

# Ali je prispevek slovenske živinoreje k podnebnim spremembam precenjen?

## Is the contribution of Slovenian livestock farming to climate change overestimated?

Jože Verbič  
Oddelek za živinorejo  
Kmetijski inštitut Slovenije  
Ljubljana, Slovenija  
[joze.verbic@kis.si](mailto:joze.verbic@kis.si)

### POVZETEK

Za živinorejo so značilni veliki izpusti metana. Metan uvrščamo med kratko obstojne toplogredne pline. Za razliko od CO<sub>2</sub>, ki se v ozračju zadrži več stoletij, se metan oksidira v približno 12 letih. Za poročanje Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) uporabljamo metodo potencialnega globalnega segrevanja za stoletni časovni horizont (GWP<sub>100</sub>). V zadnjem času se vse pogosteje pojavljajo kritike, da metoda GWP<sub>100</sub> ni najbolj primerna za oceno kumulativnega učinka trajnih izpustov kratko-obstojnih plinov na podnebje. Raziskovalci so razvili metodo, ki upošteva lastnosti kratko obstojnih onesnaževal zraka (GWP\*). Za to metodo je značilno, da bolje napoveduje odziv temperature zemeljskega površja na izpuste kratko-obstojnih plinov kot GWP<sub>100</sub>. S primerjavo obeh metod je bilo ugotovljeno, da metoda GWP<sub>100</sub> precenjuje prispevek slovenske živinoreje k segrevanju podnebja za 4,6 krat.

### KLJUČNE BESEDE

podnebne spremembe, živinoreja, metan

### ABSTRACT

Livestock farming is characterized by high methane emissions. Methane is classified as a short-lived greenhouse gas. In contrast to CO<sub>2</sub>, which remains in the atmosphere for centuries, methane oxidizes in about 12 years. For reporting to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), we use the 100-year global warming potential (GWP<sub>100</sub>) method. Recently, there has been increasing criticism that the GWP<sub>100</sub> method is not the most appropriate method to assess the cumulative impact of persistent emissions of short-lived gasses on the climate. Researchers have developed a method that takes into account the characteristics of short-lived air pollutants (GWP\*). This method is characterized by a better

prediction of the response of the Earth's surface temperature to emissions of short-lived gasses than GWP<sub>100</sub>. When comparing the two methods, it was found that the GWP<sub>100</sub> method overestimates the contribution of Slovenian livestock farming to climate warming by a factor of 4.6.

### KEYWORDS

climate change, livestock farming, methane

### 1 UVOD

V javnosti je splošno razširjeno mnenje, da je intenzivna evropska intenzivna živinoreja med najpomembnejšimi vzroki podnebnih sprememb. K temu je veliko prispevalo FAO poročilo Dolga senca živinoreje (Livestock's long shadow) [1]. Najpogosteje izpostavljeno sporočilo, ki so ga mediji posredovali javnosti je, da je živinoreja glavni povzročitelj izpustov toplogrednih plinov (TGP), da je odgovorna je za 18 % izpustov, kar presega izpuste iz prometa. Ob tem sporočilu so bile izražene kritike intenzivne evropske živinoreje, zamočano pa dejstvo, da se struktura izpustov TGP v Evropi precej razlikuje od izpustov na globalni ravni, saj je raba fosilnih goriv v prometu, industriji in v gospodinjstvih nadpovprečna, število živine pa razmeroma majhno. Zamočlan je bil podatek istega poročila [1], da je prispevek Zahodne Evrope in Severne Amerike k skupnim (globalnim) izpustom metana iz prebavil rejnih živali le nekaj več kot desetina (10,75 %). Le malokdo se zaveda, da je število goved v Afriki (189,6 milijonov) približno dvakrat večje kot v Evropi (celina) (92,1 milijonov, v glavah velike živine) [2].

