

Procjena emisije stakleničkih plinova iz stočarske proizvodnje u Republici Hrvatskoj od 1990. do 2020. godine

Janječić, Mihael

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:068668>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**Procjena emisije stakleničkih plinova iz stočarstva u
Republici Hrvatskoj od 1990. do 2020. godine**

DIPLOMSKI RAD

Mihael Janječić

Zagreb, rujan, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Hranidba životinja i hrana

**Procjena emisije stakleničkih plinova iz stočarstva u
Republici Hrvatskoj od 1990. do 2020. godine**

DIPLOMSKI RAD

Mihael Janječić

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Goran Kiš

Zagreb, rujan, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Mihael Janječić**, JMBAG 0178109908, rođen 24.06.1997. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Procjena emisije stakleničkih plinova iz stočarstva u Republici Hrvatskoj od 1990. do 2020. godine

Svojom potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Mihaela Janječića**, JMBAG 0178109908, naslova

Procjena emisije stakleničkih plinova iz stočarstva u Republici Hrvatskoj od 1990. do 2020.

godine

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Izv.prof.dr.sc. Goran Kiš mentor

2. Izv.prof. dr.sc. Jasna Pintar član

3. Prof.dr.sc. Krešimir Salajpal član

Zahvala

Ovime se zahvaljujem svojem mentoru izv. prof. dr.sc. Goranu Kišu na pomoći tijekom pisanja ovoga diplomskog rada.

Također se zahvaljujem svom nastavnom i nenastavnom osoblju Agronomskog fakulteta na prenesenom znanju i iskustvu tijekom studija.

Zaključno, najviše hvala mojoj obitelji na podršci tijekom cijeloga dosadašnjeg školovanja, ova diploma i svi uspjesi koji slijede najmanje je što vam mogu vratiti.

Hvala vam svima!

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Staklenički plinovi i efekt staklenika	1
1.2. Staklenički plinovi u stočarskoj proizvodnji.....	1
1.3. Dosadašnje procjene emisije stakleničkih plinova iz stočarstva	3
2. Hipoteza i ciljevi rada	4
3. Materijali i metode.....	5
3.1. Broj životinja.....	5
3.2. Izračun emisije metana iz eneteričke fermentacije	6
3.3. Izračun emisije metana iz gospodarenja stajskim gnojem	8
3.4. Izračun direktne emisije N ₂ O iz gospodarenja stajskim gnojem	11
3.5. Izračun indirektna emisije N ₂ O iz gospodarenja stajskim gnojem	11
3.6. Statistička obrada podataka	12
4. Rezultati.....	13
4.1. Broj životinja.....	13
4.2. Emisija metana iz enteričke fermentacije	15
4.3. Emisija metana iz gospodarenja stajskim gnojem.....	20
4.4. Direktna i indirektna emisija N ₂ O iz gospodarenja stajskim gnojem.....	23
5. Rasprava	27
5.1. Utjecaj brojnosti i proizvodnje životinja na pad emisije stakleničkih plinova.....	27
5.2. Usporedba s NIR-om i mogućnosti poboljšanja metodologije.....	29
5.3. Usporedba Republike Hrvatske i izabranih država.....	29
6. Zaključak.....	33
7. Popis literature	34
8. Životopis	37

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Mihaela Janječića**, naslova

Procjena emisije stakleničkih plinova iz stočarske proizvodnje u Republici Hrvatskoj od 1990. do 2020. godine

Zbog štetnog utjecaja stakleničkih plinova na klimu mnoge države, uključujući i Republiku Hrvatsku, su se obvezale pratiti i postupno smanjivati emisiju stakleničkih plinova. Stočarstvo kao jedan od značajnih faktora ukupne emisije stakleničkih plinova također podliježe navedenoj obavezi. U dosadašnjih 15 izvještaja korištene su IPCC smjernice uz raznolike razine metodologije, a obuhvaćeno je razdoblje od 1990. godine do godine izdanja. U ovome radu, detaljnijom podjelom životinja u kategorije, djelomičnom promjenom izvora i promjenom razine metodologije unutar IPCC smjernica korigirana je emisija stakleničkih plinova izražena u dosadašnjim izvještajima. Primjenom viših (detaljnijih) metodologija dobiven je precizniji izračun koji je značajno različit (iznad 5%) od dosadašnjih izračuna u svim računatim izvorima stakleničkih plinova. Također, u radu su prikazane mogućnosti daljnjeg razvoja izračuna emisije stakleničkih plinova iz stočarstva te njegov značaj za razvoj stočarske proizvodnje u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: emisija stakleničkih plinova, stočarstvo, Republika Hrvatska

Summary

Of the master's thesis – student **Mihael Janječić**, entitled

Estimation of greenhouse gas emissions from livestock production in the Republic of Croatia from 1990 to 2020

Due to the harmful effects of greenhouse gases on the climate, many countries, including the Republic of Croatia, have committed to monitoring and gradually reducing greenhouse gas emissions. Livestock as one of the significant factors of total greenhouse gas emissions is also subject to this obligation. In the previous 15 reports, IPCC guidelines were used with various levels of methodology, covering the period from 1990 to the year of publication. In this paper, a more detailed classification of animals into categories, a partial change of sources and a change in the level of methodology within the IPCC guidelines corrected the greenhouse gas emissions expressed in previous reports. By applying higher (more detailed) methodologies, a more precise calculation was obtained, which is significantly different (above 5%) from previous calculations in all calculated sources of greenhouse gases. In addition, the paper presents the possibilities of further development of the calculation of greenhouse gas emissions from livestock and its importance for the development of livestock production in the Republic of Croatia.

Key words: Greenhouse gas emission, livestock production, Republic of Croatia

1. Uvod

1.1. Staklenički plinovi i efekt staklenika

Život kakav danas poznajemo na planetu Zemlji moguć je zbog prirodnog atmosferskog efekta staklenika jer bi bez njega temperatura na zemljinoj površini bila oko $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ umjesto dosadašnjih $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Le Treut i sur., 2007.). Efekt staklenika nastaje zbog selektivnog propuštanja kratkovalnog toplinskog zračenja prema površini Zemlje, koje se u dodiru s Zemljom dijelom reemitira prema atmosferi u obliku dugovalnog toplinskog zračenja koje najvećim dijelom apsorbiraju molekule stakleničkih plinova i emitiraju nazad prema Zemlji (IPCC, 2014.). Među stakleničke plinove ubrajamo vodenu paru, ugljikov dioksid (CO_2), metan (CH_4), dušikov oksid (N_2O), ozon (O_3), fluorirane ugljikovodike (HFC-e i PFC-e), sumporov heksafluorid (SF_6) i dušikov fluorid (NF_3) (Kroeze i Pulles, 2015.). Njihova produkcija je uvelike povećana u posljednjih stotinjak godina zbog tehnoloških dostignuća i povećanja broja ljudi na Zemlji koje se nastavlja i danas tako da se procjenjuje da će do 2050. godine na Zemlji živjeti oko 9,8 milijardi ljudi (UN, 2017.). Uz broj ljudi također raste i njihov životni standard što rezultira većom potražnjom za hranom animalnog porijekla i većom potrošnjom energije (FAO, 2010.). Sve to dovodi do povećanja koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi što rezultira klimatskim promjenama. Shodno tome u Republici Hrvatskoj uočen je trend porasta prosječne temperature za $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ svakih deset godina (Gajić-Čapka i sur., 2010.).

Kako bi se ublažile negativne posljedice stakleničkih plinova i globalnog zatopljenja potpisana je nekolicina sporazuma na svjetskoj razini u svrhu smanjenja emisije stakleničkih plinova. Najbitniji među njima su Pariški sporazum (u kojemu se EU obvezala smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 40% ispod emisije iz 1990. godine do 2030. godine) i Protokol iz Kyota čija je potpisnica i Republika Hrvatska od 2007. godine (NN, 5/2007), čime se obvezala uspostaviti i održavati nacionalni sustav za praćenje emisija stakleničkih plinova te smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 5% do 2012. godine (bazna emisija je iznosila 34,62 milijuna tona ugljičnog dioksida godišnje). Prema posljednjoj uredbi Europskog parlamenta, Republika Hrvatska je obvezana smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 7% naspram emisije iz 2005. godine.

1.2. Staklenički plinovi u stočarskoj proizvodnji

Poljoprivreda u emisiji stakleničkih plinova RH sudjeluje u iznosu od 11,35 %, dok je sektor stočarstva odgovoran za 60% emisije iz poljoprivrede (NIR, 2019.). Staklenički plinovi koji nastaju u stočarstvu su ugljikov dioksid, metan i dušikov oksid. Metan i dušikov oksid su znatno jači staklenički plinovi od ugljikovog dioksida tako da jedna molekula metana kao staklenički plin ima 30 puta jači utjecaj od molekule ugljikovog dioksida, a jedna molekula dušikovog oksida čak 300 puta jači utjecaj (Cassia i sur. 2018.) .

Smatra se da se proizvodnjom biljne hrane za životinje fotosintezom anulira emisija ugljikovog dioksida nastala u stočarskoj proizvodnji te se zato on ne navodi u nacionalnim izvještajima (IPCC Guidelines, 2006.).

Metan (CH_4) nastaje fermentacijom organske tvari u anaerobnim uvjetima koju vrše mikroorganizmi. Ukupna emisija metana dijeli se na dva izvora, a to su emisija iz enteričke fermentacije i emisija iz gospodarenja stajskim gnojem (IPCC Guidelines, 2006.). Domaći preživači (goveda, ovce i koze) zbog specifičnosti svojeg probavnog sustava najviše doprinose emisiji metana enteričkom fermentacijom (Kiš, 2019.). Tome je najviše zaslužna (99%) mikrobiološka razgradnja organske tvari u predželucima tijekom koje se stvara metan kao nusproizvod, koji tada životinja eruktira (transport od buraga do krvi i pluća) ili izdahne u atmosferu (Berends i sur., 2014). Za stvaranje metana najviše su zaslužne *archae* bakterije, koje koriste dostupan CO_2 i H_2 za tvorbu metana (Henderson i sur., 2018.). Metan još može nastati iz spojeva sa metilnom skupinom (npr. metanol) za što su zaslužne bakterije iz roda *Methanosphaera* i porodice *Methanomassiliococcaceae* (Doyle i sur., 2019.). Sama goveda su odgovorna za preko 80% emisije metana iz enteričke fermentacije u Republici Hrvatskoj (NIR, 2019.). Monogastrične životinje stvaraju manje količine metana enteričkom fermentacijom jer se ona odvija samo u debelom crijevu i cekumu uz manje količine hranjivih tvari i njihovo kraće zadržavanje (u usporedbi s predželucima). Emisija metana iz gospodarenja stajskim gnojem najviše ovisi o sustavu gospodarenja te njegovom sastavu (Webb i sur., 2012.). Metanogenim bakterijama potrebno je određeno vrijeme za njihov razvoj pa kratkotrajno skladištenje stajskog gnoja neće imati velik utjecaj na tvorbu metana. Tvorba stakleničkih plinova iz gospodarenja stajskog gnoja također ovisi o okolišnim uvjetima (temperatura i vlaga), tipu gnoja (tekući i kruti) te vrsti životinje od koje potječe (Salajpal, 2019.).

Do emisije dušikovog oksida u stočarstvu dolazi na dva načina, direktno i indirektno. Direktnim načinom dušikov oksid se otpušta uslijed procesa nitrifikacije i denitrifikacije u stajskom gnoju, a ovisi o načinu i trajanju skladištenja, koncentracijama dušika i ugljika te načinima i vrsti obrade (NIR, 2020.). Nitrifikacija je proces u kojem bakterije u uvjetima visoke razine kisika amonijak (NH_4^+) pretvaraju u nitrate. Dušikov oksid se može formirati kao nusprodukt, a sam proces ne zahtjeva organske hlapljive tvari. Denitrifikacija je proces, u kojem u anaerobnim uvjetima, bakterije mogu pretvarati nitrat (NO_3^-) u plinoviti dušik (N_2), gdje se N_2O javlja kao nusprodukt. Organske hlapljive tvari koriste se kao izvori energije. Niska pH vrijednost, visoka koncentracija nitrata i nitrita te niska vlažnost kataliziraju proces (IPCC Guidelines, 2006.). Indirektnim načinom dušikov oksid nastaje isparavanjem dušika u amonijačnom i NO_x obliku kao i uslijed ispiranja i otjecanja u tlima. Bitno je napomenuti da se ukupna emisija temelji na dušiku porijeklom iz svih tjelesnih izlučevina (IPCC Guidelines, 2006.).

1.3. Dosadašnje procjene emisije stakleničkih plinova iz stočarstva

Do sada je Ministarstvo zaštite okoliša i energetike predalo ukupno 16 izvještaja o emisiji stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj (National inventory report, Croatian greenhouse gas inventory). U njima je obuhvaćena emisija stakleničkih plinova iz svih sektora gospodarskih djelatnosti od 1990. godine do godine izdavanja izvješća. Izvješća su bazirana na smjernicama IPCC-a iz 2006. godine. Podatci za izračun emisije iz sektora stočarstva temeljili su se na broju životinja podijeljenih u grupe prema vrstama životinja i kategorijama životinja (ukupno 14 kategorija). Broj životinja pomnožen s emisijskim faktorom davao bi ukupnu emisiju pojedinog plina za određenu godinu. Kategorije korištene u izračunima su: muzne krave, odrasla goveda, goveda u rastu, rasplodne svinje, tovne svinje, ovce, koze, magarci, konji, brojleri, nesilice, patke, purani i kategorija ostala perad. Izvor podataka bio je Državni zavod za statistiku (DZS), FAOSTAT i izvješća Hrvatske poljoprivredne agencije (samo za kopitare od 1995. godine). Ostali izvori i procjene ocijenjene su kao nepouzdanе. Emisijski faktori korišteni u izračunima emisije stakleničkih plinova računati su za određene kategorije s podacima za posljednju godinu u izvješću (uvažavajući proizvodnju, sustave držanja, gospodarenja stajskim gnojem te klimatske faktore) te su zatim primijenjeni na sve dotadašnje godine (Tier 2 metodologija), a gdje to nije bilo moguće primijenjen je opći faktor (Tier 1 metodologija) za Istočnu Europu (prema IPCC smjernicama). Računate su emisije metana (emisija iz enteričke fermentacije i emisija iz gospodarenja stajskim gnojem) i dušikovog oksida (direktna i indirektna emisija iz gospodarenja stajskim gnojem).

