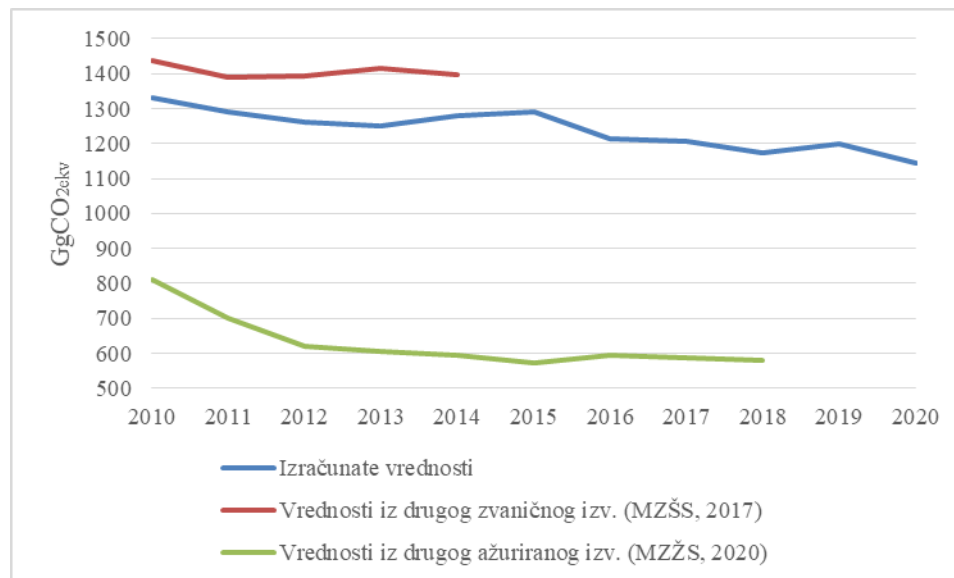
To ne treba da bude razlog da se problem stajnjaka tj. zagađenje životne sredine koje generiše, dalje ne razmatra. Stajnjak predstavlja supstrat za proizvodnju biogasa, a kroz proces anaerobne fermentacije kojim je podvrgnut u tom procesu, smanjuju se emisije GHG, ali i uklanja njegov potencijal ka gasovitim emisijama NH₃ i drugih gasovitih jedinjenja, stabilizuje se organska materija, a proizvod razgradnje koji se naziva ostatak fermentacije ima bolje karakteristike od samog stajnjaka u pogledu poboljšavanja karakteristika zemljišta. U Srbiji se trenutno prerađuje oko 250.000 tona stajnjaka (oko 33% je ČS) na biogas postrojenjima, mahom sa velikih gazdinstava, farmi sa preko 1.000 UG (lična komunikacija). Ova praksa bi trebalo da se proširi s obzirom na broj potencijalnih postrojenja koja treba da se izgrade u narednom periodu (MRE, 2021). Potencijalna mera za buduće veće angažovanje stajnjaka sa malih gazdinstava koja imaju od 100 do 500 UG je podsticanje malih biogas postrojenja (Đatkov et al., 2021), a gazdinstva koja imaju manje od 100 UG, rešenje za tretman stajnjaka u biogas postrojenjima je udruživanje ili prodaja stajnjaka velikim biogas postrojenjima.

Tabela 11. Podaci MZŽS o emisijama GHG za upravljanje stajnjakom.

Table 11. Data of the Ministry of Environmental Protection about GHG emissions related to manure management.

Godina/ Year	Drugi zvanični izveštaj (MZŽS, 2017) <i>The second official report (MEP, 2017)</i>			Drugi ažurirani izveštaj (MZŽS, 2020) <i>The second revised report (MEP, 2020)</i>		
	IPCC kategorija <i>IPCC category</i>		Ukupno <i>Total</i>	IPCC kategorija <i>IPCC category</i>		Ukupno <i>Total</i>
	3.A.2	3.C.6		3.A.2	3.C.6	
1990	1.555,19	400,86	1.956,05	728,16	222	950,16
2000	1.319,03	352,29	1.671,32	621,94	190	811,94
2005	1.194,71	329,23	1.523,94	534,1	165	699,1
2010	1.104,04	331,58	1.435,62	473,47	147	620,47
2011	1.071,78	317,35	1.389,13	461,44	144	605,44
2012	1.069,96	322,88	1.392,84	454,76	140	594,76
2013	1.083,53	332,08	1.415,61	438,18	135	573,18
2014	1.068,58	329,14	1.397,72	455,12	140	595,12
2015	-	-	-	447,54	139	586,54
2016	-	-	-	441,77	137	578,77

MZŽS: Ministarstvo zaštite životne sredine; MEP: *Ministry of Environmental Protection.*



Slika 1. Desetogodišnji trend ukupnih emisija GHG proisteklih iz upravljanja stajnjakom.