Za živinorejo so značilni veliki izpusti ne-CO<sub>2</sub> toplogrednih plinov, predvsem metana. Različni toplogredni plini se v njihovem učinku na segrevanje podnebja razlikujejo. Za namene poročanja o emisijah TGP jih preračunamo v ekvivalente (ekv) ogljikovega dioksida z upoštevanjem potenciala globalnega segrevanja za stoletni časovni horizont (Global Warming Potential, GWP<sub>100</sub>). Po tej metodi je slovenska živinoreja po zadnjih podatkih (za leto 2022) prispevala 8,35 % vseh emisij TGP v Sloveniji. K temu so največ prispevali izpusti metana iz prebavil (6,31 %), sledili so izpusti metana iz skladišč za živinska gnojila (1,61 %), izpusti didušikovega oksida iz skladišč za živinska gnojila (0,27 %) in posredni izpusti didušikovega oksida, ki nastanejo zaradi

uhajanja dušikovih spojin iz hlevov in skladišč za živinska gnojila [3]. K izpustom v živinoreji je največ prispevala govedoreja (92,7 %), sledile so reja prašičev (2,6 %), perutnine (1,6 %), ovc (1,7 %), koz (0,3 %), konj (0,9 %) in kuncev (manj kot 0,1 %) [3].

Ocenjevanje vpliva človekovih dejavnosti na spremembe podnebja na podlagi GWP<sub>100</sub> sega v obdobje prvega poročila Medvladnega odbora za podnebne spremembe, ki je bilo izdano v letu 1990. Že ob uveljavitvi tega koncepta je bilo prepoznano, da ima ob prednostih (t.j. predvsem enostavna implementacija), tudi resne pomanjkljivosti [4]. Od metode za postavitev različnih TGP na skupni imenovalac pričakujemo predvsem, da bo realno ocenila učinek izpustov teh plinov na spremembe temperature zemeljskega površja. Smith in sod. [5] so opozorili, da koncept GWP<sub>100</sub> slabo oceni odziv temperature na kumulativne izpuste kratko-obstoynih toplogrednih plinov, med katerimi je tudi metan. Za razliko od CO<sub>2</sub>, ki ostane v ozračju več stoletij, se metan relativno hitro oksidira (približno 12 let) [6]. Koncept GWP<sub>100</sub> tega ne upošteva. Za realnejšo oceno vpliva izpustov metana na podnebje so raziskovalci nedavno razvili nov način za preračun izpustov različnih toplogrednih plinov na skupni imenovalac, ki upoštevajo, da je metan v atmosferi kratko obstojen (GWP\*) [7, 8, 9].

Za dolgo-obstoynne TGP je značilno, da se v ozračju akumulirajo. Vsak enkratni izpust (npr. izpust v tekočem letu) poveča koncentracijo plina v ozračju in četudi takoj prenehamo z novimi izpusti, se koncentracije tega plina ne bodo zmanjšale. Vsak enkratni izpust dolgo-obstoynnega TGP pomeni dodatno segrevanje, ki ga je treba prišteti k učinku vseh izpustov tega plina v zgodovini. Pri metanu je drugače. Koncentracija v ozračju ni odvisna le od izpustov v tekočem letu, ampak tudi od obsega oksidacije metana, ki smo ga v ozračje izpustili v preteklosti. V ozračju se sproti vzpostavlja novo ravnovesje. Če letne izpuste ohranjamo na ravni iz preteklosti, se koncentracije ne spreminjajo. Če letne izpuste povečujemo, se povečujejo tudi koncentracije v ozračju in če jih zmanjšujemo se koncentracije zmanjšajo. GWP\* to upošteva in je razmeroma dober približek podnebnemu modelu. Na drugi strani pa GWP<sub>100</sub> v primeru vzdržnih ali padajočih izpustov metana prikriva napredek proti podnebnemu cilju, ki ga Pariški sporazum določa v °C glede na predindustrijsko dobo [10].