Sveukupna transformacija stočarstva u Republici Hrvatskoj (iz malih gospodarstava u velika gospodarstva) i promjena tehnologija uzgoja i gospodarenja stajskim gnojem današnje emisijske faktore čini neprikladnima za usporedbu s proizvodnjom tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća. Tako su emisijski faktori prilagođeni modernijoj proizvodnji prividno povećali emisije stakleničkih plinova (Kiš, 2019.), a prema NIR-u (2020.) manjak kategorija životinja rezultirao je precijenjenom emisijom.

2. Hipoteza i ciljevi rada

Prema smjernicama (IPCC Guidelines, 2006.) poželjno je životinje podijeliti na što više kategorija, što zbog nepouzdanosti statističkih izvora i neujednačenih kategorija nije do sada bilo u potpunosti moguće. Točan broj životinja bio je vezan za procjene DZS-a i FAOSTATA i nije se temeljio na stvarnim podacima. Također, hrvatsko stočarstvo je u zadnjih 30 godina doživjelo potpunu promjenu strukture poljoprivrednih proizvođača te se stoga može pretpostaviti da su emisijski faktori za moderniju proizvodnju neprikladni za izračun emisije stakleničkih plinova u devedesetim godinama prošloga stoljeća.

Ciljevi ovoga rada su:

- prikupiti točnije podatke o broju domaćih životinja,
- svrstati domaće životinje u što više kategorija,
- odrediti emisijske faktore za procjenu emisije stakleničkih plinova i
- usporediti vlastite rezultate procjene emisije stakleničkih plinova s procjenom emisije stakleničkih plinova iz NIR-a.

3. Materijali i metode

3.1. Broj životinja

Kao izvor podataka o broju životinja uzeti su podaci iz statističkih ljetopisa Republike Hrvatske, podatci sa internet stranice Državnog zavoda za statistiku, godišnja izvješća Hrvatske poljoprivredne agencije, izvješća Hrvatskog stočarskog centra, Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske i sveučilišni udžbenik „Stočarstvo“ (Uremović i sur., 2002.). Detaljniji prikaz izvora nalazi se u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Izvori korišteni za utvrđivanje broja životinja.

Vrsta životinje	DZS	HPA/MPS	FAOSTAT	HSC	Stočarstvo	DZS + procjena autora
Tovne svinje	1990.- 2020.					
Rasplodne svinje	1996.- 2020.			1996.	1990.- 1995.	
Ovce	1990.- 2020.					
Koze	1990.- 1991. 2000.- 2020.		1992.- 1999.			
Goveda	1990.- 2020.					
Perad	2000.- 2020.		1992.- 1999.			1990.- 1992.
Magarci i mule	1990.- 1992.	1997.- 2020.	1992.- 1997.			
Konji		1998.- 2020.	1990.- 1997.			

Zbog nepostojanja podataka za broj peradi po vrstama od 1990. do 1992. godine, korišten je ukupan broj peradi (DZS) pomnožen sa postotnim udjelom određene vrste u ukupnoj populaciji narednih godina, koji je za purane iznosio 6,3%, za guske 3%, za patke 2%, za kokoši nesilice 50% i za brojlere 38,7%. Za broj kopitara korišteni su podaci HPA zbog mišljenja kako njihovi brojevi realnije predstavljaju te populacije životinja u Republici Hrvatskoj. Broj rasplodnih svinja od 1990. do 1996. preuzet je iz sveučilišnog udžbenika „Stočarstvo“ i HSC-a zbog detaljnije podijele kategorija svinja i veće relevantnosti. Općenito, podatci DZS-a temelje se na procjeni temeljenoj na statističkom modelu. Za razdoblje Domovinskog rata (1991.-1995.) broj životinja na okupiranome teritoriju Republike Hrvatske je procijenjen i dodan u izvještaj (Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 1992.-1996.). Podatci sa FAOSTATA korišteni

su tamo gdje nije bilo drugoga izvora, a njihovi se podatci temelje na izvješćima DZS-a i neslužbenih procjena

3.2. Izračun emisije metana iz enteričke fermentacije

Izračun emisije metana iz enteričke fermentacije napravljen je preko dvije metodologije prema uputama IPCC-a (IPCC Guidelines, 2006.). Prema „ Tier 1“ metodologiji računata je emisija za koze, konje, perad i magarce zbog ne postojanja detaljnih podataka o njihovoj hranidbi, prirastima i proizvodnji. Ukupna emisija po vrsti za određenu godinu dobivena je umnoškom broja životinja za zadanu godinu i pripisanog emisijskog faktora (količina plina koju prosječna životinja izluči u jednoj godini, izraženo u kg CH₄ grlo⁻¹ godišnje⁻¹) prema IPCC-u. Dobivena brojka je zatim dijeljena sa 10⁶ kako bi se rezultat prikazao u kilo tonama CH₄.

$$\text{Ukupna emisija} = \frac{EF * \text{broj životinja}}{10^6}$$

Emisijski faktori za vrste životinja prikazani su u tablici 3.2. EF za perad iznosi 0 jer se smatra da zbog posebitosti njihovog probavnog sustava i vrsta krmiva kojima se hrane, emisija metana iz enteričke fermentacije zanemariva.

Tablica 3.2. EF za određene kategorije životinja

Vrsta životinje	EF
Perad	0
Koze	5
Konji	18
Magarci	10

Emisija metana iz enteričke fermentacije za ostale vrste računata je prema „Tier 2“ metodologiji. Vrste životinja su podijeljene u više kategorija te je svakoj kategoriji izračunat EF prema podatcima specifičnima za Republiku Hrvatsku. EF je računat kao umnožak bruto energije koju životinja unosi hranom u jednom danu (izraženo u MJ), faktora konverzije metana (koliko energije iz hrane se pretvara u metan) i brojem 365 (kako bi se dobila godišnja emisija). Rezultat je zatim dijeljen sa količinom energije metana (55,65 MJ/kg CH₄).

$$EF = \frac{BE * Ym * 365}{55,65}$$

Bruto energija za sve kategorije svinja je preuzeta iz sveučilišnog udžbenika „Specijalna hranidba domaćih životinja“ (Domačinović i sur., 2015.), dok je za ostale kategorije računata prema sljedećoj formuli,

$$BE = \frac{\left(\frac{NE_u + NE_a + NE_l + NE_r + NE_g}{REM} \right) + \left(\frac{NE_{rit} + NE_v}{REG} \right)}{\frac{PE\%}{100}}$$

gdje je:

- NE_u = neto energiju za uzdržne potrebe ($NE_u = CF_i \cdot \text{prosječna } TM^{0,75}$),
- NE_a = neto energiju za aktivnost ($NE_a = C_a \cdot NE_u$),
- NE_l = neto energija za laktaciju ($NE_{Lkrave} = \text{prosječna količina (kg) mlijeka dnevno} \cdot (1,47 + 0,40 \cdot \text{udio masti (4\%)})$, $NE_{Lovce} = \frac{(5 \cdot \text{Prosječan prirast sisajuće janjadi} \cdot 4,6 \text{ MJ kg}^{-1})}{365}$),
- NE_r = neto energija za rad (=0, izabrane kategorije se ne koriste za rad),
- NE_g = neto energija za gravidnost ($NE_g = C_p \cdot NE_m$),
- NE_{rast} = neto energija za rast ($NE_{ritgoveda} = 22,02 \cdot \left(\frac{TM}{TM \text{ odrasle jedinke}} \right)^{0,75} \cdot \text{Prosječni dnevni prirast}^{1,097}$,
 $NE_{ritovce} = \frac{\text{Ukupni prirast} \cdot (2,1 + 0,45 \cdot (TM_{sisajuće janjadi} \cdot TM_{nakon godinu dana}))}{365}$),
- NE_v = neto energija za rast vune ($NE_v = (24 \text{ MJ kg}^{-1} \cdot \text{prosječna godišnja proizvodnja vune kg}^{-1}) / 365$),
- REM = omjer dostupne neto energije u obroku za uzdržne potrebe i konzumirane probavljive energije ($REM = 1,123 - (4,092 \cdot 10^{-3} \cdot \%PE) + (1,126 \cdot 10^{-5} \cdot \%PE^2) - (25,4 / \%PE)$),
- REG = udio neto energije dostupne za rast i konzumirane probavljive energije ($REG = 1,164 - (5,160 \cdot 10^{-3} \cdot \%PE) + (1,308 \cdot 10^{-5} \cdot \%PE^2) - (37,4 / \%PE)$).

Parametri korišteni u navedenim jednadžbama prikazani su u tablici 3.3., a preuzeti su iz IPCC Guidelines 2006. i prilagođeni specifičnostima proizvodnje u Republici Hrvatskoj. Podatci o ovčarskoj proizvodnji preuzeti su iz sveučilišnog udžbenika „Ovčarstvo“ (Mioč i sur., 2007.)

Tablica 3.3. Parametri korišteni u izračunu bruto energije

Kategorija životinje	CF_i	TM	C_a	C_p	$TM_{odrasle jedinke}$	Prirast god.	Masa tijekom sisanja	%PE	Y_m
Mliječne krave	0,386	550 kg	0	0,1	650 kg	/	/	70	0,065
Goveda starija od 2 god.	0,322	600 kg	0	0	800 kg	/	/	60	0,065
Junad 1-2 god.	0,370	450 kg	0	0	800 kg	/	/	73	0,055
Telad i junad do 1. god.	0,370	250 kg	0	0	800 kg	/	/	75	0,055
Ovce	0,217	50 kg	0,0107	0,077	50 kg	/	/	60	0,0675
Ovnovi i jalove ovce	0,230	60 kg	0,0107	0	60 kg	/	/	60	0,0675
Šilježice	0,236	30 kg	0,0090	0	50 kg	40 kg	4 kg	60	0,045

Podatci o prosječnoj mliječnosti izračunati su prema podacima o proizvodnji mlijeka DZS-a, na način da je ukupna količina predanoga mlijeka podijeljena sa ukupnim brojem mliječnih krava. Podatci o prosječnom prirastu vune kod ovaca dobiveni su dijeljenjem ukupne količine ostrižene vune sa ukupnim brojem ovaca (uključujući i jalove ovce) i ovnova. U izračunu EF za sve godine su korišteni podatci za prosječnu proizvodnju 2019. godine prema preporuci IPCC-a.

3.3. Izračun emisije metana iz gospodarenja stajskim gnojem

U izračunu emisije metana iz gospodarenja stajskim gnojem korištena je „Tier 2“ metodologija za sve vrste životinja. Ukupna emisija dobiva se sljedećom formulom:

$$\text{Emisija CH}_4 = \frac{EF * \text{Broj životinja}}{10^6}$$

EF izračunat je prema sljedećoj formuli:

$$EF = (VS * 365) * (B_o * 0,67 \frac{kg}{m^3} * \sum \frac{MCF}{100} * MS)$$

gdje je:

- VS= Hlapljive tvari (kg VS /dan) koje se izlučuju po kategoriji stoke, $(VS = BE * (1 - \frac{PE}{100}) + (UE * BE) * (\frac{1-SP}{18,45 \frac{MJ}{kg}}))$,
- B_o= Maksimalni potencijal proizvodnje metana (m³ CH₄/ kg VS) za stajski gnoj proizveden po kategoriji životinja,
- MCF= Faktor pretvorbe metana za kategoriju životinja,
- MS= udio stoke sa određenim sustavom gospodarenja stajskim gnojem.

VS i B_o su preuzeti iz posljednjeg NIR-a (NIR, 2020.) za konje, mule i magarce, sve vrste peradi, mliječne krave i koze zbog istih parametara korištenih u izračunu. Zbog više kategorija i različitih masa tih kategorija životinja (naspram onih navedenih u NIR-u), VS je računat samostalno, a B_o je preuzet iz IPCC smjernica. MCF je preuzet iz IPCC-a za sve životinje, a MS iz projektnog rada „Izračun nacionalnih faktora emisije CH₄ iz sektora crijevne i buražne fermentacije domaćih životinja te nacionalnih faktora emisije CH₄ i N₂O iz sektora gospodarenja stajskim gnojem sukladno propisanoj IPCC metodologiji (Good Practice Guidelines 2006) za potrebe izvješćivanja prema UNFCCC konvenciji“ (Kiš i sur., 2019). Parametri korišteni u izračunu prikazani su u tablicama 3.4. i 3.5. Kao i u prethodnom izračunu, prema preporuci IPCC-a, EF za 2019. godinu su primijenjeni za izračun svake godišnje emisije.