Figure 1. A ten-year trend of total GHG emissions derived from manure management.

Proračun emisija GHG je bitna obaveza prema okvirnoj konvenciji UN o promeni klime. IPCC uputstva forsiraju što kvalitetnije proračune čime se formira pouzdanija slika o situaciji u pogledu emisija GHG, a samim tim i o poželjnim merama za njihovo smanjenje. U Srbiji, Drugi ažurirani izveštaj (MZŽS, 2020) ukazuje na to da se teži korišćenju Tier 2 metoda proračuna emisija, što je pozitivna stvar. Za buduća istraživanja, ukoliko se teži daljem unapređenju korišćenja Tier 1 metoda, poseban naglasak treba da se stavi na što detaljnijem sakupljanju podataka o vrstama zastupljenih svinja i goveda, njihovim masama, stepenu izlučivanja azota, udelima ČS i TS na gazdinstvima, emisionim faktorima za CH₄ i N₂O, emisionim faktorima volatilizacione i ispiranja azota. Ukoliko se teži primeni Tier 2 metoda, svim navedenim podacima treba da se dodaju i detaljni podaci o ishrani životinja i podacima o praksi držanja životinja u objektima i fizičko-hemijskim karakteristikama stajnjaka.

Zaključak

Dominantne forme stajnjaka u Srbiji su tečni svinjski i čvrsti i tečni goveđi. Oko 81% stajnjaka se nalazi na farmama sa manje od 100 UG, oko 12% na velikim

farmama sa preko 1.000 UG, a ostatak na malim farmama koje imaju između 100 i 1.000 UG.

Emisije GHG u 2020. godini iznosile su oko 1.144 GgCO_{2ekv}. Približno 70% su u formi CH₄, a ostatak u formi N₂O. U poređenju sa 1990. godinom, emisije GHG poreklom od upravljanja stajnjakom su manje za 36%, što je direktna posledica smanjenja stočnog fonda.

Rezultati mogu da posluže za definisanje mera za monitoring i smanjenje emisije GHG iz sektora upravljanja stajnjakom.

Dalja istraživanja u ovoj oblasti treba da se usmere na unapređenje procene količina stajnjaka i emisija GHG, što bi podrazumevalo sakupljanje detaljnih podataka o stepenu generisanja stajnjaka za pojedinačne forme životinja i niz podataka o načinu upravljanja stajnjakom, karakteristikama ishrane životinja i emisionih faktora hemijskih jedinjenja koja se emituju iz stajnjaka i teritorijalnoj raspodeli stajnjaka po regionima u Srbiji. Za primenu Tier 2 modela za procenu emisija, važno je i prikupiti podatke o načinu i kapacitetima skladištenja, kao i praksi iznošenja stajnjaka na polja.

Zahvalnica

Ovo istraživanje finansirano je zahvaljujući projektu „Initiative on small biogas facilities for manure to attain GHG mitigation in agriculture (Biogas initiative, 20_073)” koji je deo Evropske klimatske inicijative (*European Climate Initiative – EUKI*). EUKI je instrument za projektno finansiranje Saveznog ministarstva za životnu sredinu, očuvanje prirode i nuklearne bezbednosti Nemačke (BMU).

Literatura

- Anonim (2011). *Pravilnik o načinu razvrstavanja i postupanja sa sporednim proizvodima životinjskog porekla, veterinarsko-sanitarnim uslovima za izgradnju objekata za sakupljanje, preradu i uništavanje sporednih proizvoda životinjskog porekla, načinu sprovođenja službene kontrole i samokontrole, kao i uslovima za stočna groblja i jame grobnice*. Sl. glasnik Republike Srbije 31/11.
- Burton, C.H., Turner, C. (2003). *Manure management – Treatment strategies for sustainable agriculture, 2nd edition*. Silsoe-Bedford: Silsoe Research Institute.
- Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fanguero, D., Cardenas L., Amon, B., & Misselbrook, T. (2011). Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 514-531.
- Đatkov, Đ., Višković, M., Marinov, M., Nesterović, A., Bojić, S., Effenberger, M., & Venus, T. (2021). *Mala biogas postrojenja*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- European Commission (2020). *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law)*. Brussel, Belgium.