Problematika ocenjevanja izpustov metana na podnebje je bolj obsežno in poglobljeno obravnavana v zadnjem (šestem) ocenjevalnem poročilu Medvladnega odbora za podnebne spremembe. Ugotavljajo, da metoda GWP<sub>100</sub>, ki jo uporabljamo za poročanje Okvirni konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC), ni najbolj primerna za oceno kumulativnega učinka trajnih izpustov kratko-obstoynih plinov na podnebje [11]. Medvladni odbor v zadnjem poročilu ni priporočil nobene od obravnavanih metodik za preračun izpustov različnih TGP na skupni imenovalac [6]. Zapisali so, da je izbor najprimernejše metrike odvisen od namena primerjave. Na 27. Konferenci pogodbenic Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja v Sharm El-Sheikhu je bilo izglasovano, da lahko pogodbenice ob GWP<sub>100</sub> dodatno poročajo tudi na podlagi alternativnih metod, kot je GWP\* [12]. Namen tega prispevka je prikazati, kakšen je prispevek slovenske živinoreje k izpustom toplogrednih plinov, če le tega ocenimo z metodo, ki upošteva obstojnost metana v ozračju

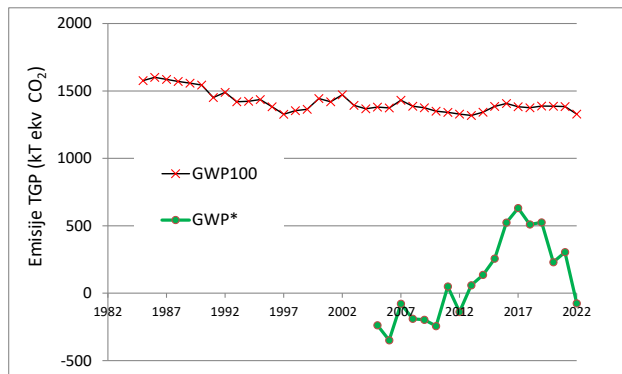
(GWP\*). Rezultate smo primerjali z rezultati po metodi, ki je splošno uveljavljena za poročanje UNFCCC (GWP<sub>100</sub>).

## 2 METODE

Podatke o izpustih metana in didušikovega oksida za obdobje 1985-2022 smo zajeli iz emisijskih evidenc Kmetijskega inštituta Slovenije [3]. Gre za izvirne podatke, ki so uporabljeni za poročanje UNFCCC [13]. Za živinorejo smo upoštevali izpuste metana iz prebavil rejnih živali, izpuste metana iz skladišč za živinska gnojila, izpuste didušikovega oksida iz skladišč za živinska gnojila in posredne izpuste didušikovega oksida, ki nastanejo zaradi uhajanja dušikovih spojin iz hlevov in skladišč za živinska gnojila. Podatki o izpustih metana in didušikovega oksida so bili preračunani v ekvivalente CO<sub>2</sub> ob upoštevanju potencialov globalnega segrevanja za stoletno časovno obdobje (GWP<sub>100</sub>), kot je trenutno v veljavi za poročanje UNFCCC (faktor 28 za metan in faktor 265 za didušikov oksid). Podatke o izpustih TGP iz živinoreje smo preračunali v ekvivalente CO<sub>2</sub> tudi z alternativno metodo GWP\*. Pri tem smo za didušikov oksid uporabili enak postopek kot za GWP<sub>100</sub>, za metan pa metodo po Cain in sod. [7].