Tablica 3.4. Parametri korišteni za izračun emisije metana iz gospodarenja stajskim gnojem

Kategorija životinje	Prosječna TM (kg)	VS	B₀	EF	UE
Muzne krave	550	5,10	0,24	38,72	0,04
Goveda starija od 2 god.	600	3,71	0,18	15,30	0,04
Junad stara 1-2 god.	450	2,40	0,18	9,90	0,04
Telad i junad do 1 god.	250	1,45	0,18	5,96	0,04
Krmače	200	0,47	0,45	8,68	0,02
Nerastovi	200	0,43	0,45	7,94	0,02
Tovljenici	62	0,27	0,45	5,56	0,02
Prasad	8	0,09	0,45	1,94	0,02
Ovce	50	0,43	0,19	0,24	0,04
Jalove ovce i ovnovi	60	0,43	0,19	0,24	0,04
Šilježice	30	0,43	0,19	0,25	0,04
Koze	60	0,30	0,18	0,14	0,04
Magarci i mule	198	2,13	0,3	0,83	0,02
Konji	500	2,13	0,3	2,03	0,02
Kokoši nesilice	1,8	0,02	0,39	0,07	0,02
Brojleri	1,8	0,01	0,36	0,02	0,02
Purani	6,8	0,07	0,36	0,12	0,02
Patke	2,7	0,02	0,36	0,04	0,02
Guske	3,8	0,07	0,36	0,12	0,02

Tablica 3.5. Udio pojedinih sustava gospodarenja stajskim gnojem po kategorijama i njima određeni MCF

Sustav gospodarenja	Anaerob na laguna	Deponij tekućeg stajskog gnoja	Deponij krutog stajskog gnoja	Pašnjak	Digestor	Ostalo
MCF	22	22	2	1	2	1,5
Muzne krave	5,0%	49,8%	34,2%	2,0%	8,0%	1,0%
Goveda starija od 2 god.	1,2%	36,0%	48,8%	5,0%	8,0%	1,0%
Junad stara 1-2 god.	1,2%	36,0%	48,8%	5,0%	8,0%	1,0%
Telad i junad do 1 god.	1,2%	36,0%	48,8%	5,0%	8,0%	1,0%
Krmače	2,0%	72,31%	16,7%	1,0%	8,0%	0,0%
Nerastovi	2,0%	72,31%	16,7%	1,0%	8,0%	0,0%
Tovljenici	2,0%	81,81%	8,19%	0,0%	8,0%	0,0%
Prasad	2,0%	81,81%	8,19%	0,0%	8,0%	0,0%
Ovce	0,0%	0,0%	18,0%	82,0%	0,0%	0,0%
Jalove ovce i ovnovi	0,0%	0,0%	18,0%	82,0%	0,0%	0,0%
Šilježice	0,0%	0,0%	18,0%	82,0%	0,0%	0,0%
Koze	0,0%	0,0%	5,0%	95,0%	0,0%	0,0%
Magarci i mule	0,0%	0,0%	10,0%	90,0%	0,0%	0,0%
Konji	0,0%	0,0%	30,0%	70,0%	0,0%	0,0%
Kokoši nesilice	0,0%	8,8%	90,2%	1,0%	0,0%	0,0%
Brojleri	0,0%	1,0%	98,0%	1,0%	0,0%	0,0%
Purani	0,0%	0,0%	98,0%	1,6%	0,0%	0,4%
Patke	0,0%	1,0%	93,0%	5,0%	0,0%	1,0%
Guske	0,0%	1,0%	93,0%	5,0%	0,0%	1,0%

3.4. Izračun direktne emisije N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem

U izračunu emisije N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem korišteno je „Tier 1“ metodologija zbog nedovoljnih podataka za precizniji izračun. Ukupna direktna emisija N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem predstavlja umnožak broja životinja u kategoriji, prosječne godišnje ekskrecije dušika po životinji u državi-NEx (kg), MS-a, EF-a i faktora pretvorbe kg N₂O-N u kg N₂O (=44/28).

$$N_2O = N_{\text{životinja}} * NEx * MS * EF * \left(\frac{44}{28}\right)$$

EF preuzet je iz IPCC smjernica (0,005 za sve kategorije), MS je iskazan u tablici 3.5. (izvor projektni rad, Kiš i sur. 2019.), dok je NEx računat po sljedećoj formuli:

$$NEx = N * \frac{TM}{1000} * 365$$

gdje N označava prosječnu godišnju ekskreciju dušika po kategoriji životinje. N je preuzet iz IPCC smjernica, a korištena TM životinja je iskazana u tablici 3.4.

3.5. Izračun indirektna emisije N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem

Izračun indirektna emisije N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem rađen je po „Tier 1“ metodologiji zbog nedostatnog broja podataka za precizniji izračun. Za izračun je korištena sljedeća formula:

$$N_2O = N_{\text{isparavanje}} * EF * (44/28)$$

EF preuzet je iz IPCC smjernica (0,01 za sve kategorije), dok je N_{isparavanje} izračunat po formuli:

$$N_{\text{isparavanje}} = \sum \left(N * NEx * MS * \frac{Frac_{\text{plinMS}}}{100} \right)$$

gdje je:

- N= broj životinja u kategoriji,
- NEx= prosječna godišnja ekskrecija dušika po životinji u državi,
- MS= udio stoke sa određenim sustavom gospodarenja stajskim gnojem (tablica 3.5.),
- Frac_{plinMS}= postotak dušika koji ispari u obliku NH₃ i NO_x u određenom sustavu gospodarenja stajskim gnojem.

Vrijednosti Frac_{plinMS} prikazane su u tablici 3.6.

Tablica 3.6. Vrijednosti $Frac_{plinMS}$

Kategorije	Sustav gospodarenja	$Frac_{plinMS}$
Svinje	Anaerobna laguna	40%
	Duboka stelja	40%
	Deponij tekućeg stajskog gnoja	48%
	Deponij krutog stajskog gnoja	45%
Muzne krave	Anaerobna laguna	35%
	Deponij tekućeg stajskog gnoja	40%
	Deponij krutog stajskog gnoja	25%
	Pašnjak	7%
Perad	Stajski gnoj sa steljom	40%
	Stajski gnoj bez stelje	55%
	Anaerobna laguna	40%
Ostala goveda	Deponij krutog stajskog gnoja	36%
	Duboka stelja	30%
Ostale kategorije	Duboka stelja	25%
	Deponij krutog stajskog gnoja	12%

3.6. Statistička obrada podataka

Rezultati su obrađeni pomoću Microsoft Excel 2016 i XLSTAT statističkog softverskog dodatka. Određeni su minimalne i maksimalne vrijednosti, srednje vrijednost i prosječna odstupanja. Rezultati su prikazani grafički i tablično.

4. Rezultati

4.1. Broj životinja

Tablica 4.1. Broj peradi prema kategorijama od 1990. do 2020. godine

Godina	Nesilice	Brojleri	Purani	Patke	Guske
1990	8.551.000	6.618.474	1.077.426	342.040	513.060
1991	8.256.000	6.390.144	1.040.256	330.240	495.360
1992	6.551.860	5.071.140	830.000	289.000	400.000
1993	6.253.295	5.023.705	800.000	260.000	360.000
1994	6.503.030	4.609.970	790.000	300.000	300.000
1995	6.298.805	4.465.195	760.000	250.000	250.000
1996	6.089.395	3.803.605	700.000	200.000	200.000
1997	5.852.978	4.081.022	691.000	170.000	150.000
1998	5.851.400	3.237.600	630.000	140.000	100.000
1999	6.784.412	3.236.588	630.000	140.000	80.000
2000	7.045.540	3.234.760	515.511	206.741	70.234
2001	7.480.721	3.352.024	497.171	187.405	63.665
2002	7.059.916	3.685.995	528.208	175.899	59.756
2003	6.852.119	3.935.638	477.359	230.664	78.361
2004	7.491.702	2.633.930	589.373	225.810	73.707
2005	7.266.649	2.520.202	431.266	175.039	68.472
2006	7.016.549	2.068.027	572.531	218.977	75.640
2007	6.815.835	2.097.961	677.474	191.437	70.046
2008	6.727.013	2.281.879	577.486	183.584	56.526
2009	6.707.153	3.111.132	583.657	186.976	62.203
2010	5.040.866	3.377.605	726.301	200.785	45.972
2011	4.221.971	4.420.993	608.666	172.387	39.176
2012	4.415.025	4.980.156	470.701	210.080	45.994
2013	4.125.215	4.524.637	444.116	120.215	26.213
2014	4.201.214	5.556.971	369.446	96.024	49.011
2015	3.583.967	5.974.693	495.034	74.476	21.675
2016	3.857.519	5.362.104	511.844	91.514	21.009
2017	3.587.198	5.838.080	493.072	50.848	13.284
2018	2.796.254	7.525.122	442.028	55.603	16.089
2019	2.786.363	8.895.498	511.289	52.114	16.533
2020	2.865.082	9.213.219	480.973	52.638	11.938

Kako bi izračunata emisija stakleničkih plinova bila što točnija, životinje su podijeljene na maksimalan, prema izvorima dostupan, broj kategorija. Ukupno su podijeljene na 19 kategorija, uzimajući u obzir njihovu vrstu, dob i spol. U dosadašnjim izvješćima korišteno je do 14 kategorija, a razlika je postignuta detaljnijom raspodjelom svinja (4 kategorije, umjesto dosadašnje 2), goveda (4 kategorije, umjesto dosadašnje 3) i ovaca (3 kategorije, umjesto dosadašnje 1). Također, broj kopitara je drugačiji zbog drugačijeg izvora (HPA/MPS umjesto DZS-a/FAOSTATA). Razlog promjene izvora leži u pretpostavci da su uzgajivači kopitara prijavili sve svoje životinje u registar radi dobivanja državnih potpora koje u ovome sektoru većini uzgajivača čine velik udio prihoda. Ukupan broj konja od 1998. do 2019. razlikuje se za 31547 grla (9,36%), a magaraca 20173 grla (15,4%). Kategorije i broj životinja po godinama u kategoriji su prikazani u tablicama 4.1., 4.2. i 4.3.

Tablica 4.2. Broj svinja i goveda prema kategorijama od 1990. do 2020. godine

Godina	Krmače	Nerasti	Odojci ≤ 20 kg	Tovne svinje	Telad i junad	Junad 1-2 g.	Odrasla goveda	Muzne krave
1990	226.749	5.000	467.000	874.251	262.000	60.000	16.000	492.000
1991	224.000	5.000	478.000	914.000	222.000	46.000	16.000	473.000
1992	175.132	4.000	332.000	671.430	159.000	37.000	11.000	383.000
1993	188.375	4.000	357.000	712.461	152.000	57.000	10.000	370.000
1994	197.477	4.000	395.000	754.607	136.000	27.000	9.000	347.000
1995	177.179	4.000	350.000	643.423	103.000	46.000	10.000	335.000
1996	174.067	5.000	369.000	648.218	98.000	43.000	9.000	311.000
1997	180.000	5.000	384.000	607.000	93.000	51.000	9.000	304.000
1998	181.000	5.000	365.000	615.000	112.000	28.000	3.000	300.000
1999	198.000	7.000	405.000	752.000	101.000	39.000	2.000	296.000
2000	179.231	6.018	373.028	675.268	92.473	44.955	26.933	262.209
2001	181.699	5.403	392.633	654.088	104.273	51.950	28.104	254.096
2002	184.843	5.346	392.503	703.805	90.507	47.295	32.285	247.026
2003	195.985	4.922	388.871	756.885	101.956	60.729	29.424	252.211
2004	222.458	6.988	431.052	828.837	135.308	56.260	48.078	226.289
2005	193.454	5.897	360.370	645.239	142.916	54.356	38.787	234.966
2006	192.648	6.020	397.121	892.699	147.425	65.257	37.300	232.923
2007	177.109	5.526	362.174	803.534	145.293	64.325	32.052	225.407
2008	157.277	4.786	285.149	656.670	140.721	62.410	37.799	212.625
2009	163.203	4.446	344.245	737.980	134.518	72.129	28.284	212.220
2010	159.672	4.284	377.434	689.184	130.293	83.950	23.534	206.537
2011	126.541	2.834	387.076	716.955	145.909	90.218	25.683	184.745
2012	122.136	3.830	329.243	727.138	142.615	101.932	26.415	180.555
2013	124.854	2.789	341.490	641.517	144.762	92.178	37.467	168.025
2014	116.374	2.903	326.953	709.990	131.702	87.252	62.289	159.394
2015	118.438	3.688	324.608	720.154	147.990	88.167	52.433	151.502
2016	119.164	3.167	309.083	731.613	154.981	88.765	54.357	146.510
2017	125.129	3.235	258.528	734.140	155.868	99.923	55.523	139.443
2018	121.496	2.672	273.922	651.033	154.511	95.461	28.302	135.851
2019	124.262	3.260	265.222	629.606	151.584	106.689	31.941	130.025
2020	109.503	3.197	272.512	647.836	145.752	111.300	56.022	109.807

Bitno je napomenuti da su sve kategorije prikazane u obliku prosječne godišnje populacije, a ne kao ukupan broj uzgojenih životinja u godini. Tako je npr. ukupan broj brojlera 6 do 7 puta veći, ali za potrebe izračuna populacija je prikazana kao prosječan broj, prosječnih životinja, koji se uzgaja kroz cijelu godinu, tj. 365 dana.

Tablica 4.3. Broj ovaca, kopitara i koza od 1990. do 2020.

Godina	Ovce	Jalove ovce i ovnovi	Pomladak ovce < 1 g.	Konji	Koze	Magarci
1990	577.000	50.000	124.000	39.000	172.000	17.000
1991	585.000	48.000	120.000	36.000	133.000	13.000
1992	414.000	32.000	93.000	26.000	113.809	13.440
1993	401.000	28.000	96.000	22.136	105.000	12.430
1994	340.000	24.000	80.000	21.572	107.685	6.640
1995	373.000	27.000	80.000	21.000	106.000	4.000
1996	327.000	19.000	81.000	21.000	105.271	2.000
1997	335.000	20.000	98.000	19.000	100.000	2.000
1998	316.000	21.000	90.000	4.271	84.403	587
1999	362.000	21.000	105.000	4.464	78.000	932
2000	381.000	20.000	126.843	5.289	79.393	1.083
2001	368.000	22.000	148.821	5.447	92.943	1.089
2002	392.794	23.813	163.409	6.313	96.534	1.150
2003	401.007	26.792	158.842	7.491	86.087	845
2004	508.261	24.444	188.873	9.321	126.060	1.112
2005	506.379	38.680	251.421	10.319	134.483	1.105
2006	523.540	36.051	120.248	11.983	102.877	1.197
2007	498.567	32.458	114.967	13.578	91.902	1.348
2008	506.306	33.092	103.986	15.774	83.877	1.839
2009	484.817	31.291	102.936	17.490	76.119	2.249
2010	487.569	50.266	91.602	19.306	75.215	2.486
2011	498.713	44.441	95.454	20.041	70.030	2.828
2012	550.261	43.156	85.896	20.335	71.978	3.095
2013	501.399	43.541	74.912	21.467	68.948	2.963
2014	498.039	44.177	62.650	21.114	60.697	2.153
2015	487.902	51.071	68.738	21.868	62.057	2.459
2016	495.671	54.591	68.634	22.775	75.530	2.862
2017	517.643	44.194	74.971	23.209	76.771	3.252
2018	465.906	59.889	110.499	23.649	80.064	3.683
2019	486.897	41.590	128.710	24.737	81.540	4.112
2020	494.537	35.376	132.079	25.795	86.258	4.643

4.2. Emisija metana iz enteričke fermentacije

Emisija metana iz enteričke fermentacija prikazana je u tablici 4.4. i grafikonu 4.1. Uz nju su za usporedbu prikazani rezultati iz posljednjeg NIR-a, izuzev 2020. godine za koju još nije napravljena procjena. Kako bi se prikazao utjecaj jedinstvenog

EF (faktor za 2019. godinu), izračunati su pojedinačni EF prilagođeni proizvodnji u zadanoj godini te su za usporedbu također prikazani u navedenoj tablici i grafikonu.