- EEA-European Environment Agency (2021). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2019 and inventory report 2021*. Copenhagen, Denmark.
- IPCC (2006a). *Chapter 10 Emissions From Livestock and Manure Management*. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://doi.org/http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC (2006b). *Chapter 11 N₂O Emissions From Managed Soils, and CO₂ Emissions From Lime and Urea Application*. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://doi.org/http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. Geneva, Switzerland.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H., & Hermann, H. (2016). *Energie aus Biomasse*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- MRE-Ministarstvo rudarstva i energetike. (2021). Pristupljenono oktobar, 2021, https://mre.gov.rs/sites/default/files/registri/registar_PP_05.10.21.html#Sec_Biogas.
- MZŽS-Ministarstvo zaštite životne sredine (2017). *Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji UN o promeni klime*. Beograd, Srbija. https://www.klimatskepromene.rs/wp-content/uploads/2017/12/Drugi-izvestaj-o-promeni-klime-SNC_Srbija.pdf
- MZŽS-Ministarstvo zaštite životne sredine (2020). *Nacrt, Drugi dvogodišnji ažurirani izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji UN o promeni klime*. Beograd, Srbija. https://www.ekologija.gov.rs/sites/default/files/javne_rasprave/2020/Nacrt%20Drugog%20dvogodisnjeg%20izvestaja%20prema%20UNFCCC_javni%20uvid.pdf
- Ogejo, J., & Wildeus, S. (2010). Technical Note: Estimating Goat and Sheep Manure Production and their Nutrient Contribution in the Chesapeake Bay Watershed. *Applied Engineering in Agriculture*, 26 (6), 1061-1065.
- Radivojević, D., Raičević, V., Radojević, R., Topisirović, G., Mileusnić, Z., & Lalević, B. (2005). Efekti kompostiranja čvrstog govedeg stajnjaka. *Poljoprivredna tehnika*, 1, 71-76.
- Radivojević, D., Radojević, R., Božić, S. (2006). Tečni stajnjak kao potencijal stočarskih farmi u sistemu kogeneracije. *Poljoprivredna tehnika*, 3, 85-91.
- RHMZ-Republički hidrometeorološki zavod Srbije. (2021). *Godišnji bilten za Srbiju*. Beograd, Srbija. <http://www.hidmet.gov.rs/data/klimatologija/ciril/2020.pdf>.
- RZS-Republički zavod za statistiku. (2021). *Statistika stočarske proizvodnje*. Pristupljeno_Oktobar, 2021, <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/130202010208?languageCode=sr-Cyrl#>.
- Veljković, B., Koprivica, R., Radivojević, D., & Mileusnić, Z. (2016). Upravljanje stajnjakom na farmama muznih krava. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 42 (2), 85-94.
- Zoranović, M., Potkonjak, V., Jan, T., & Ivanišević, M. (2011). Problemi aerobnih i anaerobnih emisija gasova iz stočnog stajnjaka. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 37 (2), 119-224.

Primljeno: 24. novembra 2021.

Odobreno: 9. februara 2022.

MANURE IN SERBIA – QUANTITIES AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS

**Miodrag I. Višković^{1*}, Đorđe M. Đatkov¹, Aleksandar Z. Nesterović¹,
Milan L. Martinov¹ and Slobodan M. Cvetković²**

¹University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Environmental Engineering and Occupational Safety and Health, Novi Sad, Serbia

²University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Belgrade, Serbia

A b s t r a c t

Manure is a by-product at agricultural farms that can consist of excrement, bedding, food, and other substances. Manure is a significant form of organic fertilizer, but it negatively impacts the environment. The objectives of this study are to determine the quantities of manure and classify them depending on the size and type of farms in Serbia and to quantify greenhouse gas emissions in Serbia from manure management. About 8.6 million m³ of fresh liquid manure and about 20.4 million tons of fresh solid manure are generated in Serbia. The dominant types of manures are liquid pig manure and cattle solid and liquid manures. Approximately 81% of the total amount of manure is located at farms with less than 100 livestock units. In Serbia, at large farms with over 1,000 livestock units, about 12% of the total amount of manure is generated. In 2020, about 23 Gg of CH₄ and 1 Gg of N₂O were emitted directly from manure. About 1,1 Gg of N₂O is emitted indirectly from manure management. Total emissions of greenhouse gases originating from manure in 2020 amounted to about 1,144 GgCO_{2eq}. Greenhouse gas emissions are declining due to the reduction of livestock, so in comparison to 1990, they are reduced by 36% for this sector.

Key words: manure, emissions, greenhouse gases, livestock.

Received: November 24, 2021

Accepted: February 9, 2022

*Corresponding author: e-mail: miodragviskovic@uns.ac.rs