## 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Podatki o izpustih TGP v slovenski živinoreji so predstavljeni na Grafu 1. Za GWP<sub>100</sub> razpolagamo s podatki za obdobje 1985-2022. Za GWP\* razpolagamo le s podatki po letu 2005. Ker je ocena po GWP\* odvisna tudi od preteklih izpustov, podatkov pred tem letom ni mogoče izračunati. Primerjava kaže, da je prispevek slovenske živinoreje k podnebnim spremembam z metodo GWP<sub>100</sub> zelo precenjen. V obdobju 2005-2022 so se izpusti gibali od 1318 do 1432 kT ekv CO<sub>2</sub>. Po metodi GWP\* smo imeli v znatnem delu tega obdobja negativne izpuste (obdobje 2005-2010, 2012, 2022). Za leta z negativnimi izpusti je bilo ocenjeno, da je obseg oksidacije metana iz preteklih izpustov presegel izpuste iz tega leta in da je razlika izničila tudi izpuste didušikovega oksida. Povprečje za obdobje 2018-2022 kaže, da metoda GWP<sub>100</sub> precenjuje prispevek slovenske živinoreje k segrevanju podnebja za 4,6 krat (izpusti po GWP<sub>100</sub> in GWP\* so bili v povprečju 1373 in 299 kT ekv CO<sub>2</sub> na leto). Metoda preračunavanja posameznih TGP zelo vpliva tudi na strukturo izpustov. Po metodi GWP<sub>100</sub> je prispevek slovenske živinoreje k skupnim izpustom (vsi sektorji) ocenjen na 8,33 %, po GWP\* pa na 2,40 % (ocena za obdobje 2018-2022, pri čemer so bili pri skupnih izpustih za GWP\* korigirani tudi izpusti metana iz drugih sektorjev). Vedeti moramo, da k ugodnemu rezultatu za živinorejo po GWP\* prispeva predvsem razmeroma uspešno zmanjševanje izpustov metana v preteklem obdobju. V primeru povečevanja izpustov ocene po GWP\* presegajo ocene po GWP<sub>100</sub>. V Sloveniji na to kaže primer reje drobnice, kjer so bili v obdobju 2005-2015 izpusti po GWP\* dva do trikrat večji kot po GWP<sub>100</sub> [14].



Graf 1: Primerjava metod GWP<sub>100</sub> in GWP\* za preračun izpustov toplogrednih plinov v slovenski živinoreji v ekvivalente CO<sub>2</sub>. Prikaz zajema tako izpuste metana kot dišičikovega oksida.

Nov način obračunavanja toplogrednega učinka metana ne pomeni, da so prizadevanja za zmanjšanje izpustov nepotrebna. Metan je zelo potenten toplogredni plin. V kolikor se zaradi povečevanja izpustov koncentracije v atmosferi povečujejo, se podnebje segreva hitreje, kot kaže GWP<sub>100</sub>. Na drugi strani pa lahko z zmanjšanjem izpustov metana zmanjšamo koncentracije v ozračju in s tem planet ohladimo. Evropa je ta potencial v precejšnjem obsegu že izkoristila, saj je edini kontinent, na katerem se izpusti metana iz živinoreje zmanjšujejo že nekaj desetletij [15]. Za Nemčijo imamo tudi ocene za čas izpred več kot 100 let. Izpusti metana iz prebavil rejnih živali so že od leta 2003 pod ravno iz leta 1892 [16]. To pomeni, da je bil prispevek nemške živinoreje h koncentracijam metana v ozračju pred 130 leti večji kot sedaj. Potencial za nadaljnje zmanjševanje emisij iz evropske živinoreje obstaja, je pa njegov pomen za podnebne spremembe razmeroma majhen. Na globalni ravni prispevajo naravni viri 50,5 % vsega metana, fosilna goriva 17,4 %, živinoreja 15,1 %, deponije in odpadki 8,9 %, gojenje riža 4,1 %, sežiganje biomase 2,3 % in raba biogoriv 1,6 % [15]. Prispevek evropske živinoreje k skupnim globalnim izpustom je 1,5 % [15] in za toliko bi se zmanjšala koncentracija metana v ozračju, če bi ukinali vso evropsko živinorejo.