Tablica 4.4. Emisija metana (kt) iz enteričke fermentacije u RH od 1990. do 2020. godine

Godina	Emisija CH ₄ s prilagođenim EF	Emisija CH ₄ s jedinstvenim EF	Emisija CH ₄ -NIR 2021
1990	62,56	76,75	84,85
1991	57,56	72,26	79,69
1992	45,80	56,89	62,52
1993	44,80	56,12	61,62
1994	40,61	50,69	55,71
1995	39,18	49,17	53,20
1996	37,09	45,92	49,83
1997	37,26	45,51	48,79
1998	35,56	43,49	47,42
1999	36,02	43,90	47,63
2000	35,75	42,22	46,76
2001	36,69	42,34	47,13
2002	36,61	41,54	45,96
2003	37,72	43,19	47,94
2004	40,06	44,16	49,14
2005	41,29	44,80	50,84
2006	42,50	44,81	50,08
2007	40,60	43,02	48,17
2008	39,37	41,52	47,24
2009	38,87	41,05	45,84
2010	38,56	40,70	45,40
2011	38,45	39,45	44,29
2012	39,20	39,96	44,59
2013	37,32	38,35	42,69
2014	37,66	38,37	41,97
2015	37,02	37,50	41,57
2016	37,11	37,58	41,64
2017	37,35	37,70	42,09
2018	34,75	34,88	39,55
2019	35,17	35,17	39,79
2020	34,82	34,82	N/A
M	40,11 ^c	46,13 ^b	51,52 ^a
SEM	1,14	1,72	1,90
SD	5,96	9,43	10,21
Minimum	34,75	34,82	39,55
Maksimum	62,56	76,75	84,85
V	14,49	20,45	19,83

a:b:c = (P<0,05)

M – aritmetička sredina, SEM – standardna pogreška aritmetičke sredine, SD – standardna devijacija, V – koeficijent varijabilnosti

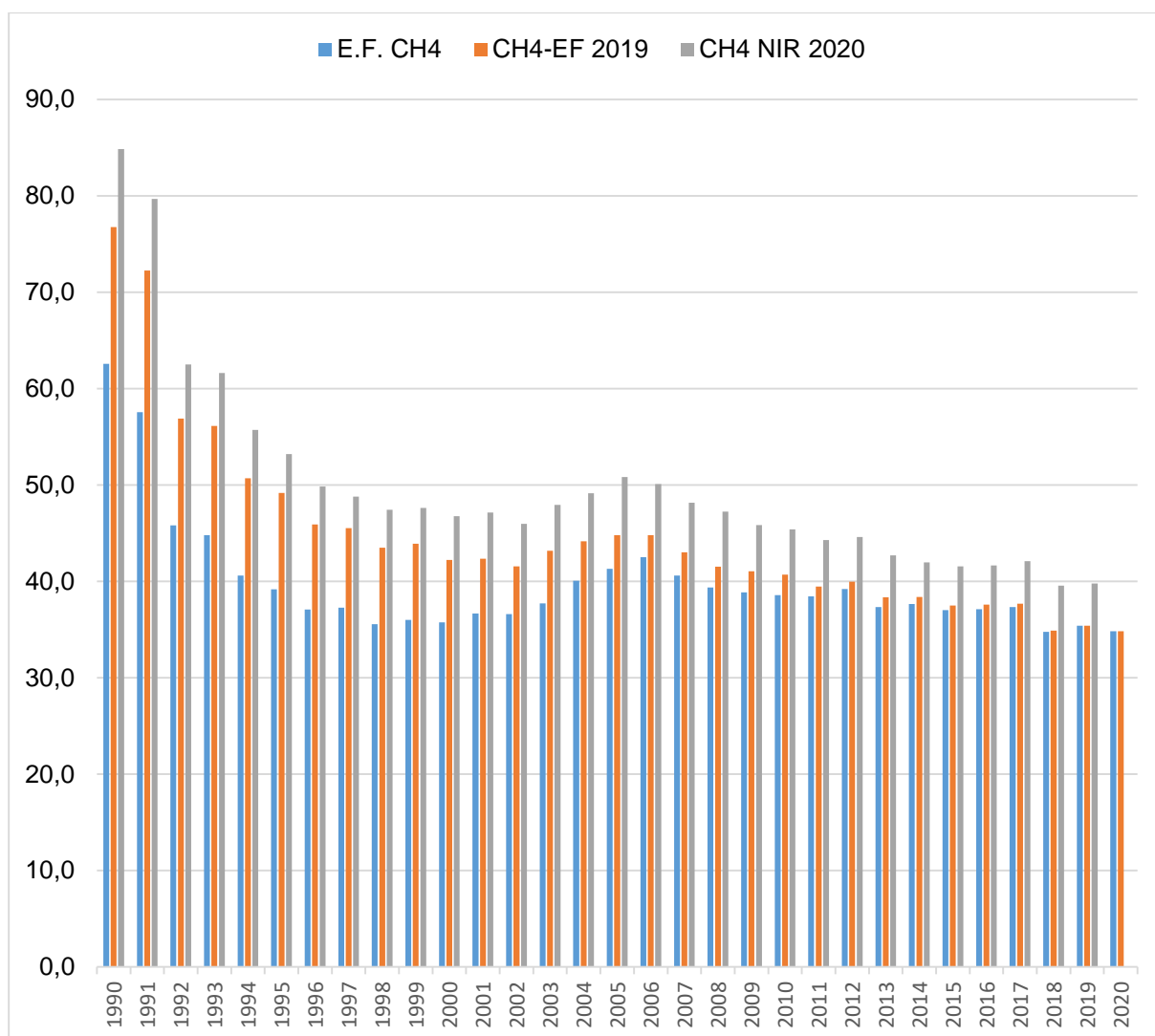
Kako je vidljivo iz tablice 4.4. prosječne vrijednosti emisije metana za promatrano razdoblje značajno ($p < 0.05$) se razlikuju ovisno o vrsti izračuna. Tako je najveća prosječna vrijednost emisije metana dobivena izračunom po NIR 2021 i ona je veća ($p < 0,05$) od ostale dvije metode. Također je emisija metana po metodi s jedinstvenim EF bila veća ($p < 0,05$) od emisije metana dobivene metodom s prilagođenim EF.

Najmanja emisija metana izlučena je 2020. godine (34,82 kt metana), a najveća 1990. (76,75 kt metana). Ukupna emisija metana iz enteričke fermentacije za razdoblje od 1990. do 2020. godine iznosila je 1384,05 kt.

Najveća kvantitativna razlika utvrđena je u 1990. godini i iznosi 8,06 kt metana (9,5%), a postotna u 2008. godini i iznosi 5,85 kt metana (12,35%). Najmanja kvantitativna i postotna razlika utvrđena je u 1997. godini i iznosi 3,24 kt metana (6,65%). Prosječno odstupanje iznosi 4,96 kt metana godišnje, a ukupno 142,91 kt metana (9,58%). Prosječna emisija metana iz enteričke fermentacije za navedeno razdoblje iznosi 44,97 kt metana, što znači da dosad prikazana izvješća prikazuju ukupnu produkciju metana iz enteričke fermentacije višom za više od 3 prosječne godišnje emisije.

Emisija ima trend smanjivanja po prosječnoj stopi od 2,51% godišnje. Ukoliko isključimo u izračunu razdoblje do 1995. godine (prisutan nagli pad izazvan ratnim razaranjima) trend smanjivanja iznosi 1,32%.

Uz prilagođene EF, ukupna razlika između NIR-a i ovog izračuna iznosi 289.04 kt metana, što uz prosječnu emisiju od 39,96 kt metana znači da je prikazana emisija u NIR-u viša za više od 7 prosječnih godišnjih emisija metana (ukoliko se računa sa prilagođenim EF). Detaljan prikaz razlika (kvantitativno i postotno) prikazan je u tablici 4.5.



Grafikon 4.1. Emisija metana u RH iz enteričke fermentacije prema različitim izračunima (1990.-2020.)

Najveća kvantitativna i postotna razlika između izračuna s prilagođenim EF i izračuna s jedinstvenim faktorom je 1991. godine i iznosi 14,70 kt metana, tj. 20,35%. Najmanja kvantitativna i postotna razlika utvrđena je 2018. godine i iznosi 0,13 kt metana, tj. 0,36% (za 2019. i 2020. korišten EF za 2019. godinu te zbog toga nije utvrđena razlika). Ukupna razlika iznosi 150,53 kt metana (u prosjeku 5,19 kt godišnje, tj. 10,41%).

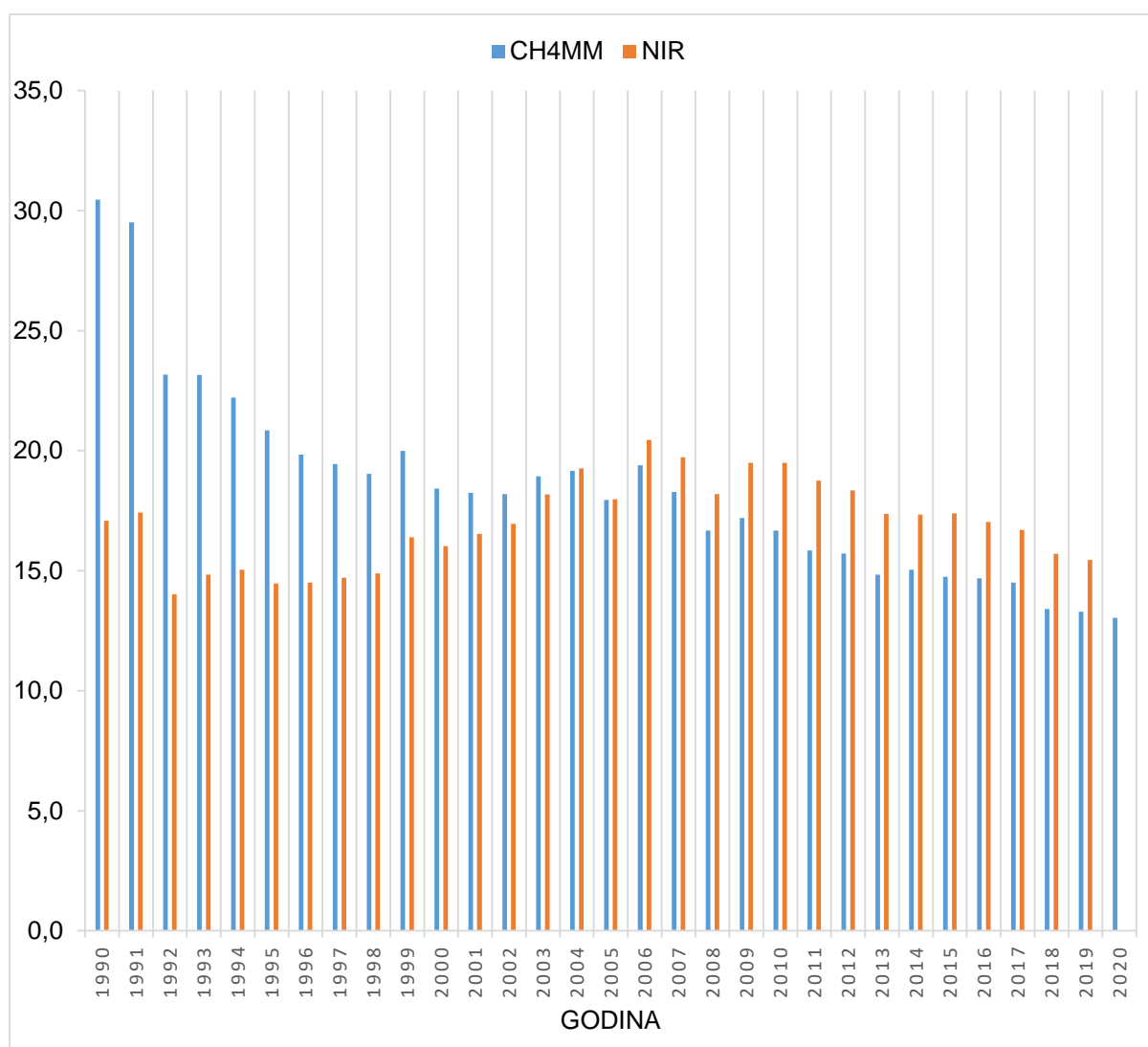
Tablica 4.5. Prikaz razlika između izračuna emisije metana enteričkom fermentacijom

Godina	Razlika s prilagođenim EF (kt)	Razlika s jedinstvenim EF (kt)	Razlika između prilagođenog i jedinstvenog EF
1990	-22,25 (26,24%)	-8,06 (9,50%)	-14,19 (18,49%)
1991	-22,09 (27,74%)	-7,39 (9,28%)	-14,70 (20,35%)
1992	-16,68 (26,70%)	-5,59 (8,95%)	-11,09 (19,50%)
1993	-16,78 (27,24%)	-5,46 (8,86%)	-11,32 (20,17%)
1994	-15,06 (27,05%)	-4,98 (8,94%)	-10,08 (19,89%)
1995	-13,98 (26,30%)	-3,99 (7,51%)	-9,99 (20,32%)
1996	-12,71 (25,53%)	-3,88 (7,79%)	-8,83 (19,23%)
1997	-11,49 (23,56%)	-3,24 (6,65%)	-8,25 (18,12%)
1998	-11,82 (24,95%)	-3,89 (8,22%)	-7,93 (18,24%)
1999	-11,57 (24,32%)	-3,69 (7,76%)	-7,88 (17,95%)
2000	-10,97 (23,49%)	-4,50 (9,63%)	-6,48 (15,34%)
2001	-10,40 (22,10%)	-4,75 (10,08%)	-5,66 (13,36%)
2002	-9,31 (20,27%)	-4,38 (9,53%)	-4,93 (11,87%)
2003	-10,19 (21,27%)	-4,72 (9,86%)	-5,47 (12,67%)
2004	-9,05 (18,44%)	-4,95 (10,08%)	-4,10 (9,29%)
2005	-8,86 (17,66%)	-5,35 (10,66%)	-3,51 (7,83%)
2006	-7,56 (15,09%)	-5,25 (10,50%)	-2,30 (5,14%)
2007	-7,56 (15,70%)	-5,14 (10,67%)	-2,42 (5,63%)
2008	-8,00 (16,90%)	-5,85 (12,35%)	-2,15 (5,18%)
2009	-6,95 (15,18%)	-4,77 (10,41%)	-2,18 (5,32%)
2010	-6,82 (15,02%)	-4,68 (10,32%)	-2,14 (5,25%)
2011	-5,82 (13,14%)	-4,82 (10,89%)	-1,00 (2,53%)
2012	-5,37 (12,05%)	-4,61 (10,35%)	-0,75 (1,89%)
2013	-5,37 (12,57%)	-4,34 (10,17%)	-1,03 (2,67%)
2014	-4,30 (10,24%)	-3,59 (8,54%)	-0,71 (1,85%)
2015	-4,54 (10,92%)	-4,06 (9,76%)	-0,48 (1,28%)
2016	-4,58 (10,99%)	-4,11 (9,86%)	-0,47 (1,26%)
2017	-4,37 (10,48%)	-4,02 (9,63%)	-0,35 (0,94%)
2018	-4,58 (11,64%)	-4,45 (11,31%)	-0,13 (0,36%)
2019	-4,62 (11,61%)	-4,62 (11,61%)	0,00 (0,00%)
2020	N/A	N/A	0,00 (0,00%)

4.3. Emisija metana iz gospodarenja stajskim gnojem

Emisija metana iz gospodarenja stajskim gnojem prikazana je u tablici 4.6. i u grafikonu 4.2. Najveća emisija je izračunata za 1990. godinu (30,45 kt metana), a najmanja za 2020. (13,03 kt metana). Ukupna emisija metana iz gospodarenja stajskim gnojem za razdoblje od 1990. do 2020. iznosila je 571,85 kt CH₄. Prosječna emisija iznosila je 18,63 kt metana godišnje. Zabilježen je opadajući trend emisije za 2,67% godišnje za ukupno razdoblje, a ako se izračunava od 1995. godine, 1,95% godišnje.

U usporedbi s NIR-om najveća razlika kvantitativno i postotno je zabilježena u emisiji za 1990. godinu i iznosi 13,4 kt metana, tj. 44,01%, a najmanja 2004. godine kada je iznosila 0,06 kt (0,34%). Prosječno godišnje odstupanje iznosi 1,81 kt (17,88%). Ukupna razlika za razdoblje od 1990. do 2019. (zadnja godina prikazana u NIR-u) iznosi 52,35 kt metana (10,16%), što je uvećanje emisije za približno 3 prosječne godišnje emisije.



Grafikon 4.2. Emisija metana iz gospodarenja stajskim gnojem u RH od 1990. do 2020. godine

Tablica 4.6. Emisija metana iz gospodarenja stajskim gnojem

Godina	Određena emisija	NIR	Razlika (kt)	Razlika (%)
1990	30,65	17,08	13,57	44,27
1991	29,71	17,43	12,28	41,33
1992	23,31	14,02	9,29	39,84
1993	23,29	14,84	8,45	36,27
1994	22,33	15,04	7,29	32,65
1995	20,97	14,46	6,50	31,03
1996	19,95	14,50	5,45	27,31
1997	19,57	14,71	4,86	24,82
1998	19,14	14,89	4,25	22,22
1999	20,11	16,39	3,72	18,51
2000	18,56	16,02	2,54	13,70
2001	18,38	16,53	1,85	10,06
2002	18,35	16,96	1,39	7,56
2003	19,08	18,18	0,90	4,71
2004	19,35	19,26	0,09	0,47
2005	18,15	17,98	0,17	0,96
2006	19,56	20,45	-0,89	4,34
2007	18,45	19,72	-1,27	6,44
2008	16,84	18,19	-1,35	7,43
2009	17,36	19,49	-2,13	10,93
2010	16,83	19,50	-2,67	13,68
2011	16,00	18,75	-2,75	14,65
2012	15,90	18,34	-2,45	13,33
2013	14,99	17,36	-2,37	13,64
2014	15,20	17,34	-2,14	12,35
2015	14,91	17,39	-2,49	14,29
2016	14,84	17,03	-2,19	12,84
2017	14,67	16,70	-2,03	12,17
2018	13,57	15,70	-2,13	13,59
2019	13,43	15,45	-2,02	13,07
2020	13,03	N/A	N/A	N/A

Ukupna emisija CH₄ u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 1990. do 2020. iznosila je 1955,90 kt. Maksimalna emisija zabilježena je 1990. godine i iznosila je 107,2 kt CH₄, a najmanja emisija zabilježena je 2020. godine i iznosila je 47,85 kt CH₄. Zabilježen je trend prosječnog smanjivanja emisije od 2,54%, tj. 1,46% ukoliko se ne računaju ratne godine. Izračun emisije u ovome radu, u usporedbi sa NIR-om za razdoblje od 1990. do 2019., je manji za 90,83 kt CH₄ (4,44%). Najveća kvalitativna

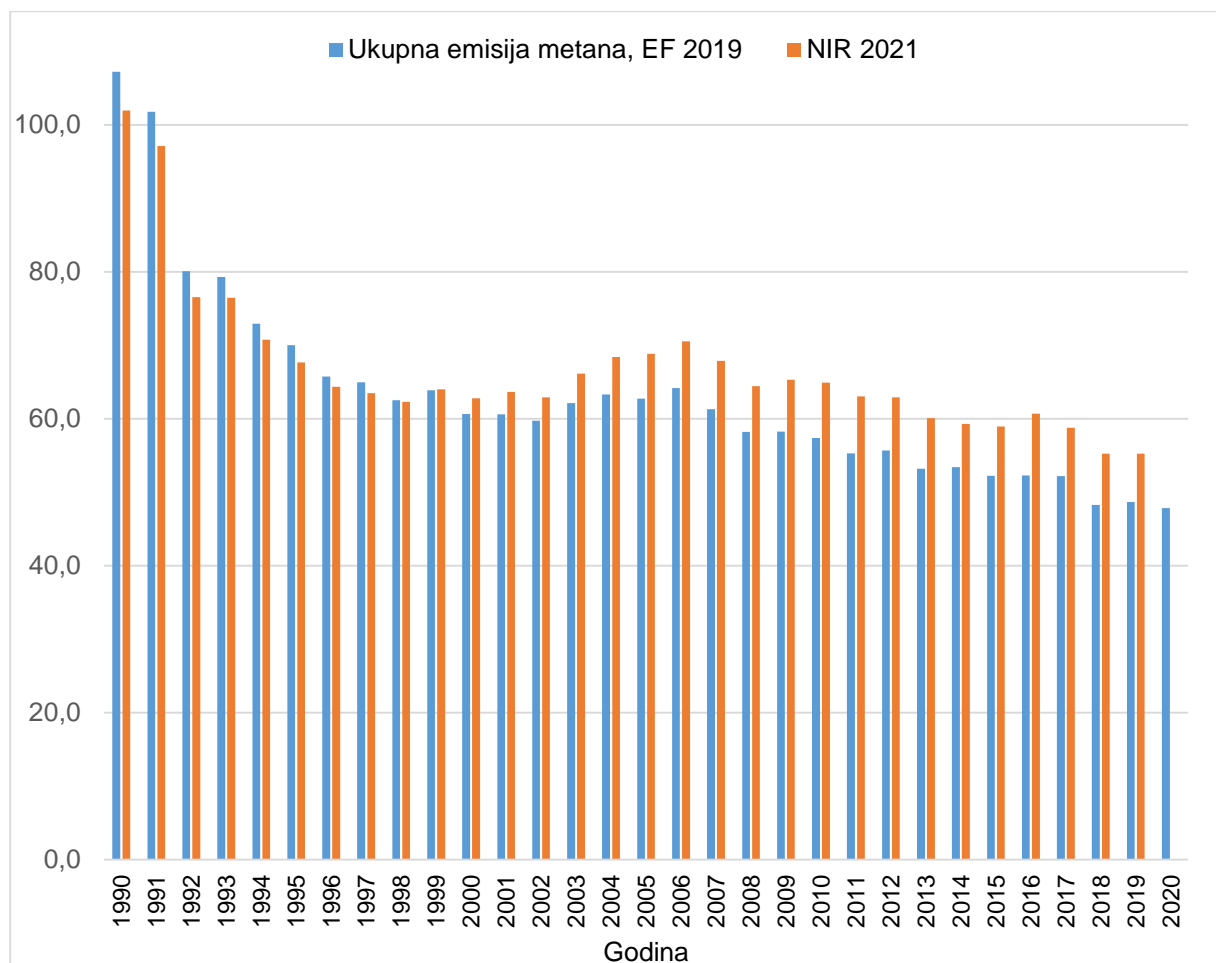
razlika zabilježena je u godini 2008. i iznosi 7,77 kt CH₄, a najveća postotna razlika zabilježena je u 2018. godini i iznosila je 12,82%. Najmanja postotna i kvantitativna razlika zabilježena je 1999. godine i iznosila je 0,07 kt CH₄ (0,1%). Prosječno odstupanje od NIR-a je 3,13 kt CH₄ godišnje tj. 7,63%.

Ukupna emisija CH₄ po godinama prikazana je u tablici 4.7. i uspoređena je sa NIR-om. Za svaku godinu iskazana je kvantitativna i postotna razlika.

Tablica 4.7. Ukupna emisija CH₄ u RH od 1990. do 2020. i usporedba s NIR-om

Godina	Određena emisija	NIR 2021	Razlika (kt)	Razlika (%)
1990	107,20	101,93	5,27	4,92
1991	101,77	97,12	4,65	4,57
1992	80,06	76,53	3,53	4,41
1993	79,27	76,46	2,81	3,54
1994	72,91	70,75	2,16	2,96
1995	70,02	67,66	2,36	3,37
1996	65,76	64,33	1,43	2,17
1997	64,96	63,50	1,46	2,25
1998	62,52	62,31	0,21	0,34
1999	63,88	64,02	-0,14	0,22
2000	60,65	62,77	-2,12	3,38
2001	60,58	63,66	-3,08	4,84
2002	59,74	62,92	-3,18	5,05
2003	62,12	66,12	-4,00	6,05
2004	63,32	68,40	-5,08	7,43
2005	62,75	68,83	-6,08	8,83
2006	64,19	70,53	-6,34	8,99
2007	61,30	67,90	-6,6	9,72
2008	58,19	64,43	-6,24	9,68
2009	58,25	65,33	-7,08	10,84
2010	57,37	64,90	-7,53	11,60
2011	55,29	63,04	-7,75	12,29
2012	55,67	62,92	-7,25	11,52
2013	53,18	60,06	-6,88	11,46
2014	53,42	59,31	-5,89	9,93
2015	52,25	58,95	-6,70	11,37
2016	52,26	60,67	-8,41	13,86
2017	52,20	58,79	-6,59	11,21
2018	48,28	55,25	-6,97	12,62
2019	48,68	55,24	-6,56	11,88
2020	47,84	N/A	N/A	N/A

Ukupna emisija CH₄ iz stočarske proizvodnje u Republici Hrvatskoj i usporedba s NIR-om je prikazana u grafikonu 4.3.



Grafikon 4.3. Ukupna emisija metana (kt) u RH od 1990. do 2020. godine

4.4. Direktna i indirektna emisija N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem

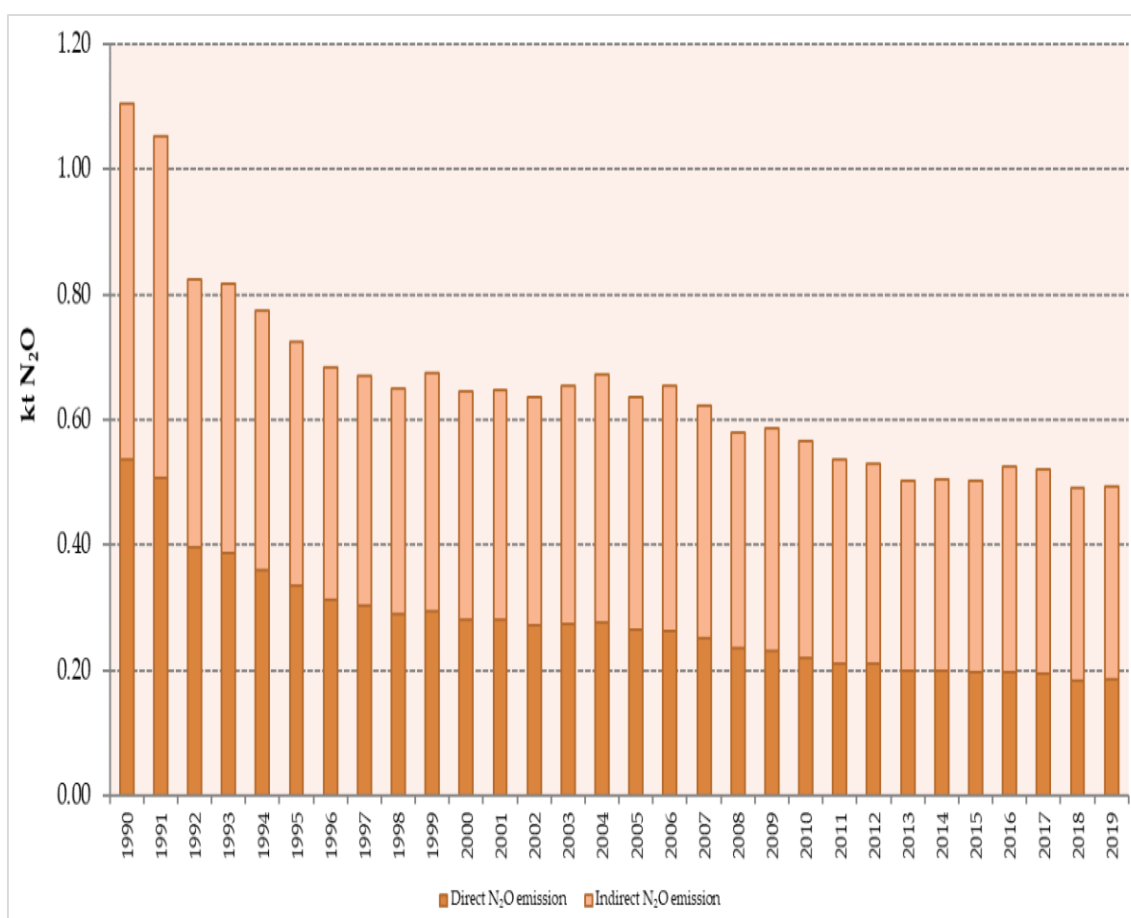
Ukupna direktna emisija N₂O u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1990. do 2020. godine iznosila je 5,05 kt. Najviša direktna emisija N₂O zabilježena je 1990. godine kada je iznosila 0,26 kt, a najmanja direktna emisija N₂O zabilježena je 2013. godine kada je iznosila 0,14 kt. Prosječna emisija iznosila je 0,17 kt N₂O godišnje. Zabilježen je trend prosječnog pada emisije za 3.477,1 kg N₂O godišnje.