Sklenemo lahko, da splošno uveljavljena metoda obračunavanja ekvivalentov CO<sub>2</sub> močno precenjuje učinek slovenske živinoreje na segrevanje podnebja. Z nadaljnjim zmanjševanjem izpustov metana v živinoreji lahko sicer prispevamo k ohlajanju podnebja, pri tem pa je potencial evropske živinoreje zaradi zmanjšanja emisij v preteklosti in zaradi obsežnih drugih virov razmeroma majhen.

## 4 LITERATURA

[1] FAO, 2006. Livestock's long shadow. Environmental issues and options. FAO, 390 s. Retrieved September 4, 2023 from <https://www.fao.org/4/a0701e/a0701e00.htm>.

[2] FAO, 2024. FAOSTAT Statistical Database. Food and agriculture data. Retrieved July 17, 2024 from <https://www.fao.org/faostat/en/#home>.

[3] KIS (2024) Emisije metana, dišičikovega oksida, ogljikovega dioksida, amonijaka, NMVOC, NOX, PM10 in PM2,5 v kmetijstvu. Emisijske evidence, Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije. Retrieved August 16, 2024 (internal data).

[4] Jan S. Fuglestedt, Terje K. Berntsen, Odd Godal and Tora Skodvin, 2003. Metrics of Climate Change: Assessing Radiative Forcing and Emission

Indices. *Clim. Change* 58, 3, 267-331. doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023905326842>.

[5] Stephen M. Smith, Jason A. Lowe, Niel H. A. Bowerman, Laila K. Gohar, Chris Huntingford and Myles R. Allen, 2012. Equivalence of greenhouse-gas emissions for peak temperature limits. *Nat. Clim. Change* 2, 535–538. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1496>.

[6] IPCC, 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Valérie Masson-Delmotte, Panmao Zhai, Anna Pirani, Sarah L. Connors, Clotilde Péan, Sophie Berger, Nada Caud, Yang Chen, Leah Goldfarb, Melissa I. Gomis, Mengtian Huang, Katherine Leitzell, Elisabeth Lonnoy, Robin J.B. Matthews, Thomas K. Maycock, Tim Waterfield, Ozge Yelekçi, Rong Yu, and Baiguan Zhou editors. Cambridge University Press, Cambridge United Kingdom and New York USA, 2391 pp. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/9781009157896>.

[7] Myles R. Allen, Keith P. Shine, Jan S. Fuglestedt, Richard J. Millar, Michelle Cain, David J. Frame and Adrian H. Macey, 2018. A solution to the misrepresentations of CO<sub>2</sub>-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *npj Clim. Atmos. Sci.* 1, 16, (Jun 2018). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8>.

[8] Michelle Cain, John Lynch, Myles R. Allen, Jan S. Fuglestedt, David J. Frame and Adrian H Macey, 2019. Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *npj Clim. Atmos. Sci.* 2, 29. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4>.

[9] Myles Allen, Katsumasa Tanaka, Adrian Macey, Michelle Cain, Stuart Jenkins, John Lynch and Matthew Smith, 2021. Ensuring that offsets and other internationally transferred mitigation outcomes contribute effectively to limiting global warming. *Environ. Res. Lett.* 16, (Number 7), 074009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abcf9>.

[10] Michelle Cain, Stuart Jenkins, Myles R. Allen, John Lynch, David J. Frame, Adrian H. Macey and Glen P. Peters, 2021. Methane and the Paris Agreement temperature goals. *Phil. Trans. R. Soc. A* 380:20200456. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0456>.

[11] IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Priyadarshi R. Shukla, Jim Skea, Raphael Slade, Alaa Al Khouradje, Renée van Diemen, David McCollum, Minal Pathak, Shreya Some, Purvi Vyas, Roger Fradera, Malek Belkacemi, Apoorva Hasija, Géninha Lisboa, Sigourney Luz and Juliette Malley editors. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York USA, 2029 pp. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/9781009157926.002>.