Ukupna indirektna emisija N₂O u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1990. do 2020. iznosila je 11,41 kt. Najviša indirektna emisija N₂O zabilježena je 1990. godine kada je iznosila 0,56 kt, a najmanja indirektna emisija N₂O zabilježena je 2019. godine kada je iznosila 0,27 kt. Prosječna indirektna emisija N₂O iznosila je 0,38 kt N₂O godišnje. Zabilježen je trend prosječnog pada emisije za 10.014,81 kg N₂O godišnje. Ukoliko se trend računa od 1995. onda pad godišnje emisije iznosi 4.726,98 kg N₂O.

Ukupna emisija N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 1990. do 2020. iznosila je 16,46 kt. Najviša ukupna emisija zabilježena je

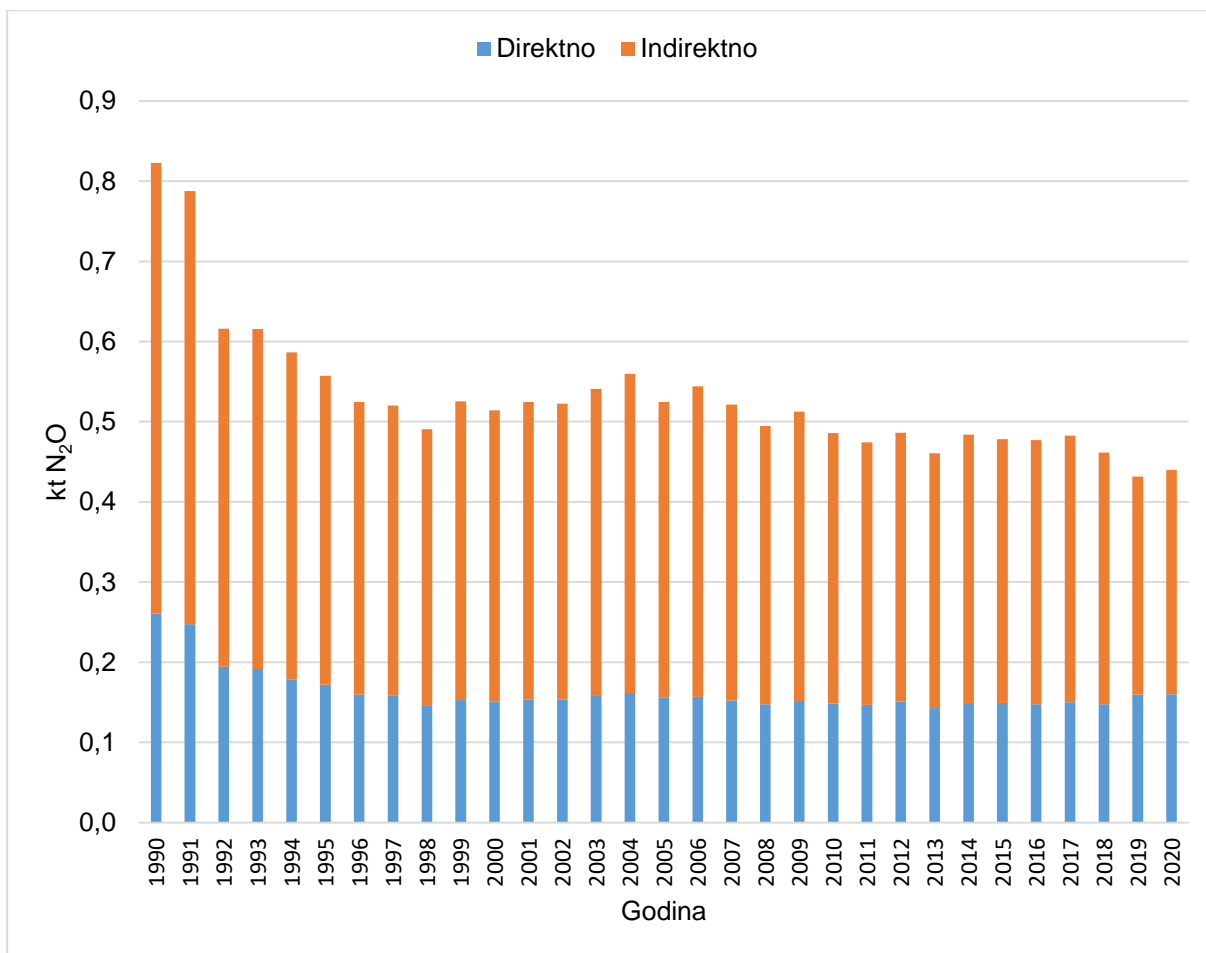
1990. godine kada je iznosila 0,82 kt, a najmanja 2019. kada je iznosila 0,43 kt. Prosječna ukupna emisija iznosila je 0,52 kt N₂O godišnje, a zabilježen je trend prosječnog godišnjeg smanjivanja emisije za 13.491,91 kg N₂O, tj. 6.200,98 kg N₂O ukoliko se trend računa od 1995. godine.

Prema posljednjem NIR-u ukupna emisija N₂O u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 1990. do 2019. godine iznosila je 19,45 kt, što je za 2,99 kt (15.37%) više od izračuna prikazanog u ovome radu za isto razdoblje. Najveća kvantitativna i postotna razlika je zabilježena je 1990. godine i iznosila je 0,28 kt N₂O, tj. 25,45%. Najmanja postotna i kvantitativna razlika zabilježena je 2015. godine kada je iznosila 0,02 kt N₂O, tj. 4%. Prosječno godišnje odstupanje iznosi 0.12 kt N₂O tj. 16,41%.



Grafikon 4.4. Emisija N₂O prema izvorima emisije (NIR, 2021.)

U posljednjem NIR-u brojčano je dostupan samo podatak o ukupnoj emisiji stoga je samo on uspoređen sa ovim izračunom, dok su prema izvoru emisije rezultati prikazani samo grafički (slika 4.1.). U prikazu donji dio stupca u grafikonu (tamnija boja) označava direktnu emisiju, a gornji indirektnu emisiju N₂O. Za lakšu usporedbu, rezultati ovoga izračuna prikazani su u grafikonu 4.4. Ukupna prosječna emisija N₂O u promatranom razdoblju bila je značajno ($p < 0.05$) manja ako se uspoređuju podaci ukupne emisije s podacima iz NIR-a 2021.



Grafikon 4.5. Ukupna emisija N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem prema izvoru emisije u RH od 1990. – 2020.

Podatci za indirektnu, direktnu i ukupnu emisiju N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 1990. do 2020. prikazani su u tablici 4.8. U tablici je također prikazana i emisija N₂O iskazana u NIR-u.

Tablica 4.8. Prikaz emisije N₂O u kt prema kategorijama

Godina	Direktna emisija	Indirektna emisija	Ukupna emisija	NIR 2021
1990	0,26	0,56	0,82	1,10
1991	0,25	0,54	0,79	1,05
1992	0,19	0,42	0,62	0,82
1993	0,19	0,42	0,62	0,82
1994	0,18	0,41	0,59	0,77
1995	0,17	0,39	0,56	0,72
1996	0,16	0,37	0,52	0,68
1997	0,16	0,36	0,52	0,67
1998	0,15	0,34	0,49	0,65
1999	0,15	0,37	0,53	0,67
2000	0,15	0,36	0,51	0,64
2001	0,15	0,37	0,52	0,65
2002	0,15	0,37	0,52	0,64
2003	0,16	0,38	0,54	0,65
2004	0,16	0,40	0,56	0,67
2005	0,16	0,37	0,52	0,63
2006	0,16	0,39	0,54	0,65
2007	0,15	0,37	0,52	0,62
2008	0,15	0,35	0,49	0,58
2009	0,15	0,36	0,51	0,59
2010	0,15	0,34	0,49	0,57
2011	0,15	0,33	0,47	0,54
2012	0,15	0,34	0,49	0,53
2013	0,14	0,32	0,46	0,50
2014	0,15	0,33	0,48	0,51
2015	0,15	0,33	0,48	0,50
2016	0,15	0,33	0,48	0,53
2017	0,15	0,33	0,48	0,52
2018	0,15	0,31	0,46	0,49
2019	0,16	0,27	0,43	0,49
2020	0,16	0,28	0,44	N/A
M			0,55 ^b	0,65 ^a
SEM			0,02	0,03
SD			0,08	0,15
Minimum			0,43	0,49
Maksimum			0,82	1,10
V			15,46	22,38

a:b = (P<0,05)

M – aritmetička sredina, SEM – standardna pogreška aritmetičke sredine, SD – standardna devijacija, V – koeficijent varijabilnosti

5. Rasprava

5.1. Utjecaj brojnosti i proizvodnje životinja na pad emisije stakleničkih plinova

Emisiju stakleničkih plinova iz stočarstva u Republici Hrvatskoj karakterizira negativan trend, tj. emisija se smanjuje iz godine u godinu. Na žalost glavni razlog tome nije tehnološko unaprjeđenje stočarske proizvodnje, nego konstantan pad broja životinja.

Za smanjenje emisije najviše je zaslužan pad proizvodnje u govedarskom sektoru, koji je 1990. godine bio zaslužan za čak 85% (91,3 kt) ukupne proizvodnje metana iz stočarstva, a 2019. godine za 72,5% (35,3 kt). Od 1990. do danas broj muznih krava smanjio se za otprilike 382 000, a proizvodnja mlijeka za 270 milijuna kilograma mlijeka. U prilog smanjenja emisije ide i povećanje proizvodnje po životinji (prosječna mliječnost porasla je za oko 3000 kg mlijeka po standardnoj laktaciji) i kvalitete krmiva, gdje se sada za istu količinu proizvoda (mlijeka) mora utrošiti manja količina energije. Točnije, manje energije se u populaciji troši na bazalni metabolizam, a više za laktaciju te se posljedično tome izlučuje manja emisija stakleničkih plinova. Tako su na primjer 1990. godine za proizvodnju 1.000.000 kg mlijeka bile potrebne 533 prosječne krave koje bi izlučile 42341,5 kg CH₄, dok u 2019. bi za istu količinu mlijeka bilo potrebno 210 prosječnih krava koje bi izlučile 22684,2 kg CH₄. Uz povećanje proizvodnosti, na emisiju CH₄ iz enteričke fermentacije možemo utjecati i hranidbom. Procjenjuje se da aktualnim saznanjima možemo smanjiti samo do 40% potrebnog smanjenja emisije iz stočarstva. Zbog toga su trenutno aktualna istraživanja o utjecaju hrane i aditiva na proizvodnju CH₄. Prema dosadašnjim saznanjima, na tvorbu CH₄ u predželucima preživača možemo utjecati hranom inokuliranom sa bakterijama mliječne kiseline ili njihovim direktnim dodavanjem u obrok (Doyle i sur., 2019.). Također su ispitivani i utjecaji raznih bakteriostatskih tvari proizvedenih kroz sojeve bakterija mliječne kiseline, ali ni jedan do sada nije uspio postići trajno smanjenje emisije CH₄, već bi se emisija nakon određenog perioda vratila na prvotnu razinu. Smanjenjem broja goveda emisija N₂O iz govedarstva se prepolovila te je sa 0,367 kt N₂O izlučenih u 1990. godini, pala na 0,181 kt N₂O u 2019. godini. Bitno je napomenuti da izračun emisije N₂O, uz broj životinja, najviše ovisi o sustavima gospodarenja stajskim gnojem. Na žalost preciznije procjene sustava gospodarenja stajskim gnojem napravljene su tek u ovome desetljeću, tako da stvarnu emisiju, zbog nedostatka podataka, nećemo moći nikada izračunati. Korištenjem „aktualnog“ faktora mijenjati ćemo emisije iz godine u godinu na papiru, ali točnu emisiju mogli bi izračunati samo uz korištenje točnih podataka o proizvodnji zabilježenih za svaku godinu. Prema IPCC smjernicama takav sustav računanja ne utječe značajno na emisiju stakleničkih plinova, ali smjernice ne uzimaju u obzir kompletnu promjenu strukture Hrvatskog stočarstva, gdje se većina proizvodnje prebacila s malih na velike (i po jedinici proizvoda efikasnije) proizvođače. Najbolji primjer tome je usporedba EF za enteričku fermentaciju kod muznih krava izračunat prema podacima o proizvodnji za 1990. godinu i 2019. godinu. Prema EF prilagođenom proizvodnji 1990. godine prosječna krava izlučivala je 79,44 kg CH₄ godišnje, a prema EF prilagođenom proizvodnji iz

2019. godine 108,02 kg CH₄ godišnje. Kada se EF pomnoži sa brojem krava u 1990. godini, samo zbog različitog EF dobiva se razlika od 14 kt CH₄ (26,46%). U ovome radu za konačan rezultat korišten je jedinstveni faktor prilagođen proizvodnji u 2019. godini zato što su IPCC smjernice službeni dokument po kojemu se izrađuje NIR, ali rezultatima dobivenim korištenjem prilagođenih EF, stavlja se upitnik nad ispravnost takve upute za područje Republike Hrvatske.