[12] UNFCCC, 2023. Report on the Conference of the Parties on its twenty-seventh session, held in Sharm el-Sheikh from 6 to 20 November 2022. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-seventh session. Retrieved February 26, 2024 from <https://unfccc.int/documents/626564>.

[13] Tajda Mekinda Majaron, Martina Logar, Jože Verbič, Žan Pečnik, Boštjan Mali, Gal Kušar and Romana Stare, 2024. Slovenia's national inventory report 2024 : GHG emissions inventories 1986-2022: submitted under the United nations framework convention on climate change. Ljubljana: Ministry of the Environment and Spatial Planning: Slovenian Environment Agency, 2024, 395 p. Retrieved March 20, 2024 from [https://cdr.eionet.europa.eu/si/eu/govreg/inventory/envze8p9g/SVN\\_NIR\\_2024\\_March.pdf](https://cdr.eionet.europa.eu/si/eu/govreg/inventory/envze8p9g/SVN_NIR_2024_March.pdf)

[14] Jože Verbič, Marko Bizjak, Mojca Simčič, 2023. Izpusti toplogrednih plinov pri reji drobnice in možnosti za njihovo zmanjšanje. Marjana Cvim editor. 7. strokovni posvet Reja drobnice, Slovenj Gradec, Slovenia, Kmetijska založba, 17-26.

[15] Marielle Saunio, Ann R. Stavert, Ben Poulter, Philippe Bousquet, Josep G. Canadell, Robert B. Jackson, Peter A. Raymond, Edward J. Dlugokencky, Sander Houweling, Prabir K. Patra, Philippe Ciais, Vivek K. Arora, David Bastviken, Peter Bergamaschi, Donald R. Blake, Gordon Brailsford, Lori Bruhwiler, Kimberly M. Carlson, Mark Carrol, Simona Castaldi, Naveen Chandra, Cyril Crevoisier, Patrick M. Crill, Kristofer Covey, Charles L. Curry, Giuseppe Etiope, Christian Frankenberg, Nicola Gedney, Michaela I. Hegglin, Lena Höglund-Isaksson, Gustaf Hugelius, Misa Ishizawa, Akihiko Ito, Greet Janssens-Maenhout, Katherine M. Jensen, Fortunat Joos, Thomas Kleinert, Paul B. Krummel, Ray L. Langenfelds, Gouven G. Laruelle, Licheng Liu, Toshinobu Machida, Shamil Maksyutov, Kyle C. McDonald, Joe McNorton, Paul A. Miller, Joe R. Melton, Isamu Morino, Jurek Müller, Fabiola Murguía-Flores, Vaishali Naik, Yosuke Niwa, Sergio Noce, Simon O'Doherty, Robert J. Parker, Changhui Peng, Shushi Peng, Glen P. Peters, Catherine Prigent,

Ronald Prinn, Michel Ramonet, Pierre Regnier, William J. Riley, Judith A. Rosentreter, Arjo Segers, Isobel J. Simpson, Hao Shi, Steven J. Smith, L. Paul Steele, Brett F. Thornton, Hanqin Tian, Yasunori Tohjima, Francesco N. Tubiello, Aki Tsuruta, Nicolas Viovy, Apostolos Voulgarakis, Thomas S. Weber, Michiel van Weele, Guido R. van der Werf, Ray F. Weiss, Doug Worthy, Debra Wunch, Yi Yin, Yukio Yoshida, Wenxin Zhang, Zhen Zhang, Yuanhong Zhao, Bo Zheng, Qing Zhu, Qian Zhu, and Qianlai Zhuang, 2020. The Global Methane Budget 2000–2017, *Earth Syst. Sci. Data* 12, 1561–1623. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>.

- [16] Björn Kuhla and Gunther Viereck, 2022. Enteric methane emission factors, total emissions and intensities from Germany's livestock in the late 19th century: A comparison with the today's emission rates and intensities. *Sci. Total Environ.* 848, 157754, (Nov. 2022). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157754>.