Druga najzaslužnija grana stočarstva za pad emisije stakleničkih plinova je svinjogojska proizvodnja. Ona je 1990. godine bila odgovorna za 8,96% proizvodnje CH₄, tj. 9,6 kt i 18,29% proizvodnje N₂O, tj. 0,15 kt, dok je u 2019. godini bila zaslužna za 13% emisije CH₄ (6,33 kt) i 22,49% emisije N₂O (0,097 kt). Zabilježen je kvantitativan pad emisije, ali i postotni porast emisije zbog rapidnijeg propadanja mljekarskog sektora. Svinjogojska proizvodnja se također promijenila u proteklih 30 godina. Tako danas na tržištu prevladavaju tovljenici TM od 110 kg koju postižu za 170 dana (Domaćinović i sur., 2015.), a ne svinje iz produženog tova na OPG-ima. Smanjen je broj krmača, ali današnje krmače imaju bolje reproduktivne pokazatelje. Smanjen je i broj prasadi, a njihov manjak se nadopunjuje uvozom.

Peradarstvo bilježi mali pad proizvodnje stakleničkih plinova, prvenstveno uzrokovan padom broja životinja koji nije toliko značajan kao u drugim granama stočarstva, ali i općenito niskom emisijom stakleničkih plinova po kljunu.

Ovčarstvo bilježi pad godišnje emisije za 0,86 kt CH₄ i 0,098 kt N₂O između 1990. do 2019. godine, uzrokovane prvenstveno padom broja životinja te smanjenim brojem ovnova. Ovčarstvo je jedna od rijetkih grana koja se postupno oporavila nakon ratnih razaranja, ali još uvijek ne dostiže proizvodnju iz 1990. godine. EF za ovce ostali su isti kao i prije, prvenstveno zbog dominantnog i nepromijenjenog ekstenzivnog uzgoja koji odlikuju mala ulaganja, ali i mala proizvodnja (pretežito janjadi). Emisija iz ovčarstva je relativno niska s obzirom na broj životinja, a takva je zbog tehnologije proizvodnje koja se primjenjuje u Hrvatskoj. Uzgoj se temelji na autohtonim pasminama, pretežito dalmatinskoj pramenki, u prosjeku teškoj 38,56 kg (Širić i sur., 2009.) i ličkoj pramenki u prosjeku teškoj između 45 i 55 kg (Grgas, 2014.). Janjad se tovi do malih završnih masa, između 20 i 25 kg, kada su najprikladnije za tradicionalnu pripremu na ražnju (Mioč i sur., 2007.), za što im treba oko 3 mjeseca uz mlijeko kao glavni izvor hranjivih tvari (minimalna fermentacija). Stoga se ni ne navode u izvješćima za Republiku Hrvatsku jer im je emisija stakleničkih plinova neznatna. U zapadnim zemljama tov traje duže sa većim završnim masama, a hranidba se ne temelji na mlijeku, stoga kategorija janjadi također ulazi u kalkulaciju ukupnih emisija. Uz navedeno, u uzgoju se koriste krupnije pasmine ovaca što rezultira višim EF.

Ostale vrste životinja zbog svoje male brojnosti neznatno utječu na emisiju, a i tehnologija uzgoja im je ostala praktički nepromijenjena stoga su predloženi EF u IPCC smjernicama i dalje adekvatni. Tako se npr. 80% koza i dalje uzgaja ekstenzivno (Grgas, 2014.), a uzgoj se temelji na autohtonim pasminama (najviše hrvatskoj šarenoj kozi). Ukoliko bi se udio mliječnih pasmina koza uzgajan na konvencionalan način povećao, biti će potrebno prikupiti detaljnije podatke o proizvodnji i njih obraditi prema „Tier 2“ metodologiji.

5.2. Usporedba s NIR-om i mogućnosti poboljšanja metodologije

U ovome izračunu zabilježene su niže emisije stakleničkih plinova u svim kategorijama osim u kategoriji emisije metana iz gospodarenja stajskim gnojem. Glavni razlog nastale razlike je detaljnija podjela životinja u kategorije čime su se na populaciju mogli primijeniti precizniji parametri za izračun emisije (izračun prosječnog dnevnog unosa bruto energije) i preciznije određen broj životinja. Tijekom traženja podataka dolazilo je do poteškoća zbog razbacanih baza podataka ili ne digitaliziranih podataka o proizvodnji. Većina podataka za detaljniji izračun emisije nije dostupna ili ne postoji što onemogućava još detaljniji i precizniji izračun. Na žalost te podatke više ne možemo dobiti, ali to nam može biti lekcija za budućnost gdje bi se od nas mogla tražiti veća preciznost. Zbog toga, bilo bi dobro sprovesti detaljnija istraživanja kojima bi se utvrdilo činjenično stanje u stočarskoj proizvodnji Republike Hrvatske.

Prema NIR-u 8,13% ukupne emisije stakleničkih plinova u 2018. godini otpada na sektor stočarstva, tj. 1520,9 kt CO_{2eq}. Prema ovome izračunu, 7,26% od ukupne emisije stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj otpada na stočarstvo, tj. 1344,56 kt CO_{2eq}. Ukoliko gledamo cijelu EU hrvatsko stočarstvo zauzima udio od 0,031% ukupne emisije u EU.

Zbog značajnih razlika u EF za enteričku fermentaciju za razdoblje od 1990. do 2011. (razlika iznad 5%), preporučljivo je korištenje EF prilagođenih proizvodnji čime će se dobiti realniji prikaz emisije CH₄ u tim godinama. Unatoč niskoj emisiji uzrokovanoj malim brojem životinja, za poboljšanje preciznosti izračuna emisije stakleničkih plinova kopitara i koza, potrebno je prikupiti podatke u njihovoj proizvodnji i uzgoju kako bi se i njihove emisije mogle računati prema „Tier 2“ metodologiji. Također, kompletan izračun emisije N₂O iz gospodarenja stajskim gnojem trebalo bi računati po „Tier 2“ metodologiji. Za to bi bilo potrebno prikupiti točne podatke prosječnih masa novih kategorija životinja i njihove hranidbene karakteristike.

5.3. Usporedba Republike Hrvatske i izabranih država

Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, 7,26% od ukupne emisije stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj otpada na stočarstvo. Ukoliko uspoređujemo emisiju EU s emisijom RH, hrvatsko stočarstvo zauzima udio od 0,031% ukupne emisije u EU. Udio ekonomske vrijednosti poljoprivredne proizvodnje Republike Hrvatske u ukupnoj proizvodnji EU, nakon pristupanja EU pao je na 0,5% (Krznar, 2018.). Prema Europskoj komisiji (2019.) udio ukupne vrijednosti stočarske proizvodnje u ukupnoj vrijednosti poljoprivredne proizvodnje iznosio je 38,2%. Ukoliko primijenimo navedeni udio stočarske proizvodnje na udio ukupne poljoprivredne proizvodnje Republike Hrvatske u EU, dolazimo do zaključka da hrvatsko stočarstvo zauzima 0,19% ukupne vrijednosti poljoprivredne proizvodnje u EU.

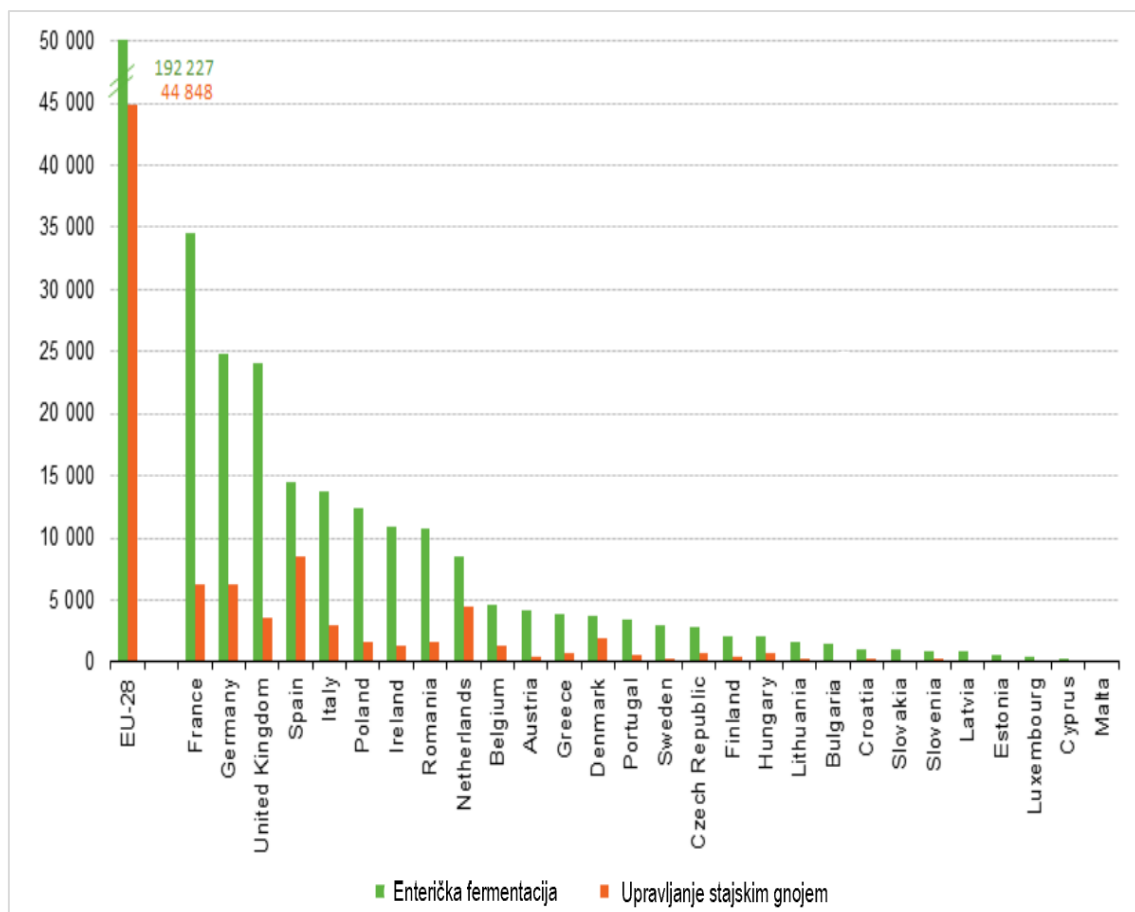
U usporedbi sa Slovačkom, koja je izabrana zbog slične površine, Republika Hrvatska ima usporedivu emisiju. Slovačka emisija stakleničkih plinova u 2018. godini iznosila je 1272,97 kt CO_{2eq} što je za 71,59 kt CO_{2eq} manje od RH. Broj goveda je neznatno manji, dok je broj svinja manji za 422.101 grla, ovaca za 300.000 grla, broj konja je 3 puta manji, a broj koza 2 puta manji. Broj nesilica i pataka je dvostruko veći, broj brojlera i gusaka je približan, a broj purana 3 puta manji nego u

RH. Unatoč manjem broju životinja Slovačka Republika bilježi približnu emisiju stakleničkih plinova. Razlog tome je viša proizvodnost njihovih životinja (unatoč sličnom broju muznih krava, Slovačka proizvodi 141,7 milijun kg mlijeka više od RH) te shodno tome i viši EF. Svakako u obzir treba uzeti i slovački NIR, koji prilagođava EF proizvodnji svake godine, životinje dijeli na 41 kategoriju, a njih razmješta u 8 regija, od kojih svaka ima specifične faktore zavisne o klimi, sustavu gospodarenja stajskim gnojem i ostalim specifičnostima regije. Shodno tome, možemo zaključiti da je slovački NIR složeniji i zbog toga precizniji.

Uz Slovačku Republiku, za usporedbu je odabrana i Latvija zbog približne površine (oko 9.000 m² više) i BDP-a (oko 3.000 \$ per capita više). Republika Latvija ima približan broj goveda kao i RH, ali broj svih ostalih vrsta domaćih životinja je višestruko manji. Zanimljivo je dodati da se u latvijskom NIR-u računa i emisija za lagomorfe i uzgajane parnoprstaše (jeleni, sobovi i srne). Ukupna emisija Republike Latvije u 2018. godine iznosi 1020,28 kt CO_{2eq} što je za 324,28 kt CO_{2eq} manja emisija od emisije u RH. Relativno visoku emisiju za broj životinja, Latvija duguje visokoj mliječnosti njihovih muznih krava (1857 kg mlijeka po laktaciji više od krava u RH). Latvijski NIR je sličan ovome izračunu po broju kategorija. Životinje su podijeljene u 21 kategoriju (18 ukoliko ne računamo vrste koje nisu obuhvaćene ovim izračunom), a emisija iz enteričke fermentacije je računata „Tier 1“ metodologijom za sve kategorije, osim muznih krava. Emisije iz gospodarenja stajskim gnojem za svinje i goveda računate su „Tier 2“ metodologijom, dok su se za ostale kategorije kombinirale „Tier 1“ i „Tier 2“ metodologija. Zanimljivo je da se i u latvijskome NIR-u emisijski faktori kod „Tier 2“ metodologije prilagođavaju proizvodnji određene godine.

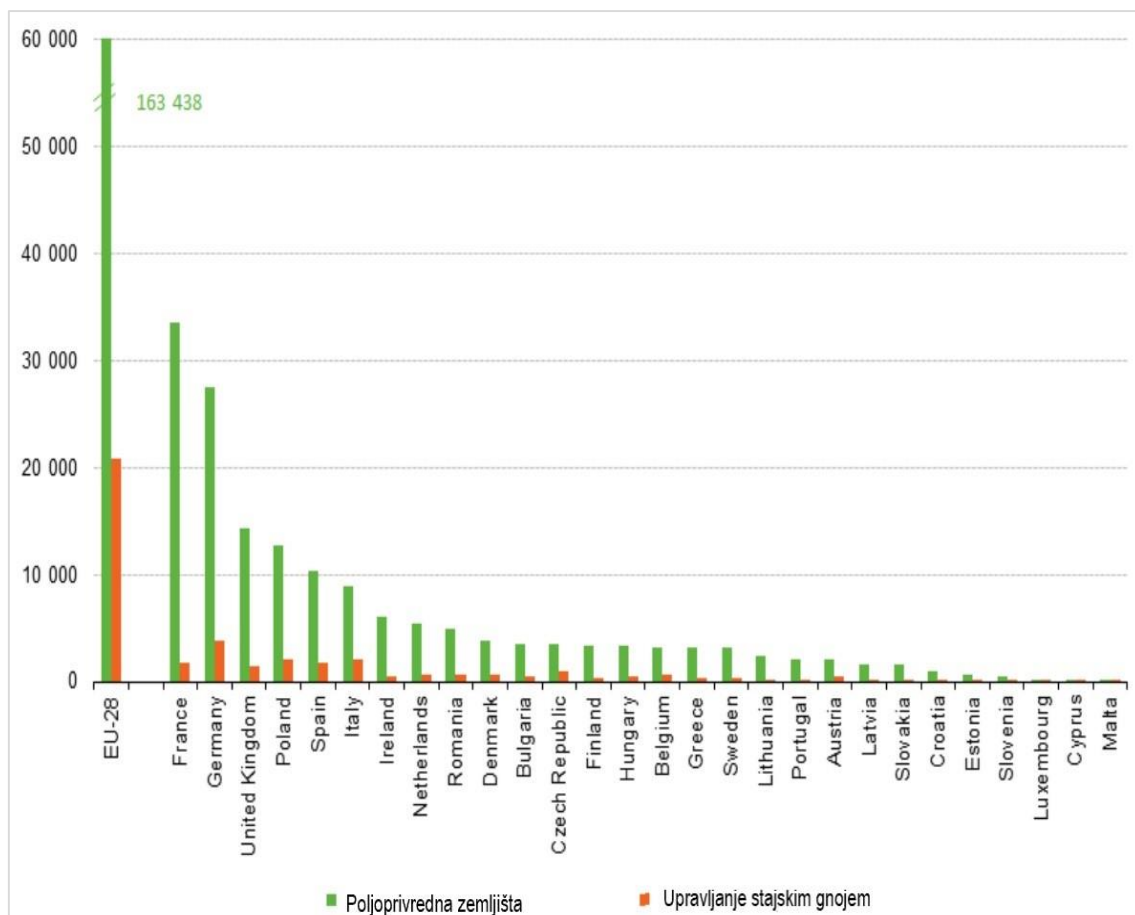
Zanimljiva je i usporedba sa Kraljevinom Nizozemskom, koja ima jednu od najrazvijenijih stočarskih proizvodnji u Svijetu. Iako je površinom manja od Republike Hrvatske za oko 15.000 km², njena emisija stakleničkih plinova iz stočarstva je veća za čak 11.555,4 kt CO_{2eq} (više od 8 puta od emisije u RH) i čini 6,8% ukupne emisije stakleničkih plinova Kraljevine Nizozemske.

U svjetskim okvirima teško je usporediti Hrvatsku emisiju stakleničkih plinova. Pretpostavlja se da se godišnje na svjetskoj razini emitira oko 4,22 milijarde tona CO_{2eq} iz sektora stočarstva (Poore i Nemecek, 2018.). Prema tome podatku emisija stakleničkih plinova iz stočarstva RH doprinosi svjetskoj emisiji sa 0,00003%.



Grafikon 5.1. Grafički prikaz emisije metana iz stočarstva u zemljama EU 2015. godine (Eurostat, 2017.)

Na slikama 5.1. i 5.2. je grafički prikazana usporedba RH sa zemljama EU 2015. godine gdje Republika Hrvatska zauzima 20. mjesto u emisiji CH₄ te 22. u ukupnoj emisiji N₂O iz poljoprivredne proizvodnje (Eurostat, 2017.).



Grafikon 5.2. Grafički prikaz emisije N₂O iz stočarstva u zemljama EU 2015. godine (Eurostat, 2017.)

Imajući na umu sve navedeno, nameće se i važnost vlastite poljoprivredne proizvodnje, posebice stočarske koja je pokazatelj razvijenosti poljoprivrednog sektora svake države. Udio stočarske proizvodnje u ukupnoj poljoprivrednoj proizvodnji u Hrvatskoj je 35%, dok je u svim razvijenim državama EU između 55% i 65% (Grgić i sur., 2019.). Kriza izazvana zbog recentne pandemije (COVID-19 virus), ukazala je na opasnost koju bi moglo izazvati zatvaranje državnih granica i prekid trgovine (uvoza), zbog čega bi cilj hrvatske poljoprivrede trebao biti postizanje samodostatnosti hrane, uz smanjivanje emisije stakleničkih plinova po jedinici proizvoda.

6. Zaključak

U ovome radu prikazane su metode kojima se može unaprijediti izračun emisije stakleničkih plinova i mane dosadašnjih izvještaja. Prikupljeni su precizniji podatci o broju životinja iz dostupnih izvora čime se poboljšala preciznost izračuna. Na preciznost je pozitivno utjecalo i svrstavanje životinja u više kategorija prema IPCC smjernicama, te dostupnosti potrebnih podataka od strane DZS. Emisijski faktori prilagođeni su proizvodnim specifičnostima u Republici Hrvatskoj te pridodani odgovarajućim kategorijama. Zbog svega navedenoga izračunata je niža emisija stakleničkih plinova, u prosjeku 16,41% godišnje za ukupnu emisiju N_2O i 7,63% godišnje za ukupnu emisiju CH_4 uz manju varijabilnost između godina (posebice uz korištenje EF prilagođenih godišnjoj proizvodnji). Zbog svega navedenoga ističe se nužnost daljnjeg unaprjeđenja izračuna i postupan prelazak na „Tier 3/Tier 2“ metodologiju koju preporučaju IPCC UN-a i Europska Unija.

7. Popis literature

1. Balenović, T. (2004): HRVATSKI STOČARSKI CENTAR: GODIŠNJE IZVJEŠĆE ZA 2003 GODINU.. Stočarstvo, 58 (4), 311-318. <https://hrcak.srce.hr/152402> (pristupljeno 20.03.2020.)
2. Berends, H., Gerrits, W. J. J., France, J., Ellis, J. L., Van Zijderveld, S. M., & Dijkstra, J. (2014). Evaluation of the SF6 tracer technique for estimating methane emission rates with reference to dairy cows using a mechanistic model. *Journal of theoretical biology*, 353, 1-8.
3. Carolien Kroeze i Tinus Pulles (2015) The importance of non-CO₂ greenhouse gases, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 12:sup1, 1-4
4. Cassia, R., Nocioni, M., Correa-Aragunde, N., i Lamattina, L. (2018). Climate Change and the Impact of Greenhouse Gasses: CO₂ and NO, Friends and Foes of Plant Oxidative Stress. *Frontiers in plant science*, 9, 273.
5. Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
6. Domaćinović, M., Antunović, Z., Džomba, E., Opačak, A., Baban, M. & Mužić Stjepan (2015): Specijalna hranidba domaćih životinja. Str. 295-424. Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
7. Doyle, N., Mbandlwa, P., Kelly William, J., Attwood, G., Li, Y., Ross, R. P., Stanton, C., Leahy S. (2019): Use of Lactic Acid Bacteria to Reduce Methane Production in Ruminants, a Critical Review. *Frontiers in Microbiology* , vol. 10:2207
8. Državni zavod za statistiku (1993): Statistički ljetopis 1993. godine. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb
9. Državni zavod za statistiku (1997): Statistički ljetopis 1997. godine. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb
10. Državni zavod za statistiku (2001): Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2001. godine. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb
11. DZS (2020): Stočarstvo. PC-Axis baza podataka, podatci za razdoblje od 2000. do 2019. godine. https://www.dzs.hr/PXWeb/Menu.aspx?px_language=hr&px_type=PX&px_db=Poljoprivreda%2c+lov%2c+%u0161umarstvo+i+ribarstvo (pristupljeno 20.03.2020.)
12. European Commission (2019): Statistical Factsheet Croatia. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agri-statistical-factsheet-hr_en.pdf (preuzeto 10.06.2020.)
13. Eurostat (2017): Agri-Environmental indicator- Greenhouse gas emissions <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/16817.pdf> (preuzeto 22.07.2020.)
14. FAO (2010). Challenges For a Wealthier World: Meat for All? {online} <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf> (preuzeto 28.05.2020.)

15. FAO (2020): Live animals. FAOSTAT baza podataka. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA> (pristupljeno 20.03.2020.)
16. Gajić-Čapka, M.; Zaninović, K.; Cindrić, K. (2010): Climate Change Impacts and Adaptation Measures – Observed Climate Change in Croatia. Fifth National Communication of the Republic of Croatia under the United Nation Framework Convention on the Climate Change, Ministry of Environmental Protection, Physical Planning and Construction, 137-151.
17. Grgas A. (2014.): Baštinjenje pasmine ovaca i koza u RH. Savjetodavna služba. https://www.savjetodavna.hr/wp-content/uploads/publikacije/ovce_koze_AG_opt.pdf (pristupljeno 11.06.2020.)
18. Henderson, G., Cox, F., Ganesh, S., Jonker, A., and Young, W., Global Rumen Census Collaborators, et al. (2015). Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Sci. Rep.* 5:14567. doi: 10.1038/srep14567
19. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2021.):Kopitari, godišnje izvješće za 2020. godinu. <https://www.hapih.hr/wp-content/uploads/2021/05/Godisnje-izvjesce-Kopitari-2020-web.pdf> (Preuzeto 01.09.2021.)
20. IPCC, (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara & K.Tanabe (Eds.). Published: IGES, Japan.
21. Kiš, G. (2019): Emisija stakleničkih plinova animalne proizvodnje u Republici Hrvatskoj- enterička fermentacija. U: Modrić M. i Matin A. Zbornik sažetaka 26. međunarodnog savjetovanja krmiva 05.-07. lipnja 2019. Zagreb, Krmiva, str. 16.
22. Krznar, S. (2018): POLJOPRIVREDNA PROIZVODNJA REPUBLIKE HRVATSKE PRIJE I NAKON PRISTUPANJA EUROPSKOJ UNIJI. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
23. Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather, 2007: Historical Overview of
24. Ministarstvo zaštite okoliša i enegetike (2019): National Inventory Report 2019. Croatian greenhouse gas inventory for the period 1990 – 2017, EKONERG, Zagreb.
25. Ministarstvo zaštite okoliša i enegetike (2020): National Inventory Report 2020. Croatian greenhouse gas inventory for the period 1990 – 2018, EKONERG, Zagreb.
26. Ministry of Environment of the Slovak Republic i Slovak Hydrometeorological Institute (2020): Slovak Republic, National inventory report 2020. Bratislava.
27. Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia (2020): LATVIA'S NATIONAL INVENTORY REPORT 1990.-2018. Riga
28. Mioč, B., Pavić, V. & Sušić, V. (2007): Ovčarstvo. 55-65, 195-198, 205-206, 215-230. Zagreb. Hrvatska mljekarska udruga.
29. Narodne novine (2007): Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime. Zagreb: Narodne novine d.d, 5/2007, dokument 71.
30. National Institute for Public Health and the Environment (2020): Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2018, National Inventory Report 2020. Bilthoven

31. Poore, J., Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
32. Salajpal, K. (2019): Emisija stakleničkih plinova animalne proizvodnje RH-Gospodarenje stajskim gnojem. U: Modrić M. i Matin A. Zbornik sažetaka 26. međunarodnog savjetovanja krmiva 05.-07. lipnja 2019. Zagreb, Krmiva, str. 18.
33. Širić I., Mioč B., Pavić V., Antunović Z., Vnučec I., Barać Z., Prpić Z., (2009.): Vanjština dalmatinske pramenke. *Stočarstvo* 63:2009 (4) 263-273
34. Uremović, Z., Uremović M., Pavić, V., Mioč, B., Mužic, S., Janječić, Z. (2002). *Stočarstvo*. Sveučilišni udžbenik, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
35. Webb, J., S.G. Sommer, T. Kupper, K. Groenestein, N.J. Hutchings, B. Eurich-Menden, L. Rodhe, T.H. Misselbrook & B. Amon, (2012): Emissions of Ammonia, Nitrous Oxide and Methane During the Management of Solid Manures. In: E. Lichtfouse (Ed.), *Agroecology and Strategies for Climate Change, Sustainable Agriculture Reviews* 8, p. 67-107.

Životopis

Mihael Janječić rođen je 24. lipnja 1997. godine u Zagrebu. Sa završetkom osnovnoškolskog obrazovanja upisuje VII. Gimnaziju u Zagrebu 2012. godine. Nakon mature 2016. godine upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu, studij Animalne znanosti koji završava 11.07.2019. Poznaje engleski jezik (B2), njemački jezik (C1) te talijanski jezik (A1) u pismu i govoru. Dobro barata alatima u MS Office-u te se dobro snalazi na internetu te ostalim elektronskim medijima. Volontira na 69. Godišnjem susretu europskog saveza animalnih znanosti u Dubrovniku od 27.08.2018. do 31.08.2018. (69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science) te na 15. Europskoj konferenciji o peradi održanoj od 17.09.2018. do 21.09.2018. u Dubrovniku. Također sudjeluje na 55. hrvatskom i 15. međunarodnom simpoziju agronoma održanog u Vodicama od 16.02.2020. do 21.02. 2020. godine. Tijekom studija dobitnik je nekoliko stipendija, uključujući STEM stipendiju MZO-a i stipendiju grada Zagreba za izvrsnost u studiranju. Prijavljuje se na MS studij Hranidba životinja i hrana te pokazuje interes za proširivanjem znanja na polju animalnih znanosti i hranidbe životinja.